

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΤΣΙΦΗ ΠΑΥΛΙΝΑ-ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

Διπλωματική Ειδίκευσης
«Τεχνικογεωλογικές συνθήκες του φράγματος του Ιάσμου, Ν.
Ροδόπης»

Υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Γεωλογίας – Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Μαρίνος Βασίλειος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Επιβλέπων

Χρηστάρας Βασίλειος, Καθηγητής, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Μέλος

Τρανός Μάρκος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Μέλος

MΑΡΤΙΟΣ 2014

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ασφαλής κατασκευή και λειτουργία ενός φράγματος αποτελεί μια σημαντική πτυχή της έρευνας για ένα τέτοιο τεχνικό έργο, καθώς είναι μεγάλο και η επίδραση που ασκεί στο περιβάλλον είναι μεγάλη αντίστοιχα. Υπάρχει ανάγκη να παρέχεται ασφάλεια και μέγιστη λειτουργικότητα κατά τη διάρκεια των εργασιών αλλά και να προσφέρει τη μέγιστη απόδοση κατά τη λειτουργία του. Είναι λοιπόν απαραίτητη η Γεωτεχνική έρευνα. Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής ειδίκευσης είναι ακριβώς να ερευνήσει τις συνθήκες εκείνες, οι οποίες θα συντελούν στην ασφάλεια και τη λειτουργικότητα του φράγματος του Ιάσμου, πάντα από τη σκοπιά της γεωλογικής-γεωτεχνικής έρευνας, η επιλογή της καταλληλότερης θέσης έδρασης του φράγματος, μέσω συγκριτικής έρευνας και η επιλογή του κατάλληλου τύπου φράγματος.

Η διαδικασία αυτή προβλέπει την επεξεργασία όλων εκείνων των πρωτογενών στοιχείων, που προέρχονται από τις ερευνητικές γεωτρήσεις, τη βιβλιογραφία και τις εργαστηριακές δοκιμές και δεδομένα που συμβάλουν σε μια τέτοια κατεύθυνση. Στο πρώτο στάδιο είναι αναγκαίο να ερευνηθεί το γεωλογικό μοντέλο της περιοχής έδρασης του φράγματος (δημιουργία χαρτών, μηκοτομών, κλπ.). Σε δεύτερο στάδιο προσδιορίζεται το τεχνικογεωλογικό μοντέλο. Με τον τρόπο αυτό διεξάγονται οι ταξινομήσεις κατά G.S.I., R.Q.D., R.M.R., προσδιορισμός των μηχανικών παραμέτρων της βραχώμαζας, εκτίμηση της περατότητας βάσει των επί τόπου δοκιμών (LUGEON) άρα και εκτίμηση της στεγανότητας. Οι εργασίες υπαίθρου που πραγματοποιήθηκαν, περιλαμβάνουν γενική επισκόπηση της ευρύτερης περιοχής, την συλλογή πρωτογενών δεδομένων (δείγματα) για την αναγνώριση των γεωλογικών σχηματισμών, την ταξινόμησή τους κατά G.S.I. και R.M.R. Επίσης πραγματοποιείται εκτίμηση των διαφυγών και κατ' επέκταση εκτιμούνται οι διαστάσεις της κουρτίνας τσιμεντενέσεων. Τέλος, μέσω ειδικού λογισμικού εκτιμώνται οι παραμορφώσεις και η ροή νερού κάτω από το φράγμα.

Ενημερώνεται πως τμήμα των πρωτογενών δεδομένων προέρχεται από την εταιρεία ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. που είχε αναλάβει κατά το 2008 την ολοκλήρωση των υποστηρικτικών και ερευνητικών μελετών (γεωλογικών και γεωτεχνικών) για το φράγμα του Ιάσμου, Ν. Ροδόπης. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα αναλυτικά φύλλα των ερευνητικών γεωτρήσεων, τα

αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών και ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής έδρασης του φράγματος.

Ευχαριστώ θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή, Βασίλειο Μαρίνο, για την ανάθεση και επίβλεψη της διπλωματικής ειδίκευσης, καθώς επίσης και για την άψογη συνεργασία μας, τις γνώσεις που μου μετέφερε, την στήριξη και την πολύτιμη καθοδήγησή του για την ολοκλήρωση της εν λόγω διπλωματικής. Ευχαριστώ επίσης τον κ. Λευτέρη Δημάδη, γεωλόγο του Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθης, για τη βοήθειά του στην ύπαιθρο, το πολύτιμο υλικό και τις γνώσεις του για τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του Ιάσμου, τον κ. Θεόδωρο Τσάπανο, Καθηγητή του Γεωλογικού Α.Π.Θ., για τη συμβολή του στην ολοκλήρωση της εργασίας σε θέματα που άπτονται της ειδικότητάς του, τον κ. Μάρκο Τρανό, Επίκουρο Καθηγητή του Α.Π.Θ., μέλος της τριμελούς επιτροπής, για τις παρατηρήσεις και υποδείξεις του, που βοήθησαν στην εξέλιξη της διατριβής. Επίσης, τον Γεωτεχνικό Μηχανικό, Πέτρο Φορτσάκη για την πολύτιμη βοήθειά του στις εφαρμογές προσομοίωσης. Τέλος ευχαριστώ όλους όσους βοήθησαν άμεσα ή και έμμεσα στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, συναδέλφους αλλά και φίλους.

Ξεχωριστές ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου, στον πατέρα μου Γεώργιο Τσιφή και τη μητέρα μου Ουρανία Νιοτάρη καθώς επίσης και στον αδελφό μου Κωνσταντίνο Τσιφή.

Τσιφή Παυλίνα-Δέσποινα

Μάρτιος 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

«ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΙΑΣΜΟΥ, Ν. ΡΟΔΟΠΗΣ»

Στην παρούσα έρευνα παρουσιάζεται η γεωλογική και τεχνικογεωλογική αξιολόγηση πρωτογενών δεδομένων για την κατασκευή του φράγματος Ιάσμου, Ν. Ροδόπης. Τα δεδομένα που επεξεργάστηκαν στην εργασία, αφορούν βιβλιογραφικά στοιχεία της γεωλογίας της περιοχής, τεχνικογεωλογικά στοιχεία των ερευνητικών γεωτρήσεων, στοιχεία αποσάθρωσης, μετρήσεις τεκτονικών στοιχείων, μετρήσεις επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών, όπως μονοαξονικών και τριαξονικών δοκιμών και δοκιμών σημειακής φόρτισης. Από εργασία στην ύπαιθρο με αξιολόγηση και επεξεργασία των στοιχείων, πραγματοποιήθηκαν ταξινομήσεις κατά G.S.I. και R.M.R. για τους διάφορους τύπους βραχώμαζας. Επίσης, εκτιμήθηκε, η στεγανότητα στον άξονα έδρασης του φράγματος από τις επί τόπου δοκιμές περατότητας (κυρίως Lugeon), και κατά συνέπεια η έκταση και το βάθος της κουρτίνας τσιμεντενέσεων. Τέλος, πραγματοποιήθηκαν γεωτεχνικές αναλύσεις, όπου προσομοιώνονται τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά σε ειδικό λογισμικό, με στόχο τον έλεγχο των παραμορφώσεων στη περιοχή, την θεμελίωση του φράγματος και την εκτίμηση των υδατικών πιέσεων κάτω από το φράγμα.

Αποτυπώθηκαν οι γεωλογικές συνθήκες σε μηκοτομές, για δύο προτεινόμενους άξονες κατασκευής του φράγματος, A0 και A1. Δημιουργήθηκαν, επίσης, αντίστοιχες αποτυπώσεις θεματικών τομών για τα υδρολογικά και μηχανικά χαρακτηριστικά. Μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης των θέσεων, επιλέχτηκε αυτή του άξονα A1 και η πραγματοποίηση ενός λιθόρριπτου φράγματος με ανάντη πλάκα σκυροδέματος, καθώς το σύνολο της περιοχής αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα (μεταγρανодиορίτες, αμφιβολίτες, γνεύσιοι) που έχουν κερματιστεί αρκετά και αναμένεται να προκληθούν παραμορφώσεις σχετικά με τους άκαμπτους τύπους φραγμάτων (π.χ. επιλογή φράγματος βαρύτητας από σκυρόδεμα ή τοξωτό). Από την τεχνικογεωλογική έρευνα προέκυψαν, στο σύνολο της βραχώμαζας, μέτριας έως καλής ποιότητας γεωυλικά. Η βραχώμαζα είναι μέτρια αποσαθρωμένη έως ελαφρά και κερματισμένη, με τις τιμές του G.S.I. να κυμαίνονται στη μέτρια αποσαθρωμένη

ζώνη 35-40 και στην υγρή 50-60. Παράλληλα, όμως, οριοθετήθηκαν και περιοχές υποβαθμισμένων γεωμηχανικών χαρακτηριστικών που συνδέονται με ζώνες εντονότερου τεκτονισμού και αποσάθρωσης. Εντοπίστηκαν κυρίως τρεις ζώνες σε βάθη 4 έως 45 m από την επιφάνεια του εδάφους, στον άξονα του φράγματος, χωρίς εντούτοις να προκαλούνται σημαντικά προβλήματα ευστάθειας για να δεχτεί τη θεμελίωση μιας τέτοιας κατασκευής ή διαφυγών. Από τον έλεγχο των συντελεστών περατότητας προέκυψαν τιμές με γενική διακύμανση των περατοτήτων στα 10^{-5} έως 10^{-7} cm/sec και εκτέλεση κουρτίνας τσιμεντενέσεων βάρους έως 60 m κατά περίπτωση.

ABSTRACT

«GEOTECHNICAL CONDITIONS OF THE DAM IASMOS, RODOPI»

In the present investigation is presented the geological and geotechnical evaluation of primary data of the dam Iasmos, Rodopi area in Northern Greece. The data processed concerns desk study, geotechnical investigation from the drillings, such as geotechnical classification by G.S.I. and R.Q.D., weathering grades, in situ and laboratory tests, such as uniaxial and triaxial tests and point load tests. It was also evaluated the tightness along the axis of the dam from the in situ permeability tests (mainly Lugeon tests), and consequently the extent and the depth of the grout curtain. Last, geotechnical analyzes in special software were performed in order to simulate the geotechnical characteristics, and evaluate the deformations below the foundation of the dam and estimate the groundwater leakage under the dam.

Geological conditions were depicted on sections along two suggested axes, A0 and A1. There have also been created the corresponding imprints of thematic sections for the hydrological and mechanical characteristics. Through comparative assessment of the positions, the axis position A1 was selected and the construction of a rockfill dam with concrete upstream slab, as the entire region consists of metamorphic rocks (meta-granodiorites, amphibolites, gneisses) which have become fragmented enough

and it is expected to cause deformations by more inflexible types of dams (e.g. selection of concrete gravity dam or an arched one). After the geotechnical research it has been found, throughout the rock mass, medium to good quality geomaterials. The rock mass is medium to slightly weathered and fragmented, with G.S.I. ratings is between the weathered zone 35-40 and the 50-60 healthy one. At the same time however, areas of degraded geomechanical characteristics which are associated with zones of intense tectonism and weathering, were delineated. Three zones were mainly identified at depths 4 to 45 m from the ground surface, at the axis of the dam, without causing significant stability problems to receive the foundation of such a construction or leakages. The verification of permeability rates showed values with a general variation in permeability of 10^{-5} to 10^{-7} cm/sec and the perform of grout curtain at 60 m depth, if appropriate.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ABSTRACT	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Θεωρητικά στοιχεία για τα φράγματα	9
1.1 ΦΡΑΓΜΑΤΑ: Γενικά χαρακτηριστικά	9
1.2 Κριτήρια επιλογής θέσης και τύπου φράγματος	16
1.3 Γεωτεχνική έρευνα	20
1.4 Επί τόπου έρευνα	26
1.5 Στεγανότητα και μέτρα θεμελίωσης	45
1.6 Τύποι αστοχιών φραγμάτων	49
1.7 Ιζηματογένεση στη λεκάνη κατάκλισης	52
1.8 Σώμα λιθόρριπτου φράγματος	53
1.9 Ανάντη πλάκα σκυροδέματος λιθόρριπτου φράγματος	57
1.10 Θεμελίωση εύκαμπτου φράγματος και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά πετρωμάτων θεμελίωσης	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Γεωλογικά, τεκτονικά, γεωμορφολογικά και σεισμικά δεδομένα της περιοχής του Ιάσμου	65
2.1 Γεωλογικές συνθήκες ευρύτερης περιοχής Ιάσμου	65
2.2 Γεωλογικές συνθήκες στην στενή περιοχή του φράγματος	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Τεχνικογεωλογικές συνθήκες	88
3.1 Μεθοδολογία αξιολόγησης τεχνικογεωλογικών συνθηκών	88
3.2 Τεχνικογεωλογικές ενότητες	89
3.3 Ταξινόμηση κατά R.Q.D	92
3.4 Ταξινόμηση κατά G.S.I	105
3.5 Ταξινόμηση κατά R.M.R.	129
3.6 Παράμετροι αντοχής άρρηκτου βράχου – Επεξεργασία μηχανικών παραμέτρων	144
3.7 Προσδιορισμός παραμέτρων βραχώμαζας	151
3.8 Καθεστώς υπόγειων υδάτων	156
3.9 Συμπεράσματα	159
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Θέση και τύπος φράγματος	160
4.1 Επιλογή θέσης φράγματος	160
4.2 Επιλογή τύπου φράγματος	164

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Διαφυγές – Κουρτίνα τσιμεντενέσεων	168
5.1 Άξονας φράγματος	168
5.2 Ταμιευτήρας	175
5.3 Αναλύσεις υπολογισμού παραμορφώσεων και διαφυγών	177
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα	193
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Λιθοστρωματογραφική στήλη	204
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Συστήματα ασυνεχειών	206
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III: Αρχείο Άξονα Α1	210

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

1.1 ΦΡΑΓΜΑΤΑ: Γενικά χαρακτηριστικά

Τα *φράγματα* είναι Υδραυλικά Τεχνικά Έργα που φράσσουν τη ροή του νερού μιας κοιλάδας, με σκοπό την αποθήκευσή του για ελεγχόμενη χρήση. Η έκταση γης στην οποία αποθηκεύεται το νερό και βρίσκεται στα ανάντη του φράγματος, ονομάζεται *ταμιευτήρας ή λεκάνη κατάκλισης*. Τα φράγματα, κατασκευάζονται συνήθως στις κοίτες των φυσικών ρεμάτων με διάταξη κάθετα προς τη διεύθυνση ροής. Καταλαμβάνουν το πλάτος της κοίτης και το ύψος τους εξαρτάται από μεγάλο αριθμό παραμέτρων με κυριότερα τον όγκο του ταμιευτήρα και το εύρος της κοιλάδας.

Ο λόγος της κατασκευή τους είναι η ύδρευση μεγάλων αστικών κέντρων, η άρδευση καλλιεργείων και η παραγωγή ενέργειας μέσω των υδροηλεκτρικών εργοστασίων. Διακρίνονται σε μικρά (με ύψος < 15 m), σε μεσαία φράγματα (με ύψος < 50 m) και σε μεγάλα (με ύψος > 50 m).

Είδη φραγμάτων

Τα φράγματα, σύμφωνα με τον Λιάκουρης, 1995, σχετικά με τη γεωμετρία τους και τα υλικά κατασκευής τους ταξινομούνται σε:

- Εύκαμπτα φράγματα, τα οποία κατασκευάζονται από γαιώδη υλικά.
- Άκαμπτα φράγματα, τα οποία κατασκευάζονται από άοπλο σκυρόδεμα.
- Μικτά φράγματα, τα οποία αποτελούν συνδυασμό των παραπάνω κατηγοριών.

Εύκαμπτα φράγματα

Τα εύκαμπτα φράγματα, κατασκευάζονται από γαιώδη υλικά (αργίλους, άμμους, κροκάλες και ευμεγέθη βραχώδη τεμάχη). Τα φράγματα αυτά μπορούν να δεχτούν χωρίς θραύση τις παραμορφώσεις που μπορούν να προέλθουν από διαφορικές καθιζήσεις ή σεισμικές ωθήσεις, Λιάκουρης, 1995.

Αναγνωρίζονται δύο επιμέρους κατηγορίες εύκαμπτων φραγμάτων: τα χωμάτινα και τα λιθόρριπτα φράγματα.

-Χωμάτινα φράγματα

Τα χωμάτινα φράγματα αποτελούνται από γαιώδη υλικά, μπορούν να κατασκευαστούν σε οποιοδήποτε τύπου κοιλάδες και δεν απαιτούν εξαιρετικής ποιότητας εδάφη για τη θεμελίωση. Το σώμα του φράγματος κατασκευάζεται από εδαφικά-γαιώδη υλικά, τα οποία βρίσκονται στην περιοχή σε δανειοθαλάμους ή προέρχονται από εκσκαφές και διαστρώνονται σε διαβαθμισμένες ζώνες υλικού. Στο κέντρο του σώματος, κατασκευάζεται ένας πρακτικά αδιαπέρατος πυρήνας από αργιλικό εδαφικό υλικό, για τον έλεγχο της διήθησης του νερού και με κλίση πρανών από 1:4 ως 1:5 (B:Y), Σχήμα 1. Ο πυρήνας εκτείνεται με τη μορφή όνυχα στους σχηματισμούς της θεμελίωσης όταν οι διαφυγές κάτω από τη θεμελίωση μπορούν να ελεγχθούν. Αυτές οι τομές μπορεί να φθάνουν σε μεγάλο βάθος. Στη συνέχεια κατασκευάζονται ζώνες εξωτερικά του πυρήνα που διασφαλίζουν την ασφάλεια και τη στεγανότητα του έργου.



Σχήμα 1: Χωμάτινο φράγμα, διακρίνεται στο κέντρο ο αργιλικός πυρήνας, (Μαρίνος Β. 2011).

Οι ζώνες εξωτερικά του πυρήνα, από μέσα προς τα έξω, είναι:

- Μεταβατική ζώνη: κατασκευάζεται αμέσως μετά τον πυρήνα και αποτελείται από φίλτρο διαβαθμισμένου αμμοχάλικου ποταμού, με πάχος 2,5 έως 4 m.

- Ζώνη από χονδρόκοκκα υλικά: αποτελείται από κροκάλες, άμμους, χάλικες που έχουν κλίση πρσανούς που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υλικού, τις συνθήκες ροής, την ποιότητα του εδάφους, τη θέση του αδιαπέρατου πυρήνα και τη σεισμικότητα. Η κλίση κυμαίνεται από 1:2,5 έως 1:4.
- Λιθορριπή: ευμεγέθη τεμάχια βράχων που προέρχονται από δανειοθαλάμους.

Η βάση των φραγμάτων αυτών είναι μεγάλη σε σχέση με τα άκαμπτα γεγονόσ με το οποίο επιτυγχάνεται που η μεταφορά μικρότερων τάσεων στη θεμελίωση. Τέλος, η δομή τους είναι τέτοια που μπορούν να κατασκευαστούν σε διάφορους τύπους σχηματισμών.

-Λιθόρριπτα φράγματα

Τα λιθόρριπτα φράγματα κατασκευάζονται από γαιώδη-εδαφικά υλικά, αλλά είναι φράγματα απλουστευμένης μορφής σε σχέση με τα χωμάτινα και αποτελούνται μεγαλύτερης διαμέτρου υλικά. Η κατασκευή τους δε γίνεται σε ζωνώδη μορφή, αλλά το σώμα κατασκευάζεται από χονδροκλαστικά υλικά ποτάμιας προέλευσης ή από βραχώδη υλικά δανειοθαλάμων της γύρω περιοχής. Το μέγεθος των τεμαχίων αυτών κυμαίνεται από 50 έως 100 Kgr. Το υλικό αυτό διαστρώνεται και συμπυκνώνεται, με τα ειδικά μηχανήματα, σε στρώσεις του 1 ή 1,5 m. Ο αδιαπέρατος πυρήνας στο κέντρο του σώματος, αποτελείται από αργιλικό υλικό και μπορεί να είναι κατακόρυφος ή κεκλιμένος. Επίσης, εναλλακτικά του πυρήνα, κατασκευάζεται ανάντη πλάκα σκυροδέματος ή επικάλυψη του πυθμένα με ασφαλτικό τάπητα. Η παρούσα διπλωματική αναφέρεται σε τέτοιου τύπου φράγμα (λιθόρριπτο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος) αν και στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί διερεύνηση του καταλληλότερου τύπου.

-Μικτά φράγματα

Μικτά φράγματα, κατασκευάζονται όταν στην κοιλάδα υπάρχουν πετρώματα με διαφορετικές γεωμηχανικές ιδιότητες και η τοπογραφία παρουσιάζει μορφολογική ποικιλία όπως είναι η μεγάλη διαφορά μεταξύ των κλίσεων των δύο πρσανών όπου θα γίνει η θεμελίωση.

Άκαμπτα φράγματα

Τα άκαμπτα φράγματα αυτά κατασκευάζονται από σκυρόδεμα. Παρατηρούνται τρεις επιμέρους κατηγορίες φραγμάτων, σύμφωνα με τον Λιάκουρης, 1995:

- Βαρύτητας
- Τοξωτά
- Αντηριδωτά

-Φράγματα βαρύτητας

Τα φράγματα βαρύτητας έχουν την ικανότητα να αντιδρούν στις υδροστατικές πιέσεις, στις ανώσεις, στις δυνάμεις ανατροπής και τις σεισμικές δονήσεις με το βάρος τους. Αποτελούνται από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2. Παλαιότερα κατασκευάζονταν και λιθόκτιστα.



Σχήμα 2: Φράγμα βαρύτητας, (Μαρίνος Β. 2011).

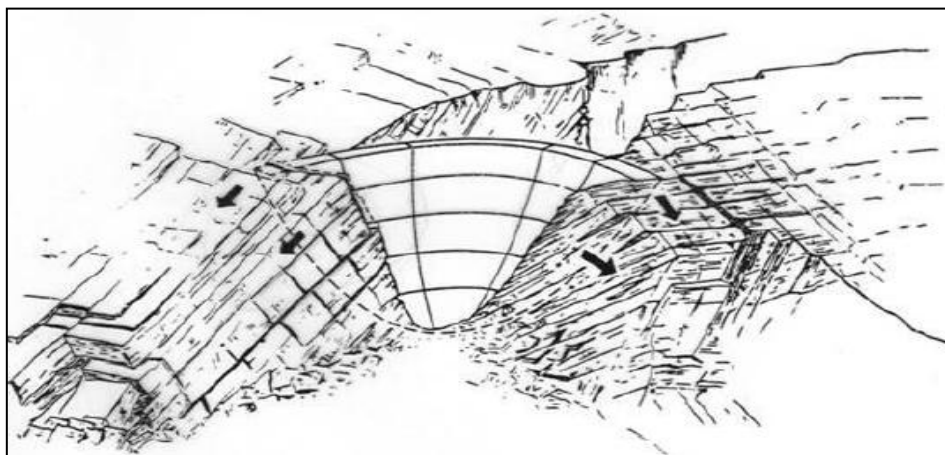
Η δομή τους κατασκευάζεται έτσι ώστε να αντιστέκονται σε ανατροπή και ολίσθηση λόγω των υδροστατικών και σεισμικών φορτίσεων και σε θραύση λόγω των διαφορικών καθιζήσεων και εφελκυστικών δυνάμεων. Ένα τέτοιου τύπου φράγμα είναι μία συμπαγής, μονολιθική κατασκευή που συνήθως είναι μία ευθεία στο σχεδιασμό ή με ελαφριά καμπύλη και η διατομή του είναι τραπεζοειδής.

-Τοξωτά φράγματα

Τα τοξωτά φράγματα κατασκευάζονται από οπλισμένο αλλά και άοπλο σκυρόδεμα. Κατασκευάζονται σε στενές κοιλάδες, μεγάλου ύψους αντί των φραγμάτων βαρύτητας, όπου τα πρανή μπορούν να δεχτούν τις ωθήσεις που

προκαλούνται από τη λειτουργία του τόξου. Σε σχέση με τα φράγματα βαρύτητας, επιτυγχάνεται οικονομία στον όγκο του απαιτούμενου σκυροδέματος έως και 70%. Όταν το πάχος τους είναι μεγάλο, λειτουργούν εν μέρει και ως φράγματα βαρύτητας.

Οι δυνάμεις που δέχεται το φράγμα μεταφέρονται στα πρανή και ως εκ τούτου, τα πετρώματα θα πρέπει να έχουν ελεγχθεί ότι είναι ανθεκτικά με επαρκή αντοχή και να ελέγχονται σε σχέση με την επίδραση των ασυνεχειών των πετρωμάτων, το εύρος τους, το μέγεθός τους και την πυκνότητά τους γιατί μπορεί να προκαλέσουν αστοχία κάτω από την επίδραση των δυνάμεων στα πρανή. Στο Σχήμα 3, παρουσιάζεται ακριβώς αυτή η επίδραση των δυνάμεων στα πρανή σε σχέση με τον προσανατολισμό της στρώσης των πρανών.



Σχήμα 3: Ο ρόλος του προσανατολισμού των στρωμάτων στα αντερείσματα ενός τοξωτού φράγματος (Judd-Wantland 1956).

-Αντηριδωτά φράγματα

Τα αντηριδωτά, είναι φράγματα, η κατασκευή των οποίων επιβάλλεται για διάφορους λόγους, όπως είναι η σημαντική οικονομία σκυροδέματος που απαιτείται σε σχέση με την κατασκευή αντίστοιχου φράγματος βαρύτητας, τοξωτού ή χωμάτινου. Τα φράγματα αποτελούνται από μια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος η οποία στηρίζεται στις αντηρίδες.

Επιτυγχάνεται σημαντικός περιορισμός του όγκου του σκυροδέματος, που μπορεί να φτάσει ακόμα και στο 1/6 ή και στο 1/10 του αντίστοιχου όγκου του φράγματος βαρύτητας. Αυτό πραγματοποιείται με την κατασκευή αντηρίδων που αποτελούν το βασικό συντελεστή ευστάθειας και αντοχής του φράγματος. Οι

αντηρίδες είναι προβολοί μεταβλητής διατομής καθ' ύψος, αλλά και κατά πλάτος, παράμετροι που καθορίζονται από το βάρος της πλάκας και την πίεση του νερού του ταμιευτήρα.

Οι υδροστατικές πιέσεις μεταφέρονται κυρίως στην επιφάνεια θεμελίωσης και δευτερευόντως στα αντερείσματα. Οι αντηρίδες στηρίζουν την πλάκα και μεταφέρουν τις στατικές και δυναμικές ωθήσεις στη θεμελίωση. Για το λόγο αυτό απαιτείται λεπτομερής διερεύνηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχώμαζας στην επιφάνεια θεμελίωσης. Απαιτείται τα πετρώματα να είναι ανθεκτικά και με καλή ευστάθεια.

Συνοδά έργα φραγμάτων (απλά ή υδροηλεκτρικά)

Κατά την κατασκευή ενός φράγματος, είτε αυτό είναι υδροηλεκτρικό είτε υδρευτικό είτε αρδευτικό, πραγματοποιούνται παράλληλα κάποια επιπλέον έργα που συνοδεύουν και συμπληρώνουν το φράγμα και δεν αποτελούν από μόνα τους αυτοτελείς κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές έχουν μεγάλη σημασία στην κύρια κατασκευή και τη λειτουργία των φραγμάτων. Τα έργα αυτά ονομάζονται *συνοδά έργα του φράγματος* και σύμφωνα με τον Λιάκουρης, 1995, είναι τα εξής:

- Σήραγγα εκτροπής: η σήραγγα αυτή ανοίγεται στο ένα ή και στα δύο πρανή της προεπιλεγμένης θέσης κατασκευής του φράγματος, με σκοπό την εκτροπή του ποταμού ώστε να πραγματοποιηθούν με ευχέρεια οι εργασίες στην κοίτη του ποταμού. Όταν αναμένονται μεγάλες παροχές του ποταμού και ενδεχόμενες πλημμυρικές παροχές, η σήραγγα εκτροπής συνδυάζεται με κατασκευή ανάντη προφράγματος το οποίο έπειτα ενσωματώνεται στην τελική κατασκευή.
- Κυρίως ανάντη πρόφραγμα (Κ.Α.Π.): είναι ένα μικρό φράγμα, ανάντη της θέσης θεμελίωσης, με τα χαρακτηριστικά ενός χωμάτινου φράγματος, που σκοπό έχει την εκτροπή του νερού του ποταμού και την ελεγχόμενη ροή του έτσι ώστε να διευκολυνθούν οι εργασίες κατασκευής του κυρίως φράγματος. Κατά το πέρας των εργασιών, το πρόφραγμα ενσωματώνεται στο σώμα του κυρίως φράγματος.

- Κυρίως κατάντη πρόφραγμα (Κ.Κ.Π.): είναι ένα μικρό φράγμα το οποίο έχει σκοπό να παρεμποδίζει τις διεισδύσεις του νερού από τα κατάντη στο χώρο κατασκευής του εργοστασίου (υδροηλεκτρικά εργοστάσια) ή άλλες χαμηλές εκσκαφές (κάτω από το υψόμετρο της κοίτης του ποταμού).
- Αγωγός προσαγωγής: είναι μία σήραγγα ή ένας υπαίθριος αγωγός, μέσω των οποίων μεταφέρεται το νερό από τον ταμιευτήρα στους υδροστροβίλους των γεννητριών. Κατασκευάζεται στην περίπτωση υδροηλεκτρικού φράγματος.
- Σήραγγα φυγής ή διώρυγα φυγής: μέσω της σήραγγας ή της διώρυγας φυγής απομακρύνεται το νερό από τον υδροηλεκτρικό σταθμό μετά της προσαγωγή της ενέργειας. Σε άλλη περίπτωση μπορεί να μεταφέρεται νερό για την ύδρευση ή την άρδευση.
- Υπερχειλιστής ή Εκχειλιστής: μέσω των κατασκευών αυτών παροχετεύονται τα νερά των πλημμυρών όταν ξεπεραστεί μία μέγιστη στάθμη στον ταμιευτήρα. Ο εκχειλιστής παροχετεύει με ομαλή ροή το νερό μέσω των θυροφραγμάτων τα οποία τοποθετούνται στο σώμα του φράγματος ενώ ο υπερχειλιστής παροχετεύει το νερό του ταμιευτήρα προς τα κατάντη όταν η στάθμη υπερβεί την ανώτατη επιτρεπόμενη χωρίς τη χρήση θυροφραγμάτων.
- Εκκενωτής πυθμένα: είναι μία σήραγγα που κατασκευάζεται με σκοπό την ταχεία εκκένωση του ταμιευτήρα σε περίπτωση σοβαρής αστοχίας του φράγματος.
- Σήραγγα επίσκεψης: πρόκειται για μία σήραγγα που κατασκευάζεται κατά μήκος του άξονα του έργου. Μέσω της σήραγγας αυτής, εκτελούνται εργασίες τσιμεντενέσεων στη βάση του έργου. Με το πέρας του έργου, ελέγχεται η στεγανότητα του φράγματος.
- Πηγάδι ανάπλασης: πρόκειται για ένα πηγάδι που βρίσκεται μεταξύ υδροληψίας και σταθμού παραγωγής (υδροηλεκτρικό εργοστάσιο) και επιτρέπει τη σταδιακή εκκένωση των υψηλών πιέσεων του νερού, που προκαλούνται από τη διακοπή της ροής αυτού μέσα στον αγωγό προσαγωγής με το κλείσιμο των ρυθμιστικών πτερυγίων των υδροστροβίλων.
- Λεκάνη ηρεμίας: η λεκάνη αυτή κατασκευάζεται στα κατάντη του φράγματος και αποτρέπει τη διάβρωση στον πόδα του φράγματος και επίσης επιτυγχάνεται η ομαλή παροχέτευση του νερού στο κατάντη τμήμα του φράγματος και από εκεί στον ποταμό.

1.2 Κριτήρια επιλογής θέσης και τύπου φράγματος

Η επιλογή της θέσης του φράγματος αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για το έργο και για το λόγο αυτό λαμβάνονται υπ' όψιν σημαντικά κριτήρια. Κυρίαρχα είναι η τοπογραφία-μορφολογία της θέσης και τα γεωλογικά-γεωτεχνικά κριτήρια.

Τοπογραφικά-μορφολογικά κριτήρια

Ανάλογα με τον λόγο χορδής προς ύψος της κοιλάδας που διέρχεται το ρέμα, σύμφωνα με τον Λιάκουρης, 1995, αυτές διακρίνονται σε

- φαράγγια: λόγος χορδής/ύψους < 3 .
- στενές κοιλάδες: λόγος χορδής/ύψους $< 3-6$
- κοιλάδες: λόγος χορδής/ύψους > 6 ή 7

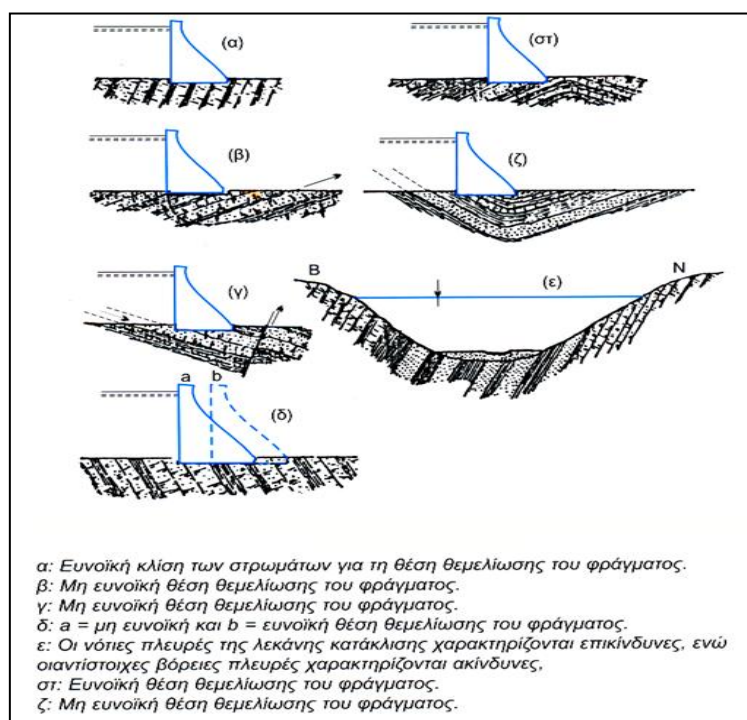
Στις κοιλάδες τύπου φαράγγιου ενδείκνυται η κατασκευή λεπτών τοξωτών φραγμάτων με την προϋπόθεση ότι τα πέτρωμα των αντερεισμάτων, πάνω στα οποία θα εφαρμοστούν τα ακρόβαθρα του φράγματος, θα έχουν καλή αντοχή και θα αντέχουν στις υψηλές τάσεις. Στην περίπτωση που το υλικό δεν είναι μηχανικά ικανοποιητικό, μπορεί να ενισχυθεί ή και να εκσκαφτεί μέχρι το υγιές πέτρωμα και να καλυφθεί με τσιμέντο έτσι ώστε να κατασκευαστούν τεχνητά ακρόβαθρα.

Σε στενές κοιλάδες και σε πετρώματα ετερογενή ως προς τις μηχανικές τους ιδιότητες συνηθίζονται τα μικτά φράγματα, τοξωτά και βαρύτητας. Στα ασθενικά μέρη θεμελιώνεται το τμήμα βαρύτητας και στο ισχυρό το τοξωτό τμήμα. Επίσης, σε αυτού του τύπου τις κοιλάδες, κατασκευάζονται και παχιά τοξωτά φράγματα.

Στις κοιλάδες μπορούν να κατασκευαστούν όλοι οι τύποι των φραγμάτων εκτός από φράγματα βαρύτητας. Το είδος του φράγματος που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τη γεωλογία της περιοχής. Σε κοιλάδες κατασκευάζονται, επίσης, φράγματα εκτροπής, χωμάτινα ή λιθόρριπα. Κατά κανόνα, η ιδανική μορφολογία για την κατασκευή ενός φράγματος, είναι οι κοιλάδες εκείνες που στενεύουν στη θέση του φράγματος και αμέσως ανάντη διευρύνονται.

Γεωλογικά-γεωτεχνικά κριτήρια

Τα γεωλογικά-γεωτεχνικά κριτήρια αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την οριστική επιλογή ή απόρριψη της θέσης φράγματος, του τύπου του φράγματος, του σχεδιασμού του, της ασφάλειας και τέλος του κόστους και του χρόνου κατασκευής. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τέτοιες περιπτώσεις γεωλογικών κριτηρίων.



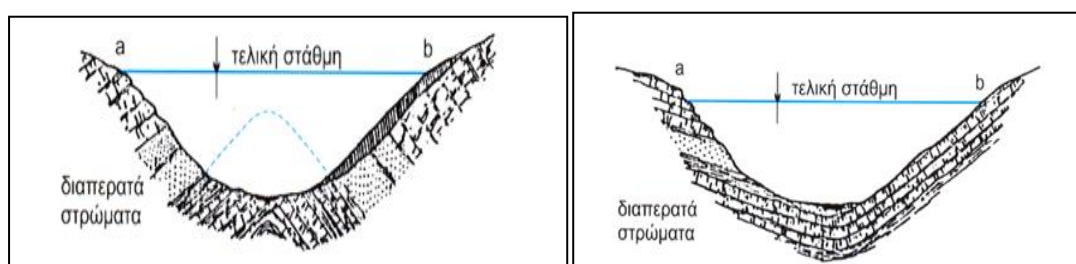
Σχήμα 4: Ευνοϊκές και μη ευνοϊκές θέσεις θεμελίωσης ενός φράγματος (Zaruba 1969).

Τα κριτήρια αυτά έχουν σχέση με τη γεωλογική δομή της περιοχής, τις τεκτονικές διεργασίες που έχει υποστεί, την ποιότητα και την αντοχή της βραχώμαζας, τη γεωμετρική διάταξή τους στο χώρο, συνολικά τα χαρακτηριστικά της βραχώμαζας και την ύπαρξη υλικών κατασκευής

Πάνω σ' αυτό το πλαίσιο, η περιοχή θα πρέπει να εξασφαλίζει την ύπαρξη των απαραίτητων ποσοτήτων νερού για τη λειτουργία της λεκάνης, να εξασφαλίζει τη στεγανότητα της λεκάνης κατάκλισης και του σώματος του φράγματος καθώς και την ευστάθεια των πρανών, την ασφαλή σεισμική συμπεριφορά και ύπαρξη ανθεκτικών βραχωδών και εδαφικών σχηματισμών.

Πολύ σημαντικές είναι επίσης οι πτωχοσιγενείς δομές που μπορεί να είναι είτε συγκλινικές είτε αντικλινικές. Όταν τα πετρώματα σχηματίζουν σύγκλινο τότε το

νερό μπορεί να οδηγηθεί μέσω ενός περατού στρώματος έξω από το φράγμα. Αντίστοιχα όταν τα πετρώματα σχηματίζουν αντίκλινο ενδέχεται να συμβεί διαφυγή μέσω περατών στρωμάτων όπως φαίνεται στο Σχήμα 5. Πιθανή, επίσης, είναι και η ύπαρξη υδροπερατών στρωμάτων που καλύπτονται με ελάχιστα διαπερατό στρώμα πλευρικού πηλού, Σχήμα 6. Τα στρώματα που σχηματίζουν σύγκλινο κατά τη διεύθυνση της λεκάνης κατάκλισης από τη μια το νερό μπορεί να κινηθεί εκτός του φράγματος αν τα στρώματα έχουν μικρότερη κλίση από αυτή του πρανούς και από την άλλη αν τα στρώματα έχουν ομόρροπη κλίση με το πρανές, είναι πιθανή η ολίσθηση.



Σχήμα 5: Αντικλινική δομή (Zaruba 1969).

Σχήμα 6: Συγκλινική δομή (Zaruba 1969).

Τα χωμάτινα φράγματα κατασκευάζονται σε περιοχές όπου υπάρχουν τα κατάλληλα εδαφικά υλικά και η βραχώμαζα είναι φτωχή ή υπάρχει ετερογένεια στο υλικό. Στα μικρού μεγέθους χωμάτινα χρησιμοποιείται εξ' ολοκλήρου από ένα είδος υλικού (αλλούβια, αποσαθρωμένο υπόβαθρο). Στα μεγάλα χωμάτινα φράγματα, που έχουν ζωνώδη κατασκευή, χρησιμοποιούνται ποικίλα υλικά που εξάγονται από διάφορες πηγές ή παρασκευάζονται με μηχανικό ή υδραυλικό διαχωρισμό. Το σημαντικότερο στοιχείο της κατασκευής είναι ο στεγανός τάπητας ή ο πυρήνας που αποτελείται από αργιλικά υλικά.

Τα λιθόρριπα φράγματα κατασκευάζονται σε περιπτώσεις όπου, λόγω χαμηλής αντοχής των πετρωμάτων στη θέση του φράγματος, δεν μπορεί να κατασκευαστεί τσιμεντένιο. Είναι αναγκαία λοιπόν, η ύπαρξη στην περιοχή δανειοθαλάμων κατάλληλων για την κατασκευή της λιθορριπής, πετρώματα σκληρά που δεν αποσαθρώνονται εύκολα. Επίσης αναγκαία είναι η ύπαρξη αργιλικού υλικού για την κατασκευή του αργιλικού πυρήνα αλλιώς κατασκευάζεται ανάντη πλάκα σκυροδέματος ή ασφαλτικός τάπητας.

Τα φράγματα βαρύτητας, λόγω της βαριάς κατασκευής τους, απαιτούν πετρώματα με μεγάλη φέρουσα ικανότητα ($8,5-11,5 \text{ kg/cm}^2$ ή $0,85-1,1 \text{ MPa}$) στην επιφάνεια του εδάφους ή σε βάθος 7-10 m. Απαιτούν μεγάλες ποσότητες σκυροδέματος σε σχέση με τους άλλους τύπους φραγμάτων άρα και ικανές ποσότητες δανειοθαλάμων για την διάθεση ποσοτήτων αδρανών υλικών και ταυτόχρονα να βρίσκονται σε ικανή απόσταση από τη θέση του φράγματος, Λιάκουρης, 1995. Κατά την κατασκευή θα πρέπει το μήκος της στέψης να είναι πέντε φορές μεγαλύτερο από το ύψος του φράγματος και το πλάτος της βάσης θα πρέπει να είναι τα $2/3$ του ύψους μέχρι τη στέψη. Αποτελούν τα πιο ασφαλή φράγματα από άποψη κατασκευής και αντιμετωπίζουν τις υδροστατικές δυνάμεις που εκδηλώνονται με τάση να προκαλέσουν ανατροπή ή ολίσθηση.

Τα τοξωτά φράγματα κατασκευάζονται καμπυλωτά προς τα ανάντη. Η πίεση του νερού του ταμιευτήρα τείνει να μειώσει την καμπυλότητα του τόξου και να το ωθήσει προς τα κατόντη. Λόγω των ισχυρών τάσεων που ασκούνται οριζόντια μέσα στο φράγμα προς τα ακρόβαθρα, τα οποία θα πρέπει να αντισταθούν σ' αυτές, θα πρέπει τα ίδια και τα θεμέλια να αντέξουν το φορτίο της κατασκευής. Το πέτρωμα θεμελίωσης και εκείνο των αντερείσμάτων, λοιπόν, θα πρέπει να είναι πολύ υψηλής ποιότητας ($55-75 \text{ kg/cm}^2$ ή $5,5-7,5 \text{ MPa}$), Λιάκουρης, 1995. Τα παχιά τοξωτά φράγματα προσφέρονται για κοιλάδες με λόγο πλάτος προς ύψος μεταξύ 3 και 5, δηλαδή κοιλάδες με πολύ ανθεκτικά πετρώματα θεμελίωσης και στα αντερείσματα ($>3,22 \text{ MPa}$). Τα λεπτά τοξωτά φράγματα προσφέρονται για κοιλάδες με λόγο πλάτος προς ύψος <3 και με μεγάλη αντοχή των αντερείσμάτων ($5,35-7,49 \text{ MPa}$).

Τα αντηριδωτά φράγματα προσφέρονται σε περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη σκυροδέματος. Απαιτούν πέτρωμα μεγάλης φέρουσας ικανότητας ($22-32 \text{ kg/cm}^2$ ή $2,2-3,2 \text{ MPa}$), Λιάκουρης, 1995.

1.3 Γεωτεχνική έρευνα

Κατά την έρευνα και κατασκευή ενός έργου προκύπτουν ερωτήματα τα οποία σχετίζονται με τα γεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά. Αντίστοιχη διαδικασία συμβαίνει και στην κατασκευή και τη λειτουργία των φραγμάτων, που προκαλούν πολλές αλλαγές στο περιβάλλον. Από τις αλλαγές αυτές που πραγματοποιούνται προκύπτουν ερωτήματα, κατά τη διάρκεια της έρευνας, τα οποία πρέπει να απαντώνται. Η παρούσα διπλωματική ειδίκευσης περιλαμβάνει α) βιβλιογραφική αναζήτηση γεωλογικών και τεχνικογεωλογικών στοιχείων, β) εργασίες πεδίου για τη συλλογή πρωτογενών στοιχείων, γ) γεωτεχνικές ταξινομήσεις, δ) επεξεργασία αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών, ε) έλεγχο του καθεστώτος των ροών στην περιοχή του φράγματος, στ) κατασκευή μηκοτομών-χαρτών, η) επεξεργασία των δεδομένων και θ) την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά

Από το σύνολο των διαδικασιών που περιλαμβάνονται στην κατασκευή των φραγμάτων, τέσσερις είναι αυτές που προκαλούν την κύρια επίδραση στο περιβάλλον, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).

- 1) Εκσκαφή: Εκσκαφές πραγματοποιούνται για να δημιουργηθούν τα κατάλληλα επίπεδα για τη θεμελίωση του φράγματος, για τον εκχειλιστή, για τις εξωτερικές εργασίες και για τα τους δανειοθαλάμους. Η διαδικασία της εκσκαφής προκαλεί διατάραξη της αυτο-υποστήριξης που παρέχει το πέτρωμα και αυξάνεται η διατμητική τάση στο περιβάλλον πέτρωμα. Αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ευστάθειας κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου ή της λειτουργίας του στη θέση του φράγματος ή στα γειτονικά πρανή.
- 2) Φορτίο θεμελίωσης: Από την κατασκευή του φράγματος προκύπτουν προβληματισμοί σχετικά με τη συμπίεστικότητα του υλικού στο οποίο γίνεται η θεμελίωση και την αντοχή του σε διάτμηση, για την αποφυγή ολίσθησης ανάντη ή κατόντη. Αυτές οι παράμετροι υπολογίζονται για την κατάσταση που επικρατεί πριν και μετά από το γέμισμα του ταμιευτήρα, κάτω από καταστάσεις πλημμύρας και σεισμικών δονήσεων.
- 3) Πλημμύρες – Πλήρωση του ταμιευτήρα: Κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα ή κατά τη διάρκεια πλημμυρών προκαλούνται αλλαγές στο καθεστώς του υπόγειου υδροφόρου, καθώς μειώνεται η αντοχή των συνεκτικών εδαφών, των αδύναμων

βράχων και των ιζημάτων που βρίσκονται στις διακλάσεις. Προκύπτει λοιπόν το ερώτημα της ευστάθειας του φράγματος, της θεμελίωσής του και της ευστάθειας των πρανών του ταμιευτήρα. Τα ερωτήματα αυτά γίνονται σημαντικότερα όταν αυτές οι διακυμάνσεις του υπόγειου υδροφόρου έχουν μεγάλο εύρος και είναι γρήγορες.

- 4) Ροή του νερού των πλημμυρών: Η ροή των πλημμυρών προκαλεί προβλήματα διαβρωσιμότητας και για το λόγο αυτό θα πρέπει να αναζητείται η κατάλληλη τοποθεσία για το φράγμα, για τον εκχειλιστή και για όλες τις εξωτερικές εργασίες.

Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Τα γεωλογικά θέματα που εξετάζονται αναφέρονται στους διάφορους τύπους πετρωμάτων και σχηματισμών στους οποίους θεμελιώνονται τα φράγματα. Σύμφωνα με αυτό προκύπτουν κάποια θέματα.

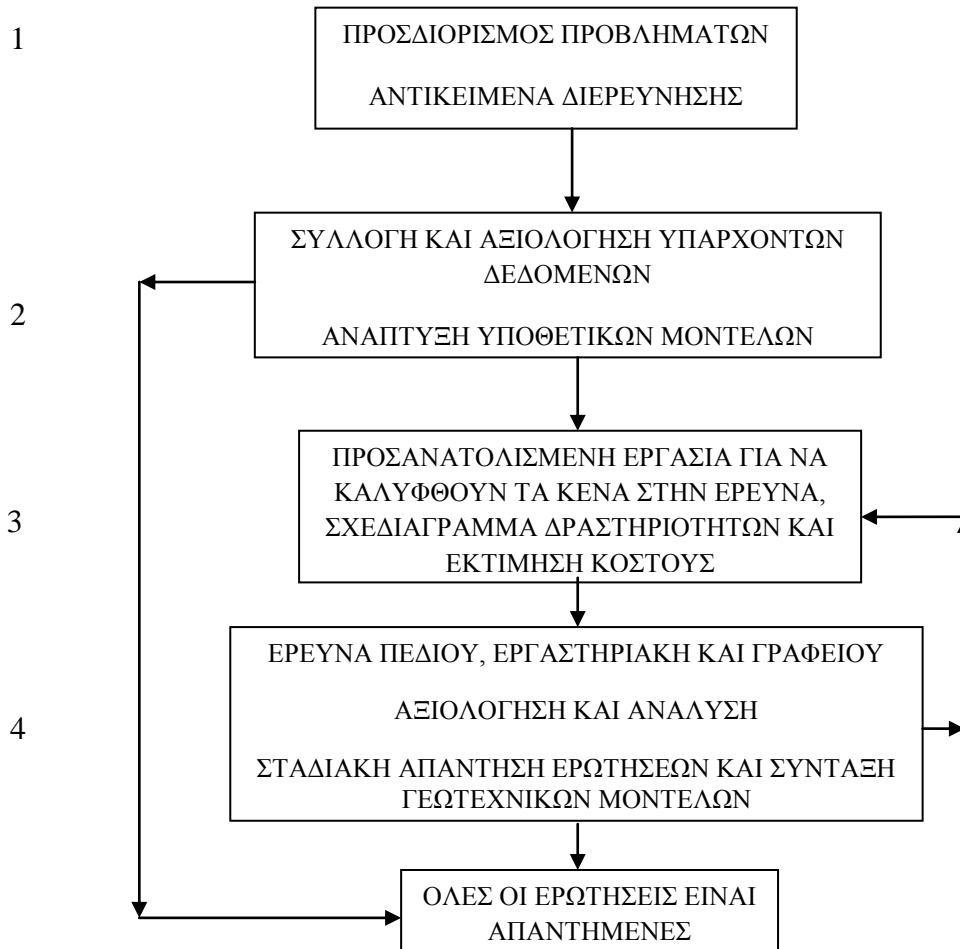
- 1) Θέματα που αφορούν το βράχο και τον τύπο του εδάφους, το κλίμα, την τοπογραφία: Το είδος της έρευνας που θα διεξαχθεί επί τόπου εξαρτάται από την τοπογραφία, τη γεωλογία και το κλίμα του περιβάλλοντος στο οποίο πραγματοποιείται η έρευνα. Για παράδειγμα, ελέγχουμε τη συμπεριφορά ενός ψαμμίτη ο οποίος βρίσκεται σε μια ξηρή περιοχή, σε μια κοιλάδα με απότομα πρανή και ο ίδιος είναι πολύ αδύναμος. Το νερό είναι λίγο ή απουσιάζει εντελώς και ο ψαμμίτης μπορεί να οφείλει μεγάλο μέρος της ακαμψίας του σε ένα διαλυτό ορυκτό όπως είναι η γύψος. Γεμίζοντας τον ταμιευτήρα υπάρχει πιθανότητα να προκληθούν αλλαγές – άνοδος της στάθμης του νερού, διαλυτότητα της γύψου με αποτέλεσμα να γίνει πιο αδύναμος ο ψαμμίτης, πιθανή αύξηση της απορροφητικότητας του υλικού και αστάθεια των πρανών στις πλευρές του ταμιευτήρα. Αντίθετα σε μία περιοχή που η κλίση των πρανών είναι πιο ήπια, το υλικό θεμελίωσης πλούσιο σε χαλαζία και η στάθμη του νερού υψηλά, φαίνεται να μην επηρεάζεται από τις πλημμύρες.
- 2) Θέματα που αφορούν τη γεωλογική εξέλιξη της περιοχής: Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής δεν είναι αρκετό να γνωρίζουμε μόνο το είδος του πετρώματος ή του εδάφους, τις μηχανικές τους ιδιότητες και την κατανομή τους στην περιοχή. Πρέπει να περιλαμβάνεται επίσης, η κατανόηση της γεωλογικής εξέλιξης που αναπτύσσεται στην περιοχή. Οι πιο χρήσιμες

πληροφορίες της γεωλογικής ιστορίας είναι οι πρόσφατες και συνηθέστερα αυτές που σχετίζονται με την κοντινή στην επιφάνεια του εδάφους περιοχή. Αυτό συμβαίνει γιατί τεκτονικές δομές σε μικρό βάθος θα έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην αντοχή και την ευστάθεια των πρανών της κοιλάδας. Επίσης ενδέχεται να είναι ακόμα ενεργές οι δομές ή μπορεί να υπάρχει αλληλεπίδραση με τη διαδικασία κατασκευής και λειτουργίας του φράγματος.

Η γεωτεχνική μελέτη θα πρέπει να ακολουθεί μια επαναληπτική προσέγγιση έτσι ώστε γυρνώντας συχνά προς τα πίσω, να λύνονται τα θέματα που προκύπτουν, Σχήμα 7.

ΦΑΣΕΙΣ

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ



Σχήμα 7: Ροή εργασιών στην επί τόπου έρευνα (Τροποποίηση από: Fell, MacGregor, Stapleton, Bell 2005).

Οι φάσεις πραγματοποίησης της γεωτεχνικής έρευνας περιγράφονται παρακάτω:

Φάση 1: Αρχικά καθορίζεται το αντικείμενο της δουλειάς και τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν. Η φάση αυτή περιλαμβάνει τις γεωτεχνικές και γεωλογικές ερωτήσεις. Όταν τα στοιχεία για την περιοχή είναι λίγα τότε λίγες θα είναι και τα ερωτήματα που θα καθοριστούν.

Φάση 2: Από την περαιτέρω έρευνα αποκαλύπτονται επιπλέον γεωλογικά, γεωτεχνικά και άλλα στοιχεία τα οποία συλλέγονται και συντάσσονται για να συμπληρωθεί το γεωτεχνικό μοντέλο. Επιχειρείται να απαντηθούν ερωτήματα που έχουν προκύψει από τη Φάση 1, όπου είναι δυνατόν, από στοιχεία που προέκυψαν από τη Φάση 2 ή από γρήγορες αναλύσεις ή και τα δύο. Νέα ερωτήματα προστίθενται κατά τη διάρκεια των φάσεων, που προκύπτουν από την κατανόηση που αποκτιέται όταν προσδιορίζονται τα υπάρχοντα δεδομένα.

Φάση 3: Οι έρευνες σχεδιάζονται έτσι ώστε να επιβεβαιώνουν τις υποθετικές απαντήσεις και τα υποθετικά μοντέλα που έχουν τεθεί. Ο ορισμός του πλάνου βασίζεται στην αρχή «από το γενικό στο ειδικό».

Φάση 4: Οι έρευνες συνεχίζονται στα στάδια όπως έχει οριστεί από το πλάνο. Μια ομάδα συνεργασίας από γεωλόγους και γεωτεχνικούς μηχανικούς μπορεί να ορίσει αυτά τα στάδια. Οι απαντήσεις στις γεωλογικές και γεωτεχνικές ερωτήσεις προέκυψαν σταδιακά από τα αποτελέσματα, με συνδυασμό και αναλύσεις. Όταν όλα τα ερωτήματα έχουν απαντηθεί με αρκετή σιγουριά, η έρευνα έχει ολοκληρωθεί.

Οι γεωλογικές μελέτες, στις φάσεις από 1 έως 4, ξεκινούν με την κατανόηση της περιοχής σε σχέση με τις συνολικές τεκτονικές συνθήκες και πρέπει να περιλαμβάνουν μελέτη για τη γεωλογία σε μια έκταση περιμετρικά της τοποθεσίας. Αυτό είναι χρήσιμο για να προσεγγίσουμε την επίδραση στις εργασίες για μεγάλης κλίμακας γεωλογικές διαδικασίες, μερικές από τις οποίες ενδέχεται να προκαλέσουν μεγάλα προβλήματα στο έργο. Η μελέτη του περιφερειακού τμήματος της τοποθεσίας ακολουθείται από γεωλογικές και γεωτεχνικές μελέτες επί τόπου και γύρω από τη θέση, σε ενδιάμεση και λεπτομερή κλίμακα.

Μελέτη ευρείας περιοχής

Αντικείμενα μελέτης

- 1) Για να οριστεί ένα κατανοητό πλάνο για τη γεωλογική ιστορία της περιοχής, πρέπει να εξετάζεται η εξέλιξη μέχρι την τωρινή γεωλογική κατάσταση και σε μια ευρεία έκταση γύρω από την περιοχή. Επί του πρακτέου, είναι σημαντικό να αντιμετωπιστούν τα ακόλουθα θέματα:
 - Μεγάλες γεωλογικές διαδικασίες που πιθανά να επιδράσουν στο έργο.
 - Άλλες διαδικασίες που είναι ενεργές ή πιθανά ενεργές.
 - Πιθανή επίδραση από κάποια ενεργή διαδικασία κατά τη διάρκεια της κατασκευής ή της λειτουργίας.
 - Δραστηριότητες της κατασκευής (εκσκαφές) ή εργασίες του γεμίσματος που μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές.
- 2) Ο καθορισμός της περιφερειακής στρωματογραφίας και γεωλογίας.
- 3) Ανάλυση της γεωμορφολογίας της περιοχής σε σχέση με την περιφερειακή στρωματογραφία.
- 4) Ο σχεδιασμός σημαντικών χαρακτηριστικών, π.χ. μεγάλα ρήγματα ή κατολισθήσεις που βρίσκονται στην περιοχή ή κοντά σ' αυτήν.
- 5) Μία εκτίμηση της ροής του υπόγειου νερού.
- 6) Η καταγραφή δανειοθαλάμων.

Εργασίες

Κατά τη διάρκεια της έρευνας πραγματοποιούνται περιφερειακές μελέτες που εξαρτώνται από το μέγεθος και τη περιπλοκότητα της έρευνας, την επίπτωση της αποτυχίας και την ποσότητα και την σημασία των περιφερειακών πληροφοριών που είναι ήδη διαθέσιμες. Οι εργασίες που ακολουθούνται είναι οι ακόλουθες:

- 1) Εξέταση των γεωλογικών χαρτών που υπάρχουν.
- 2) Ερμηνεία των εικόνων από δορυφόρους ή αεροφωτογραφίες.
- 3) Ερμηνεία των φωτογραφιών από το έδαφος.
- 4) Επίγεια αναγνώριση από προηγούμενους χάρτες.

Μελέτη σε ενδιάμεση και λεπτομερή κλίμακα

Αντικείμενο μελέτης

- 1) Η τοπογραφία της περιοχής σε σχέση με την περιφερειακή και τοπική γεωλογία και τη γεωλογική ιστορία.
- 2) Περιγραφή των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, π.χ. πτυχώσεις, ρήγματα ή κατολισθήσεις.
- 3) Εφαρμογή γεωφυσικών μεθόδων και ερμηνεία των αποτελεσμάτων για την εξέλιξη της γεωλογικής εικόνας.
- 4) Σχεδιασμός και τεχνική επίβλεψη της έρευνας που μπορεί να περιέχει πυρήνες γεωτρήσεων, υδατοφράγματα και εκσκαφές, φρέατα, τάφρους και σήραγγες.
- 5) Γεωτεχνικές διαγραφίες και φωτογραφίες των πυρήνων και των εμφανίσεων στις ερευνητικές εκσκαφές.
- 6) Διαγραφία των γεωτρήσεων χρησιμοποιώντας κάμερες.
- 7) Δοκιμές υδρο-απορροφητικότητας στις γεωτρήσεις.
- 8) Δοκιμές εδαφών πεδίου ή/και εργαστηριακές.
- 9) Δοκιμές βράχων ή/και εργαστηριακές.
- 10) Μεταφορά των δεδομένων σε ειδικά προγράμματα και 3D μοντέλα.

1.4 Επί τόπου έρευνα

1) Χαρτογράφηση

Τοπογραφική χαρτογράφηση

Μια βασική απαίτηση για την έρευνα και το σχεδιασμό σε κάθε μελέτη είναι η ακριβής τοποθεσία και το υψόμετρο όλων δεδομένων. Οι τοπογραφικοί χάρτες κατασκευάζονται με την κατάλληλη κλίμακα και με τοποθετημένα αναγνωριστικά σημάδια. Για όλα τα δεδομένα που εντοπίζονται κατά τη διάρκεια της έρευνας, θα πρέπει να σημειώνεται η τοποθεσία τους και το υψόμετρό τους. Η επισκόπηση σε μεγάλη κλίμακα είναι πιθανό να πραγματοποιηθεί και με τη χρήση G.I.S, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).

Οι τοπογραφικοί χάρτες που χρησιμοποιούνται και απαιτούνται είναι οι εξής:

- χάρτης ευρείας περιοχής, 1:250.000 με ισοδιάσταση 20-50 m έως 1:25.000 με ισοδιάσταση 10 m
- χάρτης συγκεκριμένης περιοχής, 1:25.000 με ισοδιάσταση 10 m έως 1:2.000 με ισοδιάσταση 2 m
- χάρτης στην περιοχή της έρευνας, 1:1.000 με ισοδιάσταση 2 m έως 1:200 με ισοδιάσταση 1 m
- χάρτης με ιδιαίτερα μηχανικά χαρακτηριστικά, 1:500 με ισοδιάσταση 1 m έως 1:200 με ισοδιάσταση 0.5 m

Γεωμορφολογική χαρτογράφηση

Η επιφάνεια του εδάφους αντανακλά την υπεδάφια γεωλογία και τη γεωμορφολογική ανάπτυξη στην περιοχή. Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση του εδάφους μπορεί να δώσει πληροφορίες για την κατάσταση στο υπέδαφος και περιοχές με πιθανές κατολισθήσεις. Η χαρτογράφηση αυτού του τύπου πρέπει να γίνεται σε δύο επίπεδα. Αρχικά σε ευρεία κλίμακα για συνολική εκτίμηση της περιοχής και δευτερεύοντος σε λεπτομερέστερη κλίμακα για λεπτομερή καταγραφή των δεδομένων.

Η συνολική εκτίμηση της περιοχής πρέπει να περιλαμβάνει εξέταση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής, το καθεστώς της αποστράγγισης, την καταγραφή των τοπικών λεκανών και την αποτύπωση της ποσότητας και ποιότητας

της βλάστησης. Η σύνταξη γεωμορφολογικού χάρτη, για να χρησιμοποιηθεί σαν βάση για την περαιτέρω μελέτη, περιλαμβάνει την αναγνώριση και καταγραφή όλων των χαρακτηριστικών συμπεριλαμβανομένων των κλίσεων, των φυσικών πρανών, των ρωγμών, καταγραφή περιοχών με διήθηση, μετατόπιση ή έντονες αλλαγές στη βλάστηση. Τέλος, ιδιαίτερης σημασίας είναι η καταγραφή των ορίων των περιοχών που θεωρείται ότι μπορεί να αναπτυχθεί κάποια ολίσθηση. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά καταγράφονται στο χάρτη με σύμβολα και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο το υπόμνημα, όπου θα εξηγούνται αυτά τα σύμβολα.

Γεωτεχνική χαρτογράφηση

Χρήση υπαρχόντων χαρτών και μελετών

Οι χάρτες μεγάλης κλίμακας είναι συχνά διαθέσιμοι από τις κρατικές υπηρεσίες. Πληροφορίες, όμως, μπορούν να δώσουν και μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για μεταλλευτικούς σκοπούς ή για μελλοντική οικιστική ανάπτυξη.

Αυτοί οι χάρτες παρέχουν πληροφορίες για τα κύρια πετρώματα και σχηματισμούς. Επίσης παρουσιάζουν περιοχές όπου το πέτρωμα είναι καλυμμένο με ιζηματογενή υλικά και δεν είναι εμφανές, επιφανειακά εδάφη και κώνους κορημάτων. Τα δεδομένα που αποτυπώνονται στον χάρτη λαμβάνονται από την υπαίθρια έρευνα και τις γεωλογικές εμφανίσεις, τις ερευνητικές γεωτρήσεις και τις αεροφωτογραφίες. Περιοχές με αλλουβιακά, κολουβιακά ή αποσαθρωμένα υλικά αναγνωρίζονται και καταγράφονται στους γεωλογικούς χάρτες.

Η κύρια σημασία κατασκευής αυτού του τύπου των χαρτών είναι η κατανόηση της στρωματογραφίας και της γεωλογικής ιστορίας της περιοχής. Η κατανόηση αυτή μπορεί να βοηθήσει και στην κατανόηση των γεωτεχνικών συνθηκών. Τέλος, οι χάρτες αυτοί παρουσιάζουν καταγραμμένα εδαφικά υλικά για αγροτικούς λόγους, γεγονός που μπορεί φανεί χρήσιμο για την έρευνα δανειοθαλάμων.

Χαρτογράφηση ευρείας περιοχής

Όταν οι χάρτες ευρείας κλίμακας έχουν δημοσιευτεί και είναι διαθέσιμοι, μπορούν να βοηθήσουν στη μελέτη του φράγματος. Για μεγάλα φράγματα και για μελέτες όπου οι χάρτες αυτοί δεν είναι διαθέσιμοι, η περιοχή θα πρέπει να ελέγχεται από επί τόπου έρευνα ή από αεροφωτογραφίες. Αν το φράγμα είναι μεγάλο και

υψηλού κινδύνου και δεν υπάρχουν διαθέσιμοι χάρτες τότε θα πρέπει να κατασκευάζονται εκ νέου. Τα χαρακτηριστικά που αποτυπώνονται θα πρέπει να είναι οι κατολισθήσεις, οι πηγές και περιοχές με προβληματικά εδάφη. Επίσης θα πρέπει να καταγράφονται οριοθετημένες πάνω στο χάρτη οι περιοχές εργασιών και οι δανειοθάλαμοι.

Γεωτεχνική χαρτογράφηση

Η γεωτεχνική χαρτογράφηση περιλαμβάνει την αναγνώριση και την τοποθέτηση των επιφανειακών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με το γεωτεχνικό μοντέλο. Οι μηκοτομές που προέρχονται από τη χαρτογράφηση των αρχικών γεωτεχνικών μοντέλων αποτελούν τη βάση για την αναγνώριση του υπεδάφους. Έτσι θα πρέπει να εμπλουτίζονται τα μοντέλα, να συμπληρώνονται τα κενά και να απαντώνται τα ερωτήματα που προκύπτουν.

Οι γεωτεχνικοί χάρτες κατασκευάζονται σε ενδιάμεση κλίμακα (1:5.000 έως 1:2.500) καλύπτοντας τις βασικές εργασίες πεδίου και σε μεγαλύτερη κλίμακα (1:1.000 έως 1:500) καλύπτοντας συγκεκριμένες περιοχές όπου εντοπίζονται προβληματικές δομές. Οι χάρτες πρέπει να περιλαμβάνουν:

- ισοϋψείς
- γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, π.χ. αλλαγές κλίσεων, ειδικά εδάφη
- γεωλογικά επιφανειακά χαρακτηριστικά, π.χ. περιοχές με εμφανίσεις πετρωμάτων, πλαγιές σκεπασμένες με χαλίκια, όρια
- χαρακτηριστικά πετρωμάτων, π.χ. τύπος πετρώματος και όριά τους, υψόμετρα, φύλλωση, τοποθεσία
- χαρακτηριστικά ροής υπόγειου νερού, π.χ. πηγές, διήθηση, φυτοκάλυψη
- τοποθεσίες μονοπατιών, δρόμων, δοκιμαστικών φρεατίων και τάφρων με περίληψη των εδαφών και των πετρωμάτων
- τοποθεσίες των γεωτρήσεων και των γεωφυσικών δοκιμών
- προτεινόμενες εργασίες πεδίου και δανειοθάλαμοι

Ο προσδιορισμός της ακριβούς τοποθεσίας κατασκευής του έργου αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης. Σε αραιοκατοικημένες δασώδεις περιοχές, ο συνδυασμός αεροφωτογραφιών και σχέδια ισοϋψών μπορεί να είναι χρήσιμα για την τοποθέτηση με μεγάλο ποσοστό ακρίβειας.

Όταν απαιτείται μεγαλύτερο ποσοστό ακρίβειας τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί G.P.S..

2) Γεωφυσικές δοκιμές

Οι γεωφυσικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται στη μελέτη των φραγμάτων, για την έρευνα της κατασκευής αλλά και για τον προσδιορισμό των συνθηκών που επικρατούν στα ήδη κατασκευασμένα φράγματα. Χρησιμοποιούνται πολλές διαφορετικές μέθοδοι και η επιλογή της κατάλληλης, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες, τη φύση του προβλήματος κλπ, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005). Η σωστή επιλογή της μεθόδου προβάλλει χρήσιμες πληροφορίες που περιλαμβάνουν:

- Καταγραφή των ορίων μεταξύ των πετρωμάτων και των ιζημάτων που έχουν μεταφερθεί όπως είναι τα αλλούβια, τα κολούβια ή τα υλικά κατολισθήσεων.
- Καταγραφή των ορίων μεταξύ υπολειμματικών εδαφών, αποσαθρωμένων βράχων και υγιούς βράχου.
- Καταγραφή ορίων μεταξύ αμμωδών και αργιλικών εδαφών.
- Τοποθεσίες από ιδιαίτερους σχηματισμούς, π.χ. εκρηξιγενείς διεισδύσεις, αποσαθρωμένες ζώνες, ζώνες ρήγματος κλπ.
- Τοποθεσίες με σχηματισμούς με έντονη διήθηση, ζώνες χαμηλής πυκνότητας.

Γεωφυσικές δοκιμές στην επιφάνεια

Σεισμική διάθλαση (seismic refraction)

Η δοκιμή αυτή βασίζεται στην αρχή ότι τα σεισμικά κύματα ταξιδεύουν με διαφορετική ταχύτητα σε διαφορετικά υλικά. Για την πραγματοποίηση της μεθόδου χρησιμοποιούνται κύματα «P» και προσδιορίζονται τα όρια μεταξύ εδαφών και αποσαθρωμένων βράχων. Όταν τα στοιχεία αυτά συνδυάζονται με τη γεωλογική γνώση, τότε μπορούν να προσεγγιστούν χαρακτηριστικά του βράχου, όπως η εκσκαψιμότητα.

Αυτό-δυναμική μέθοδος (self potential)

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη διαστασιολόγηση των φυσικών διαφορών που υπάρχουν μεταξύ δύο διαφορετικών σημείων στο έδαφος. Η δοκιμή αυτή έχει μικρή εφαρμογή σε έρευνες για φράγματα αλλά χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό των διαφυγών σε ήδη κατασκευασμένα φράγματα και ταμιευτήρες.

Ηλεκτρική αντίσταση (electrical resistivity)

Η μέθοδος ηλεκτρικής αντίστασης μετράει την αντίσταση του εδάφους που προκαλεί ηλεκτρικό κύκλωμα. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό ζωνών ρηγμάτων, ζωνών με έντονη αποσάθρωση και κοιλότητες. Επίσης χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό αλλουβιακών στρωμάτων όπου τα περατά χαλίκια και οι άμμοι μπορούν να διακρίνονται από τις μη περατές αργίλους και βράχους.

Ηλεκτρομαγνητική αγωγιμότητα (electromagnetic conductivity)

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται η ηλεκτρομαγνητική αγωγιμότητα η οποία είναι διαφορετική για κάθε υλικό. Πρέπει να δίνεται προσοχή στη επιλογή της κατάλληλης συχνότητας. Επηρεάζεται έντονα από μεταλλικά στοιχεία που βρίσκονται στο υπέδαφος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δημιουργούν ένα προφίλ του υπεδάφους.

Γεωφυσικές δοκιμές σε οπές γεωτρήσεων

Μέθοδοι όπως η ηλεκτρική αντίσταση, αυτό-δυναμική μέθοδος, ακτίνες γ, απορρόφηση νετρονίων και άλλες παρουσιάζουν ένα προφίλ του υπεδάφους. Με τις διαγραφίες αναγνωρίζονται χαρακτηριστικοί σχηματισμοί σε διαφορετικούς λιθολογικούς σχηματισμούς. Στην έρευνα που γίνεται για τα φράγματα περιλαμβάνονται τέτοιες δοκιμές που βοηθούν στη συσχέτιση μεταξύ των πληροφοριών που εξάγονται σημειακά από τις γεωτρήσεων, στον εντοπισμό τοποθεσιών με πιθανές ζώνες διαφυγών και των χαρακτηριστικών των ιζημάτων της κοιλάδας.

3) Δοκιμές σε φρέατα και τάφρους

Δοκιμές σε φρέατα

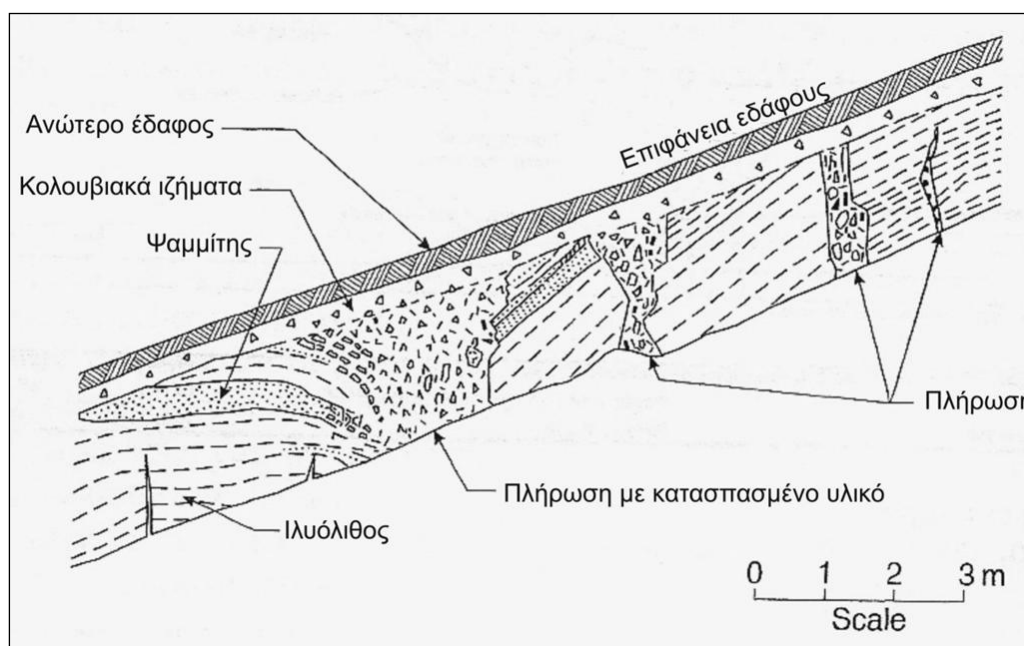
Πρόκειται για δοκιμές που πραγματοποιούνται αφού προηγηθεί εκσκαφή, με ειδικό μηχάνημα ή κάποιον εκσκαφέα, και προσφέρει πληροφορίες για τις συνθήκες στο υπέδαφος στη θεμελίωση του φράγματος ή σε ήδη υπάρχοντα φράγματα, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005). Χρησιμοποιείται ευρέως για τους κάτωθι λόγους:

- είναι σχετικά φθηνή μέθοδος και γρήγορη
- το υπέδαφος (το προφίλ) είναι καθαρό και μπορεί να φωτογραφηθεί
- ο τύπος του υλικού, η φύση του, το σχήμα των ορίων μπορούν να παρατηρηθούν και να καταγραφούν σε τρεις διαστάσεις
- η ροή του υπόγειου νερού φανερώνεται καθώς επίσης και οι πηγές των εισροών και καταγράφεται το εύρος των πλημμυρών
- συλλέγονται αδιατάρακτα δείγματα
- πραγματοποιούνται επί τόπου δοκιμές

Είναι πιθανό τα φρέατα να αφεθούν ανοικτά για περαιτέρω έλεγχο κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Στην περίπτωση αυτή η περίφραξη είναι απαραίτητη. Η εφαρμογή τέτοιων μεθόδων έχει και κάποια αρνητικά στοιχεία τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν. Αρχικά το βάθος ορίζεται από το εύρος του μηχανήματος της εκσκαφής και τη δυνατότητα εκσκαφής του υλικού. Το μέγιστο βάθος είναι στα 4 m. Μεγαλύτερα μηχανήματα εκσκαφής μπορούν να φτάσουν μέχρι τα 6 m και ανάλογα με το μητρικό πέτρωμα μπορούν να εκσκάψουν και αδύναμο βράχο. Επίσης, η κατάρρευση των τοιχωμάτων του φρέατος είναι σύνηθες φαινόμενο, ειδικά σε κορεσμένα εδάφη και για το λόγο αυτό, η χρήση σιδερένιων ή ξύλινων υποστηρίξεων είναι απαραίτητη. Οι εισροές υπόγειου νερού μπορούν να προκαλέσουν κατάρρευση και μη ικανότητα εκσκαφής ακόμα και με υποστήριξη. Τέλος, όταν γίνονται δοκιμές στα φρέατα επηρεάζεται το γύρω περιβάλλον, αλλά αν γίνει προσεκτική επαναφορά και πραγματοποιηθεί η ανάλογη φυτοκάλυψη τότε η επίδραση είναι μικρότερη.

Δοκιμές σε τάφρους

Η λογική εξέλιξη της πραγματοποίησης δοκιμών σε φρέατα είναι η εκσκαφή τους σε τάφρους, με τη χρήση των κατάλληλων μηχανημάτων. Αυτές οι τάφροι προβάλλουν ουσιαστικά συνεχείς αποκαλύψεις των υλικών του υπεδάφους όταν δεν υπάρχουν αρκετές εμφανίσεις στην επιφάνεια. Ο προσεκτικός καθαρισμός με μηχανήματα ή με τα χέρια είναι απαραίτητος, ειδικά στα βραχώδη υλικά. Η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιείται όπως και στα φρέατα. Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται μια τέτοια τάφρος.



Σχήμα 8: Διαγραφή (logging) σε τάφρους, (Fell, MacGregor, Stapleton, Bell 2005).

Είναι απαραίτητη η καταγραφή των μηχανημάτων, του βάθους της εκσκαφής και του τύπου του υλικού. Σε περιοχές όπου γίνονται μεγάλες κατασκευές σε γεωλογικά περίπλοκες περιοχές με λίγες επιφανειακές εμφανίσεις του υλικού, οι τάφροι μπορεί να αποτελούν την πιο αποτελεσματική μέθοδο για να απαντηθούν οι ερωτήσεις σε ζωτικά θέματα και για την προαγωγή επιπλέον ερωτημάτων.

4) Ανοίγματα στο πέτρωμα και φυσικά φρέατα

Κατά την έρευνα μεγάλων φραγμάτων μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη η έρευνα επιμέρους κομματιού ή κομματιών της περιοχής, π.χ. μια περιοχή που αποτελείται από σπηλαιώδεις ασβεστόλιθους ή κατολισθήσεις, και μπορούν να δοθούν περισσότερες πληροφορίες από τον συνδυασμό της επιφανειακής εκσκαφής και της

γεώτρησης, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005). Σε τέτοιες περιπτώσεις πραγματοποιούνται οι εκσκαφές των ανοιγμάτων-εισόδων στο πέτρωμα και η δημιουργία φρεάτων που δίνουν τη δυνατότητα να:

- παρατηρηθούν οι συνθήκες στο υπέδαφος
- διαστασιολογηθούν τα νέα στοιχεία και να συγκριθούν με τα επιφανειακά
- πραγματοποιηθούν επί τόπου δοκιμών
- πραγματοποιηθούν υπόγειες ερευνητικές γεωτρήσεις

Τα στοιχεία σε αυτά τα ανοίγματα και τις τάφρους θα πρέπει να καταγράφονται και να φωτογραφίζονται όπως στις δοκιμές σε τάφρους και φρέατα. Όλες οι πιθανές τομές συμπεριλαμβανομένου του πετρώματος πρέπει να καταγραφούν. Οι εκσκαφές αυτές είναι δαπανηρές για να πραγματοποιηθούν. Χρειάζονται υποστήριξη, εξαερισμό και μεθόδους αποστράγγισης.

5) Οπές γεωτρήσεων

Αντικείμενο γεώτρησης

Το κύριο αντικείμενο της γεώτρησης είναι να προβληθεί η γνώση από την επιφανειακή χαρτογράφηση, τις δοκιμαστικές τάφρους και τα φρέατα πιο κάτω από το βάθος που καλύπτουν αυτές οι δοκιμές και επίσης να:

- εξασφαλιστούν δείγματα για μεγαλύτερα βάθη
- εξασφαλιστεί η πρόσβαση για τις δοκιμές, π.χ. τη διαστασιολόγηση των επιπέδων του νερού, της πίεσης των πόρων, τη διαπερατότητα
- εξασφαλιστεί ο έλεγχος της ερμηνείας των γεωφυσικών μεθόδων.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των γεωτρήσεων είναι πως ο περιορισμός για το βάθος της έρευνας είναι μικρός. Θα πρέπει να προσδιοριστούν οι ιδιότητες του κατώτερου σχηματισμού αν αυτός επηρεάζει την κατασκευή. Η γεώτρηση έχει μικρή επίδραση στο περιβάλλον. Οι μεγαλύτερες οπές που διανοίγονται είναι μικρότερες των 200 mm και μπορούν εύκολα να καλυφθούν, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).

Τεχνικές διάνοιξης και οι εφαρμογές της

Η επιλογή της μεθόδου διάνοιξης πρέπει να γίνεται προσεκτικά έτσι ώστε να μην διαταράσσονται οι υπάρχουσες συνθήκες του περιβάλλοντος. Κατά την έρευνα κατολισθήσεων, η χρήση γεώτρησης και η κυκλοφορία των υγρών της, μπορεί να προκαλέσει αύξηση της πίεσης των πόρων ή του υδραυλικού φορτίου.

Με την τεχνική της διάνοιξη γεώτρησης υπάρχει το μειονέκτημα πως οι πληροφορίες που λαμβάνονται είναι συχνά έμμεσες -αλλιώς πληροφορίες λαμβάνονται από την αντίσταση που δέχεται το γεωτρύπανο, από την καταμέτρηση των χαρακτηριστικών με ειδικό εξοπλισμό που κατεβαίνει στην οπή ή με διαγραφία. Η άμεση παρατήρηση για το υπέδαφος περιορίζεται από τη χρήση καθρεπτών, κάμερας κλπ. Οι διακυμάνσεις της διάνοιξης εξαρτώνται από το μηχάνημα και από τον τύπο του υλικού. Ο εξοπλισμός είναι συχνά φορητά ανελκόμενα. Αυτά χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να τοποθετηθούν σε κάθε θέση.

Διάνοιξη με ελικοειδή εδαφολήπτη

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρέως για τη διάνοιξη συνεκτικών εδαφών. Χρησιμοποιείται μια ελικοειδής ράβδος για να διεισδύσει στο υπέδαφος και να το απομακρύνει. Υπάρχουν χειροκίνητοι και μηχανοκίνητοι εδαφολήπτες. Με αυτήν τη μέθοδο είναι εφικτή η διαγράψηση των υλικών από τα δείγματα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η μέθοδος προτείνεται για περιοχές με λεπτά στρώματα που βρίσκονται σε βάθη που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές όπως οι τάφροι και τα φρέατα. Δεν προσφέρει την ίδια ποσότητα πληροφοριών αλλά συμπληρώνει άλλες πληροφορίες. Προβλήματα παρουσιάζονται κατά τη διάνοιξη μη συνεκτικών υλικών ή μαλακών αργίλων γιατί πραγματοποιείται πτώση των τοιχωμάτων.

Διάνοιξη με κρουστικό

Η διάτρηση αυτή πραγματοποιείται με τη ρυθμική επαναλαμβανόμενη κρούση ενός ειδικού μεταλλικού κοπτικού οργάνου (που ονομάζεται «κρουστήρας» ή «κοπτικό άκρο») στον πυθμένα της οπής, γεγονός που προκαλεί θραύση και πολτοποίηση του πετρώματος.

Διάνοιξη με περιστροφική κίνηση

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται εκτενέστερα είναι αυτή με περιστροφικό μηχάνημα σε εδάφη και πετρώματα και μπορεί να περιλαμβάνει πυρηνοληπτικές μεθόδους ή όχι.

- Μη πυρηνοληπτική μέθοδος:

Η μέθοδος αυτή αναφέρεται και ως διάνοιξη με νερό και περιλαμβάνει τη χρήση κεφαλής στο τέλος της ράβδου. Τα κοπτικά που βρίσκονται στην κεφαλή σπάνε ή θλίνουν την επιφάνεια που βρίσκεται στον πυθμένα της τρύπας. Τα θραύσματα του εδάφους ή του βράχου απομακρύνονται μέσω ενός κυκλικού συστήματος κίνησης του ρευστού, συνήθως νερό. Δείγματα από τις μη δειγματοληπτικές γεωτρήσεις δεν είναι δυνατόν να παρθούν καθώς τα θραύσματα είναι ανακατεμένα με νερό και δεν μπορεί να γίνει εκτίμηση του υλικού. Συνήθως συλλέγονται μικρά θραύσματα από ανθεκτικά υλικά για προσδιορισμό μέσω εργαστηριακών μεθόδων.

Όταν γίνεται διάνοιξη σε αμμώδη υλικά πάνω από την επιφάνεια του υδροφόρου και σε μερικά εδάφη κάτω από την επιφάνεια του υδροφόρου, χρησιμοποιείται μια ειδική «λάσπη» για την υποστήριξη των τοιχωμάτων της οπής και επίσης βοηθάει στην κάλυψη των ανοιγμάτων των τοιχωμάτων. Η λάσπη αυτή αποτελείται από μπεντονίτη ο οποίος έχει την ιδιότητα να στερεοποιείται όταν σταματά η κυκλοφορία και να υγροποιείται όταν βρίσκεται σε κίνηση (θιξοτροπική ιδιότητα). Στα φράγματα, η μέθοδος αυτή, εφαρμόζεται μόνο για τις δοκιμές περατότητας.

- Πυρηνοληπτική γεώτρηση:

Με τη μέθοδο αυτή, ένα τμήμα του βράχου απομακρύνεται χρησιμοποιώντας μια κούφια κεφαλή που στην άκρη της έχουν τοποθετηθεί κομμάτια διαμαντιού. Καθώς περιστρέφεται η κεφαλή με τη σωλήνωση, κόβει ένα τμήμα του βράχου, αυτό παραμένει μέσα στη σωλήνωση και μπορεί να απομακρυνθεί.

Σκοπός της επί τόπου ερευνητικής διαδικασίας είναι η λήψη όσο δυνατόν περισσότερων πληροφοριών για την κατάσταση του υπεδάφους, την ανάλυση των συνθηκών της περιοχής, ειδικά σε σχέση με τις κινήσεις των πρανών και τη διήθηση, ο προσδιορισμός της φύσης ενός αδύναμου υλικού. Επίσης θα

πρέπει το δείγμα που θα παρθεί να είναι αντιπροσωπευτικό των συνθηκών που επικρατούν και όχι παραπλανητικό.

6) Επί τόπου δοκιμές σε βράχους

Οι δοκιμές αυτές είναι ευρέως διαδεδομένες και οι πιο συνήθεις από αυτές είναι:

- Δοκιμή περατότητας εισπίεσης νερού
- Δοκιμή πρεσιομέτρησης (Pressuremeter)
- Plate bearing test
- Borehole orientation
- Impression borehole

Δοκιμή περατότητα εισπίεσης νερού

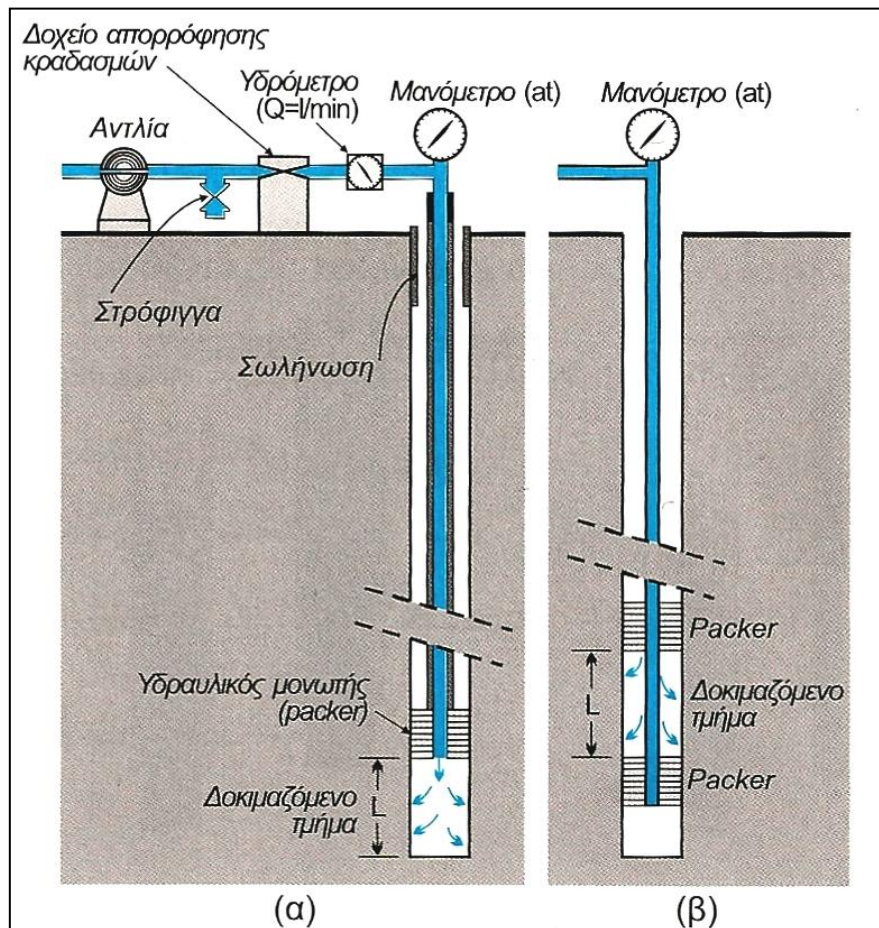
Η δοκιμή που χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό της περατότητας με εισπίεση νερού σε βραχώδη υλικά είναι η δοκιμή Lugeon. Η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται με την απομόνωση τμημάτων της γεώτρησης με τη χρήση packer (εξάρτημα που εφαρμόζει στην οπή και τη φράσει) και έπειτα εισπνέζεται νερό στο τμήμα αυτό μέχρι η διακύμανση της ροής για τη δεδομένη πίεση να είναι σταθερή.

Μέθοδοι δοκιμής Lugeon

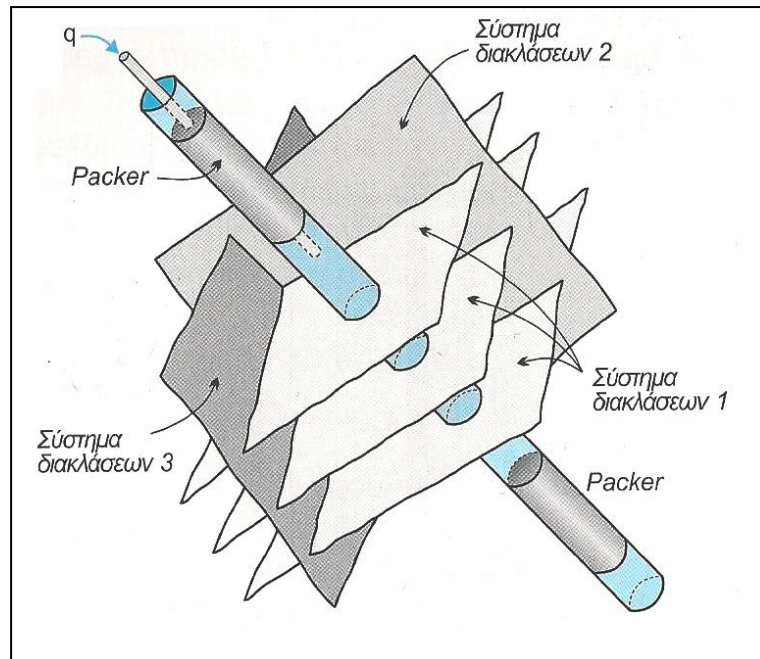
Υπάρχουν δύο μέθοδοι εκτέλεσης της δοκιμής στην οπή της γεώτρησης. Η μέθοδος «μονού packer» περιλαμβάνει απομονωμένα τμήματα για δοκιμή, εξετάζοντας το κατώτερο τμήμα της οπής της γεώτρησης, Σχήμα 9α. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει το σταδιακό προσδιορισμό της περατότητας και επιτρέπει τη σταθεροποίηση των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Η εναλλακτική μέθοδος είναι αυτή του «διπλού packer», όπου η δοκιμή πραγματοποιείται σε σφραγισμένο τμήμα με packer, Σχήμα 9β. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι το νερό βγαίνει όλο έξω από το σφραγισμένο τμήμα, αλλά μπορεί να επηρεαστεί από την κατάρρευση των τοιχωμάτων, από πιθανές απώλειες στο τμήμα που γίνεται η δοκιμή, απώλειες που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές ή από υψηλές περατότητες σε ιζηματογενή

στρώματα. Ο στόχος της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός του νερού που θα περάσει διαμέσου του πετρώματος. Ο πολτός μπεντονίτη που χρησιμοποιείται φράζει τα τοιχώματα της οπής και τα αποτελέσματα της δοκιμής δεν είναι αντιπροσωπευτικά. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται νερό όταν πρόκειται να πραγματοποιηθούν δοκιμές περατότητας, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).

Για να ληφθούν περισσότερες πληροφορίες που αφορούν τη διαπερατότητα της βραχώμαζας, θα πρέπει η οπή να είναι προσανατολισμένη στο να τέμνει όσο το δυνατόν περισσότερες διακλάσεις γίνεται, Σχήμα 10. Το ανώτερο τμήμα στο οποίο μπορεί να γίνει δοκιμή είναι το τμήμα εκείνο της οπής της γεώτρησης που μπορεί να σφραγιστεί με packer με ασφάλεια, συχνά σε αποσαθρωμένο βράχο.



Σχήμα 9: Διάταξη της δοκιμής Lugeon α) με μονό packer β) με διπλό packer, (Δημόπουλος 2008).



Σχήμα 10: Εκτέλεση δοκιμής Lugeon με εφαρμογή διπλού packer σε βραχώμαζα με 3 συστήματα διακλάσεων (Hoek & Bray 1981).

Η έκταση του τμήματος της δοκιμής εξαρτάται από τη φύση του βράχου και τη δομή του. Συνήθως το μήκος των εξεταζόμενων τμημάτων είναι 3 έως 6 m αλλά αυτό μπορεί να αυξηθεί, κατά βάση σε μη κατασπασμένα πετρώματα. Όταν μια σχετικά μεγάλη ποσότητα νερού χάνεται, είναι καλό να επαναλαμβάνεται η δοκιμή σε μικρότερο τμήμα για περαιτέρω προσδιορισμό της ζώνης υψηλής περατότητας.

Borehole orientation

Στα δείγματα εδαφών και βράχων που αποκαλύπτονται κατά τη διάνοιξη της οπής της γεώτρησης, μπορούν να προσδιοριστούν η φύση τους, τα ελαττώματά τους και ο προσανατολισμός σε σχέση με τον άξονα της οπής (συχνότερα αυτό εκφράζεται σε σχέση με τον άξονα του πυρήνα). Οι διακλάσεις της βραχώμαζας που φαίνονται σε μια δειγματοληπτική γεώτρηση, μπορεί να είναι προσανατολισμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να σχετίζονται με αντίστοιχες που έχουν αποκαλυφθεί στην επιφάνεια.

Borehole impression packer

Το όργανο αυτό καταγράφει τις ατέλειες στα τοιχώματα της γεώτρησης. Περιλαμβάνει ένα σωλήνα με ένα διαστελλόμενο packer, μέσα σε διαχωριστικά φύλλα μετάλλου γεμισμένα με αφρό και ένα θερμοπλαστικό φιλμ. Όταν το packer είναι διεσταλμένο –με νερό– μένει στο φιλμ μια αποτύπωση των ατελειών που

υπάρχουν στα τοιχώματα. Αν το packer είναι προσανατολισμένο, η επισκόπηση μπορεί να δώσει δεδομένα των ατελειών σε κάθετες και κεκλιμένες γεωτρήσεις. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε μεσαίας έως υψηλής αντοχής βράχους με διευρυμένες διακλάσεις.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι δοκιμές που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε βράχο, καθώς επίσης και το εξαγόμενο αποτέλεσμα αυτών.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας τύπου δοκιμής και εξαγόμενου αποτελέσματος για τις δοκιμές σε βράχο.

ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΒΡΑΧΟΥΣ	
Τύπος δοκιμής	Εξαγόμενο αποτέλεσμα
Δοκιμή Lugeon	Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας
Δοκιμή πρεσιομέτρησης - Plate bearing test	Μέτρο ελαστικότητας, γωνία τριβής, διατμητική αντοχή, οριζόντιες τάσεις, φέρουσα ικανότητα
Borehole orientation	Προσανατολισμός γεώτρησης σε σχέση με τον άξονα της οπής
Borehole impression packer	Καταγραφή ατελειών στα τοιχώματα της γεώτρησης

7) Επί τόπου δοκιμές σε εδάφη

Σε πολλές περιπτώσεις είναι προτιμότερο να υπολογιστούν οι ιδιότητες των εδαφών (και των βράχων) στην περιοχή της θεμελίωσης του φράγματος χρησιμοποιώντας επί τόπου δοκιμές παρά να λαμβάνουμε δείγματα και να τα υποβάλουμε σε δοκιμές στο εργαστήριο, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).

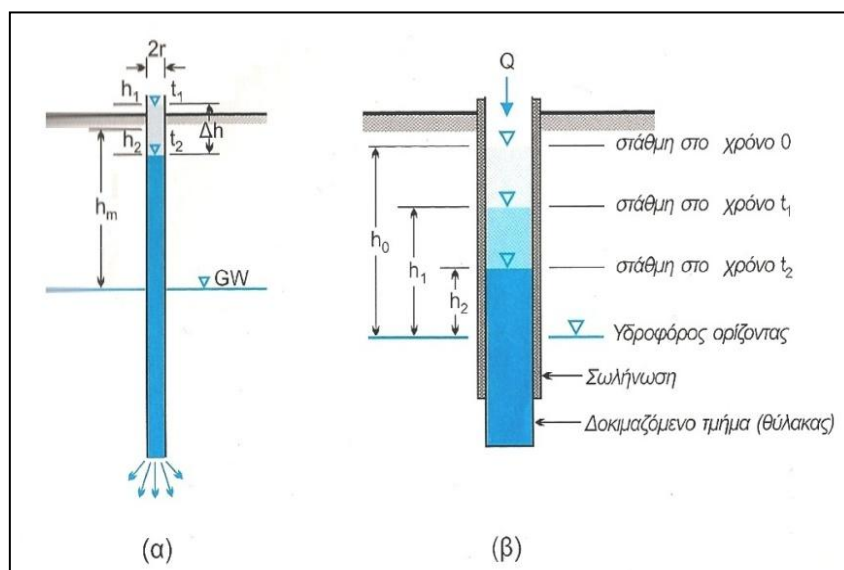
Οι πιο συνήθεις δοκιμές σε εδάφη είναι:

- Δοκιμές περατότητας σε εδάφη
- S.P.T. (Standard Penetration Test)-Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης
- S.C.P.T. (Static Cone Penetrometer Test)-Δοκιμή διείσδυσης κώνου
- Vane shear
- Δοκιμή πρεσιομέτρησης (Pressuremeter)
- Διαστολόμετρο (Dilatometer)
- Plate bearing test

Δοκιμές περατότητας σε εδάφη

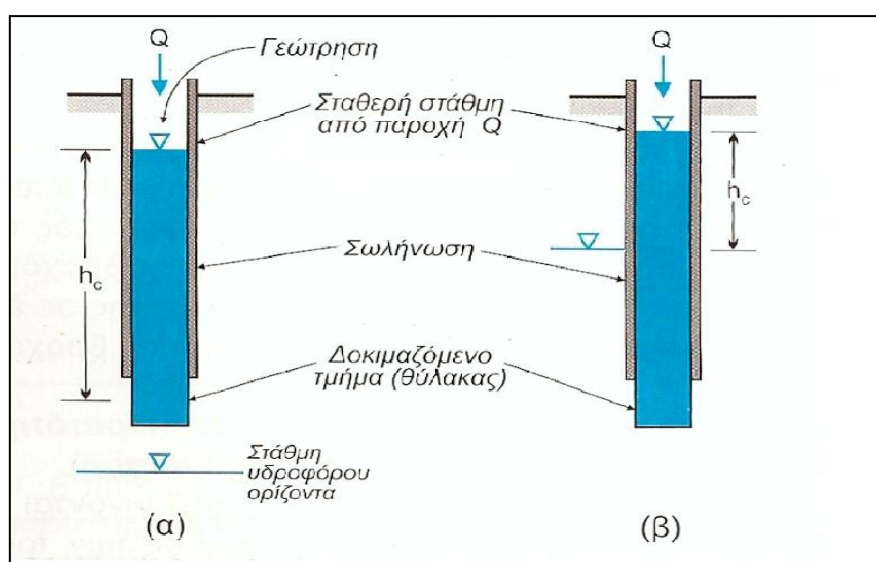
Οι δοκιμές που χρησιμοποιούνται είναι αυτές του ανοικτού άκρου οι Maag και Lefranc που εφαρμόζονται σε ομοιογενείς χαλαρούς και εύθρυπτους σχηματισμούς. Επίσης βρίσκουν εφαρμογή για τον προσδιορισμό της διαπερατότητας του μανδύα αποσάθρωσης.

- Δοκιμή Maag (δοκιμή μεταβλητού φορτίου): Κατά τη δοκιμή μεταβλητού φορτίου προσθέεται νερό στη γεώτρηση ώστε η στάθμη του νερού αυτήν να ανεβαίνει σε ένα επιθυμητό επίπεδο και έπειτα μετράται ο χρόνος μέχρι αυτή να πέσει σε κατώτερο επίπεδο, Δημόπουλος, 2008, όπως φαίνεται στο Σχήμα 11. Έπειτα επεξεργάζονται τα αποτελέσματα και διεξάγονται τα αποτελέσματα.



Σχήμα 11: Δοκιμή Maag, (Δημόπουλος 2008).

- Δοκιμή Lefranc (δοκιμή σταθερού φορτίου): Κατά τη μέθοδο αυτή πρέπει η στάθμη του νερού στη γεώτρηση να παραμένει σταθερή, προσθέτοντας συνεχώς ποσότητα νερού ενώ παράλληλα μετρείται και ο χρόνος, Δημόπουλος 2008, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 12. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας με την επεξεργασία των δεδομένων.



Σχήμα 12: Δοκιμή Lefranc, (Δημόπουλος 2008).

S.P.T.- Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σχετικής πυκνότητας, της γωνίας τριβής και του μέτρου ελαστικότητας σε μη συνεκτικά εδάφη. Επίσης χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της πιθανής ρευστοποίησης των κορεσμένων άμμων ή αμμοπηλών.

S.C.P.T. – C.P.T.U.-Δοκιμή διείσδυσης κώνου

Η δοκιμή διείσδυσης κώνου χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σχετικής πυκνότητας, της γωνίας τριβής και του μέτρου ελαστικότητας σε μη συνεκτικά εδάφη και την μη κορεσμένη διατμητική αντοχή ελαφρώς συνεκτικών εδαφών. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων του κωνικού πενετόμετρου.

Η μέθοδος αυτή είναι χρήσιμη για αλλουβιακές αποθέσεις όπου τα αμμώδη εδάφη είναι σε εναλλαγές με αργιλικά στρώματα και το όργανο είναι ικανό να διασχίσει τα στρώματα καλύτερα σε σχέση με τη γεώτρηση. Είναι επίσης ικανή να

υπολογίσει την πιθανή ρευστοποίηση σε κορεσμένα μη συνεκτικά εδάφη. Η δοκιμή *C.P.T.U.* χρησιμοποιείται πετυχημένα για τον προσδιορισμό ασθενών ζωνών στο χωμάτινα φράγματα, συμπεριλαμβανομένου του πυρήνα.

Vane shear

Η δοκιμή αυτή μπορεί μόνο να μετράει την μη αποστραγγισμένη διατμητική αντοχή μαλακών αργίλων και έχει μικρή χρήση στη μελέτη κατασκευής φράγματος εκτός και αν πρόκειται για την παραπάνω περίπτωση αργίλου.

Δοκιμή πρεσιόμετρου (Pressuremeter)

Και οι δυο τύποι πρεσιόμετρου (αυτοδιατρούμενο και πρεσιόμετρο Menard) μπορούν να εφαρμοστούν για φράγματα ειδικά για τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας των εδαφών και των αποσαθρωμένων βράχων. Τα πρεσιόμετρα δίνουν την πιο ακριβή εκτίμηση του μέτρου με την προϋπόθεση ότι η μέθοδος δοκιμής και η ερμηνεία είναι σωστές.

Τα όργανα αυτά δίνουν πληροφορίες για τη γωνία τριβής μη συνεκτικών εδαφών και τη διατμητική αντοχή συνεκτικών εδαφών. Ωστόσο η διατάραξη από την παρεμβολή των οργάνων παρουσιάζει μια υπερεκτιμημένη τιμή των αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό χρειάζεται προσεκτική επεξεργασία. Επίσης, με τη χρήση του πρεσιόμετρου μπορεί να γίνει εκτίμηση των επί τόπου οριζόντιων τάσεων στο έδαφος που αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την κατασκευή των μοντέλων παραμόρφωσης για τις θεμελιώσεις φραγμάτων και των πιθανών ρευστοποιήσεων.

Διαστολόμετρο (Dilatometer)

Το όργανο αυτό χρησιμοποιείται όπως πραγματοποιείται η δοκιμή *C.P.T.* και χρησιμοποιείται για να μετράει τις μεταβολές του όγκου που προκαλούνται από φυσικές και χημικές διεργασίες.

Plate bearing test

Η δοκιμή αυτή εφαρμόζεται στην επιφάνεια, σε τάφρους και σε οπές γεωτρήσεων και μπορεί να είναι χρήσιμη στον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας και του μέτρου παραμόρφωσης σε εδάφη και αποσαθρωμένους βράχους σε θεμελιώσεις. Επίσης η δοκιμή αυτή είναι χρήσιμη σε μη συμπιεστά εδάφη.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι δοκιμές που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε εδάφη, καθώς επίσης και το εξαγόμενο αποτέλεσμα αυτών

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας τύπου δοκιμής και εξαγόμενου αποτελέσματος για τις δοκιμές σε εδάφη.

ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΕΛΑΦΗ	
Τύπος δοκιμής	Εξαγόμενο αποτέλεσμα
Δοκιμή Maag	Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας
Δοκιμή Lefranc	Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας
S.C.P.T. - C.P.T.U.	Σχετική πυκνότητα, γωνία τριβής, μέτρο ελαστικότητας
Vane shear	Διατμητική αντοχή αργίλων
Δοκιμή πρεσιομέτρησης	Μέτρο ελαστικότητας, γωνία τριβής, διατμητική αντοχή, οριζόντιες τάσεις
Διαστολόμετρο	Μεταβολές όγκου
Plate bearing test	Φέρουσα ικανότητα, μέτρο παραμορφωσιμότητας

8) Ροή υπόγειου νερού

Σε όλες τις όψεις της έρευνας για τα χωμάτινα φράγματα, οι συνθήκες του υπόγειου νερού θα πρέπει να ελέγχονται και να παρακολουθούνται ηλεκτρονικά. Αυτό περιλαμβάνει την ακριβή τοποθεσία και την παρακολούθηση των περιοχών διηθήσεων κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης, καταγραφή των εισροών του υπόγειου νερού σε φρέατα και τάφρους και η παρακολούθηση των επιπέδων του υπόγειου νερού. Πρέπει να τοποθετούνται πιεζόμετρα στις οπές των γεωτρήσεων για παρακολούθηση της στάθμης. Η διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης, μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για την περατότητα. Μετριέται, επίσης, η διήθηση και η διακύμανση των πλημμυρών, οι βροχοπτώσεις, η εξάτμιση και η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου παράγοντες που

παρέχουν πληροφορίες για περιοχές που αναμένονται πλημμύρες, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).

1.5 Στεγανότητα και μέτρα θεμελίωσης

Η στεγανότητα του έργου, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ασφαλή λειτουργία και θεμελίωσή του. Όταν το υλικό της θεμελίωσης και το υλικό των αντρεϊσμάτων είναι περατό, τότε οι διαφυγές του νερού εκτός της λεκάνης κατάκλισης μπορεί να είναι σημαντικές και να οδηγήσουν σε αστοχία. Οι διαφυγές μπορεί να είναι σημειακές, από επιλεγμένες περιοχές αστοχιών της βραχώμαζας ή εδαφόμαζας, ή να είναι διάσπαρτες από όλη την επιφάνεια επαφής του νερού με το γεωλογικό υπόβαθρο. Οι διαφυγές μπορούν να εκτιμηθούν από τον νόμο του Darcy, $q=k \cdot A \cdot \frac{\Delta\varphi}{\Delta l}$. Ταυτόχρονα μπορεί να πραγματοποιούνται διαφορικές κινήσεις του νερού υπόγεια από τα ανάντη προς τα κατόντη, εσωτερικές υποσκαφές και υποπίεσεις και να αμφισβητείται η ευστάθεια της κατασκευής. Τα έργα αυτά, λοιπόν, αφ' ενός βελτιώνουν τα μηχανικά (παραμορφωσιμότητα, αντοχή) και υδρολογικά (περατότητα) χαρακτηριστικά των υλικών, αφ' ετέρου συμβάλουν και στον έλεγχο της διήθησης που προκαλεί εσωτερικές πιέσεις και προβλήματα ευστάθειας. Για το λόγο αυτό, είναι αναγκαίες οι διαδικασίες έρευνας και στεγανοποίησης του υλικού θεμελίωσης και του ταμιευτήρα.

Εργασίες στη θέση θεμελίωσης του φράγματος

Οι υπόγειες ροές κάτω από το φράγμα αλλά και στα αντρεϊσμάτα χαρακτηρίζονται από μεγάλη υδραυλική κλίση και παρουσιάζεται, στις θέσεις αυτές, αυξημένη περατότητα λόγω της χαλάρωσης του υλικού στις επιφανειακές ζώνες του σχηματισμού. Για την στεγανοποίηση, λοιπόν, στη θέση θεμελίωσης του φράγματος πραγματοποιούνται τσιμεντενέσεις, οι οποίες προεκτείνονται μέσα στο πρανές ανάλογα με την πιεζομετρία. Οι τσιμεντενέσεις, είναι γεωτρητικές οπές κατάλληλης διαμέτρου, διαμέσου των οποίων διοχετεύεται τσιμέντο στις ασυνέχειες που διασταυρώνονται με τις οπές. Με τον τρόπο αυτό πληρώνονται τα κενά των ασυνεχειών και δεν μπορεί να γίνει διέλευση του νερού. Η διάνοιξη των οπών γίνεται με πλήρη πυρηνοληψία 76 έως 106 mm και με βάθος $d=H_{\phi\rho}/3+20$ όπου $H_{\phi\rho}$ το ύψος του φράγματος, Δημόπουλος, 2007.

Προτού διοχετευτεί τσιμέντο, πραγματοποιούνται δοκιμές στις οπές, με σκοπό την εκτίμηση των απαιτήσεων στεγανοποίησης, που αφορούν την απορρόφηση του νερού από τη βραχώμαζα, που μετράται σε l/min.m και συμπληρώνεται το προφίλ της

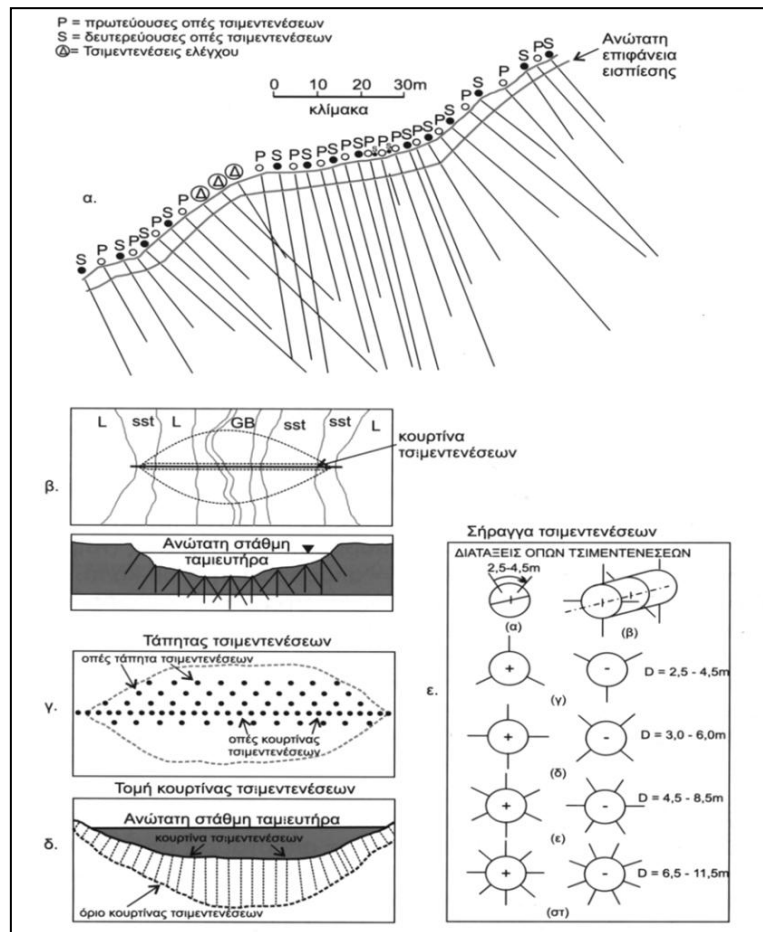
γεώτρησης. Για τα βραχώδη μέσα, πραγματοποιείται δοκιμή Lugeon, για την οποία η αποδεκτή τιμή στεγανότητας είναι 1 l/min.m και πίεση 10 bar για φράγματα μεγαλύτερα των 30 m και 3 l/min.m για φράγματα μικρότερα των 30 m. Για εδαφικούς σχηματισμούς πραγματοποιούνται δοκιμές LeFranc και Maag. Αντίστοιχα μετριοούνται κι άλλες παράμετροι όπως το ποσοστό απόληξης πυρήνα (%), ο βαθμός διαμελισμού (R.Q.D.), ο βαθμός αποσάθρωσης (V), ο βαθμός καρστικοποίησης (k), Δημόπουλος, 2007.

Οι τσιμεντενέσεις, σύμφωνα με τον Δημόπουλος, 2007, περιλαμβάνουν τρεις τύπους για τη στεγανότητα των φραγμάτων:

- Κουρτίνα-διάφραγμα τσιμεντενέσεων: πραγματοποιούνται τσιμεντενέσεις με σκοπό τη δημιουργία αδιαπέρατου διαφράγματος στη διήθηση του υπόγειου νερού. Οι τσιμεντενέσεις γίνονται στη βάση της τάφρου εκσκαφής θεμελίωση και μπορεί να είναι είτε κατακόρυφες είτε με κλίση ανάλογα με τις διαρρήξεις. Δημιουργείται έτσι ένας κάναβος που η απόσταση μεταξύ των οπών είναι 5 m και οι απόσταση των σειρών είναι 1-3 m. Ένας τέτοιος κάναβος φαίνεται στο Σχήμα 13.
- Τάπητας τσιμεντενέσεων: πραγματοποιείται στην περιοχή του αργιλικού πυρήνα, επιφανειακά και συστηματικά σε περιοχές της θεμελίωσης που παρουσιάζονται κρίσιμα θέματα. Με την πραγματοποίησή τους βελτιώνεται η αντοχή και η φέρουσα ικανότητα του πετρώματος, μειώνεται η υδροπερατότητα και βελτιώνεται η επαφή μεταξύ βράχου και θεμελίωσης. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται και η αποφυγή καθιζήσεων στη ζώνη αυτή, καθώς βελτιώνονται τα χαρακτηριστικά της. Τάπητες τσιμεντενέσεων πραγματοποιούνται μέχρι το βάθος των 7-10 m και η απόσταση μεταξύ τους είναι 3-14 m.
- Τσιμεντενέσεις ειδικού σκοπού: που πραγματοποιούνται για τη βελτίωση της αντοχής ή και την αντιμετώπιση προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την κυκλοφορία του υπόγειου νερού.

Πραγματοποιούνται επίσης, εκτός από τσιμεντενέσεις, διαφραγματικοί τοίχοι και τοποθέτηση αδιαπέρατου τάπητα ή μεμβράνης. Οι διαφραγματικοί τοίχοι κατασκευάζονται με τη μέθοδο του μπεντονιτικού αιωρήματος και δημιουργείται

έναν τοίχο είτε με αλληλοτεμνόμενα είτε με παράλληλους πασσάλους από σκυρόδεμα.



Σχήμα 13: Θέσεις και τρόποι εκτέλεσης κουρτίνας τσιμεντέσεων, α:κουρτίνα τσιμεντέσεων, β:κάτοψη θέσεων γεωτρητικών οπών κατά μήκος του άξονα και του τάπητα τσιμεντέσεων, γ:κάτοψη τάπητα τσιμεντέσεων δ:τομή κουρτίνας τσιμεντέσεων, ε:θέσεις τσιμεντέσεων εντός σήραγγας τσιμεντέσεων, (Δημόπουλος 2007).

Η μέθοδος αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε βραχώδες υπόβαθρο. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται αποφυγή της διήθησης και της κίνησης του νερού κοντά στη θεμελίωση του φράγματος. Ο αδιαπέρατος τάπητας ή μεμβράνη αποτελεί ένα λεπτό στρώμα αδιαπέρατου υλικού που τοποθετείται είτε μέσα σε χωμάτινο φράγμα είτε στον πυθμένα της λεκάνης ως μια συνέχεια του πυρήνα, με σκοπό την επιμήκυνση του δρόμου της υπόγειας ροής, ώστε να εξαλειφθούν οι διηθήσεις διαμέσου και κάτω από το φράγμα, να ελαττωθούν οι απώλειες του νερού και η υδραυλική κλίση και να ενισχυθεί η αντοχή του φράγματος. Το υλικό που χρησιμοποιείται αποτελείται από αργιλικά υλικά, σκυρόδεμα, ασφαλτοτάπητα ή ειδικές συνθετικές μεμβράνες.

Εργασίες στον ταμιευτήρα

Ο ταμιευτήρας περιλαμβάνει μία μεγάλη έκταση και τα προβλήματα της στεγανότητάς του ενδέχεται να είναι αντίστοιχα μεγάλα. Όταν υπάρχουν εδαφικά υλικά όπως αλλούβια και κορήματα τότε είναι πιθανό να υπάρχει επαφή με πιο βαθιούς υδροφόρους. Επίσης πιθανή είναι και η ύπαρξη παλαιοκοιτών ή επιγενετικών κοιλάδων, στις οποίες δημιουργούνται ζώνες με αυξημένη περατότητα που αποτελούνται από αδρομερείς προσχώσεις χειμάρρων. Σε βραχώδες υπόβαθρο, η καταπόνηση λόγω συμπιεστικών και εφελκυστικών τάσεων είναι έντονη, όπως και η παρουσία ρηγμάτων, γεγονός που προκαλεί έντονη υδροφορία. Ενδεχόμενη είναι και η ύπαρξη ζωνών ρηγμάτων και εφφιπέυσεων. Μέσω αυτών των ρηγματωμένων ζωνών πραγματοποιούνται διαφυγές. Τέλος υπάρχουν πετρώματα που είναι συνολικά περατά. Αυτά είναι τα ανθρακικά πετρώματα, οι εβαπορίτες-γύψοι, οι κρητίδες και ορισμένες λάβες.

Αντίστοιχες δοκιμές με αυτές που πραγματοποιούνται στην θέση θεμελίωσης του φράγματος, γίνονται και στον ταμιευτήρα για τον προσδιορισμό της απορροφητικότητας, της ρωγμάτωσης, της αποσάθρωσης. Αφού πραγματοποιηθεί λεπτομερής γεωλογική έρευνα για την αναγνώριση ασθενών περιοχών, γίνονται έργα στεγανοποίησης στη λεκάνη κατάκλισης.

Τα έργα αυτά περιλαμβάνουν στεγανοποίηση με εκτοξευμένο σκυρόδεμα, τάπητας στεγανοποίησης και δημιουργία αποστραγγιστικών οπών για την εκτόνωση των πιέσεων που αναπτύσσονται στη βραχώμαζα και τη βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας. Οι οπές αυτές κατασκευάζονται είτε από τη επιφάνεια είτε από στοά που έχει δημιουργηθεί για το σκοπό αυτό.

Όλες αυτές οι βελτιώσεις που πραγματοποιούνται είτε στη θέση θεμελίωσης του φράγματος είτε στη λεκάνη κατάκλισης έχουν σαν σκοπό την μείωση των διαφυγών διαμέσου της θεμελίωσης, τη μείωση της πιθανής διήθησης και διάβρωσης, τη μείωση των δυνάμεων άνωσης και τη μείωση των καθιζήσεων.

1.6 Τύποι αστοχιών φραγμάτων

Αστοχίες

Η κατασκευή ενός φράγματος προϋποθέτει την ασφαλή λειτουργία και την ασφαλή κατασκευή του.

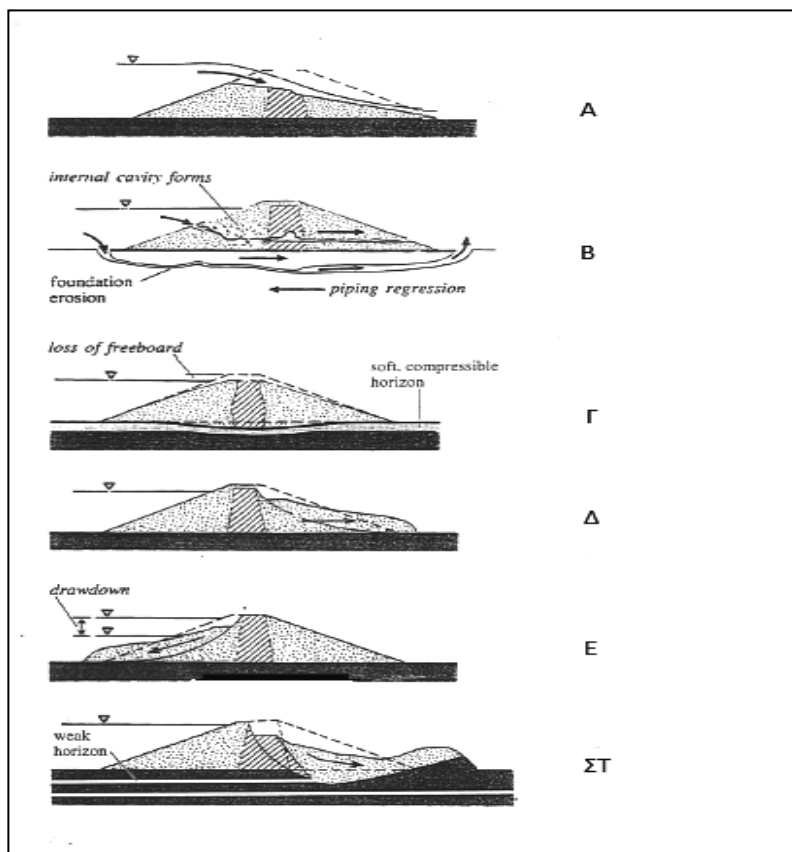
Οι αστοχίες, κατασκευαστικές ή λειτουργικές, αποτελούν συνήθη φαινόμενα που πολλές φορές έχουν προκαλέσει μεγάλες καταστροφές και πολλούς θανάτους. Οι κυριότερες αιτίες των αστοχιών, των φραγμάτων, σύμφωνα με τον Μαρίνος, 1991 είναι:

- Η ολίσθηση του φράγματος
- Η ανάπτυξη υποπιέσεων
- Οι σεισμοί
- Η μετακίνηση ή ο ερπυσμός σε κάποιο ρήγμα
- Η εσωτερική διάβρωση
- Η εξασθένηση της θεμελίωσης από διαβροχή ή από αποσάθρωση
- Η αστάθεια των πρανών των αντερεισμάτων
- Η υπερβολική παραμόρφωση της θεμελίωσης
- Η υπερβολική παραμόρφωση του φράγματος
- Η διάβρωση και η υποσκαφή από πλημμύρα
- Οι κατολισθήσεις μέσα στον ταμιευτήρα

Στα άκαμπτα φράγματα, οι συνήθεις λόγοι αστοχίας είναι η εσωτερική διάβρωση του σώματος του φράγματος και η ανεπαρκής αντοχή του. Στα εύκαμπτα φράγματα, οι αστοχίες που μπορεί να προκύψουν είναι η υπερπήδηση του νερού, η εσωτερική διάβρωση και η διασωλήνωση με μεταφορά υλικού από τον πυρήνα, η καθίζηση του φράγματος όταν το υλικό θεμελίωσης είναι συμπιεστό, η κατολίπηση του κατάντη τμήματος του σώματος του φράγματος, η κατολίπηση του ανάντη τμήματος του φράγματος λόγω ταπείνωσης του ταμιευτήρα, αστοχία λόγω υπερφόρτισης μαλακού ασθενούς ορίζοντα. Αυτές οι περιπτώσεις αστοχιών απεικονίζονται στο Σχήμα 14.

Στην παρούσα διπλωματική ειδίκευσης αναμένονται αστοχίες που ενδεχομένως να προκαλέσουν προβλήματα στην κατασκευή. Οι αστοχίες αυτές

μπορεί να αναζητηθούν στα πρανή με τη δημιουργία βραχοσφηνών και καταπτώσεων, στις υψηλές παραμορφώσεις στο βάθος θεμελίωσης του φράγματος και στην ανάπτυξη υποπιέσεων κάτω από το φράγμα.



Σχήμα 14: Μηχανισμοί και τύποι καταστροφών σε χωμάτινα φράγματα, Α: υπερπήδηση του νερού, Β: εσωτερική διάβρωση και διασωλήνωση με μεταφορά υλικού, Γ: καθίζηση του φράγματος, Δ: κατολίπηση του κατόντη τμήματος του σώματος του φράγματος, Ε: κατολίπηση στο ανάντη τμήμα του φράγματος, ΣΤ: αστοχία λόγω υπερφόρτισης μαλακού-ασθενούς ορίζοντα. (Μαρίνος Β. 2011).

Αστάθειες πρανών

Ανάμεσα στις υπόλοιπες έρευνες των γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή της λεκάνης κατάκλισης, κυρίαρχο ρόλο παρουσιάζουν οι έρευνες για την αστάθεια των πρανών. Είναι απαραίτητο να ερευνηθούν ασταθείς περιοχές, με έντονες ρηγματώσεις και ασυνέχειες ή περιοχές απασαθρωμένες που εκτός της έντονης απορροφητικότητας, αναμένεται να παρουσιάσουν αστάθεια. Ερευνώνται λοιπόν:

- η κλίση και η παράταξη των πετρωμάτων στα αντερείσματα,
- η πυκνότητα των ασυνεχειών,

- το πάχος και η ποιότητα της αποσαθρωμένης ζώνης,
- οι μηχανικές παράμετροι γωνία τριβή, ϕ και συνοχή, c της αποσαθρωμένης βραχώμαζας και των ασυνεχειών

Απαραίτητη είναι επίσης και η ανάλυση του μηχανισμού ολίσθησης (βραχοσφήνες, επιφάνειες ολίσθησης, εδαφόμαζα) σε καταστάσεις ανόδου και καθόδου της στάθμης του νερού στον ταμιευτήρα. Δηλαδή σε συνθήκες κορεσμού και αποστράγγισης ή αντίστροφης κίνησης του νερού από τον ταμιευτήρα στη βραχώμαζα. Εξετάζονται κυλινδρικές ολισθήσεις σε χαλαρά εδαφικά πρανή ή σε θέσεις βραχωδών πρανών με έντονη αποσάθρωση και χαλάρωση, ολισθήσεις κατά μήκος επιφανειών με κλίσεις μικρότερες από εκείνες του τεχνητού πρανούς και διεύθυνση κλίσης ομόρροπη με τη διεύθυνση του πρανούς και ολισθήσεις βραχοσφηνών που εξαρτώνται από το βαθμό ρηγμάτωσης.

Το θέμα της αστάθειας των πρανών αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα για τη βιωσιμότητα του έργου. Οι μετακινήσεις των πρανών των αντερεισμάτων, αφ' ενός ενδέχεται να προκαλέσουν κατολίσθηση και στο ίδιο το σώμα του χωμάτινου φράγματος αφ' ετέρου, όταν οι κατολισθήσεις καταλήγουν στον ταμιευτήρα, προκαλούν μείωση του ωφέλιμου όγκου και μπορεί να προκληθούν κυματισμοί και κάποια βλάβη.

Ερευνώντας όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, προτείνονται οριστικά μέτρα αντιμετώπισης του κινδύνου κίνησης τμημάτων των πρανών. Οι εργασίες αυτές περιλαμβάνουν:

- Πρόσθετα μέτρα αποστράγγισης και ανακούφισης της βραχώμαζας.
- Σταθεροποίηση των πρανών με σύστημα αγκυρώσεων, με συρμάτινα πλέγματα ή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
- Μείωση του όγκου του ολισθαίνοντος τεμάχους.
- Μείωση του ύψους του πρανούς και της κλίσης των αντερεισμάτων.
- Σταθεροποίηση των πρανών με φυτοκάλυψη.

1.7 Ίζηματογένεση στη λεκάνη κατάκλισης

Κατά την κατασκευή μιας τεχνητής λεκάνης, πραγματοποιούνται αλλαγές στη λειτουργία του οικοσυστήματος στη συγκεκριμένη περιοχή, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά την κατασκευή του φράγματος. Συγκεκριμένα, με την κατασκευή αυτή, φράσσεται η πραγματική ροή του ποταμού με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται οι συνθήκες διάβρωσης και συσσώρευσης υλικών στη λεκάνη. Δημιουργείται ένα χαμηλότερο επίπεδο διάβρωσης και το ανώτερο τμήμα της λεκάνης συμπεριφέρεται ως δέλτα.

Οι ποσότητες νερού, άρα και υλικών, που εισέρχονται στη λεκάνη εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως τα πετρώματα της περιοχής, τις καιρικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά του ποταμού, την ύπαρξη βλάστησης κ.τ.λ.. Τα υλικά που εισέρχονται στη λεκάνη είναι είτε αργιλικά και πηλώδη λεπτά μικροτεμάχια είτε μεγάλες κροκάλες, άμμοι και χαλίκια.

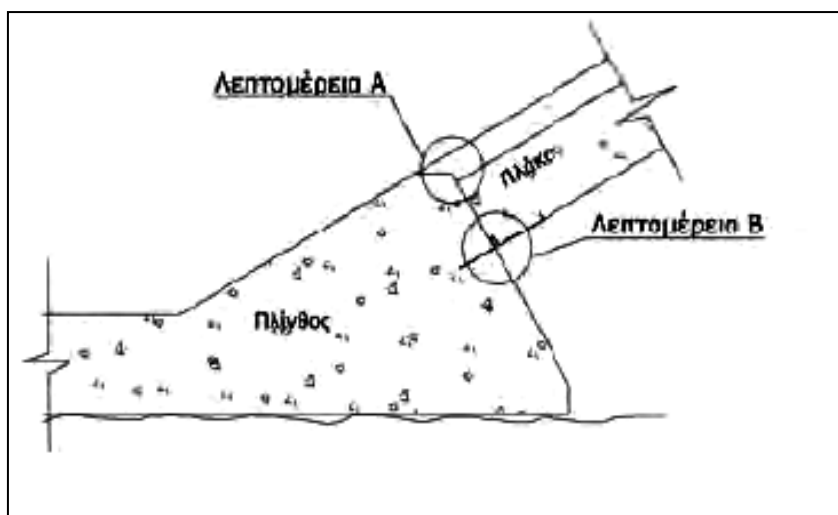
Καθώς πραγματοποιείται η διαδικασία της ίζηματογένεσης των υλικών που κατακάθονται στον πυθμένα της λεκάνης προκαλούνται προβλήματα στη λεκάνη του ταμιευτήρα και μετά από λίγα χρόνια ενδέχεται να φτάσουν αρκετά μέτρα. Κατά τη μελέτη λοιπόν θα πρέπει να εξετάζονται τα ποσοστά ίζηματογένεσης για μεγάλα χρονικά διαστήματα καθώς επίσης και οι ενέργειες των πλημμυρών.

1.8 Σώμα λιθόρριπτου φράγματος

Τα λιθόρριπτα φράγματα είναι κι αυτά εύκαμπτα αλλά διαφοροποιούνται σε σχέση με τα χωμάτινα στον τύπο και το μέγεθος των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους. Αποτελούν μία εξέλιξη των χωμάτινων φραγμάτων. Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι πως δεν έχουν αργιλικό πυρήνα όπως έχουν τα χωμάτινα και επίσης το υλικό του σώματος δεν τοποθετείται διαβαθμισμένο. Αντίθετα, για τα προβλήματα στεγανότητας, χρησιμοποιείται είτε ανάντη πλάκα σκυροδέματος είτε ασφαλικός τάπητας στα ανάντη. Η επιλογή λοιπόν του τύπου του φράγματος που θα κατασκευαστεί εξαρτάται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που υπάρχουν στην περιοχή και τη διαθεσιμότητα υλικών για την κατασκευή του σώματος στην περιοχή. Με την επιλογή κατασκευής ενός λιθόρριπτου φράγματος με ανάντη πλάκα σκυροδέματος αντιλαμβανόμαστε ότι θα πρέπει τα υλικά που υπάρχουν στην περιοχή να είναι επαρκή για την κατασκευή αυτού του τύπου φράγματος και ανεπαρκή για την κατασκευή κάποιου άλλου.

Το σώμα των λιθόρριπτων φραγμάτων αποτελούνται από επιμέρους τμήματα τα οποία παραθέτονται παρακάτω, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).

Πλίνθος: Κατασκευή από ενισχυμένο σκυροδέμα που τοποθετείται στο κατώτερο σημείο της ανάντη πλάκας σκυροδέματος, με χαμηλή περατότητα με σκοπό να συνδέει την ανάντη πλάκα σκυροδέματος με τη θεμελίωση. Αποτελεί μια πολύ σημαντική κατασκευή για το φράγμα καθώς δέχεται τις πιέσεις που ασκούνται από τη πλάκα σκυροδέματος και θα πρέπει να θεμελιώνεται σε υγιές τμήμα του βράχου, για να υπάρχει παραλαβή και μεταβίβαση των παραμορφώσεων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15: Τυπική διάταξη αρμού Πλίνθου-Πλάκας, (Θανόπουλος 2008).

Ανάτη πλάκα: Πρόκειται για μια πλάκα που αποτελείται από ενισχυμένο σκυρόδεμα και έχει πάχος από 0,25 m έως 0,6 m. Συνίσταται από κάθετους, οριζόντιους και περιμετρικούς συνδέσμους για να δέχεται τις παραμορφώσεις που προκαλούνται κατά τη διάρκεια της κατασκευής και κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα με νερό.

Ζώνη 2D: Η ζώνη αυτή αποτελεί μια μεταβατική περιοχή της ανάτη πλάκας σκυροδέματος προς το σώμα του φράγματος και είναι πολύ σημαντική. Στο Σχήμα 16 φαίνεται η ακριβής θέση της ζώνης 2D. Αποτελείται από λίθους ή αλλουβιακά υλικά που τοποθετούνται βαθμιαία από ιλύ σε βότσαλα ή από ιλύ σε τραχύ χαλίκι. Τα υλικά με διαστάσεις από 25 έως 50 mm, ή και λιγότερο, απομακρύνονται με τη διαδικασία του κοσκινίσματος και δεν χρησιμοποιούνται. Η διαβάθμιση αυτή πραγματοποιείται για να διασφαλίζεται πως όταν συμβαίνει μικρή διαρροή προς το σώμα του φράγματος, θα αποφεύγεται η μετακίνηση λεπτόκοκκων υλικών. Με τον τρόπο αυτό δεν μειώνεται η ασφάλεια που παρέχεται στην κατασκευή και παρέχεται υποστήριξη στην πλάκα σκυροδέματος από την κίνηση του νερού.

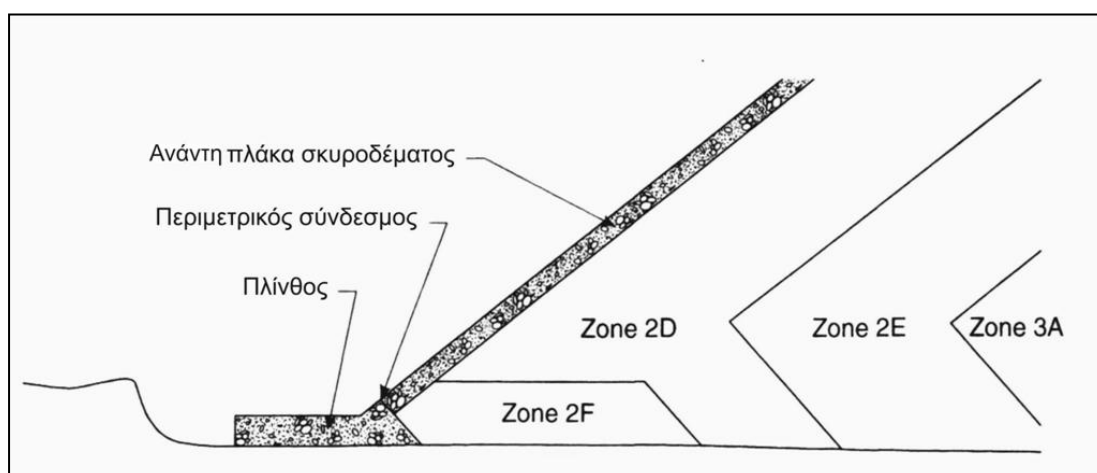
Ζώνη 2E: Η ζώνη αυτή αποτελείται από επιλεγμένους βράχους που δρουν σαν φίλτρο μεταξύ της ζώνης 2D και της εσωτερικής 3A για την αποφυγή της διήθησης, Σχήμα 16.

Ζώνη 3A: Η ζώνη 3A αποτελείται από λίθους θραυστούς, χωρίς απαραίτητα να είναι διηθητικοί και τοποθετούνται σε στρώσεις με μέγιστο πάχος 1 m. Η ζώνη αυτή παρέχει την κύρια αντιστήριξη στην ανάτη πλάκα και είναι συμπαγοποιημένη σε

σημείο τέτοιο ώστε να μειώνεται η πίεση που ασκείται από την εγκατάσταση της ανάντη πλάκας σκυροδέματος. Στο Σχήμα 16 φαίνεται η τοποθέτηση της ζώνης 3Α.

Ζώνη 3B: Η ζώνη 3B αποτελείται από τραχείς λίθους, θραυστούς που τοποθετούνται σε στρώματα με πάχος από 1,5 m έως 2 m. Μπορούν επίσης να τοποθετηθούν και μεγαλύτεροι βράχοι στο κατάντη τμήμα του φράγματος καθώς επηρεάζεται λιγότερο από το φορτίο του νερού και είναι επιτρεπτό ένα μικρότερο μέτρο στεγανότητας.

Ζώνη 2F: Η ζώνη αυτή τοποθετείται κάτω από το περιμετρικό άνοιγμα και αρχικά δρα ως μία υψηλού βαθμού χρησιμότητας ζώνη με στόχο τη μείωση των παραμορφώσεων από την ανάντη πλάκα σκυροδέματος προς στο περιμετρικό άνοιγμα και επιπλέον εμποδίζει το νερό να διηθηθεί προς το φράγμα. Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται η ακριβής τοποθέτηση της ζώνης.



Σχήμα 16: Η περιοχή τοποθέτησης της πλίνθου και των ζωνών του σώματος του φράγματος.

Διακρίνονται επίσης η ανάντη πλάκα σκυροδέματος και ο περιμετρικός σύνδεσμος, (Τροποποίηση από: Fell, MacGregor, Stapleton, Bell 2005).

Στραγγιστήρια: Τα στραγγιστήρια αποσκοπούν στο μηδενισμό των υπόγειων ροών, στην ταπείνωση της ελεύθερης επιφάνειας στο κατάντη σώμα στήριξης που προκαλεί φαινόμενα ολίσθησης και στον αποκλεισμό της διασωλήνωσης. Κατασκευάζονται έτσι ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές των φίλτρων Terzaghi $\frac{D_{15}}{d_{85}} < 4 < \frac{D_{15}}{d_{15}}$.

Στα χωμάτινα φράγματα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις κλίσεις των πρανών του φράγματος. Η κλίση θα πρέπει προοδευτικά να γίνεται ηπιότερη από την κορυφή προς τη βάση έτσι ώστε να υπάρχει ομοιομορφία στην κατακόρυφη πίεση που ασκείται. Το ποσοστό της κλίσης εξαρτάται από τις αντοχές της θεμελίωσης, τις

αντοχές των υλικών κατασκευής και την εσωτερική ζώνωση. Οι μέσες κλίσεις που εφαρμόζονται στην ανάντη όψη του χωμάτινου φράγματος είναι 1:2,5 ή 1:3 από την επιφάνεια έδρασης μέχρι την ανώτατη στάθμη της λίμνης και από εκεί και πάνω 1:2. Στην κατόντη όψη οι κλίσεις είναι 1:2 ή και ηπιότερες. Στα λιθόρριπτα φράγματα, τα πρανή έχουν κλίσεις 1:5 έως 1:3. Ο συντελεστής ασφάλειας των πρανών του φράγματος είναι 1,5 ή και μεγαλύτερος.

Γενικές απαιτήσεις για τις ζώνες 2E, 3A ΚΑΙ 3B

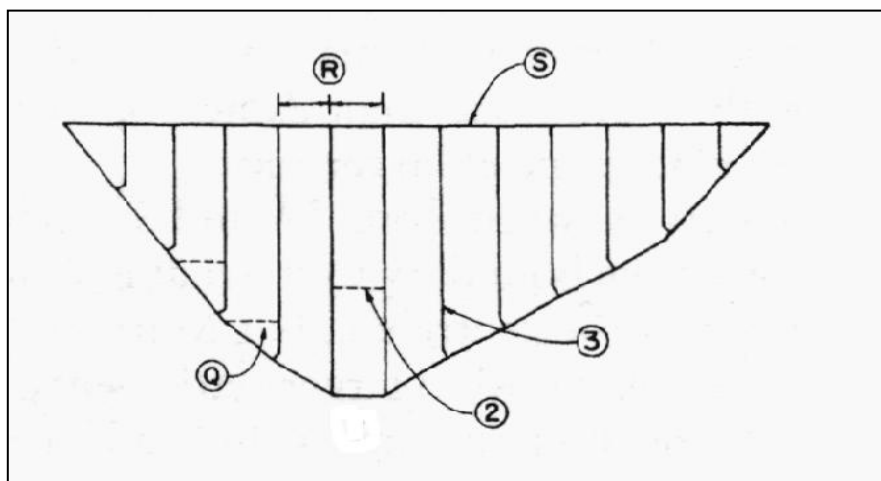
Οι ζώνες 2E, 3A και 3B έχουν ειδικότερες απαιτήσεις για την κατασκευή του λιθόρριπτου τμήματος του φράγματος. Αρχικά θα πρέπει να αποστραγγίζονται τα υλικά του λιθόρριπτου τμήματος έτσι ώστε να αντέχουν το βάρος της κατασκευής και της πίεσης των πόρων και να επιτρέπεται ελεγχόμενη αποστράγγιση του νερού που περνά διαμέσου της ζώνης. Επίσης, το λιθόρριπτο τμήμα, θα πρέπει να έχει υψηλή αντοχή μετά τη συμπύκνωση έτσι ώστε να ελέγχεται η απόκλιση της ανάντη πλάκας σκυροδέματος όταν βρίσκεται υπό την επίδραση του νερού. Τέλος, πρέπει να είναι διαθέσιμο το υλικό σε λατομικό χώρο – δανειοθαλάμους και να χρησιμοποιείται η μικρότερη δυνατή ποσότητα.

Ένα μεγάλο εύρος πετρωμάτων χρησιμοποιείται για την κατασκευή του λιθόρριπτου τμήματος, όπως είναι ο βασάλτης, ο διορίτης, ο ρυόλιθος, ο γρανίτης, ο ασβεστόλιθος, ο γνεύσιος κλπ. Πετρώματα όπως ο ψαμμίτης, ο ιλυόλιθος, ο σχιστόλιθος κ.α. δεν χρησιμοποιούνται τόσο συχνά γιατί δημιουργούν ζώνες όπου δεν γίνεται ελεύθερα η αποστράγγιση. Για τις ζώνες αυτές προτείνεται η ελεύθερη αποστράγγιση να γίνεται με διαπερατότητα λιγότερο των 10^{-5} m/sec. Αυτή η τιμή βασίζεται στις απαιτήσεις του σώματος του φράγματος για τη ροή του νερού μέσα από αυτό έτσι ώστε να διαχέεται η πίεση των πόρων στην κατασκευή και να αποφεύγεται η συσσώρευση νερού από τις διαφυγές της ανάντη πλάκας.

Για την κατασκευή του σώματος του φράγματος του Ιάσμου απαιτείται η διερεύνηση στην ευρύτερη περιοχή για την αναζήτηση υλικών (δανειοθαλάμους), από τα οποία θα φτιαχτεί το σώμα του φράγματος. Στη συνέχεια της διπλωματικής γίνεται ανάλυση των περιοχών αυτών και των υλικών που αναμένεται να συναντήσουμε εκεί.

1.9 Ανάντη πλάκα σκυροδέματος λιθόρριπτου φράγματος

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ανάντη πλάκα σκυροδέματος, είναι μία πλάκα στην ανάντη πλευρά του φράγματος, που αποτελείται από ενισχυμένο σκυρόδεμα και με πάχος που ποικίλει από 0,25 έως 0,6 m ανάλογα με το ύψος του φράγματος. Ο σκοπός της τοποθέτησής της είναι να εμποδίζει το νερό του ταμιευτήρα να διέρχεται στο σώμα του φράγματος σε μεγάλες ποσότητες και με ροή που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα διάβρωσης. Κατά μήκος της πλάκας σκυροδέματος υπάρχουν οριζόντιοι και κάθετοι αρμοί-σύνδεσμοι καθώς επίσης και ένας περιμετρικός σύνδεσμος στη βάση της πλάκας, Fell, MacGregor, Stapleton, Bell (2005).



Σχήμα 17: Ανάντη πλάκα σκυροδέματος. 2: οριζόντιος σύνδεσμος, 3: κάθετος σύνδεσμος, R: το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κάθετων συνδέσμων, S: οριζόντιος άξονας, Q: αρχή της ανάντη πλάκας σκυροδέματος, (Fell, MacGregor, Sapledon, Bell 2005).

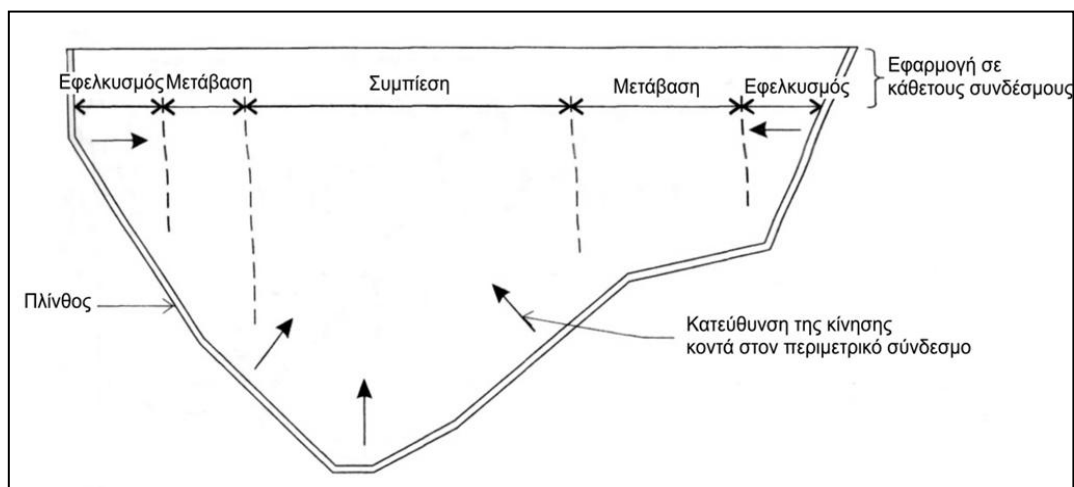
Οι σύνδεσμοι αυτοί δέχονται τις παραμορφώσεις που ασκούνται από το νερό του ταμιευτήρα όταν αυτός πληρωθεί. Η διάταξη των συνδέσμων φαίνεται στο Σχήμα 17. Τα κενά των συνδέσμων πληρώνονται με ασφαλικό υλικό το οποίο δεν είναι συμπιεστό και διαπερατό. Οι κάθετοι σύνδεσμοι τοποθετούνται ανά 12, 15, 16 ή 18 m, διάστημα που εξαρτάται από την κατασκευή. Αν το φράγμα είναι μικρότερο τοποθετούνται ανά 6 m.

Ο περιμετρικός σύνδεσμος βρίσκεται στη βάση της πλάκας. Όταν ο ταμιευτήρας γεμίζει, ασκούνται δυνάμεις πάνω στην πλάκα με αποτέλεσμα να κλίνουν οι κάθετοι σύνδεσμοι στο μεγαλύτερο μέρος της και να ανοίγουν στις περιοχές κοντά στα αντερείσματα. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 18.

Η ανάντη πλάκα σκυροδέματος, επίσης, ωθείται μακριά από την πλίνθο στην οποία θεμελιώνεται, γεγονός που αντισταθμίζεται από τους οριζόντιους συνδέσμους. Τα περισσότερα λιθόρριπτα φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος έχουν κατασκευαστεί με τους κάθετους συνδέσμους να αποτελούν τμήμα της κατασκευής της πλάκας.

Συμπερασματικά, κύρια χαρακτηριστικά του λιθόρριπτου φράγματος με ανάντη πλάκα σκυροδέματος παραθέτονται παρακάτω.

- Το συμπυκνωμένο λιθόρριπτο επίχωμα με τη ζωνώδη μορφή του είναι ικανό να παροχετεύσει μεγάλες ροές διαμέσου του σώματος του φράγματος χωρίς να αναπτύσσονται πιέσεις πόρων.
- Η ανάντη πλάκα σκυροδέματος, έχει μεταβαλλόμενο πάχος ανάλογα με την πίεση που ασκείται από το νερό.
- Η πλίνθος εδράζεται πάνω σε υγιή βράχο με πάχος ανάλογο με το υδραυλικό φορτίο και με τον περιμετρικό αρμό πλίνθου-πλάκας ικανό να παραλάβει τις παραμορφώσεις.



Σχήμα 18: Η ανύψωση της ανάντη πλάκας και η κατανομή των τάσεων, (Τροποποίηση από: Fell, MacGregor, Sapledon, Bell 2005).

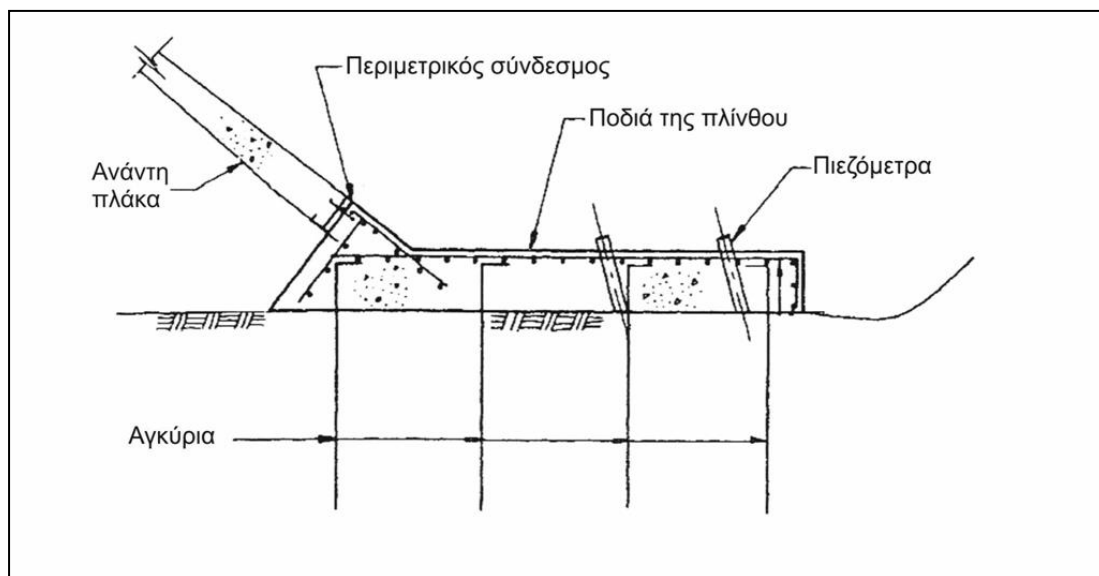
Για να κατασκευαστεί η πλάκα σκυροδέματος, αρχικά τοποθετούνται κάποια τριγωνικά και τραπεζοειδή κομμάτια με χειροκίνητο τρόπο και με πάχος το μισό του πάχους της πλάκας και έπειτα τοποθετούνται σταδιακά οι πλάκες με το κανονικό πάχος, από την πλίνθο προς τη στέψη. Η πλάκα σκυροδέματος πρέπει να κατασκευάζεται αφού πρώτα έχει κατασκευαστεί το σώμα του φράγματος, έτσι ώστε

να μειώνεται ο κίνδυνος πραγματοποίησης σχετικών κινήσεων κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Οι περισσότερες αστοχίες που παρατηρούνται στην πλάκα τοποθετούνται σχεδόν στη μέση και πάνω της έκτασής της. Το γεγονός αυτό καθώς επίσης και τα ανοίγματα που παρατηρούνται στους συνδέσμους οφείλονται σε λάθος συμπύκνωση του υλικού του σώματος, σε μικρό δείκτη αντοχής των υλικών ή σε μικρό πάχος του λιθόρριπτου τμήματος κοντά στον περιμετρικό σύνδεσμο.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η πλίνθος έχει σαν στόχο την υδατοστεγανή σύνδεση μεταξύ του φράγματος και του πετρώματος στο οποίο γίνεται η θεμελίωση. Το υλικό στο οποίο θεμελιώνεται η πλίνθος, πρέπει να είναι ανθεκτικό, να έχει εκσκαφτεί με προσοχή και να έχει πλυθεί με την πίεση του νερού για να επιτευχθεί χαμηλή περατότητα. Το μικρότερο πλάτος που χρησιμοποιείται είναι 3 m και για φράγματα μικρότερα των 40 m με καλής ποιότητας βράχο στα 2 m. Για φτωχότερης ποιότητας βράχο χρησιμοποιείται μεγαλύτερου πλάτους πλίνθος και μέθοδοι ελέγχου των διαβρωτικών φαινομένων.

Το πάχος της πλίνθου είναι συνήθως 0.3 έως 0.4 m, και μπορεί να φτάσει τα 0.6 m για ψηλότερα φράγματα. Το πραγματικό πάχος είναι συχνά μεγαλύτερο γιατί πρέπει να καλυφθούν και οι υπερεκσκαφές που προέκυψαν κατά τη θεμελίωση και να καλυφθούν επίσης οι ανωμαλίες της τοπογραφίας.



Σχήμα 19: Σχεδιασμός και αγκύρωση της πλίνθου για το φράγμα Boondooma (Mckenzie and MacDonald, 1985, Rogersn 1985).

Για μια πλίνθο με συγκεκριμένο πάχος υπάρχει μια συγκεκριμένη αντοχή στη βάση, εκτός αν υπάρχουν χαμηλής αντοχής διακλάσεις. Η πλίνθος για το λόγο αυτό αγκυρώνεται στο υπέδαφος, με αγκύρια γενικής διαμέτρου 25 έως 30 mm, 3 έως 5 m μήκος και τοποθετούνται με απόσταση 1 έως 1.5 m. Στο Σχήμα 19 παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη της πλίνθου, παράδειγμα από το φράγμα Boondoom. Η πλίνθος πρέπει να είναι σταθερή και να αντιστέκεται στην ολίσθηση και την ανατροπή.

1.10 Θεμελίωση εύκαμπτου φράγματος και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά πετρωμάτων θεμελίωσης

Ο βαθμός με τον οποίο θα γίνουν οι προετοιμασίες της θεμελίωσης, σύμφωνα με τους Fell, MacGregor, Stapleton, Bell, 2005, εξαρτώνται από:

- τον τύπο του φράγματος
- το ύψος του φράγματος και τις επιπτώσεις αστοχίας
- την τοπογραφία της κοιλάδας
- το βαθμό διάβρωσης, την αντοχή, τη διαπερατότητα, τη συμπιεστότητα του εδάφους ή του βράχου στην περιοχή θεμελίωσης του φράγματος
- τις υπόγειες εισροές προς τις εκσκαφές
- το κλίμα και τις εισροές του ποταμού.

Οι διαδικασίες προετοιμασίας επίσης διαφοροποιούνται και στις διάφορες θέσεις των τμημάτων του σώματος. Στην περιοχή που θα θεμελιωθεί ο κύριος όγκος του σώματος απομακρύνονται όλα τα υλικά που παρουσιάζουν χαμηλή ανθεκτικότητα και συμπιεστότητα έτσι ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο υπόβαθρο που θα αντέξει την κατασκευή. Σε πολλές περιπτώσεις, η αντοχή του εδάφους στην περιοχή αυτή, πρέπει να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτήν του επιχώματος. Επίσης η διαπερατότητα των υλικών αποτελεί κρίσιμο παράγοντα της κατασκευής. Υλικά τα οποία έχουν μεγάλα ποσοστά υγρασίας θα πρέπει να απομακρύνονται. Αφού έχει απομακρυνθεί ο μανδύας αποσάθρωσης, πλένεται η περιοχή και εφαρμόζεται air lift στις θέσεις και τέλος πληρώνονται οι μεγάλες κοιλότητες με σκυρόδεμα για ομαλοποίηση της επιφάνειας θεμελίωσης.

Στο τμήμα της περιοχής όπου θα θεμελιωθεί ο πυρήνας του χωμάτινου φράγματος ή η πλίνθος του λιθόρριπτου φράγματος με ανάντη πλάκα σκυροδέματος, απομακρύνονται τα υλικά με μεγάλη απορροφητικότητα και διαβρωσιμότητα για την δημιουργία εδάφους με μικρή απορροφητικότητα και διαβρωσιμότητα. Απομακρύνονται υλικά με ρωγμές και διακλάσεις που είναι πληρωμένες με αργιλικό υλικό αφού θα ενισχύουν την διήθηση νερού. Επίσης πραγματοποιείται μια μικρή εκσκαφή στο σημείο αυτό για την καλύτερη θεμελίωση του πυρήνα που έχει το σχήμα του γράμματος W. Η θέση αυτή ονομάζεται όνυχας και πραγματοποιείται στα χωμάτινα ή λιθόρριπτα φράγματα με αργιλικό πυρήνα. Η έκταση της εκσκαφής

καθώς επίσης και η κλίση των πρηνών στο σημείο εκείνο εξαρτώνται από την ποιότητα του εδάφους καθώς επίσης και από το ύψος του φράγματος. Σε πολλές περιπτώσεις σε εδαφικά ή βραχώδη υλικά η ζώνη του υλικού που παρουσιάζει απορροφητικότητα μπορεί να φτάνει σε μεγάλο βάθος και να μην είναι εφικτή η απομάκρυνσή του. Για να επιτευχθεί διαζώνωση της λιθορριπή, διαστρώνεται το υλικό και συμπυκνώνεται με δονούμενο κύλινδρο βάρους μέχρι 50 tn, σε στρώσεις του 1 έως 1,5 m για να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις.

Ο τύπος του σχηματισμού πάνω στο οποίο θα θεμελιωθεί το φράγμα αποτελεί σημαντική συνιστώσα της έρευνας, όχι μόνο ως προς τα χαρακτηριστικά αντοχής και παραμορφωσιμότητας αλλά και ως προς την προέλευσή του, τη δομή του, τις διαβρωτικές διεργασίες που έχουν υποστεί και γενικά την καταλληλότητά τους για τη θεμελίωση του φράγματος. Ο διαχωρισμός παρακάτω γίνεται με βάση την προέλευση των πετρωμάτων και παρουσιάζονται ενδεικτικά οι σημαντικότεροι τύποι που συναντώνται.

- Πυριγενή πετρώματα: τα πυριγενή πετρώματα χωρίζονται σε
 - πλουτωνικά όξινα πετρώματα: σε αυτά τοποθετούνται οι γρανίτες και οι γρανοδιορίτες οι οποίοι παρουσιάζουν δομή που αλλοιώνεται κατά θέσεις λόγω αποσάθρωσης, που μπορεί να φτάσει σε μεγάλα βάθη, υδροθερμική αλλοίωση και έντονη κατάτμηση.
 - πλουτωνικά βασικά-υπερβασικά πετρώματα: σε αυτά περιλαμβάνονται τα πετρώματα που αποτελούν το σύστημα του οφειόλιθου (γάββροι, περιδοτίτες). Όταν το πέτρωμα αυτό είναι υγιές αποτελεί εξαιρετική θεμελίωση για φράγμα. Συνήθως όμως απαντάται ρηγματωμένο και αποσαθρωμένο σε βάθος γεγονός που το μετατρέπει σε κακό θεμέλιο για φράγμα, ειδικότερα όταν αποσαθρώνεται σε σερπεντινίτη.
 - ηφαιστειακά πετρώματα: είναι οι ρυόλιθοι, ανδεσίτες, δακίτες, βασάλτες που είναι πολύ σκληρά πετρώματα και με μεγάλες αντοχές και είναι κατάλληλα για θεμελίωση αλλά βρίσκονται σε εναλλαγές με πυροκλαστικά υλικά τα οποία έχουν χαμηλές αντοχές.
- Μεταμορφωμένα πετρώματα: σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι γνεύσιοι, οι αμφιβολίτες, οι σχιστόλιθοι, τα μάρμαρα και οι χαλαζίτες. Οι γνεύσιοι και οι αμφιβολίτες συναντώνται αποσαθρωμένοι, έντονα ρηγματωμένοι και ανισότροποι λόγω της φολίδωσης. Οι σχιστόλιθοι είναι συχνά

αποσαθρωμένοι, εναλλάσσονται με ασθενή μέλη και είναι ανισότροποι. Τα μάρμαρα έχουν μεγάλη αντοχή και δεν αποσαθρώνονται αλλά ενδέχεται να παρουσιάζουν καρστικοποίηση γεγονός καθοριστικό για την κατασκευή του φράγματος. Οι χαλαζίτες ενώ είναι σκληρά και ανθεκτικά πετρώματα, συχνά εμφανίζονται ρηγματωμένοι λόγω τεκτονικών διεργασιών.

- **Ιζηματογενή πετρώματα:** στην κατηγορία αυτή ανήκουν πετρώματα που προέρχονται από την διάβρωση άλλων πετρωμάτων. Τέτοια είναι:

-Ψαμμίτες: έχουν ευρύ φάσμα αντοχής καθώς αυτό εξαρτάται από την αντοχή του συνδετικού υλικού αλλά γενικά έχουν υψηλούς συντελεστές εσωτερικής τριβής και μεγάλες διατμητικές αντοχές. Η υδροπερατότητά τους εξαρτάται από το ποσό του συνδετικού υλικού και την εμφάνιση ασυνεχειών.

-Αργιλικόι σχιστόλιθοι: λόγω της έντονης σχιστότητας παρουσιάζουν πιθανές επιφάνειες ολίσθησης οι οποίες ενεργοποιούνται από τη δράση του νερού. Συχνά βρίσκονται σε εναλλαγές με ψαμμίτες και διαμέσου των επαφών τους διηθείται νερό.

-Ανθρακικά πετρώματα: το πάχος και ο προσανατολισμός της στρώσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την καταλληλότητα της θέσης του φράγματος. Οι παχυστρωματώδεις και οριζόντιοι ασβεστόλιθοι χωρίς έγκοιλα αποτελούν εξαιρετική θέση για φράγμα. Αντίθετα οι λεπτοστρωματώδεις, πολυπτυχωμένοι ή καρστικοποιημένοι παρουσιάζουν προβλήματα όσον αφορά τη φέρουσα αντοχή τους, τη στεγανότητα και την ευστάθεια. Επίσης σημαντικός παράγοντας είναι και η καρστικοποίηση και η παρουσία εγκοίλων καθώς διαμορφώνονται συστήματα υπόγειων δικτύων τα οποία προκαλούν προβλήματα διαρροών λόγω της μεγάλης περατότητας. Εκτός από τους ασβεστόλιθους, παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν και οι δολομίτες.

-Σχιστόλιθοι: παρουσιάζουν αδυναμίες όσον αφορά την αντοχή και τις ελαστικές ιδιότητες και για το λόγο αυτό δεν μπορούν να κατασκευαστούν τιμεντένια φράγματα μεγάλου ύψους. Συχνά παρουσιάζονται σε εναλλαγές με ασθενή μέλη, όπως φυλλίτες, τάλκη γεγονός που προκαλεί έντονη ανισοτροπία. Πρόβλημα επίσης αποτελεί η αποσάθρωση και η αστάθεια των πρανών, ειδικότερα όταν υπάρχουν αργιλικά υλικά και ο σχιστόλιθος βρίσκεται με μεγάλη κλίση.

-Φλύσχης: παρουσιάζει έντονη ανισοτροπία με εναλλαγές από ιλυολίθους, ψαμμίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, μάργες. Στο σύνολό τους

οι σχηματισμοί είναι στεγανοί και προτιμώνται να κατασκευάζονται εύκαμπτα φράγματα. Πραγματοποιούνται συχνά καθιζήσεις και κατολισθήσεις από τις αυξομειώσεις της στάθμης του νερού του ταμιευτήρα.

- Εδαφικοί σχηματισμοί:

-Αργιλικά στρώματα: τα υλικά αυτά προκαλούν προβλήματα ευστάθειας και προκύπτουν περιστροφικές ολισθήσεις. Για το λόγο αυτό απαιτείται επισταμένη έρευνα για τη χαρτογράφηση των επιμέρους λιθολογικών φάσεων, τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του υλικού και των χαρακτηριστικών στερεοποίησης του σχηματισμού.

-Αλλουβιακές αποθέσεις: στις λεπτόκοκκες αλλουβιακές αποθέσεις (ιλύς και άργιλος) όταν εφαρμόζονται μεγάλα φορτία, υπόκεινται σε πλαστική παραμόρφωση ή διατμητική αστοχία, ενώ η στερεοποίηση κάτω από μεγάλα φορτία διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα. Είναι δηλαδή προφανές ότι μπορούν να προκληθούν προβλήματα στατικότητας. Σε τέτοιες περιοχές κατασκευάζονται χωμάτινα φράγματα και επίσης μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές βελτιστοποίησης των υλικών για ταχύτερη στερεοποίηση όπως τάπητας αποστράγγισης σε μικρού πάχους υλικά, κατακόρυφα στραγγιστήρια άμμου σε μεγαλύτερου πάχους αποθέσεις. Όταν το υλικό είναι αδρομερέστερο (άμμοι, χαλίκια) παρουσιάζουν κάποια στερεοποίηση και γι αυτό μπορούν να αποτελέσουν καλό υλικό θεμελίωσης. Το πρόβλημα που προέρχεται από τις αδρομερείς αποθέσεις είναι η μεγάλη υδροπερατότητα που παρουσιάζουν και πολλές φορές είναι ικανές να προκαλούν προβλήματα διαφυγών. Το θέμα αυτό αντιμετωπίζεται με τη δημιουργία διαφραγματικού τοίχου αν το στεγανό υπόβαθρο βρίσκεται σε μικρό βάθος αλλιώς πραγματοποιείται ανάντη αδιαπέρατος τάπητας, έτσι ώστε να επιμηκύνεται η διαδρομή του νερού ή η εγκατάσταση στραγγιστικών έργων κατάντη για την ασφαλή παροχέτευση των διαφυγών εκτός έργου.

-Κορήματα και κώνοι κορημάτων: τα υλικά αυτά παρουσιάζουν έντονη υδροπερατότητα και αστάθεια και για το λόγο αυτό δεν συνίσταται η κατασκευή φραγμάτων.

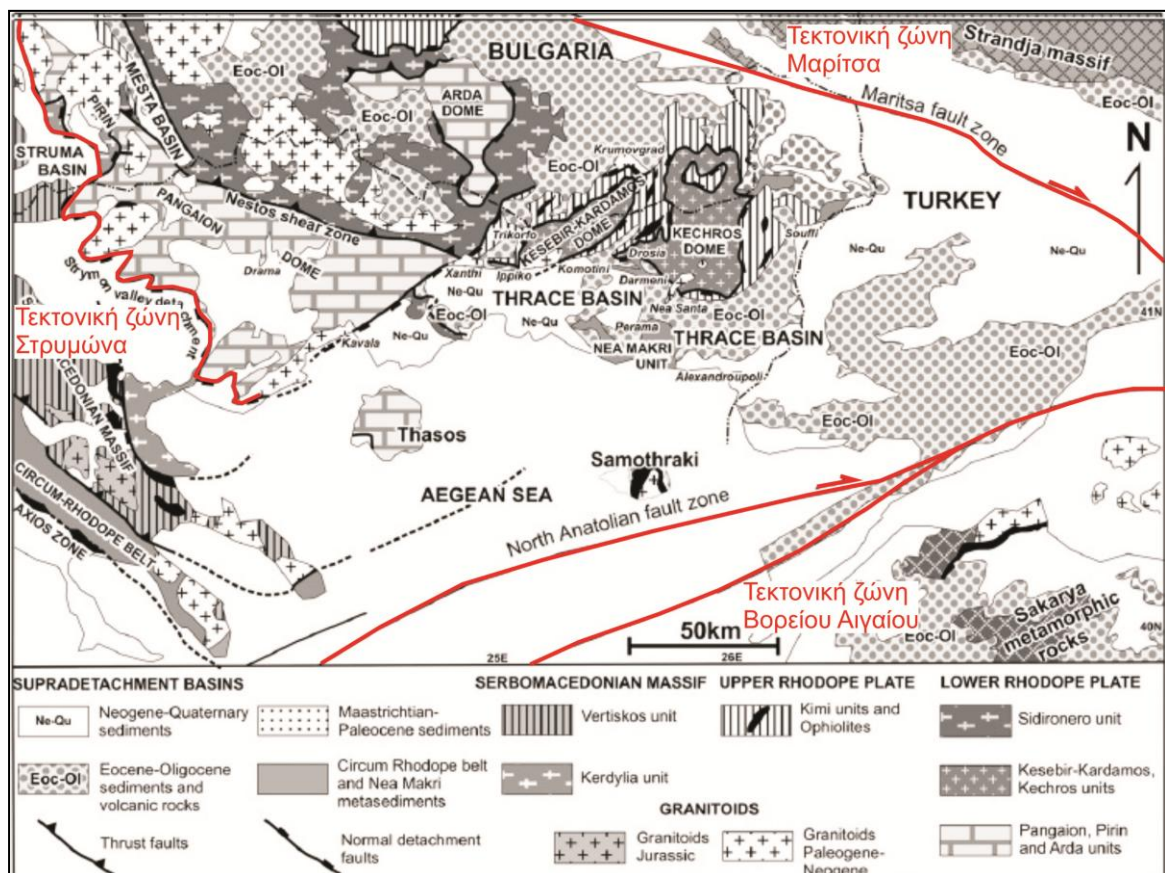
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ, ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΙΑΣΜΟΥ

2.1 Γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής του Ιάσμου

Γεωλογικά στοιχεία

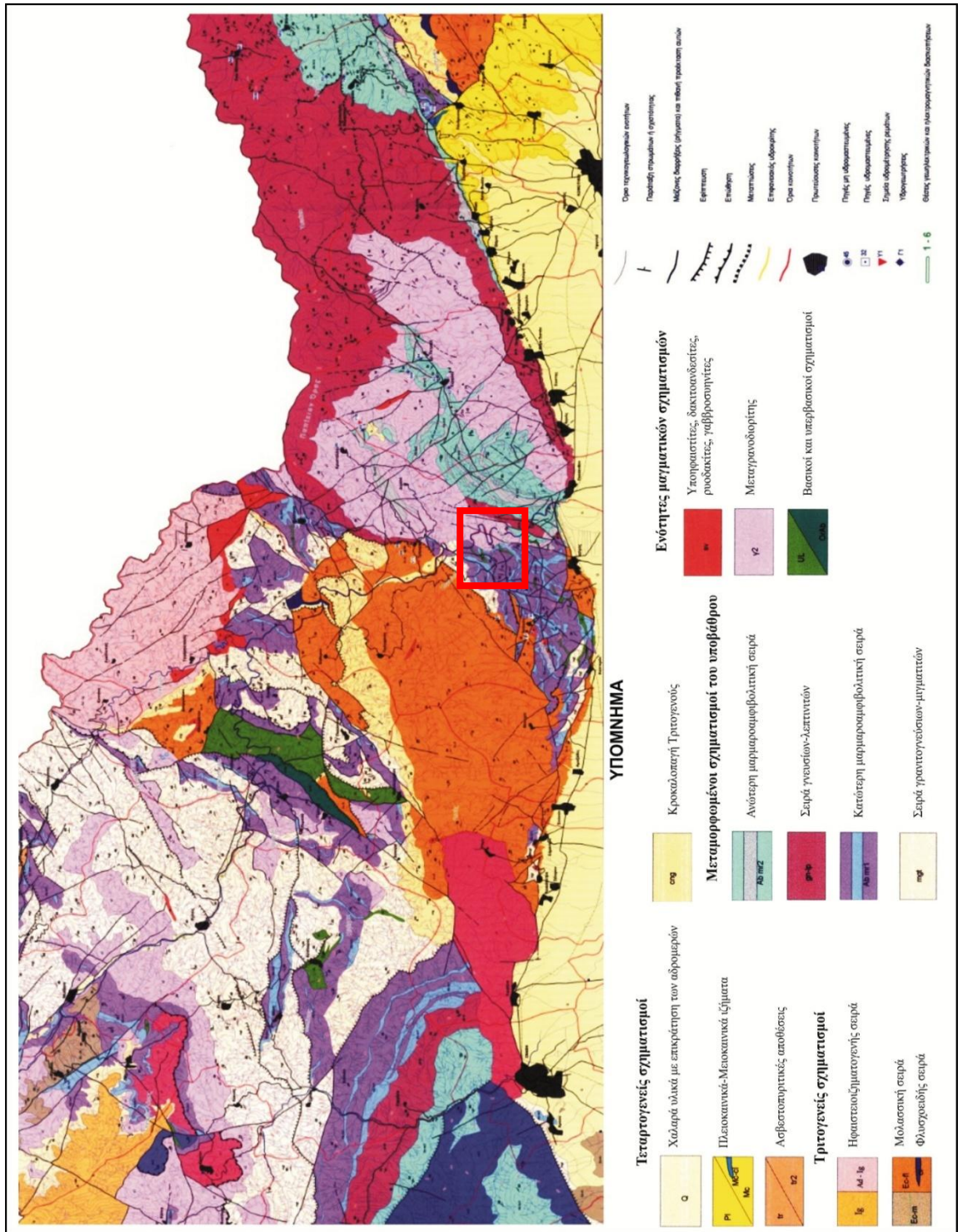
Ο χώρος της Ροδόπης τμήμα του οποίου αποτελεί η περιοχή έρευνας, καταλαμβάνει μεγάλο τμήμα της Ανατολικής Βόρειας Ελλάδας και της Νότιας Βουλγαρίας και από γεωλογική άποψη χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα πολύπλοκες και σύνθετες διεργασίες. Στο σύνολό της αποτελείται από μεταμορφωμένα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα προ-αλπικής ηλικίας, όπως π.χ. γνεύσιοι, αμφιβολίτες, σχιστόλιθους και μάρμαρα που εντάσσονται στη Μάζα Ροδόπης.



Σχήμα 1: Απεικόνιση των τεκτονικών ζωνών που οριοθετούν τη Μάζα Ροδόπης (Τροποποιημένος χάρτης από Kiliyas et al., 2012).

Η Μάζα Ροδόπης περιορίζεται πλευρικά από μεγάλες μορφοτεκτονικές δομές, όπως η τεκτονική ζώνη Μαρίτσα στο Βορρά, η τάφος στο Βόρειο Αιγαίο στο Νότο, στα Ανατολικά το τεκτονικό βύθισμα της Ανατολικής Θράκης και στα Δυτικά η γραμμή του Στρυμόνα, Σχήμα 1.

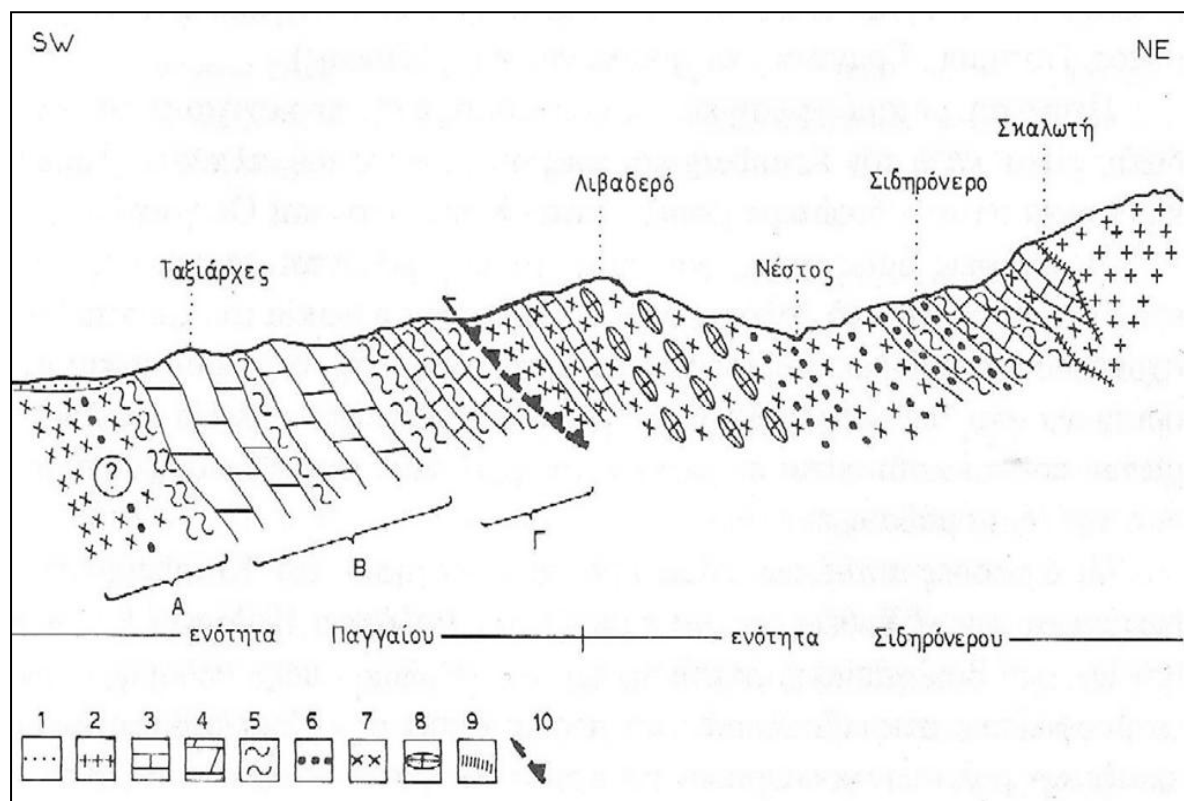
Κατά τον Kronberg (1971), τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Μάζας Ροδόπης συγκροτούν μία κατώτερη γνευσιακή σειρά, μια ενδιάμεση ανθρακική και μια ανώτερη γνευσιακή σειρά ενώ από τους Zachos and Dimadis (1983), αναγνωρίζεται ένα κατώτερο γνευσιακό σύστημα και ένα ανώτερο ανθρακικό. Στον τελευταίο διαχωρισμό υπάρχει μια ταύτιση της κατώτερης με την ανώτερη γνευσιακή σειρά. Τέλος, η Μάζα Ροδόπης κατά τους Papanikolaou & Panagopoulos (1981), χωρίζεται σε δύο τεκτονικές ενότητες, μια κατώτερη «Ενότητα Παγγαίου» που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της νοτιοδυτικής Ροδόπης και αποτελείται από ένα κατώτερο τμήμα με αμφιβολίτες, γνευσίους, και ένα ανώτερο που αποτελείται από μάρμαρα μεγάλου πάχους και σχιστόλιθους και την ανώτερη μονάδα «Ενότητα Σιδηρόνερου», στο Βορρά κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων, με οφθαλμογενεύσιους, αμφιβολίτες, μιγματίτες, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και παρεμβολές μαρμάρων, Σχήμα 2. Η Ενότητα Σιδηρόνερου, που βρίσκεται βόρεια, επιπτεύει στην Ενότητα Παγγαίου που βρίσκεται νοτιότερα μέσω της μεγάλης τεκτονικής ζώνης Νέστου ΔΒΔ-ΑΝΑ (Σχήμα 3).



Σχήμα 2: Υδρογεωλογικός χάρτης της κεντρικής Ροδόπης. Στο κόκκινο πλαίσιο επισημαίνεται η περιοχή έρευνας (Τροποποιημένος χάρτης 1:50.000 από: Δημάδης 1986/89).

Η ανώτερη ενότητα ταυτίζεται με το κατώτερο γενεσιακό σύστημα των Zachos and Dimadis (1983).

Τα πετρώματα που αναφέρθηκαν και διαχωρίστηκαν παραπάνω, διακόπτονται και καλύπτονται από πυριγενή, είτε πλουτωνικά είτε ηφαιστειακά πετρώματα. Ο μαγματισμός πραγματοποιήθηκε κυρίως στο Τριτογενές με αποτέλεσμα την εμφάνιση πλουτωνικών όγκων (γρανίτες, γρανοδιορίτες, μονζονίτες, δολερίτες) όπως αυτοί του Συμβόλου, του Παγγαίου, του Παρανεστίου, της Ξάνθης κλπ. και από ρυόλιθους, ανδεσίτες, δακίτες και δολερίτες και εμφανίζονται στην περιοχή Φερρών-Σαπών και Βόρεια της Ξάνθης στα σύνορα με τη Βουλγαρία.



Σχήμα 3: Σχηματική γεωλογική τομή στην περιοχή Σιδηρόνερου Δράμας στην οποία απεικονίζονται η λιθοστρωματογραφική διαδοχή και η τεκτονική θέση των δύο Ενοτήτων Σιδηρόνερου και Παγγαίου. 1: προσχώσεις, 2: γρανίτες, 3: ενστρώσεις μαρμάρων, 4: οριζοντας μαρμάρου μεγάλου πάχους, 5: μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, 6: αμφιβολίτες, 7: γενεύσιοι, 8: οφθαλμογενεύσιοι, 9: φαινόμενα διείδυσης του γρανίτη, 10: πιθανή επώθηση, Α, Β, Γ: οι τρεις οριζοντες της Ενότητας Παγγαίου, κατώτερος, μέσος, ανώτερος, ?: πιθανή συνέχιση κάτω από τις προσχώσεις του οριζοντα Α, ο οποίος παρατηρείται επιφανειακά σε νοτιότερες περιοχές. (Μουντράκης 1985).

Στην περιοχή έρευνας, Ίασμος, αναγνωρίζονται πετρώματα που εντάσσονται στην Ενότητα Σιδηρόνερου. Πρόκειται για πετρώματα γενευσιακά που τοποθετούνται τεκτονικά πάνω σε αυτά της Ενότητας Παγγαίου, (Σχήμα 3). Η τοποθέτηση αυτή πραγματοποιήθηκε με τη δράση του ανάστροφου ρήγματος του Νέστου, ΔΒΔ-ΑΝΑ

διεύθυνσης και κίνηση του υπερκείμενου προς το Νότο στο Κάτω-Μέσο Ολιγόκαινο (Κίλιας Φαλαλάκης, Μουντράκης, Χατζηδημητριάδης, 1994).

Στο σύνολό τους, τα πετρώματα της περιοχής, έχουν υποστεί μεταμορφώσεις και παραμορφώσεις σε διάφορες φάσεις. Οι μεταμορφικές φάσεις που αναγνωρίζονται στη Μάζα Ροδόπης και ειδικότερα στην Ενότητα Σιδηρόνερου είναι μια πολύ υψηλής έως υψηλής πίεσης εκλογιτικής φάση μεταμόρφωσης την οποία ακολουθεί μια μέτριας πίεσης μεταμόρφωση αμφιβολιτικής φάσης (Kilias et al., 2012). Η θερμοκρασία στην οποία έγινε η αμφιβολιτική μεταμόρφωση προσδιορίστηκε στους 480 έως 550 °C και σε πίεση 8 έως λιγότερο των 4 kbar και χρονολογείται κατά το Κατώτερο έως Μέσο Κρητιδικό. Τέλος, αναγνωρίζεται μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης, σε θερμοκρασία 430 έως 480 °C και πίεση 4 έως 7 kbar, η οποία χρονολογείται επίσης κατά το Κατώτερο έως Μέσο Κρητιδικό (Kilias and Mountrakis, 1989).

Κατά τους Kilias et al. (2012) το πρώτο παραμορφωτικό γεγονός (D1), εφαρμόστηκε κατά το Μέσο με Άνω Ηώκαινο έως το Ολιγόκαινο και προκάλεσε απλά εκτατικά ρήγματα και ζώνες ρηγμάτων. Το δεύτερο παραμορφωτικό γεγονός (D2), πραγματοποιήθηκε κατά το Ηώκαινο με Ολιγόκαινο. Το τρίτο γεγονός (D3), πραγματοποιήθηκε κατά το Μέσο Μειόκαινο έως Πλειόκαινο. Το τέταρτο γεγονός (D4) εφαρμόστηκε κατά το Πλειόκαινο. Κατά τη διάρκεια αυτής της παραμορφωτικής δράσης προέκυψε η ρηματογενής ζώνη της Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής. Η τελευταία παραμορφωτική δράση (D5) ορίζεται από το Πλειστόκαινο και εξελίσσεται έως και σήμερα.

Τα παραπάνω παραμορφωτικά επεισόδια επηρέασαν σε σημαντικό βαθμό τα πετρώματα της περιοχής (μεταμορφωμένα-κρυσταλλοσχιστώδη), στα οποία παρατηρούνται πτυχώσεις με συγκεκριμένες διευθύνσεις όπως B-N που εντοπίζεται πιθανά στο Παλαιοζωϊκό, BA-NΔ έως ABA-ΔNΔ με ηλικία Ηώκαινο-Ολιγόκαινο και ΒΔ-NA κατά το τέλος του Τριτογενούς.

Τεκτονικά στοιχεία

Η άμεση περιοχή του φράγματος δεν χαρακτηρίζεται από έντονη τεκτονική δραστηριότητα και την παρουσία κάποιου γνωστού σεισμικού ρήγματος (Mountrakis et al. 2006). Ωστόσο 4.5 km νότια της περιοχής έρευνας, αναφέρεται από τους ίδιους του ερευνητές η παρουσία μιας μεγάλης ρηξιγενούς γραμμής συνολικού μήκους 120 Km περίπου που με ΑΒΑ-ΔΝΔ γενική διεύθυνση διέρχεται και από το χωριό Ίασμος, οριοθετώντας στα βόρεια την πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνή. Πρόκειται για τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής που αποτελεί ένα περιθωριακό ρήγμα στην πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνής και η οποία έχει εμφανίσει αρκετές δραστηριοποιήσεις με την πιο σημαντική αυτήν της Κομοτηνής, δόνησης που χρονολογείται στο 1784, με μέγεθος $M=6.7$, (Mountrakis and Tranos, 2004).

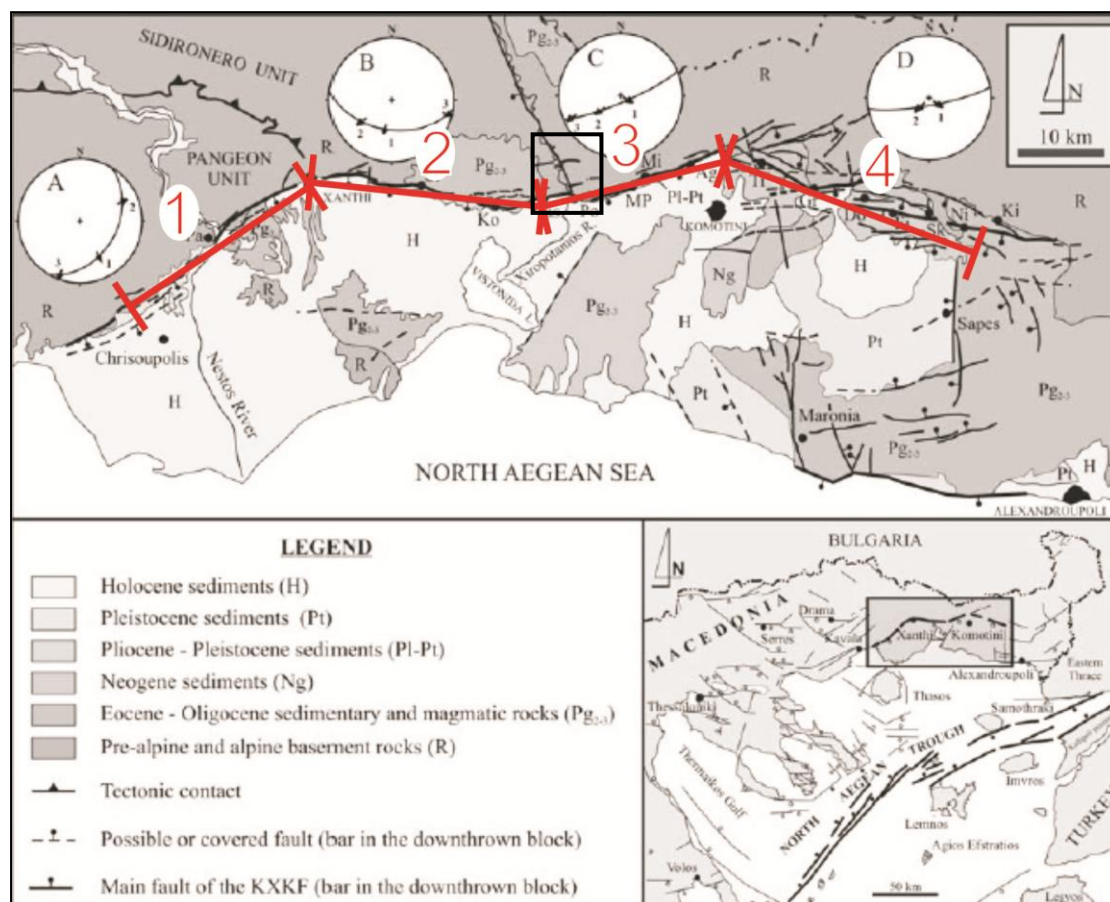
Η ρηξιγενής αυτή γραμμή σύμφωνα με τους Mountrakis and Tranos, (2004) διαχωρίζεται σε επιμέρους τμήματα ρηγμάτων τα οποία από τα δυτικά προς τα ανατολικά είναι i) το τμήμα ρήγματος Χρυσούπολης-Ξάνθης, ii) το τμήμα ρήγματος Ξάνθης-Ίασμου, iii) το τμήμα ρήγματος Ίασμου-Κομοτηνής iv) και το τμήμα ρήγματος Κομοτηνής-Σαππών. Ενώ, οι Garlaouni et al., (2007) θεωρούν ότι τα ρήγματα i) Δράμας-Προσοτσάνης, ii) Μαρόνιας και iii) τμήμα ρήγματος αποτελούν επίσης τμήματα αυτής της ρηξιγενούς ζώνης.

Το νεοτεκτονικό πεδίο όπως προσδιορίζεται από τους Lyberis (1980), Mercier et al. (1989), Mountrakis and Tranos, (2004) αφορά ένα εκτατικό πεδίο ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση κατά το ανώτερο Μειόκαινο, ένα εκτατικό πεδίο σε ΒΑ-ΝΔ κατά το Πλειόκαινο και ένα Β-Ν από το Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα.

Οι ιστορικές περιγραφές των σεισμικών γεγονότων (Παπαζάχος, Παπαζάχου, 2002) που έχουν καταγραφεί προσδιορίζουν τρία σημαντικά σεισμικά συμβάντα. Το πρώτο αφορά στο σεισμό του Διδυμότειχου κατά το 1752 με μέγεθος που προσδιορίστηκε στο 7.3 της κλίμακας Ρίχτερ, το δεύτερο αφορά στο σεισμό της Κομοτηνής το 1784 με μέγεθος 6.7 και το τρίτο αφορά το σεισμό της Δράμας το 1829 με μέγεθος 7.3.

Από τα παραπάνω τμήματα ρηγμάτων ενδιαφέρον προκαλούν αυτά που βρίσκονται κοντά στην περιοχή έρευνας. Αυτά είναι της Χρυσούπολης-Ξάνθης, της

Ξάνθης-Ιάσμου, του Ιάσμου-Κομοτηνής και της Κομοτηνής-Σαπών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Αποτύπωση των επιμέρους ρηγμάτων του ρήγματος Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής
 1: Τμήμα Χρυσούπολης-Ξάνθης, 2: Τμήμα Ξάνθης-Ιάσμου, 3: Τμήμα Ιάσμου-Κομοτηνής 4: Τμήμα Κομοτηνής-Σαπών, μαύρο πλαίσιο: περιοχή φράγματος. Στο μαύρο πλαίσιο επισημαίνεται η περιοχή έρευνας (Τροποποιημένος χάρτης από: Mountrakis and Tranos 2004).

Στην κάτωθι παράγραφο αναλύονται ξεχωριστά τα τέσσερα κύρια τμήματα από τα οποία αποτελείται το σύνθετο ρήγμα Καβάλας - Ξάνθης – Κομοτηνής.

Τμήμα Χρυσούπολης-Ξάνθης

Το τμήμα της Χρυσούπολης-Ξάνθης βρίσκεται στα Νότια του Όρους Λεκάνη και έχει συνολικό μήκος 35 km. Η διεύθυνσή του είναι ΒΑ-ΝΔ και φαίνεται πως με τη διεύθυνση αυτήν ελέγχει τη Νότια πλευρά του Όρους Λεκάνη κόβοντας και τη μεγάλη επιπευτική ζώνη του Νέστου. Στον καθρέπτη του ρήγματος εντοπίζονται τρεις γενεές γραμμώσεων που προσδιορίζονται από τις ακόλουθες κινήσεις: (α) Α1:

ολίσθηση που πιθανώς προκάλεσε έναν ήπιο δεξιόστροφο διαχωρισμό, (β) A2 και (γ) A3: BBD-NNA κίνηση.

Τμήμα Ξάνθης-Ιάσμου

Το τμήμα της Ξάνθης-Ιάσμου έχει συνολικό μήκος 27 km και έχει γενική διεύθυνση Α-Δ. Τερματίζεται απότομα από ένα ρήγμα διεύθυνσης BBD-NNA ενώ επηρεάζει πετρώματα της Ενότητας Σιδηρόνερου, τον Άνω Ολιγοκαινικό γρανίτη της Ξάνθης και Τριτογενή μολασσικά ιζήματα. Για το τμήμα αυτό αναφέρονται οι ακόλουθες κινήσεις: (α) B1: κανονική αριστερόστροφη κίνηση και (β) B2: κανονική δεξιόστροφη κίνηση.

Τμήμα Ιάσμου-Κομοτηνής

Το τμήμα Ιάσμου-Κομοτηνής ακολουθεί αυτό της Ξάνθης-Ιάσμου προς τα ανατολικά και έχει συνολικό μήκος 16 km. Η διεύθυνσή του είναι ΑΒΑ-ΔΝΔ και αποτελείται από δύο παράλληλα τμήματα. Τα τμήματα αυτά είναι το Πολύανθος-Μέγα Πιστό με μήκος 6 km, που είναι ένα ευθύγραμμο ρήγμα και το Μέγα Πιστό-Αγίασμα με μήκος 13 km. Το τελευταίο, Μέγα Πιστό-Αγίασμα, αποτελεί τμήμα ενός παλαιότερο ρήγματος ΑΒΑ-ΔΝΔ αντίστοιχο με το ρήγμα της Χρυσούπολης-Ξάνθης. Για το τμήμα αυτό αναφέρονται οι ακόλουθες κινήσεις: (α) C1, (β) C2 και (γ) C3.

Τμήμα Κομοτηνής-Σαπών

Το τμήμα Κομοτηνής-Σαπών τοποθετείται αμέσως μετά, προς τα ανατολικά, του τμήματος Ιάσμου-Κομοτηνής. Έχει συνολικό μήκος 30 km και η γεωμετρία του είναι αρκετά σύνθετη. Τα σκέλη από τα οποία αποτελείται διαδοχικά το Τυχερό, η Γρατινή, ο Δοκός και το Φιλλύρα-Σκάλωμα. Έχουν μήκος μικρότερο από 8 km και διευθύνσεις ΔΒΔ-ΑΝΑ έως Α-Δ. Το ρήγμα της Κομοτηνής-Σαπών λειτούργησε σαν ένα όριο για την ιζηματογένεση που πραγματοποιήθηκε κατά το Τριτογενές. Μεγάλη τροποποίηση του ρήγματος πραγματοποιήθηκε από την αλληλεπίδραση των ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ με αποτέλεσμα το ρήγμα να τμηθεί σε επιμέρους, διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ. Γενικά, η κίνηση του ρήγματος είναι κανονική. Για το τμήμα αυτό αναφέρονται οι ακόλουθες κινήσεις: (α) D1: κανονική αριστερόστροφη κίνηση και (β) D2: κανονική δεξιόστροφη κίνηση.

Σεισμικά στοιχεία

Αναφορικά με τη στατικότητα και λειτουργικότητα ενός φράγματος, θα πρέπει να επισημανθούν εκτός των τεκτονικών στοιχείων που επικρατούν και οι παράμετροι σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής έρευνας γιατί σε ενδεχόμενη σεισμική δόνηση ενδέχεται να προκληθούν προβλήματα ακεραιότητας του έργου.

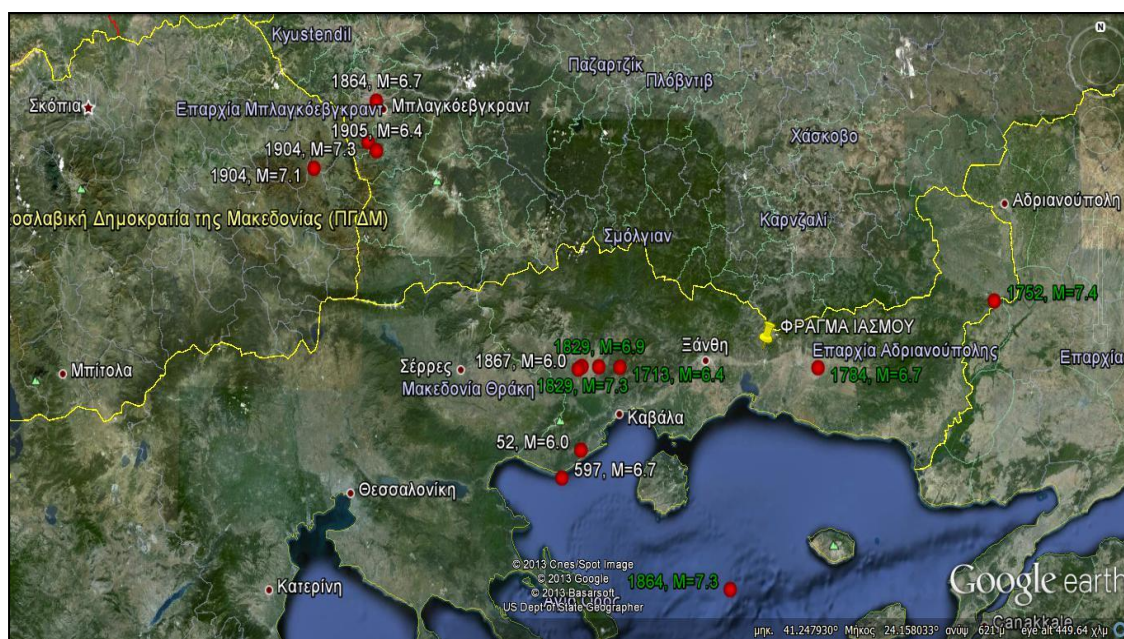
Πίνακας 1: Καταγραφή όλων των σεισμικών γεγονότων που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή.

A/A	ΕΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (°N)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (°E)	ΜΕΓΕΘΟΣ
1	52	40,90	24,20	6,00
2	597	40,70	24,10	6,70
3	1713	41,10	24,40	6,00
4	1752	41,31	26,51	7,40
5	1784	41,10	25,50	6,70
6	1829	41,10	24,30	6,90
7	1829	41,10	24,20	7,30
8	1864	42,00	23,00	6,70
9	1864	40,30	25,00	7,30
10	1867	41,10	24,20	6,00
11	1904	41,80	22,70	7,10
12	1904	41,90	23,00	7,30
13	1905	41,88	23,06	6,40
14	1939	41,50	24,50	5,10
15	1951	41,50	25,00	4,30
16	1951	41,50	24,50	4,10
17	1966	41,10	25,00	4,90
18	1966	41,11	24,92	4,50
19	1967	41,10	24,20	4,60
20	1991	41,22	25,37	4,00
21	1993	41,44	25,23	4,00
22	1999	41,11	24,98	4,10
23	2002	40,90	24,23	4,00
24	2002	40,85	25,09	4,50
25	2004	40,81	24,08	4,10
26	2004	40,93	24,10	4,00
27	2004	41,15	25,06	4,20

Η αναζήτηση τόσο ιστορικών σεισμικών γεγονότων αλλά και καταγραμμένων σεισμών από το εθνικό σεισμολογικό δίκτυο, αποτελεί αναγκαία συνθήκη με στόχο την ασφάλεια του σώματος του φράγματος έναντι ενός πιθανού και μεγάλου μεγέθους σεισμού. Η έρευνα αυτή σίγουρα απαιτεί πολύπλευρη αναζήτηση, όμως στη δεδομένη στιγμή θα επικεντρωθούμε στην απόσταση (σε ευθεία γραμμή) του epicέντρου του σεισμού από το σημείο θεμελίωσης του φράγματος, καθώς επίσης και

στην σεισμική επιτάχυνση που συνοδεύει την εκδήλωσή του. Στον Πίνακα 1, απεικονίζονται τα επίκεντρα των σεισμών της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Η πλειονότητα αυτών είναι σεισμοί μικρού μεγέθους και δεν ασκούν καμία επίδραση στο φράγμα. Οι σεισμοί που προκαλούν ενδιαφέρον είναι αυτοί που, αν και χρονολογικά έχουν πραγματοποιηθεί πριν αρκετά χρόνια, το μέγεθός τους είναι μεγάλο (δηλ. $M=6.0$ έως 7.4). Οι σεισμοί αυτοί είναι οι δεκατρείς (13) πρώτοι του Πίνακα 1. Φαίνεται επίσης, από τον Πίνακα 1, πως οι σεισμοί αυτοί που επισημάνθηκαν, αν και είναι σημαντικοί, έχουν μεγάλη περίοδο επανάληψης κατά τη διάρκεια των χρόνων. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα ως προς τη δεδομένη κατασκευή. Οι σεισμοί με μεγάλο μέγεθος εμφανίζονται στο χρονικό διάστημα από το 52 μX και καταλήγει στο 1905. Η αποτύπωσή τους φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5: Αποτύπωση των επίκεντρων των μεγάλων σεισμών ($M \geq 6.0$) σύμφωνα με τον Πίνακα 1 και των χρονολογιών τους (Κλίμακα 1:2.250.000).

Για τους συγκεκριμένους δεκατρείς (13) σεισμούς υπολογίστηκε η απόστασή τους από το φράγμα του Ιάσμου και έπειτα η σεισμική τους επιτάχυνση σε g ($1g=9,83 \text{ cm/sec}^2$) για ενδιάμεσου τύπου εδάφη.

Από τις καταγραφές αυτές, ενδιαφέρον προκαλούν εκείνες που η απόσταση από το φράγμα είναι μικρή. Τα γεγονότα αυτά καταγράφονται στον Πίνακα 2. Όπως απεικονίζεται στον εν λόγω πίνακα η μεγαλύτερη επιτάχυνση εμφανίζεται στον

σεισμό του 1784 που συνέβη κοντά στην Κομοτηνή (25 Km από τη θέση του φράγματος), είχε μέγεθος $M=6,7$ και η σεισμική επιτάχυνση που εκτιμήθηκε ήταν της τάξης των $0,21 \text{ g}$ (δηλαδή 20 cm/sec^2).

Με γνώμονα τα παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποια σεισμικά γεγονότα που αποτελούν τη μεγαλύτερη απειλή για τη θέση του έργου και οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές στο φράγμα, αν δεν ληφθούν υπ' όψιν στις προδιαγραφές της κατασκευής του.

Πίνακας 2: Καταγραφή σεισμών που επηρεάζουν έντονα τη σταθερότητα του φράγματος.

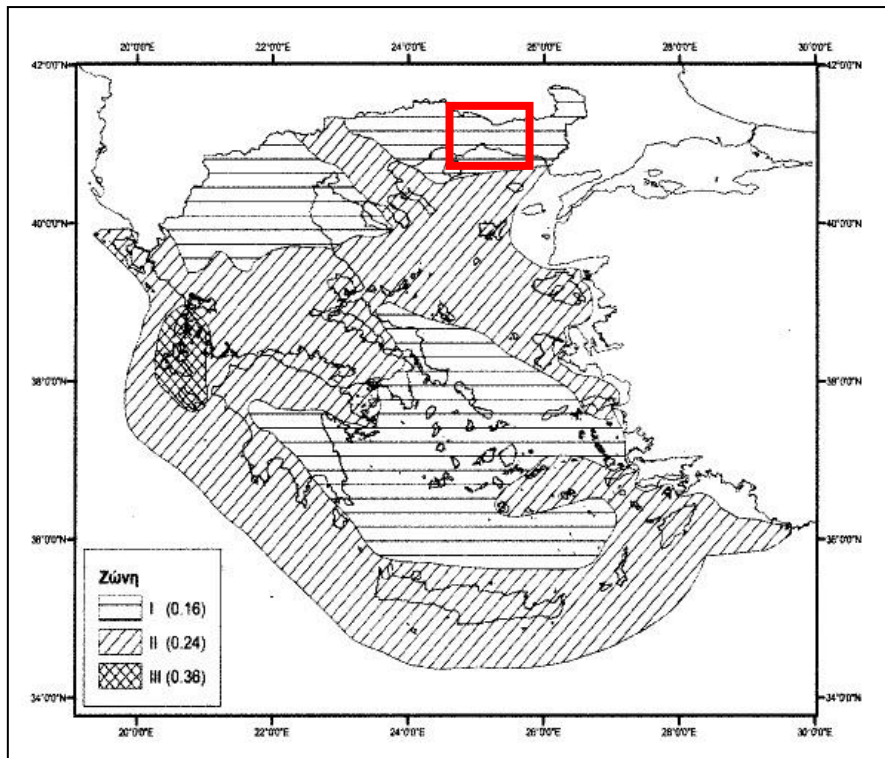
ΕΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ($^{\circ}\text{N}$)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ($^{\circ}\text{E}$)	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (km)	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (g)
52	40,90	24,20	6,00	92,00	0,030
597	40,70	24,10	6,70	101,00	0,050
1713	41,10	24,40	6,00	65,00	0,055
1752	41,31	26,51	7,40	113,00	0,063
1784	41,10	25,50	6,70	25,00	0,210
1829	41,10	24,30	6,90	75,00	0,071
1829	41,10	24,20	7,30	75,00	0,094

Έγινε μια προσπάθεια για τον προσδιορισμό της σεισμικής επιτάχυνσης στη θέση του έργου, εάν θεωρητικά επιδρούσαν όλοι οι σεισμοί του Πίνακα 1 στο φράγμα Ιάσμου. Εκτιμήθηκε ότι αυτή ήταν 0.203 g . Η ίδια προσπάθεια επαναλήφθηκε λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο τους μεγάλους σεισμούς ($M \geq 6.0$) και η τιμή που βρέθηκε ήταν 0.208 g . Καταλήγουμε εύκολα στο συμπέρασμα ότι η κύρια αιτία επίδρασης (κινδύνου) της σεισμικής κίνησης στη θέση του φράγματος αποτελούν τα μεγάλα μεγέθη των σεισμών της ευρύτερης περιοχής. Στο Σχήμα 6, αποτυπώνονται οι σημαντικότεροι σεισμοί με το μέγεθός τους και τη χρονολογία τους.



Σχήμα 6: Αποτύπωση των σημαντικότερων σεισμών και των χρονολογιών τους. Με πράσινο χρώμα επισημαίνονται αυτοί οι σεισμοί που σε ενδεχόμενη δόνηση τέτοιου μεγέθους, αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο για την κατασκευή του φράγματος (Κλίμακα 1:1.125.000).

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ) και τον χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας για την κατασκευή τεχνικού έργου (2001), Σχήμα 7, η περιοχή του φράγματος ανήκει στη Ζώνη 1. Κατά την οδηγία του ΕΑΚ η Ζώνη 1 αντιστοιχεί με μία ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και έχει συντελεστή 0.16. Επίσης, σύμφωνα με τον πίνακα κατηγοριών εδάφους, όπως αναφέρεται στην οδηγία του ΕΑΚ 2001, Πίνακας 3, φαίνεται πως η περιοχή του φράγματος ανήκει στην Κατηγορία Α. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει βραχώδεις σχηματισμούς που εκτείνονται σε μεγάλη έκταση και βάθος και δεν παρουσιάζουν έντονα φαινόμενα αποσάθρωση.



Σχήμα 7: Χάρτης σεισμική επικινδυνότητα κατά Ε.Α.Κ. 2001. Στο κόκκινο πλαίσιο επισμαίνεται η περιοχή έρευνας (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2001).

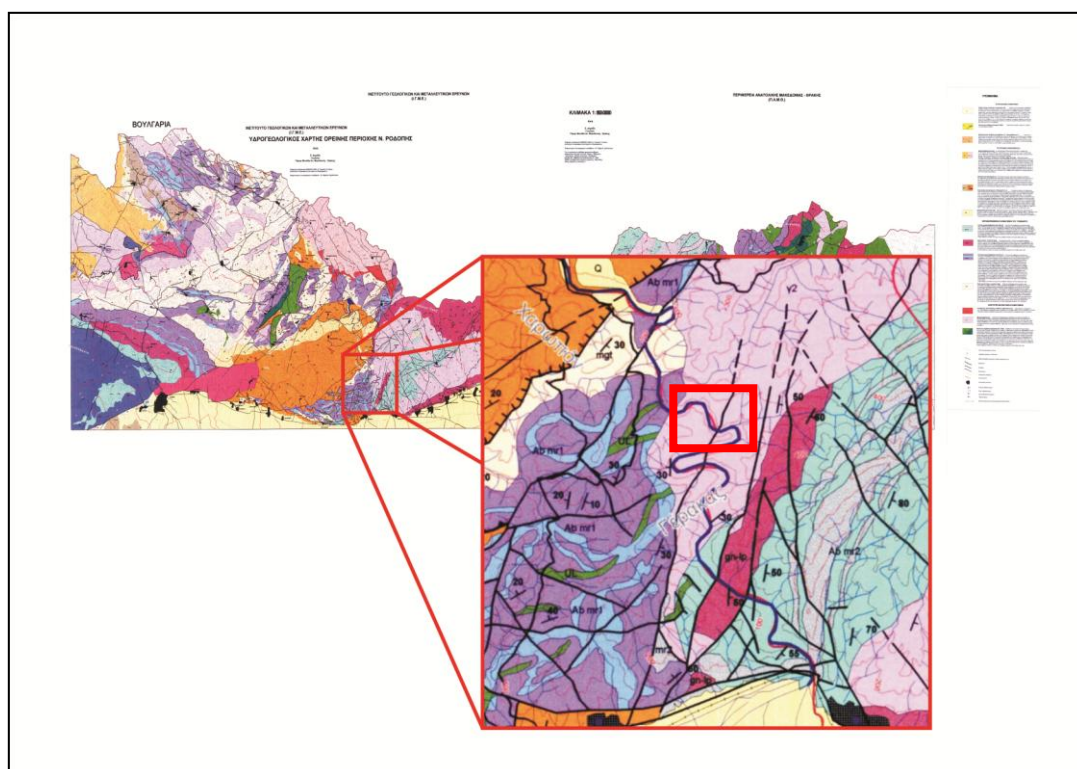
Πίνακας 3: Πίνακας κατηγοριών εδαφών σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ. 2001 (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2001).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσασθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοιλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]). Απότομες κλιθείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

2.2 Γεωλογικές συνθήκες της στενής περιοχής του φράγματος

Γεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή του Ίασμου βρίσκεται δυτικά της Κομοτηνής και ανήκει γεωτεκτονικά στις ζώνες της Ελληνικής ενδοχώρας και συγκεκριμένα της Μάζας Ροδόπης. Η Μάζα Ροδόπης έχει προαλπική προέλευση από την πλάκα της Λαυρασίας και το παλαιό-περιβάλλον της είναι καθαρά ηπειρωτικό.



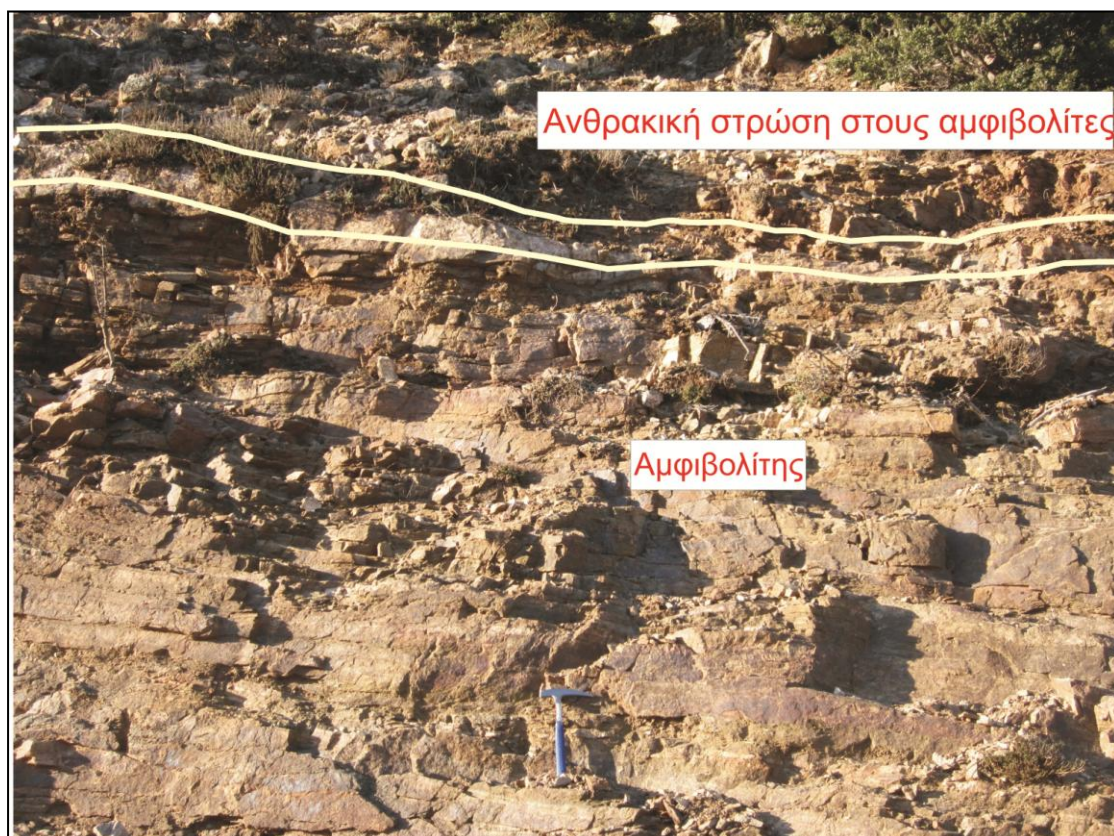
Σχήμα 8: Υδρογεωλογικός χάρτης ορεινής περιοχής N. Ροδόπης με έμφαση στην περιοχή του χειμάρρου Κομσάτου και στις θέσεις των φραγμάτων (Κλίμακα 1:112.500). Στο κόκκινο πλαίσιο επισημαίνεται η περιοχή έρευνας (Τροποποίηση από: Δημάδης 1986/89).

Η περιοχή στην οποία αναπτύσσεται ο χειμάρρος του Ιάσμου τοποθετείται συγκεκριμένα στην Ενότητα Σιδηρόνερου, γεγονός το οποίο γίνεται αντιληπτό από το Σχήμα 7, όπου φανερώνεται η ακριβής τοποθέτηση της περιοχής έρευνας.

Ο διαχωρισμός των σχηματισμών που συναντώνται στην περιοχή του έργου έχει πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τους Dimadis, Zachos (1989).

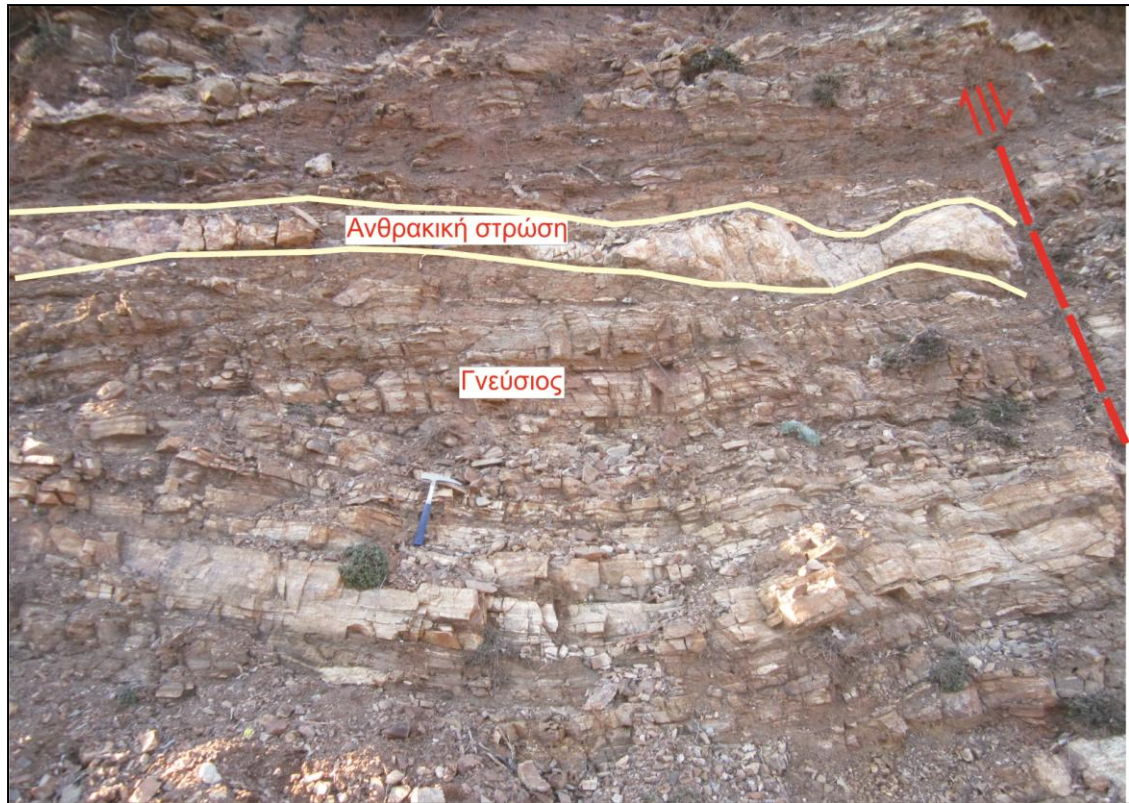
Κατώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά

Η σειρά αυτή αποτελείται από γνεύσιους, αμφιβολίτες, πηγματίτες και παρεμβολές ανθρακικών πετρωμάτων (μάρμαρα). Ο γνεύσιος και ο αμφιβολίτης είναι αυτοί που κυριαρχούν στο σύνολο και παρουσιάζονται μέσο έως αδρόκοκκοι. Σε πολλά σημεία ο γνεύσιος θεωρείται παραγνεύσιος και βρίσκεται σε εναλλαγές με τον αμφιβολίτη. Οι εναλλαγές μεταξύ του γνευσίου και του αμφιβολίτη είναι συχνές. Στον χάρτη, Σχήμα 8, η κατώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά τοποθετείται στα δυτικά του χειμάρρου Ιάσμου. Και τα δύο υλικά παρουσιάζονται κατασπασμένα και πτυχωμένα. Στο Σχήμα 9, παρουσιάζεται ένα τυπικό πρηνές της περιοχής όπου διακρίνονται ο αμφιβολίτης με καστανό χρώμα και κεραμιδοκόκκινες έως πράσινες αλλοιώσεις καθώς επίσης και μια ανθρακική στρώση.



Σχήμα 9: Κατώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά – Αμφιβολίτης με ανθρακική στρώση.

Στο Σχήμα 10 απεικονίζεται ο γνεύσιος της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς. Παρουσιάζεται ανοιχτόχρωμος και κοκκώδης. Επίσης, παρατηρείται μια ανθρακική στρώση στο ανώτερο τμήμα του πρηνούς.



Σχήμα 10: Κατώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά – Γνεύσιος με ανθρακική στρώση.



Σχήμα 11: Μεταγρανодиορίτης.

Μεταγρανодиορίτης

Ο μεταγρανодиορίτης (ή γνεύσιος) που συναντάται στην περιοχή προέρχεται από τη μεταμόρφωση γρανодиοριτικού πετρώματος και περιέχει απλιτικές και χαλαζιακές φλέβες κατά τόπους. Σε όλη του την έκταση τέμνεται από ασυνέχειες μεγάλου μήκους. Το χρώμα του παρουσιάζεται από καστανό έως και γκριζο ή γκριζοπράσινο (Σχήμα 11). Χαρακτηριστική είναι η έντονη αποσάθρωσή του με το σχηματισμό κατά τόπους αποσαθρωμένων τμημάτων (ρεγκόλιθων), από την επιφάνεια έως το βάθος των 12 m περίπου.

Ανώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά

Η ανώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά συνίσταται από γνευσίους, αμφιβολίτες και επίσης παρατηρούνται χαλαζιακές και απλιτικές φλέβες κατά τόπους, Σχήμα 12. Η σειρά αυτή αν και αποτελείται από αντίστοιχα πετρώματα με αυτά της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής, εν τούτοις από μηχανικής άποψης παρουσιάζονται πολύ καλύτερα ποιοτικά. Η σειρά αυτή τοποθετείται ανατολικά του χειμάρρου.



Σχήμα 12: Ανώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά – Γνεύσιος.

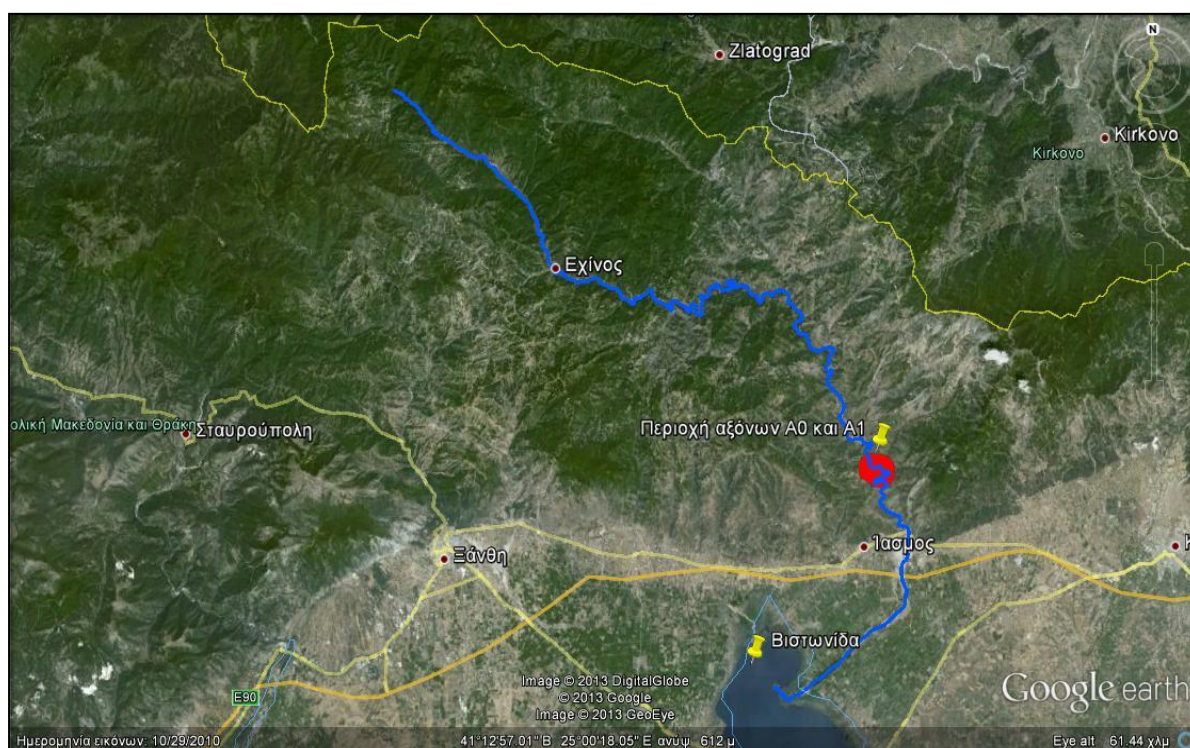
Βασικά και υπερβασικά υλικά

Στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής του χειμάρρου απαντώνται επίσης βασικά και υπερβασικά υλικά - οφειόλιθοι. Αποτελείται από σχιστοποιημένους, σερπεντινωμένους περιδοτίτες έως πυροξενίτες. Οι οφειόλιθοι (βασικά και υπερβασικά υλικά) παρουσιάζονται σαν ξενόλιθοι, μέσα στα υλικά της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς, που έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα και έχουν πτυχωθεί με αυτό.

Σαν γεωϋλικό, ο μεταγρανодиορίτης, έχει άριστη ποιότητα καθώς είναι συμπαγής, ανθεκτικός και αδιαπέρατος. Μέχρι ένα βαθμό είναι συμπιεστός έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται τη φόρτιση που ασκείται από το φράγμα. Στην πραγματικότητα όμως δεν συναντάται με αυτήν την μορφή αλλά έντονα διερρηγμένος, αποσαθρωμένος και παρουσιάζει δευτερογενές πορώδες γεγονός που τον κάνει να χάνει τα χαρακτηριστικά του. Αυτή του η μορφή προκαλεί προβλήματα στη θεμελίωση καθώς τα μηχανικά του χαρακτηριστικά μειώνονται και παρουσιάζει αυξημένα ποσοστά περατότητας. Το νερό μπορεί να περνάει από τα αντερείσματα και κάτω από τη θεμελίωση του φράγματος κατά μήκος των ρωγμών και των ασυνεχειών και να προκαλεί προβλήματα στατικότητας και η αντοχή του μειώνεται.

Γεωμορφολογικά στοιχεία

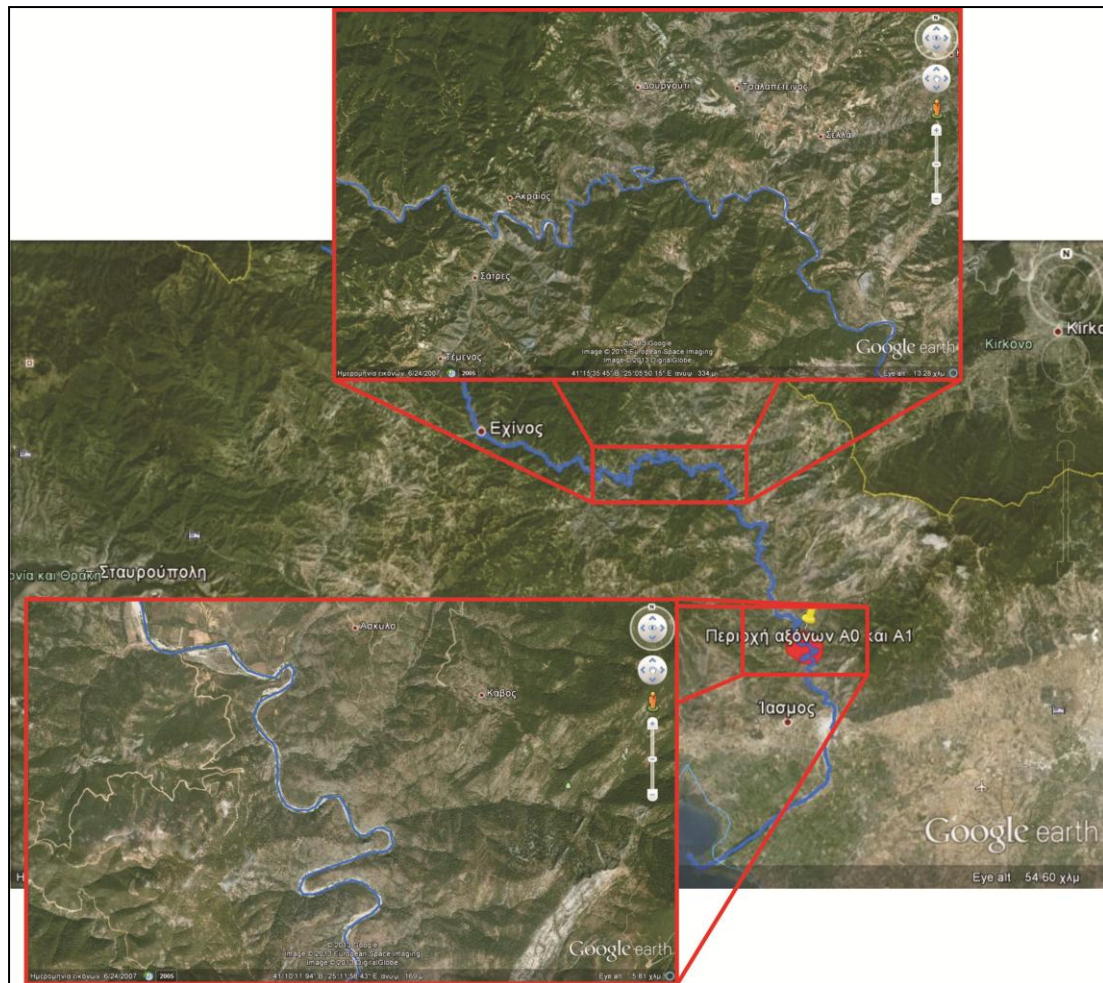
Ο χείμαρρος του Ιάσμου (ή Κομσάτος ή Ξηροπόταμος) αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό υδάτινο φορέα για την περιοχή της βορειοδυτικής Ροδόπης, καθώς ξεκινά από τα βόρεια βορειοδυτικά της Ξάνθης, στα ορεινά της Ροδόπης και κοντά στα σύνορα με τη Βουλγαρία και καταλήγει, διαμέσου του πεδινού τμήματος της Ροδόπης, στη λίμνη Βιστωνίδα, όπως γίνεται φανερό και στο Σχήμα 13. Κοντά στις πηγές του (Βόρεια) παρατηρούμε πως ακολουθεί ομαλή ροή και ευθυτενή ροή έως ελικοειδή. Αποκτά μαιανδρικού τύπου χαρακτηριστικά ανά περιοχές και τμήματα διασχίζοντας τον ορεινό όγκο της Ροδόπης και καταλήγει στην πεδιάδα της Ροδόπης, η οποία ξεκινάει αμέσως μετά το τέλος των ορεινών κρασπέδων. Η αρχική διεύθυνση είναι βορειοδυτική/νοτιοανατολική, συνεχίζει με σχεδόν ανατολής/δύσης, έπειτα βόρειο-βορειοδυτική/νότιο-νοτιοανατολική έως βορά/νότου και καταλήγει σε βορειοανατολική/νοτιοδυτική. Στο πεδινό αυτό τμήμα, ο χείμαρρος αποκτά σχεδόν ευθυτενή ροή. Στο τμήμα των προτεινόμενων αξόνων για φράγμα (A0 και A1) κυριαρχεί ο μαιανδρικός τύπος του χειμάρρου.



Σχήμα 13: Χείμαρρος του Ιάσμου με επισήμανση της περιοχής μελέτης (Περιοχή αξόνων A0 και A1) και της λίμνης Βιστωνίδας (Κλίμακα 1:346.000).

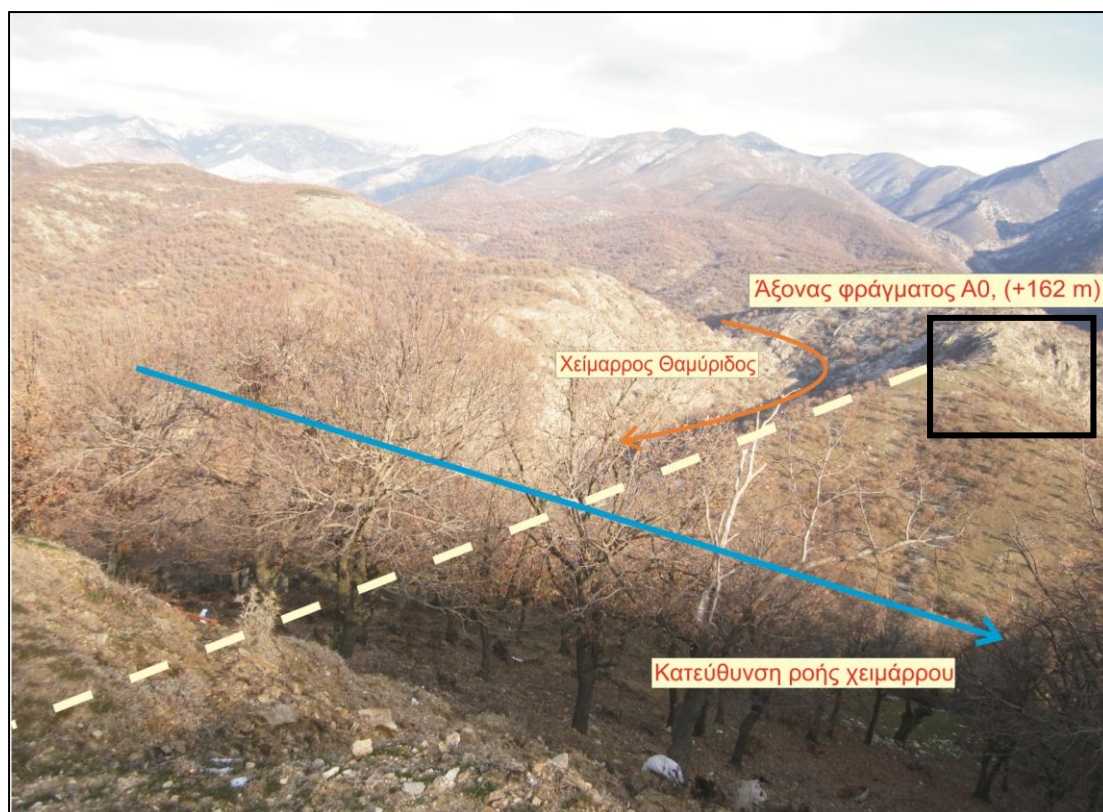
Οι αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν μαιανδρισμό σε κάποιο ποτάμι – χείμαρρο είναι ποικίλες, όπως η αδυναμία συνέχισης μιας συγκεκριμένης πορείας, με αποτέλεσμα την πλευρική διάβρωση ή την αλλαγή της κλίσης του κλπ. Συμπερασματικά όμως, αυτό που διαπιστώνουμε, είναι πως η αιτία του μαιανδρισμού δεν μπορεί να εξηγηθεί από έναν παράγοντα. Πιθανότατα συμβάλουν περισσότεροι παράγοντες που υπό συγκεκριμένες συνθήκες προκαλούν τον μαιανδρισμό. Στο Σχήμα 13, απεικονίζονται δύο χαρακτηριστικές περιοχές του χείμαρρου όπου είναι εμφανής η μαιανδρική μορφή του. Η διαβρωτική δράση του μαιάνδρου ξεκινά με διάβρωση στο εξωτερικό τμήμα του κυματισμού και με απόθεση στο εσωτερικό τμήμα. Η δράση του αυτή προκαλεί την έντονη συσσώρευση αμμωδών – αργιλικών – χαλικοειδών υλικών στο εσωτερικό της καμπής του μαιάνδρου. Ο χείμαρρος του Ιάσμου έχει διαμορφώσει αμμώδεις όχθες σε όλο του το μήκος λόγω της συνεχούς κυκλικής διαδικασίας διάβρωσης – απόθεσης.

Οι διαβρωτικές διεργασίες ενός μαιάνδρου μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στην κατασκευή και λειτουργία του φράγματος. Λόγω της έντονης δράσης του στις εξωτερικές καμπύλες του ποταμού ενδέχεται να παρουσιαστούν αστάθειες στα πρανή με αποτέλεσμα να προκληθούν καταστάσεις ανισορροπίας. Επίσης, σε ποτάμια τύπου μαιάνδρου αναπτύσσονται έντονες κλίσεις και κατ' επέκταση έντονες ταχύτητες ροής. Τέλος, τα προϊόντα της διάβρωσης ανάντη του φράγματος θα καταλήγουν στον ταμιευτήρα, όπου θα ελαττώνουν τον όγκο του.



Σχήμα 14: Χείμαρρος Ιάσμου με επισήμανση δύο περιοχών μαιανδρικής μορφής (Κλίμακα: 1:102.000).

Ο χείμαρρος του Ιάσμου αναπτύσσεται και τροφοδοτείται σε βραχώδες υπόβαθρο. Στην περιοχή του φράγματος, το υπόβαθρο αυτό, αποτελείται από τα πετρώματα της Μάζας Ροδόπης και ειδικότερα της ενότητας Σιδηρόνερου. Αναλυτικότερα συνίσταται από τα πετρώματα της κατώτερης και ανώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς και τον μεταγρανодиορίτη. Διαπερνά δηλαδή γνευσίους, αμφιβολίτες, ανθρακικά μεταμορφωμένα (μάρμαρα) και τον μεταγρανодиορίτη. Σε ανώτερο σημείο διαπερνά τη σειρά του φλύσχη και τμήμα της σειρά γρανιτογενέσιων – μιγματιτών. Διαπερνά επίσης βασικά και υπερβασικά πετρώματα (οφειολιθικά) και σε επανάληψη τα πετρώματα της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς. Κατά κύριο λόγο διαπερνά υλικά σκληρά, υλικά που αντιστέκονται στην έντονη διαβρωτική του δράση. Στον κύριο κλάδο του χείμαρρου καταλήγουν διάφοροι παραπόταμοι που τον ενισχύουν.



Σχήμα 15: Άξονας φράγματος Α0, όπου είναι φανερή η ροή του χειμάρρου, ο άξονας Α0, ο χείμαρρος Θαμύριδος και στο μαύρο πλαίσιο φαίνεται ο αριστερός αυχένας.

Το ύψος του φράγματος Α0 στα 162 m από το επίπεδο ροής του χειμάρρου και έχει μήκος στέψης 466 m. Στη θέση του άξονα φράγματος Α0, Σχήμα 15, παρατηρούμε ένα σχετικά αντιθετικό ανάγλυφο. Στη αριστερή πλευρά κατά τη ροή το χειμάρρου διαπιστώνουμε ένα σχετικά ήπιο ανάγλυφο με μικρές κλίσεις των αντερεισμάτων. Αντίθετα, στη δεξιά πλευρά κατά τη φορά ροής του χειμάρρου διαπιστώνουμε απότομο ανάγλυφο και έντονες κλίσεις των αντερεισμάτων. Στο Σχήμα 15, είναι φανερό πως οι ορεινοί όγκοι οι οποίοι βρίσκονται πίσω από την αριστερή έδραση του φράγματος είναι ήπιοι, με αποστρογγυλεμένες κορυφές και χαμηλό υψόμετρο. Αντίθετα στην πλευρά της δεξιάς έδρασης το ανάγλυφο είναι έντονο με απότομες κλίσεις πρανών και με αντίστοιχες έντονες κλίσεις κοντά στην όχθη του ποταμού. Είναι εμφανής επίσης και ο χείμαρρος του Θαμύριδου που καταλήγει στο χείμαρρο του Ιάσμου, ανάντη του άξονα Α0. Σημειώνεται πως η δύο προτεινόμενες θέσεις του φράγματος αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο αναλυτικά.



Σχήμα 16: Θέση άξονα φράγματος A1.

Η θέση του άξονα A1 τοποθετείται πιο χαμηλά στο χείμαρρο (596 m Νότιο-ανατολικά) και στο ακριβές σημείο που φαίνεται στο Σχήμα 16. Νοτιοανατολικά του άξονα A0, οι ορεινοί όγκοι αποκτούν οξύτερο και εντονότερο ανάγλυφο. Είναι φανερό πως οι κλίσεις και τα πρηνή είναι εντονότερα. Η εικόνα αυτή είναι εμφανής και στις δύο πλευρές των αντερείσμάτων του χείμαρρου. Φαίνεται πως και τα δύο αντερείσματα έχουν την αντίστοιχη μορφολογία και κλίση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

3.1 Μεθοδολογία αξιολόγησης τεχνικογεωλογικών συνθηκών

Η περιοχή στην οποία θα κατασκευαστεί το φράγμα (λαμβάνοντας υπ' όψιν και τις δύο προτεινόμενες θέσεις) αποτελείται από μεταγρανодиορίτη κατ' αποκλειστικότητα στον προτεινόμενο Άξονα Α1 και από μεταγρανодиορίτη και σχηματισμούς της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς στον προτεινόμενο Άξονα Α0. Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται καταγραφή των τεχνικογεωλογικών συνθηκών στις θέσεις αυτές με σκοπό να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά της βραχώμαζας, να αξιολογηθούν ώστε να καταλήξουμε σε μια επιλογή τύπου και θέσης φράγματος. Για τον σκοπό αυτόν πραγματοποιήθηκαν γεωτεχνικές ταξινομήσεις, κατά R.Q.D., G.S.I. και R.M.R, καθώς επίσης και επεξεργασία των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών αντοχής σημειακής φόρτισης (P.L.T.) και μονοαξονικής θλίψης (U.C.S.). Οι ταξινομήσεις κατά G.S.I., σε διάφορες θέσεις, φανερώνουν τύπους βραχώμαζας διαφορετικής δομής και συστημάτων ασυνεχειών, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με την αναλυτική ταξινόμηση κατά R.M.R. Κατά κύριο λόγο η βραχώμαζα, στα υγιή τμήματά της, είναι καλά δομημένη με λίγα συστήματα διακλάσεων. Στα αποσαθρωμένα τμήματα του μεταγρανодиορίτη παρατηρούνται χαμηλές τιμές G.S.I. και R.M.R (ζώνες υψηλού κερματισμού). Επίσης, υπολογίζονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά για τις διάφορες τεχνικογεωλογικές ενότητες, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι ιδιότητές τους, η γεωμετρία τους και οι παράμετροι c (συνοχή), ϕ (γωνία τριβής) και E (μέτρο ελαστικότητας). Τα αποτελέσματα αυτά θα καθορίσουν την επιλογή του κατάλληλου τύπου φράγματος, θα οδηγήσουν στον καθορισμό των γεωτεχνικών παραμέτρων για τη μετέπειτα εκτίμηση των καθιζήσεων και στην αξιολόγηση των διαφυγών μέσω αυτών των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων. Τέλος, έγιναν στατιστικές κατανομές του βαθμού κερματισμού της βραχώμαζας R.Q.D., του δείκτη γεωλογικής αντοχής G.S.I. και της περατότητας K , κατά μήκος και κατά βάθος του Άξονα Α1. Στις κατανομές αυτές εντοπίζονται ζώνες υποβαθμισμένων χαρακτηριστικών και παρουσιάζεται μια πλήρης περιγραφή των αποτελεσμάτων.

3.2 Τεχνικογεωλογικές ενότητες

Στο σημείο αυτό επιχειρείται να οριστούν οι τεχνικογεωλογικές ενότητες που εντοπίζονται στην περιοχή του άξονα Α1 του φράγματος. Οι ενότητες αυτές διαχωρίζονται ανάλογα με το βαθμό αποσάθρωσης των μελών, το βαθμό κερματισμού τους και τη λιθολογία τους. Με τον τρόπο αυτό διαχωρίζονται μέλη τα οποία εμφανίζονται να έχουν τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στη λογική αυτή, παρακάτω παρουσιάζονται οι τεχνικογεωλογικές ενότητες που συστήνουν την περιοχή του φράγματος.

Τεχνικογεωλογική ενότητα I

Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνονται εκείνα τα τμήματα του αποσαθρωμένου μεταγρανодиορίτη στα οποία εντοπίζεται έντονα κερματισμένη βραχώμαζα, με περισσότερα από τέσσερα συστήματα διακλάσεων. Μπορούμε έτσι να θεωρήσουμε στην ενότητα αυτή τις δύο ζώνες υψηλού κερματισμού που τοποθετούνται στις δύο αναβαθμίδες του ποταμού και βρίσκονται σε σχετικά μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, οπότε και έχουν υποστεί έντονη αποσάθρωση. Παρακάτω στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται τα βάρη των δύο αυτών ζωνών καταγράφοντας τη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά τεχνικογεωλογικής ενότητας I.

	Γ2 (5,1-12,5 m) Γ3 (4-11,4 m)
R.Q.D. (%)	19
G.S.I.	30
R.M.R.	43

Τεχνικογεωλογική ενότητα II

Στη δεύτερη τεχνικογεωλογική ενότητα τοποθετείται μια τρίτη ζώνη υψηλού κερματισμού που τοποθετείται στη γεώτρηση Γ3 σε σχετικά μεγάλο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους. Η ενότητα αυτή παρουσιάζει ποιοτικότερα χαρακτηριστικά, όντας σε μεγαλύτερο βάθος από την τεχνικογεωλογική ενότητα II. Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί, καταγράφονται τα χαρακτηριστικά της ενότητας αυτής.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά τεχνικογεωλογικής ενότητας II.

	Γ3 (34,5-45,25 m)
R.Q.D. (%)	22
G.S.I.	36
R.M.R.	56

Τεχνικογεωλογική ενότητα III

Στην τρίτη τεχνικογεωλογική ενότητα εντάσσεται ο μεταγρανодиορίτης ο γκριζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος. Το τμήμα αυτό της βραχώμαζας αποτελεί το πιο υγιές κομμάτι της και αναμένεται η κατάστασή του να είναι καλύτερη σε σχέση με τις άλλες δύο τεχνικογεωλογικές ενότητες. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται αυτά του τα χαρακτηριστικά της κατάστασής του.

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά τεχνικογεωλογικής ενότητας III.

	Μεταγρανодиορίτης ελαφρά αποσαθρωμένος
R.Q.D. (%)	60
G.S.I.	60
R.M.R.	63

Τεχνικογεωλογική ενότητα IV

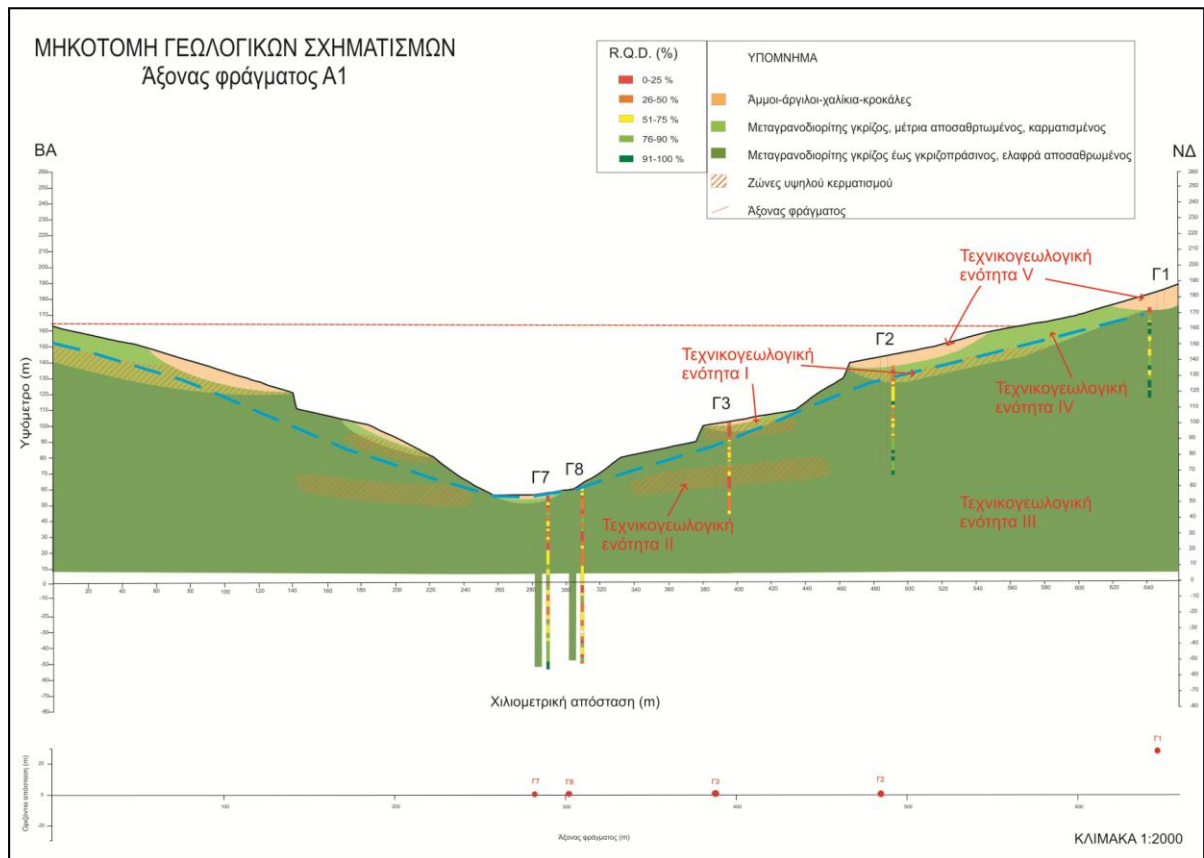
Σε αυτήν την ενότητα τοποθετείται εκείνος ο τύπος του μεταγρανодиορίτη που εμφανίζεται έντονα αποσαθρωμένος και καταλαμβάνει τις επιφανειακές περιοχές στο προφίλ του άξονα Α1. Στον Πίνακα 4, που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του.

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά τεχνικογεωλογικής ενότητας IV.

	Μεταγρανοδιορίτης μέτρια αποσαθρωμένος
R.Q.D. (%)	30
G.S.I.	45
R.M.R.	38

Τεχνικογεωλογική ενότητα V

Ως μια πέμπτη τεχνικογεωλογική ενότητα θεωρείται το σύνολο των εδαφικών υλικών που βρίσκονται στην περιοχή του άξονα και αποτελείται από Άμμους-Αργίλους-Χαλίκια-Κροκάλες. Για τη συγκεκριμένη ενότητα δεν θα πραγματοποιηθεί περαιτέρω επεξεργασία καθώς είναι μικρού πάχους και κατά τη θεμελίωση του φράγματος θα αφαιρεθεί σαν μη κατάλληλο υλικό θεμελίωσης του φράγματος.



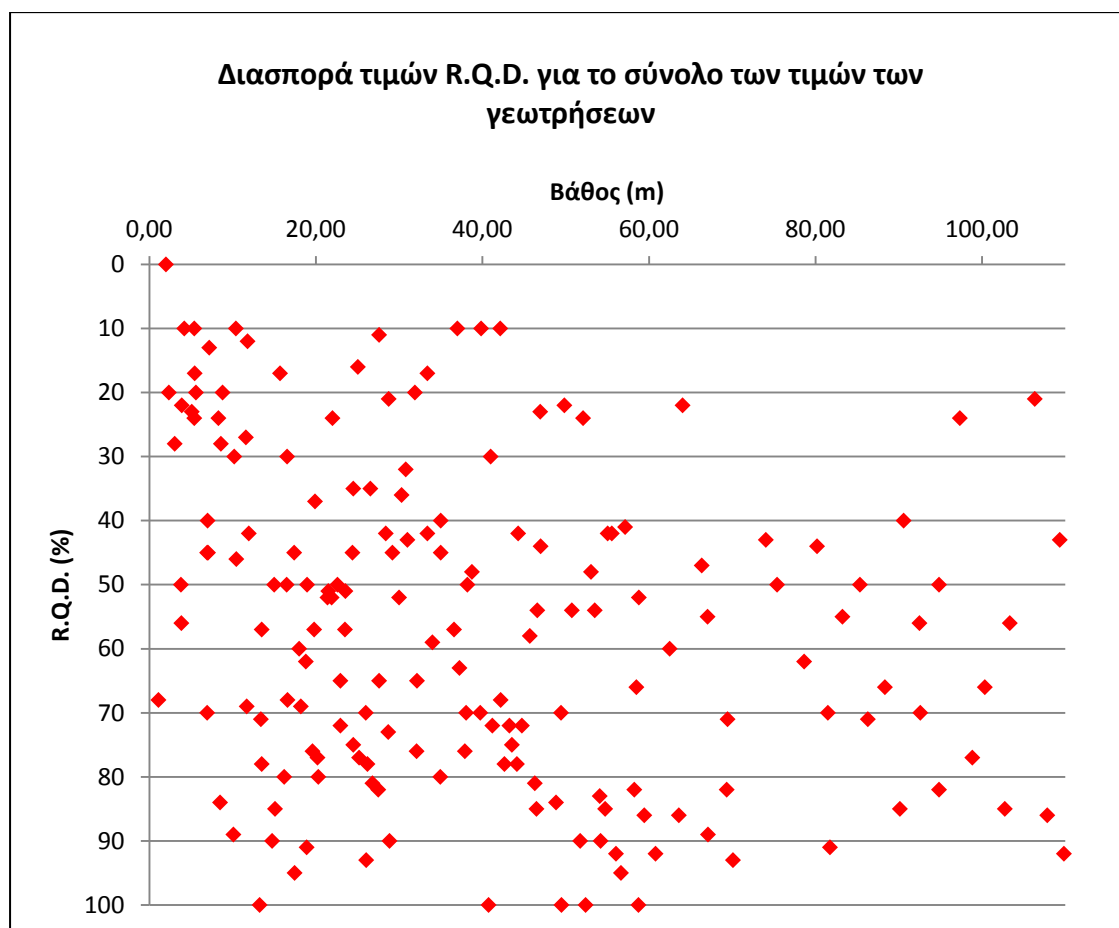
Σχήμα 1: Απεικόνιση σε μηκοτομή των Τεχνικογεωλογικών Ενότητων.

3.3 Ταξινόμηση κατά R.Q.D.

Η ταξινόμηση κατά R.Q.D. αποτελεί κυρίαρχο τμήμα της τεχνικογεωλογικής έρευνας καθώς προκύπτει μια πρώτη εικόνα της ποιότητας της βραχώμαζας. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ερευνητικών γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή του φράγματος.

Ταξινόμηση R.Q.D. στις ερευνητικές γεωτρήσεις

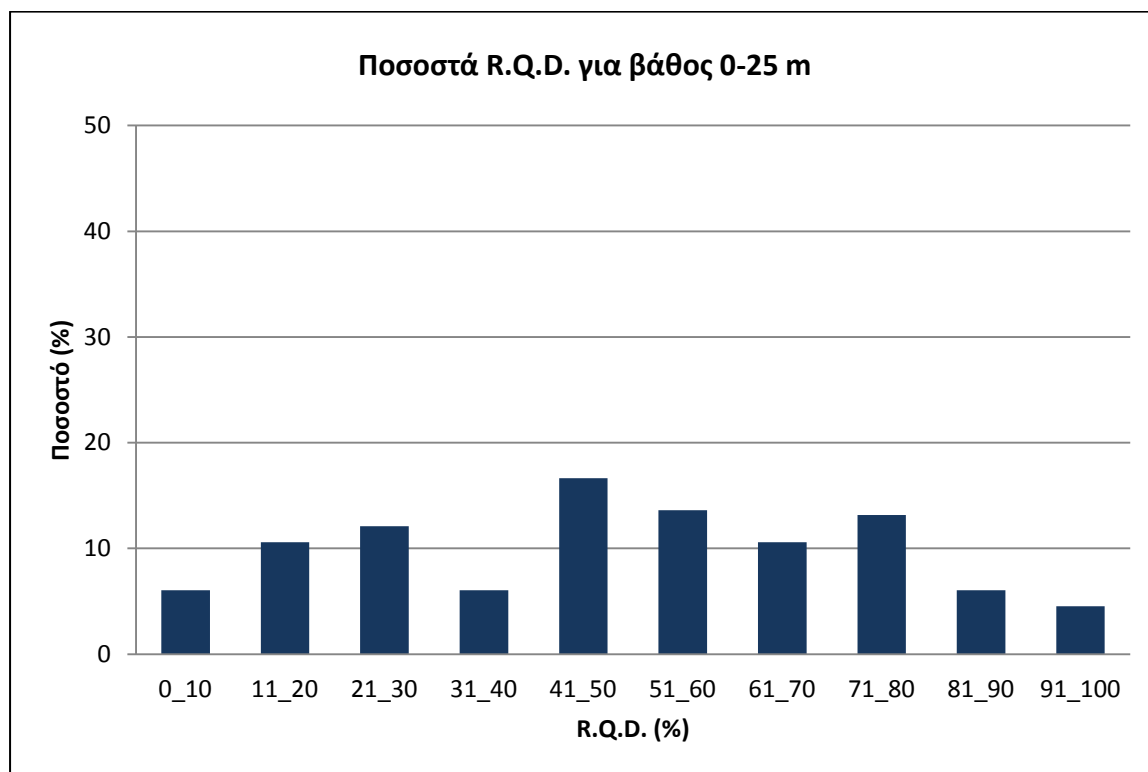
Στο σημείο αυτό παραθέτονται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης R.Q.D. όπως αυτά προέκυψαν από τις ερευνητικές γεωτρήσεις. Αρχικά, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1, παρουσιάζονται οι τιμές σε διασπορά έτσι ώστε να γίνει φανερό το εύρος των τιμών που λαμβάνει η ταξινόμηση κατά R.Q.D., στο σύνολο των γεωτρήσεων.



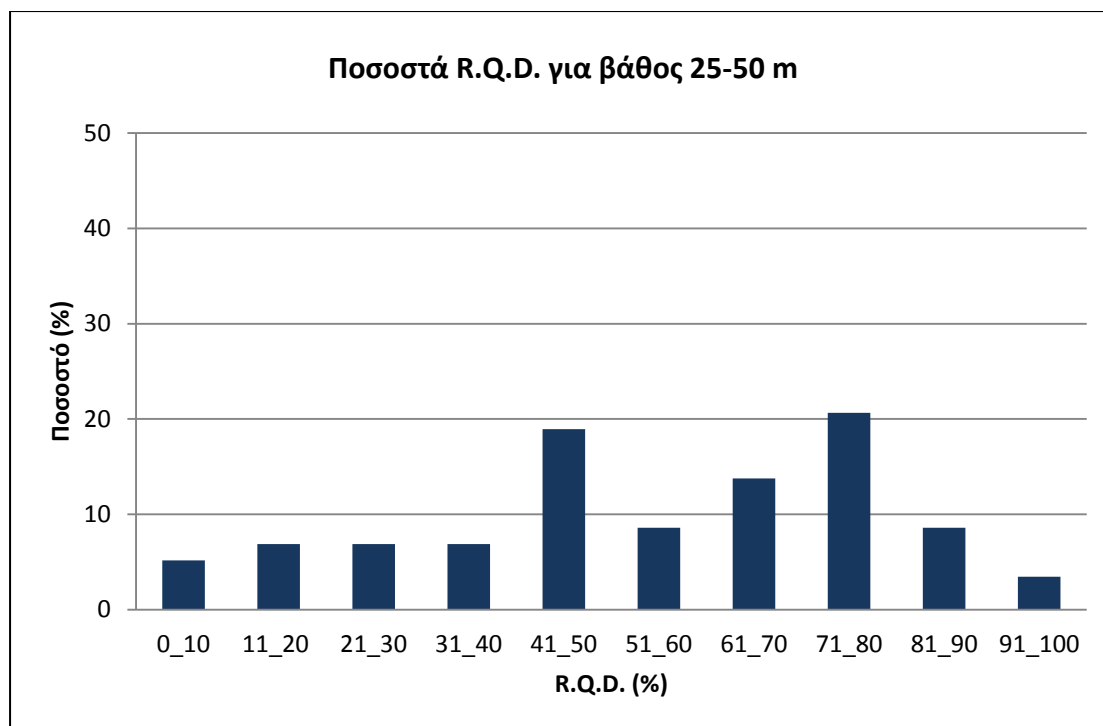
Σχήμα 1: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για το σύνολο των γεωτρήσεων.

Στο Σχήμα 2, παρουσιάζονται οι τιμές του R.Q.D. που προσδιορίστηκαν για το σύνολο των γεωτρήσεων για βάθος από την επιφάνεια του εδάφους έως τα 25 m.

Παρατηρείται πως το εύρος των τιμών κυμαίνεται σε όλα τα ποσοστά του R.Q.D., με μια μεγαλύτερη έμφαση στις μέσες τιμές, κοντά στο 41-60 %. Υψηλό ποσοστό επίσης λαμβάνουν τα χαμηλά ποσοστά του R.Q.D. μέχρι και 40 % που κατέχουν αθροιστικό ποσοστό σχεδόν 35 %. Τα υψηλά ποσοστά που καταγράφονται τοποθετούνται κυρίως σε μέσα βάθη, όπου αν και έχει πραγματοποιηθεί η μετάβαση στον αποσαθρωμένο μεταγρανодиορίτη, αφορά καλύτερης ποιότητας τμήματα αυτού.



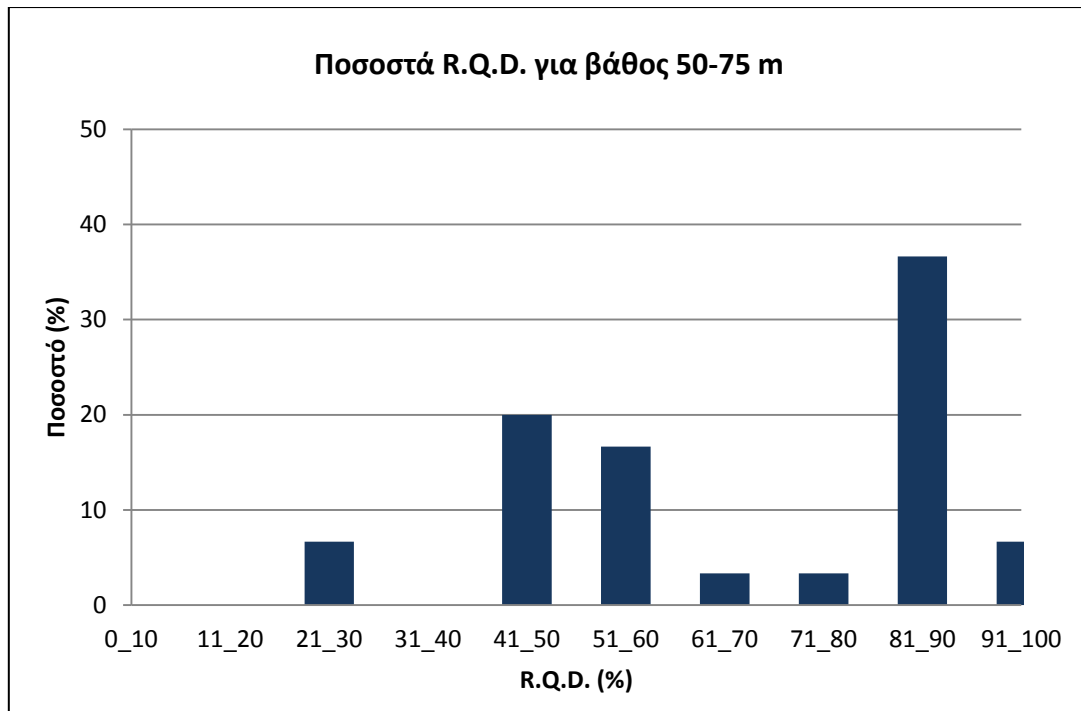
Σχήμα 2: Ποσοστά R.Q.D. του συνόλου των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 0-25 m.



Σχήμα 3: Ποσοστά R.Q.D. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 25-50 m.

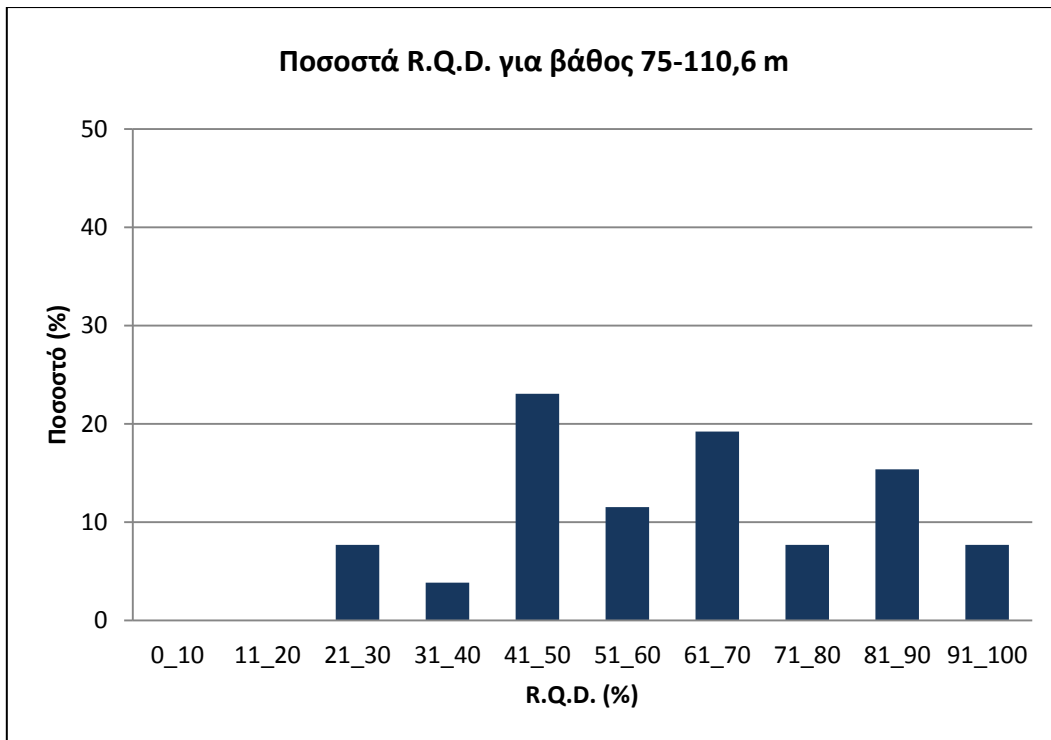
Στο Σχήμα 3, παρουσιάζονται τα ποσοστά που αφορούν το βάθος από 25-50 m. Παρατηρώντας το σχήμα, γίνεται αντιληπτό ότι το σύνολο των ποσοστών συγκεντρώνεται κατά πλειοψηφία, μεταξύ των ποσοστών R.Q.D. 41 και 80 %. Το αθροιστικό ποσοστό ανέρχεται στο 62 %. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο καθώς σε μεγαλύτερα βάθη η βραχώμαζα αναμένεται καλύτερης ποιότητας. Παρατηρούνται συγκεντρώσεις όμως και σε μικρότερα ποσοστά R.Q.D., γεγονός που φανερώνει την ύπαρξη υποβαθμισμένης ποιότητας βραχώμαζα σε κάποια σημεία στο συγκεκριμένο βάθος.

Στο Σχήμα 4, καταγράφονται τα ποσοστά του R.Q.D. για βάθος 50-75 m. Είναι σαφές πως η ποιότητα της βραχώμαζας βρίσκεται σε καλύτερη κατάσταση, σαν σύνολο, καθώς η πλειοψηφία των τιμών συγκεντρώνεται στα μεγάλα ποσοστά (>81 %). Υπάρχει όμως και ένα πλήθος τιμών που συγκεντρώνεται μεταξύ 41 και 60 %, όπου φανερώνει περιοχές ασθενείς και χαμηλότερης ποιότητας.



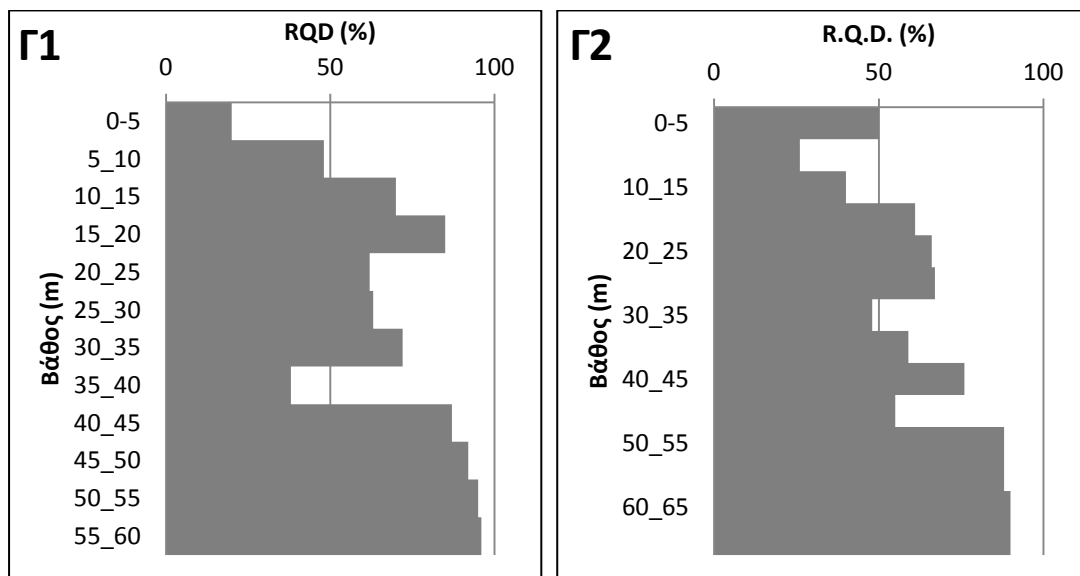
Σχήμα 4: Ποσοστά R.Q.D. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 50-75 m.

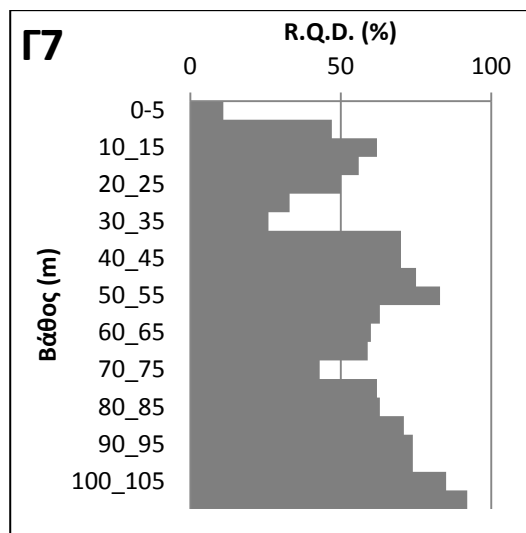
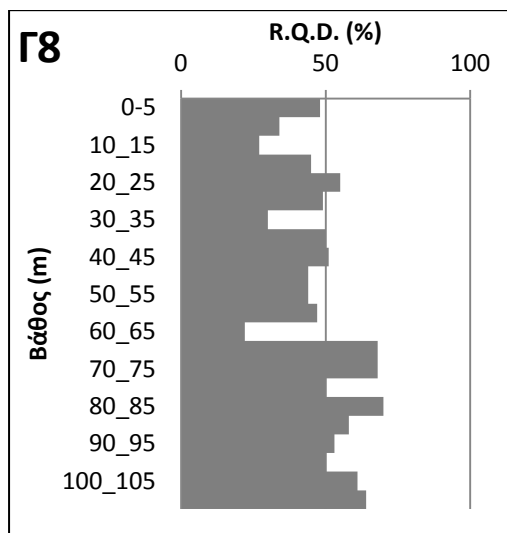
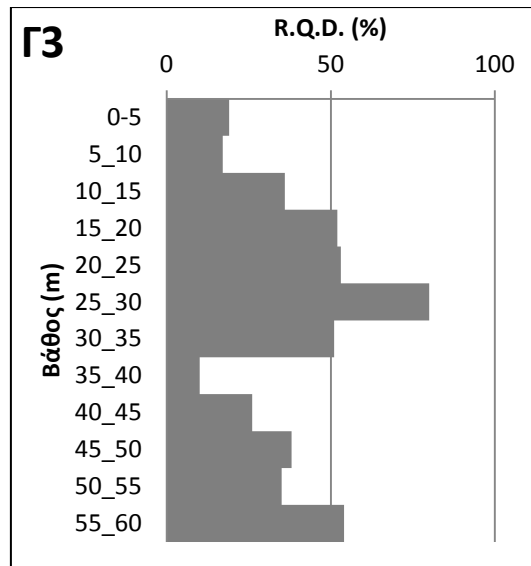
Στο Σχήμα 5, αποτυπώνονται οι τιμές που αφορούν τα βάθη από 75 έως 110,6 m. Στο ιστόγραμμα αυτό περιλαμβάνονται ποσοστά του R.Q.D. μόνο οι γεωτρήσεις Γ7 και Γ8 καθώς μόνο αυτές φτάνουν σε τέτοια βάθη. Το σύνολο των ποσοστών του R.Q.D. συγκεντρώνονται μεταξύ 50 και 100 % γεγονός που αποδεικνύει καλής ποιότητας βραχώμαζα. Το αθροιστικό ποσοστό που συγκεντρώνεται στα ποσοστά R.Q.D. μεταξύ 50 και 100 % είναι 66,6%.



Σχήμα 5: Ποσοστά R.Q.D. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 75-110,6 m.

Στο Σχήμα 6, παρουσιάζονται οι τιμές του R.Q.D. για κάθε γεώτρηση σε σχέση με το βάθος. Παρατηρείται μια αυξητική τάση των τιμών σε σχέση με το βάθος στο σύνολο των γεωτρήσεων, εξαιρουμένης της Γ3 όπου παρατηρείται μείωση των τιμών για κάποιο διάστημα. Συνολικά το R.Q.D. κυμαίνεται γύρω από το 50 %.

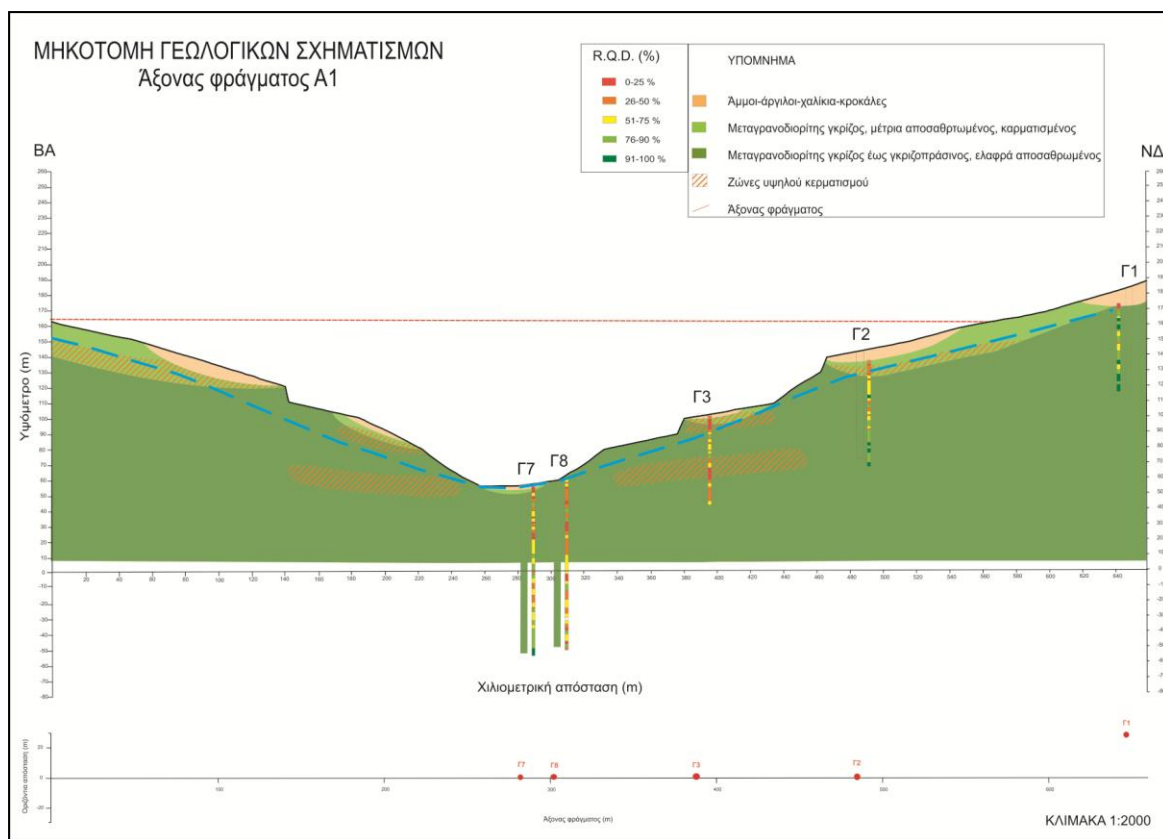




Σχήμα 6: Συνολική εικόνα του R.Q.D. σε σχέση με το βάθος.

Τιμές R.Q.D. κατά μήκος του Άξονα Α1

Στο Σχήμα 7, παρουσιάζονται οι τιμές του R.Q.D. σε μηκοτομή στον άξονα του φράγματος. Ο συντελεστής R.Q.D. δίνει τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης του βαθμού ρηγμάτωσης της βραχώμαζας. Οπότε η εικόνα του προφίλ δίνει μια γενική εικόνα της κατάστασης της βραχώμαζας (ρηγμάτωση) που επικρατεί στην περιοχή.



Σχήμα 7: Μηκοτομή γεωλογικών σχηματισμών και προβολή των ποσοστών της ταξινόμηση R.Q.D.

Η ομαδοποίηση των ποσοστών του R.Q.D. έγινε σε πέντε ομάδες που την πρώτη περιλαμβάνει ποσοστά R.Q.D. από 0 έως 25 %, η δεύτερη από 26 έως 50 %, η τρίτη από 51 έως 75 %, η τέταρτη από 76 έως 90 % και η πέμπτη από 91 έως 100 %. Ανάλυση της βραχώμαζας με R.Q.D. πραγματοποιήθηκε σε όλες τις γεωτρήσεις που υπάρχουν στον άξονα του φράγματος.

Εξετάζοντας τις τιμές του R.Q.D. στο σύνολο της μηκοτομής διαπιστώνεται αρχικά μια συχνή εναλλαγή των ποσοστών και εύρος των τιμών αυτών. Σε γενική εικόνα όμως ακολουθείται μια λογική διακύμανση η οποία φέρνει τα μικρότερα ποσοστά του R.Q.D. σε μικρά βάθη και τα μεγαλύτερα ποσοστά σε μεγαλύτερα βάθη. Η διαβάθμιση αυτή έρχεται σε αντιστοιχία με την αλλαγή και πρόοδο των γεωλογικών σχηματισμών. Στην επιφάνεια του εδάφους και κοντά σε αυτήν τα συστήματα των διακλάσεων είναι εντονότερα και πυκνότερα, ενώ σε μεγαλύτερα βάθη, η εμμονή αυτών είναι μικρότερη.

Στη Γ1, σε μικρά βάθη (μέχρι τα 7,7 m), το ποσοστό του R.Q.D. λαμβάνει χαμηλές τιμές 0-25 και 26-50, ενώ όσο εισερχόμαστε σε βάθος παρουσιάζονται μεγαλύτερες τιμές. Από τα 7,7 m μέχρι τα 21,2 m τα ποσοστά είναι αυξημένα της

τάξης του 76-90 και 91-100 %. Έπειτα ακολουθεί μια περιοχή όπου παρατηρείται πτώση της ποιότητας της βραχώμαζας. Σε βάθος από 21,2 m έως 33,5 m τα ποσοστά του R.Q.D. κυμαίνονται από 26-50 % και 51-75 %. Τέλος, από τα 33,5 m βάθος και μέχρι το τέλος της γεώτρησης (60 m), το ποσοστό του R.Q.D. είναι αισθητά αυξημένο με τιμές 76-90 % και 91-100 %.

Στη γεώτρηση Γ2, το R.Q.D. παρατηρείται χαμηλό στα πρώτα μέτρα της, 3 έως 11 m, ενώ μετά παρατηρείται αύξηση σε μία μέση τιμή 51-75 % έως τα 25,3 m και σε 91-100 % στα 26,8 m. Έπειτα, σημειώνεται πτώση του ποσοστού σε μέσες τιμές και χαμηλές τιμές 51-75 % και 26-50 % αντίστοιχα, μέχρι το βάθος των 41,9 m. Στα υπόλοιπα 30 m, μέχρι το τέλος της γεώτρησης σε βάθος 71,1 m, τα ποσοστά έχουν υψηλές τιμές 79-90 % και 91-100 %, με την παρεμβολή μιας μικρής ζώνης 0,9 m (46,5-47,4 m) όπου παρατηρείται πολύ μικρό ποσοστό R.Q.D. στα 26-50 %.

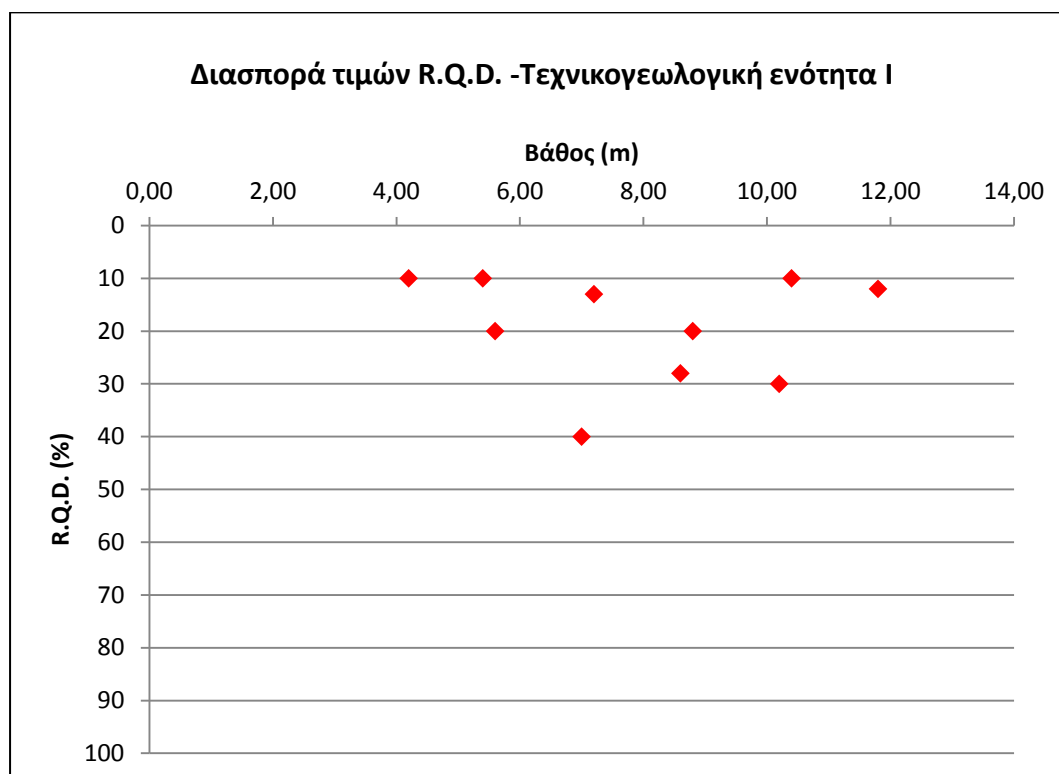
Στη Γ3, μέχρι τα 12,7 m, το ποσοστό του R.Q.D. είναι πολύ χαμηλό από 0 έως 25 % και 26 έως 50 %, ενώ μετά παρατηρείται αύξηση του ποσοστού σε μέσες τιμές έως τα 29,5 m με τιμές από 51 % έως 90 % και κάποιες ζώνες με χαμηλό R.Q.D. με ποσοστό 26-50 %. Έπειτα, και ως το τέλος της γεώτρησης, οι τιμές είναι μέτριες έως 75 % σε κάποια σημεία ενώ παρατηρήθηκαν και περιοχές (35,5-43,1 m) όπου είναι πολύ χαμηλό 0-25 %.

Στη Γ8, στο σύνολο της γεώτρησης, παρατηρούνται χαμηλές τιμές. Από την αρχή της έως και τα 33,5 m υπάρχει μια συνεχής εναλλαγή μεγάλων, μέτριων και χαμηλών R.Q.D.. Οι τιμές που λαμβάνει είναι 0 έως 90 με εναλλαγές σε πολύ μικρές αποστάσεις. Έπειτα σταθεροποιείται σε μια μέση τιμή 26-50 % και 51-75 % μέχρι τα 98,1 m. Παρεμβάλλονται δύο ζώνες χαμηλού R.Q.D. 0-25 % σε βάθος 61,8-66,3 m και 96,6-98,1 m. Τέλος και ως τα 110,1 m που τελειώνει η γεώτρηση το ποσοστό είναι 51-75 % και 76-90 %.

Στη Γ7, στα πρώτα 8,9 m σημειώνονται χαμηλές τιμές R.Q.D. 0-25 %. Έπειτα, μέχρι τα 35,7 m παρατηρούνται μέσες τιμές 26-50 % και 51-75 % με κάποιες εναλλαγές με μικρές τιμές 0-25 %. Έπειτα και μέχρι τα 110,6 m το R.Q.D. σταθεροποιείται σε μέσες έως υψηλές τιμές 51-75 %, 76-90 % και 91-100%.

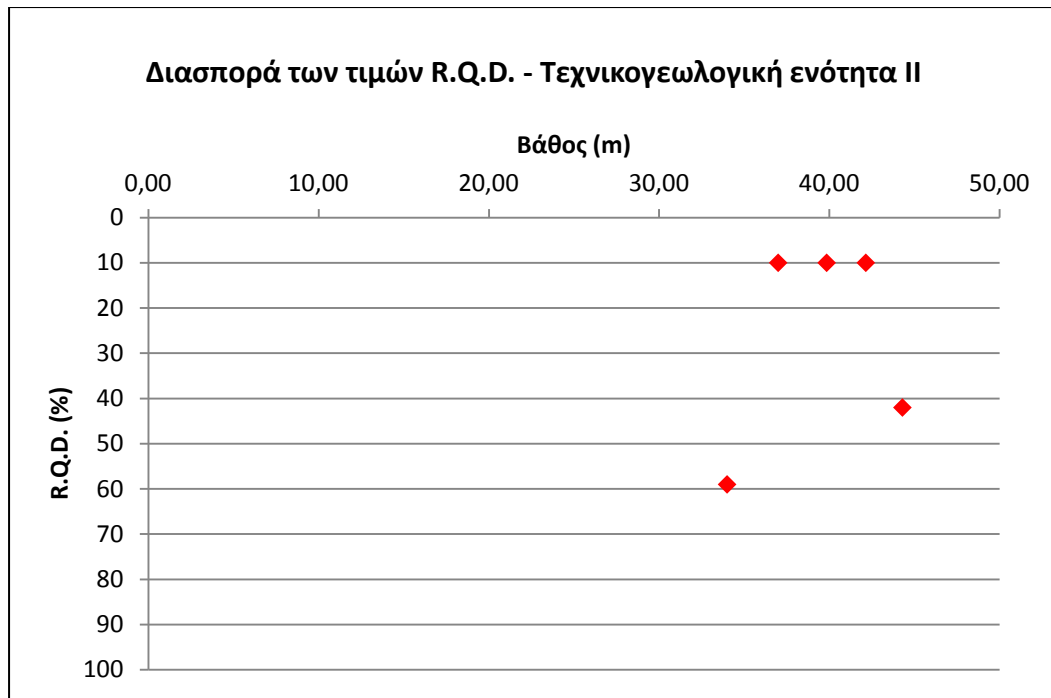
Τιμές R.Q.D. ανά τεχνικογεωλογική ενότητα

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα I, όπως φαίνεται και από τη διασπορά των τιμών στο Σχήμα 8, οι τιμές του R.Q.D. κυμαίνονται από 10 έως 40 % με το μέσο όρο των τιμών να τοποθετείται στο 19 %.



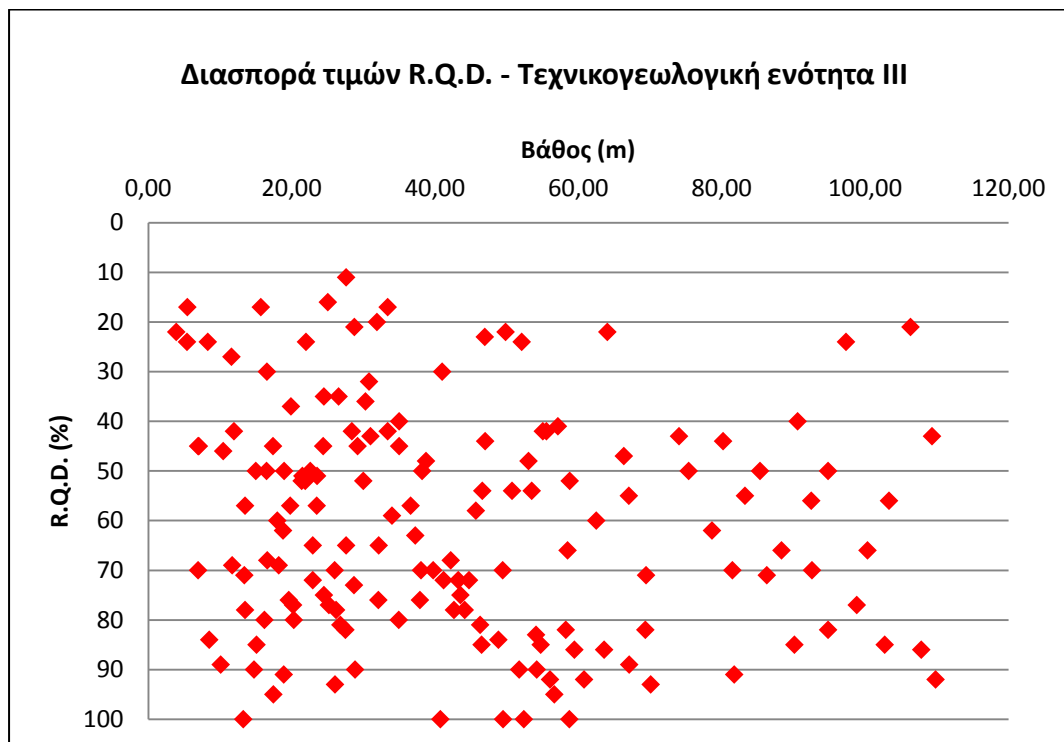
Σχήμα 8: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα I.

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα II, οι τιμές του R.Q.D. της οποίας παρουσιάζονται σε διασπορά στο Σχήμα 9, η διακύμανση των τιμών τοποθετείται στο 10 έως 59 % και ο αντίστοιχος μέσος όρος των τιμών της τεχνικογεωλογικής ενότητας II στο 26 %.

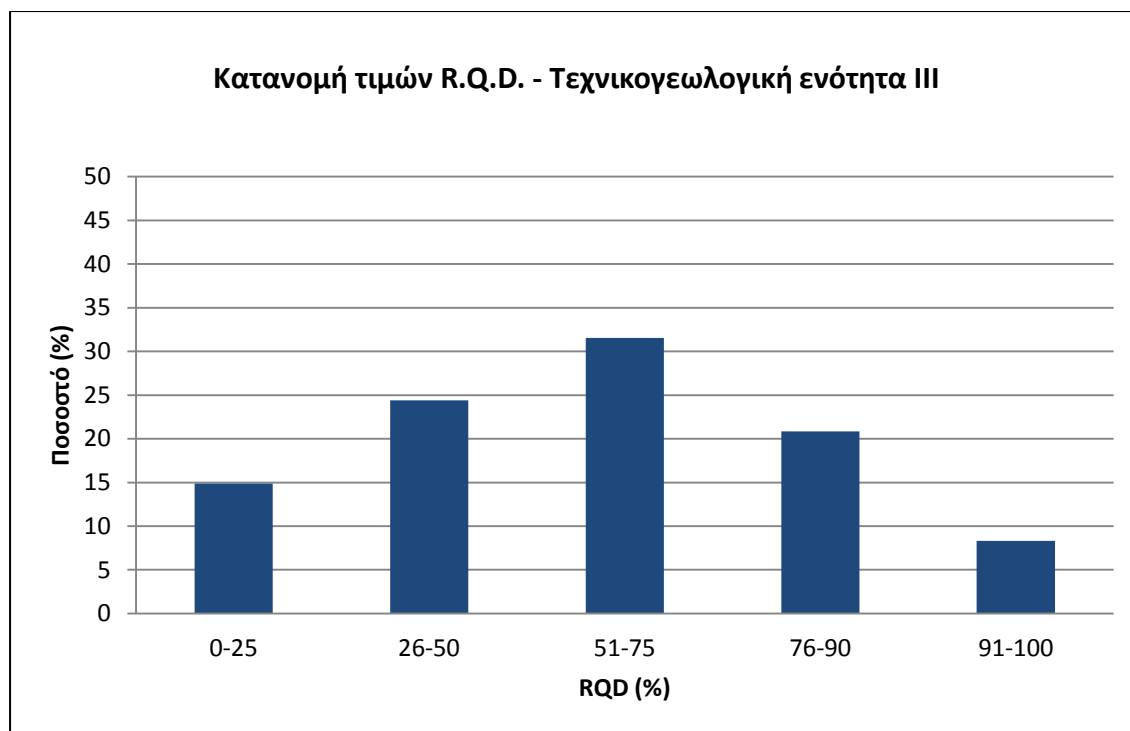


Σχήμα 9: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα II.

Η τεχνικογεωλογική ενότητα III, που περιλαμβάνει μεταγρανодиορίτη ελαφρά αποσαθρωμένο, έχει τιμές R.Q.D. που κυμαίνονται από 17 % σε μικρά βάθη έως και 100 %. Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 10, η διασπορά των τιμών σε σχέση με το βάθος, δίνει τιμές συγκλίνουν στον μέσο όρο 65 %.



Σχήμα 10: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα III.



Σχήμα 11: Ποσοστά ταξινόμησης R.Q.D. στην τεχνικογεωλογική ενότητα III.

Στο Σχήμα 11 παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο ποσοστό τιμών (31,54 %) συγκεντρώνεται στο ποσοστό R.Q.D. 51 έως 75 % ενώ το 60 % λαμβάνουν ποσοστά μεγαλύτερα του 51 %. Ποσοστό μικρότερο του 50 % λαμβάνουν τιμές με ποσοστό 39 %. Στην περίπτωση αυτή δεν μπορούμε ξεκάθαρα να ορίσουμε ακραίες τιμές καθώς όλες καταλαμβάνουν ένα αξιοσέβαστο ποσοστό. Ωστόσο, σχετικά χαμηλό ποσοστό λαμβάνει η τιμή 91 έως 100 με 8,33 % και αυτή θα θεωρήσουμε ακραία τιμή.

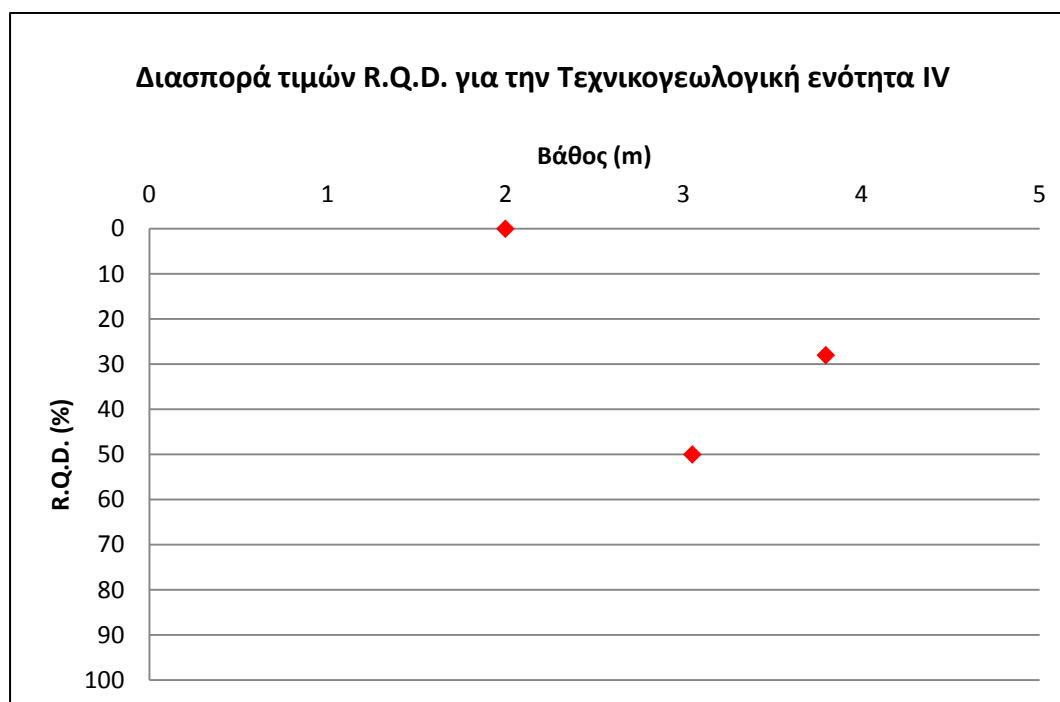
Πίνακας 5: Δεδομένα κατανομής τιμών της ταξινόμησης R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα III.

Ομάδες	%
0-25	14,88
26-50	24,4
51-75	31,54
76-90	20,83
91-100	8,33
	99,98

Στον Πίνακα 5 αποτυπώνονται τα δεδομένα των τιμών του R.Q.D. Παραπάνω ορίσαμε ως ακραία τιμή, η οποία θα εξαιρεθεί, το ποσοστό του 8,33 % που

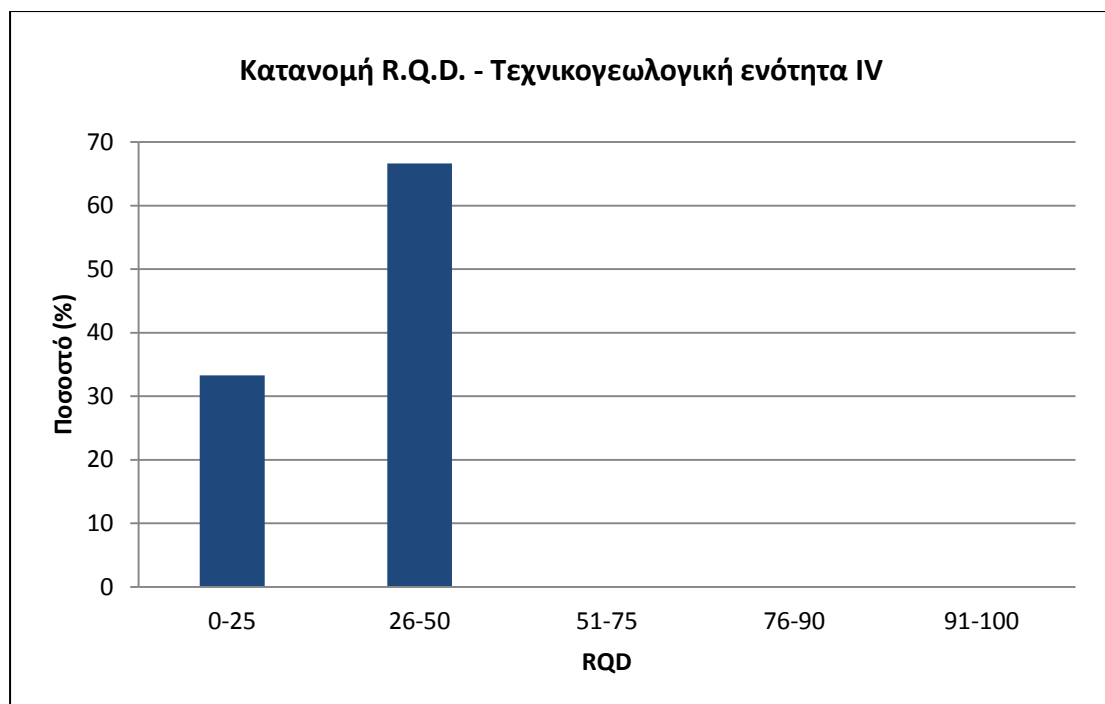
περιλαμβάνεται μεταξύ των τιμών 91-100 %. Ο μέσος όρος υπολογίζεται στο 55,22 % ($=\lceil 8505:(168-14)\rceil$). Από τις δύο αυτές επεξεργασίες καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως για την τεχνικογεωλογική ενότητα III, η τιμή του R.Q.D. προσδιορίζεται στα 60 %.

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα IV, όπως φαίνεται και από τη διασπορά των τιμών στο Σχήμα 12, οι τιμές κυμαίνονται από 0 έως 50 % και ο μέσος όρος των τιμών τοποθετείται στο 26 %.



Σχήμα 12: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα IV.

Στο Σχήμα 13, αποτυπώνει το πλήθος των τιμών του R.Q.D. που προσδιορίστηκαν σε ποσοστά επί τις εκατό ανά τιμή. Με τον τρόπο αυτόν σχηματίζεται κατανομή του Σχήματος 13. Στην περίπτωση αυτή τα ποσοστά κατανέμονται μεταξύ των τιμών R.Q.D. 0-25 και 26-50 %, ενώ σε μεγαλύτερες τιμές δεν υπάρχουν καταγραφές. Συγκεκριμένα ποσοστό 33,3 % τοποθετείται μεταξύ των τιμών 0-25 %, ενώ ποσοστό 66,6 % αντιστοιχεί σε ποσοστό του R.Q.D. 26-50 %. Ο μέσος όρος των τιμών της κατανομής των τιμών του R.Q.D. υπολογίστηκε είναι 26 % ($=78:3$). Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί καταγράφονται τα ποσοστά ανά ομαδοποιημένη τάξη.



Σχήμα 13: Ποσοστά ταξινόμησης R.Q.D. στην τεχνικογεωλογική ενότητα III.

Πίνακας 6: Δεδομένα κατανομής τιμών της ταξινόμησης R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα IV.

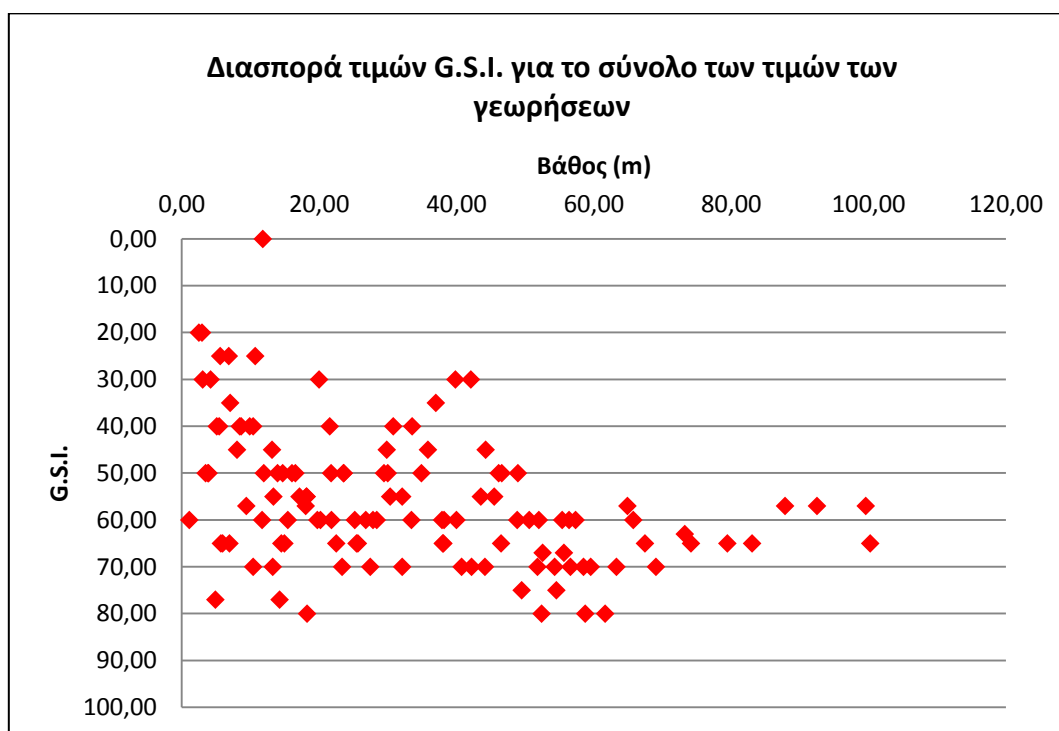
R.Q.D.	Τιμή	%
0	0-25	33,3
28	26-50	66,6
50	51-75	0
	76-90	0
	91-100	0
78		99,9

3.4 Ταξινόμηση κατά G.S.I.

Η κατάταξη των γεωυλικών αποτελεί μια διαδικασία που αφ' ενός βοηθά στην κατανόηση της ποιότητας σε επιφανειακό επίπεδο, αλλά αφ' ετέρου δίνει μια πρώτη εικόνα της κατάστασης και της εξέλιξης της βραχώμαζας σε μεγαλύτερα βάθη. Στο σημείο αυτό παρατίθεται η κατάταξη των γεωυλικών και των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή του φράγματος αλλά και στον Άξονα Α1, βάση του πίνακα κατάταξης G.S.I. των Marinos & Hoek (2000).

Ταξινόμηση G.S.I. στις ερευνητικές γεωτρήσεις

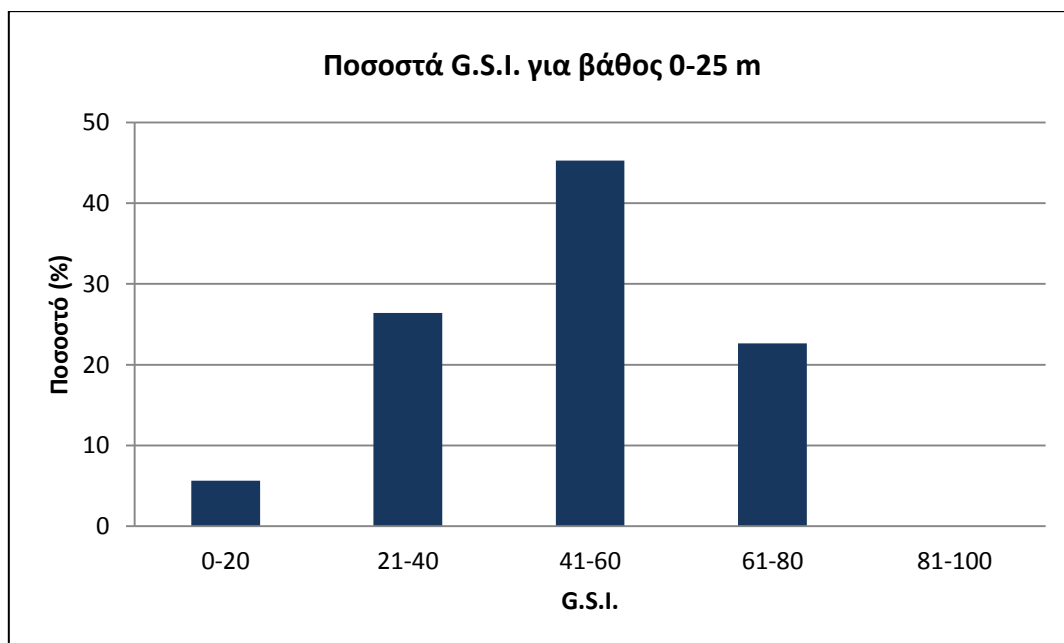
Το Σχήμα 14, παρουσιάζει τη διασπορά των τιμών του G.S.I. που προήλθαν από την επεξεργασία των στοιχείων των γεωτρήσεων και από επί τόπου έρευνα. Η διασπορά φανερώνει μεγάλο εύρος τιμών στο σύνολο των μετρήσεων.



Σχήμα 24: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του G.S.I. για το σύνολο των γεωτρήσεων.

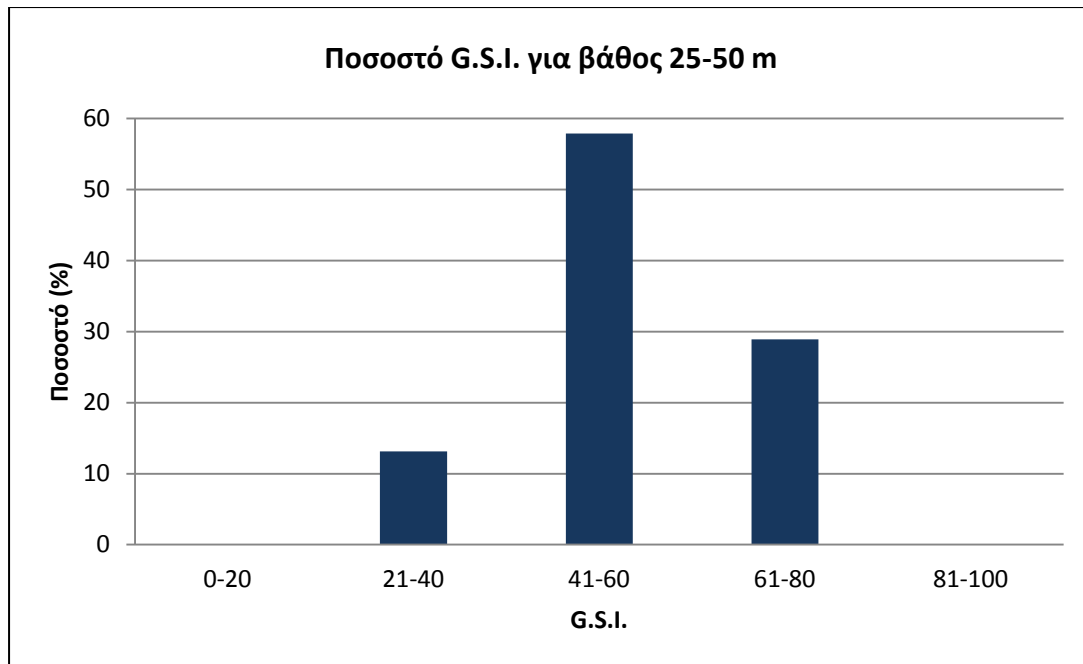
Οι τιμές του G.S.I. σε μικρά βάθη δεν είναι μεγάλες, καθώς η ποιότητα της βραχώμαζας σε τέτοια βάθη δεν είναι καλή. Στο Σχήμα 14, η πλειοψηφία των τιμών συγκεντρώνεται στις τιμές του G.S.I. 21 έως 60, σημειώνοντας επίσης σχετικά υψηλό ποσοστό στις τιμές 61 έως 80. Αντίστοιχα με το R.Q.D., σε βάθη 0 έως 25 m συναντάμε τον αποσαθρωμένο μεταγρανодиορίτη. Επίσης κοντά στην επιφάνεια είναι

έντονα τα φαινόμενα της αποσάθρωσης, της διάβρωσης και η ύπαρξη έντονων διακλάσεων που συμβάλουν στις χαμηλότερες τιμές G.S.I..

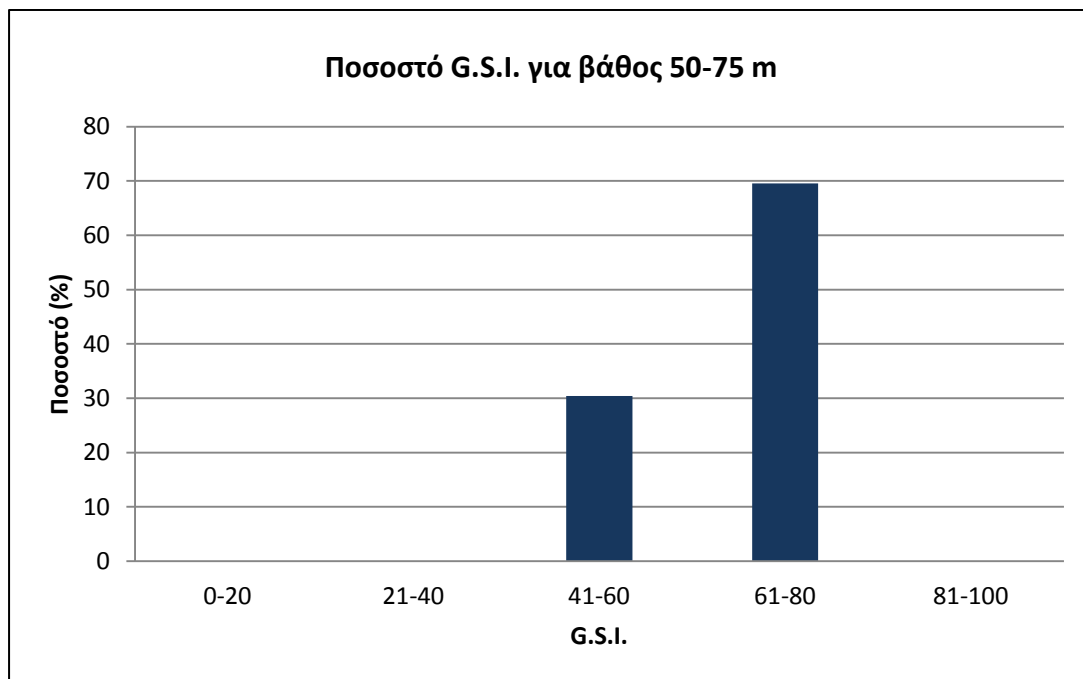


Σχήμα 15: Ποσοστά G.S.I. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 0-25 m.

Στο Σχήμα 15, παρατηρούμε ότι, όπως και για το βάθος 0-25 m έτσι και για το βάθος 25-50 m στο Σχήμα 16, το σύνολο των τιμών του G.S.I. συγκεντρώνεται στις τιμές μεταξύ 41 έως 60 με σαφές μεγάλο ποσοστό. Σημειώνονται βέβαια και ποσοστά, λιγότερο σημαντικά, στις τιμές 61 έως 80 και 21 έως 40. Παρατηρούμε ότι η ύπαρξη χαμηλών τιμών (0-40) είναι μικρή καθώς βρισκόμαστε σε καλύτερης ποιότητας βραχώμαζα και συγκεκριμένα στον υγιή μεταγρανодиορίτη.



Σχήμα 16: Ποσοστά G.S.I. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 25-50 m.

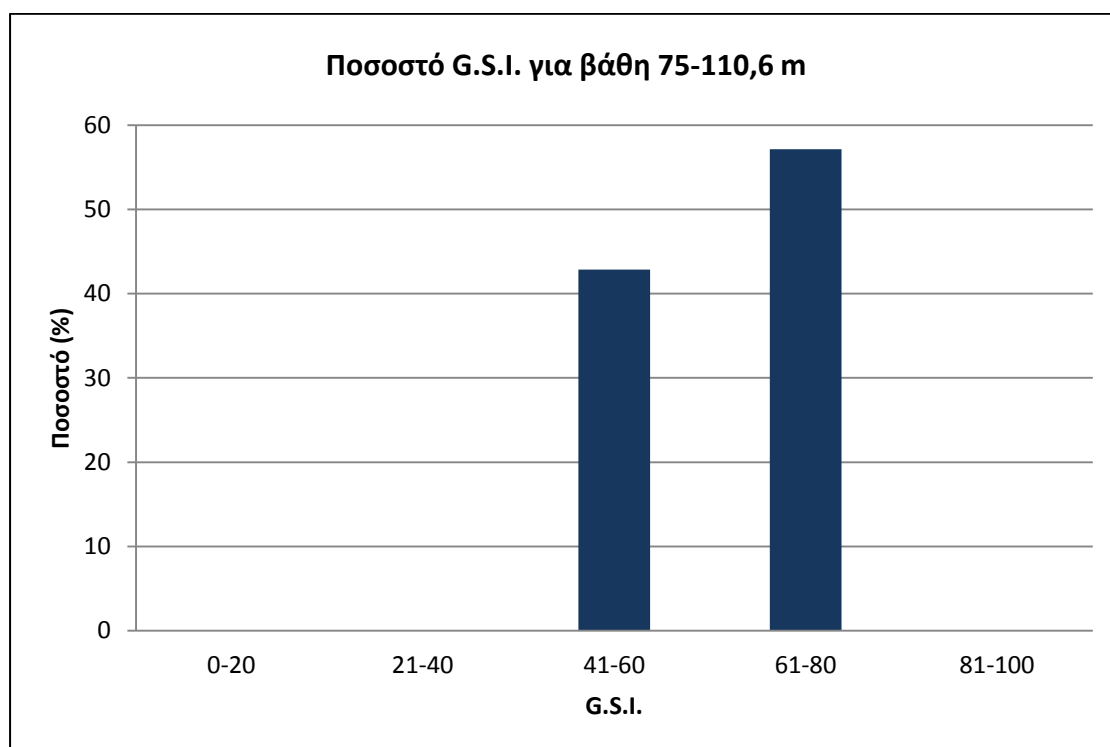


Σχήμα 17: Ποσοστό G.S.I. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 50-75 m.

Στο Σχήμα 17, αποτυπώνονται τα ποσοστά του G.S.I. των γεωτρήσεων για βάθος 50 έως 75 m. Είναι φανερό ότι η πλειοψηφία των τιμών συγκεντρώνεται στις τιμές 61-80. Η τιμή αυτή είναι αρκετά υψηλή και φανερώνει καλής ποιότητας

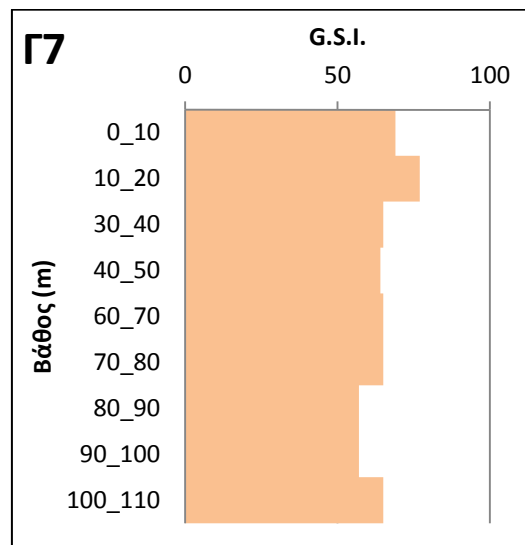
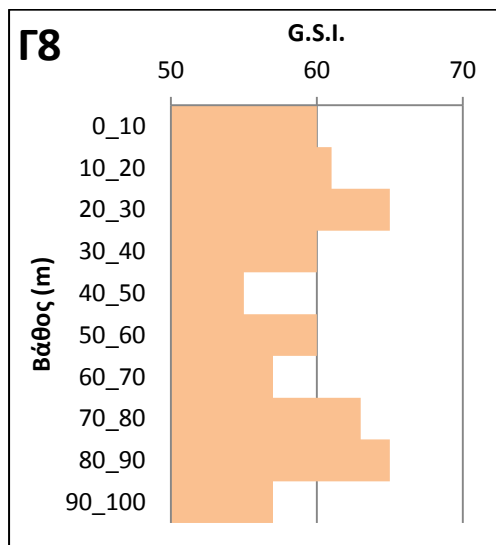
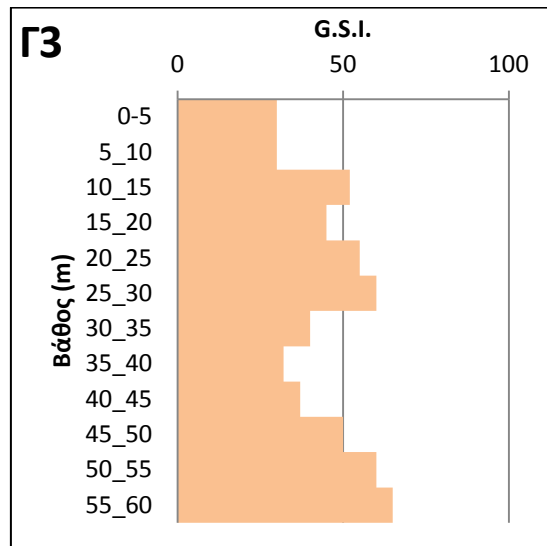
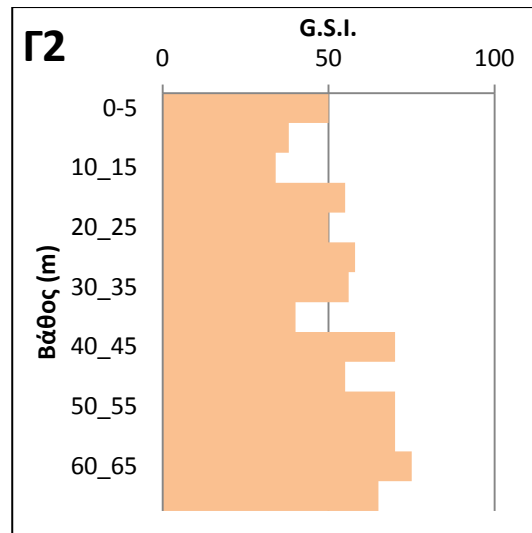
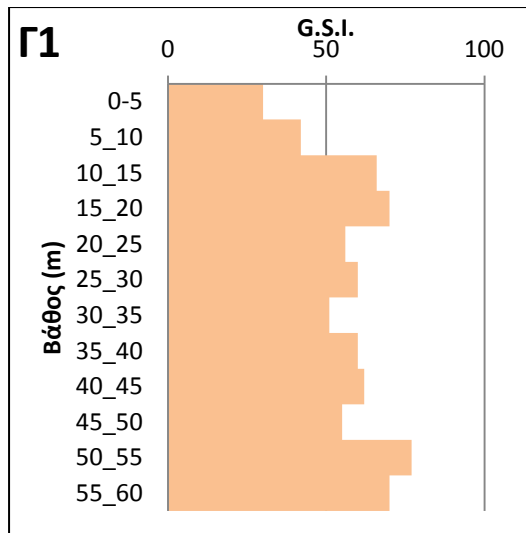
βραχώμαζα με περιορισμένες διακλάσεις και ρηγματώσεις. Στο σημείο αυτό βρισκόμαστε εξ' ολοκλήρου στον υγρή μεταγρανодиορίτη. Σημειώνεται επίσης ποσοστό της τάξης του 30,43 % που αντιπροσωπεύει τιμές G.S.I. 41 έως 60.

Σε βάθη 75 έως 110,6 m, τα δεδομένα συγκεντρώνονται γύρω από τις τιμές 41 έως 80 τιμές αρκετά υψηλές που φανερώνουν καλής ποιότητας βραχώμαζα. Μεταξύ των τιμών του G.S.I. 41-60 το ποσοστό είναι 42,8 % και αντίστοιχα το ποσοστό μεταξύ των 61-80 είναι 57,1 %. Αν και σημειώνεται αυτή η διαφορά, η βραχώμαζα συνεχίζει να είναι καλής ποιότητας με λίγα συστήματα διακλάσεων και ρηγματώσεων. Σημειώνεται επίσης ότι όσον αφορά τα βάθη 75 έως 110,6 m, τα σχήματα αφορούν μόνο τις γεωτρήσεις Γ7 και Γ8 καθώς μονάχα αυτές οι δύο φτάνουν σε τέτοιο βάθος.



Σχήμα 18: Ποσοστά G.S.I. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 75-110,6 m.

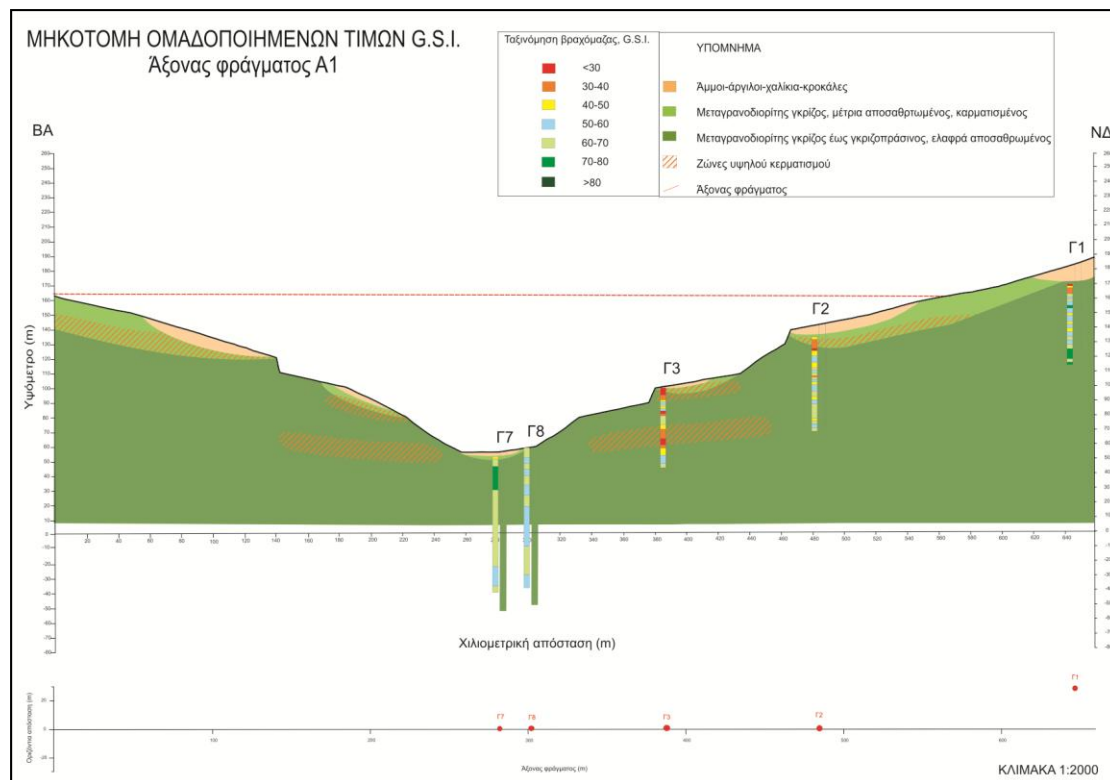
Η συνολική εικόνα που παρουσιάζει το G.S.I. στις γεωτρήσεις, παρουσιάζεται στο Σχήμα 19. Έτσι όπως αποτυπώνεται στα διαγράμματα οι τιμές που λαμβάνει είναι κοντά στο 50 και έχουν ανοδική τάση σε σχέση με το βάθος.



Σχήμα 19: Συνολική εικόνα G.S.I. σε σχέση με το βάθος.

Τιμές G.S.I. κατά μήκος του Άξονα Α1

Στο Σχήμα 20, αποτυπώνονται οι τιμές του G.S.I. έτσι όπως προσδιορίστηκαν από τις ερευνητικές γεωτρήσεις.



Σχήμα 20: Μηκοτομή γεωλογικών σχηματισμών και προβολή των ποσοστών της ταξινόμησης G.S.I.

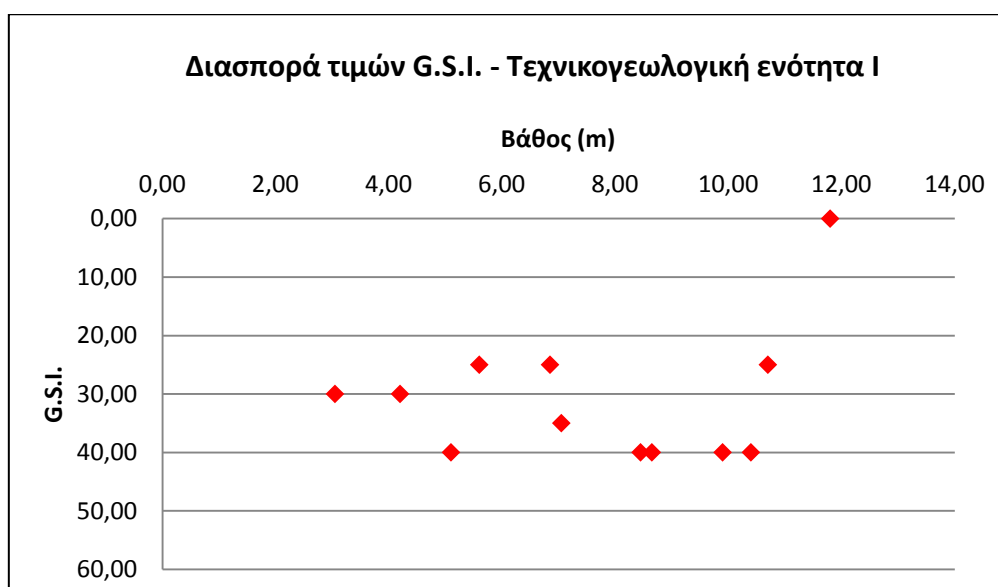
Η συνολική εικόνα που παρουσιάζει η κατανομή των τιμών της ταξινόμησης της βραχώμαζας κατά G.S.I. ακολουθεί μια ομαλή ροή σε όλο το μήκος του άξονα του φράγματος δηλαδή η κατανομή των τιμών ακολουθεί την ποιότητα των σχηματισμών. Στα πρώτα μέτρα που εντοπίζεται ο αποσθρωμμένος μεταγρανодиορίτης (2,5 m) οι τιμές που λαμβάνει είναι χαμηλές, από 20 έως 40. Καθώς μεταβαίνουμε στον κυρίως αποσθρωμμένο μεταγρανодиορίτη (έως 15 m) η τιμή του G.S.I. αυξάνεται και λαμβάνει τιμές της τάξης του 40-60. Τέλος, κατά τη μετάβαση στον υγιή μεταγρανодиορίτη σε βάθος μεγαλύτερο, οι τιμές του G.S.I. αυξάνονται και η ποιότητα της βραχώμαζας είναι δικαίως καλύτερη. Οι τιμές που λαμβάνει είναι της τάξης του 60 έως 90.

Στη Γ1, το G.S.I. είναι χαμηλό 30-40 έως τα 9,9 m, έπειτα οι τιμές αυξάνονται (40, 50, 60) σε βάθος 39,4 m και μετά έως και το τέλος της γεώτρησης στα 60 m το G.S.I. παίρνει τιμές 60 έως 80. Στη Γ2, στα πρώτα μέτρα έως τα 16,9 m, το G.S.I.

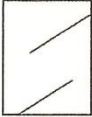





είναι 30-50 ενώ εντοπίζεται μια ζώνη 2,2 m, στα 10,4-12,6 m, όπου η τιμή είναι μικρότερη των 30. Έπειτα μέχρι τα 31,6 m το G.S.I. παίρνει τιμές από 40-60 και τέλος μέχρι τα 71,1 m παίρνει τιμές από 60 έως 80. Στη Γ3, από την επιφάνεια έως τα 11,2 m το G.S.I. είναι μικρότερο του 30, ή έως 40, έπειτα έως τα 19,1 m προσδιορίστηκε στο 40-60 ενώ ακολουθεί μια ζώνη 1,3 m όπου το G.S.I. είναι αρκετά χαμηλό κοντά στο 30. Από τα 22,2 m έως τα 31,6 το G.S.I. είναι 40-70. Επίσης μέχρι τα 45,5 m η ποιότητα της βραχώμαζας είναι πολύ χαμηλή και κυμαίνεται από λιγότερο του 30 έως 40, ενώ βαθύτερα της ζώνης αυτής και μέχρι το τέλος της γεώτρησης το G.S.I. αυξάνεται και φτάνει το 70. Στη Γ8, το G.S.I., είναι υψηλό σε όλο το βάθος της γεώτρησης (έως τα 107,1 m) και παίρνει τιμές από 50 έως 70. Στη γεώτρηση Γ7 το G.S.I. είναι αντίστοιχο με της Γ8. Σε όλο το βάθος της γεώτρησης (101,2 m) το G.S.I. είναι υψηλό στα 60-80.

Τιμές G.S.I. ανά τεχνικογεωλογική ενότητα

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα I, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 21, η τιμή του G.S.I. όπως βαθμονομείται στο γεωτεχνικό πίνακα, είναι 30. Η δομή της ενότητας αυτής θεωρείται διαταραγμένη έως πολύ τεμαχώδης. Αντίστοιχα η ποιότητα των επιφανειών των ασυνεχειών είναι λείες, αποσαθρωμένες που σε πολλές περιπτώσεις είναι πληρωμένες με υλικό αποσάθρωσης. Από τη διασπορά του Σχήματος 21, φαίνεται πως οι τιμές συγκεντρώνονται κοντά στην τιμή 30.



Σχήμα 21: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα I.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (E. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ				
<p>Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώδους εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις καμπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI =35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γειτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθεις που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες όταν οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες (όπως διατμημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώδους. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.</p>		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →				
		ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΤΩΧΗ	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ
ΔΟΜΗ		Πολύ τραχιές, υγείες, μη αποσπασθαιμένες επιφάνειες	Τραχιές, ελαφρά αποσπασθαιμένες και οξειδωμένες επιφάνειες	Λείες, μετρίου αποσπασθαιμένες και εδαλλοιωμένες επιφάνειες	Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντή επιφλοιάματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα	Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθαιμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης ή επιφλοιάωσης
	ΑΡΡΗΚΤΗ Αρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90			N/A	N/A
	ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιατάρακτη βραχώδης με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80	70			
	ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώδης με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών		60			
	ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας			50		
	ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώδης με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων			40		
	ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχώδης. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)			30		
				20		
						10
		N/A	N/A			

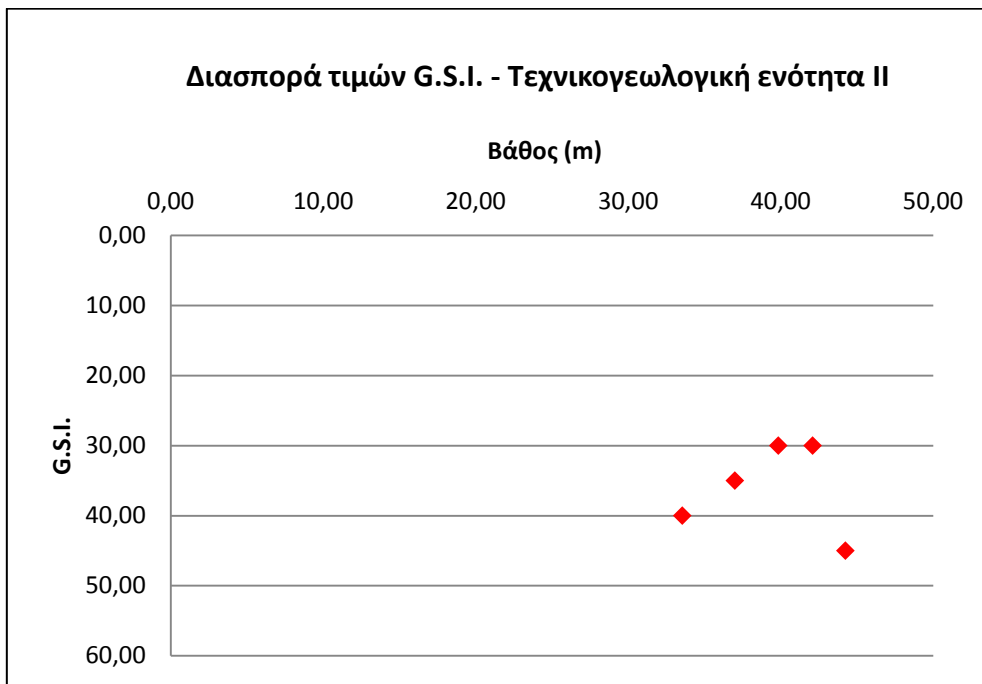
Σχήμα 22: Ταξινόμηση στον γεωτεχνικό πίνακα του G.S.I. για την τεχνικογεωλογική ενότητα I (Marinos & Hoek 2000).

Στο Σχήμα 22 φαίνεται η ταξινόμηση της τεχνικογεωλογικής ενότητας I στον πίνακα του G.S.I. Επίσης στο Σχήμα 23 παρουσιάζεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα της ποιότητας της βραχώδους για την συγκεκριμένη ενότητα.



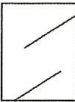





Σχήμα 23: Δείγμα της ποιότητας της βραχώμαζας για την τεχνικογεωλογική ενότητα I.

Στο Σχήμα 24, σημειώνεται η διασπορά των τιμών του G.S.I. της τεχνικογεωλογικής ενότητας II. Το διάγραμμα αυτό αν και περιλαμβάνει λίγες μετρήσεις, παρουσιάζει μια συγκέντρωση των τιμών της ταξινόμησης G.S.I. σε τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 30 και 40.



Σχήμα 24: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα II.

Στο Σχήμα 25, παρουσιάζεται η ακριβής ταξινόμηση της τεχνικογεωλογικής ενότητας II, στο γεωτεχνικό πίνακα του G.S.I. Από την ταξινόμηση αυτή φαίνεται πως η δομή της ενότητας αυτής χαρακτηρίζεται Πολύ τεμαχώδης έως Διαταραγμένη και η ποιότητα των επιφανειών των ασυνεχειών Μέτριες έως Πτωχές. Στο Σχήμα 26 παρουσιάζεται μια αντιπροσωπευτική εικόνα της δομής της βραχώμαζας στη συγκεκριμένη τεχνικογεωλογική ενότητα.

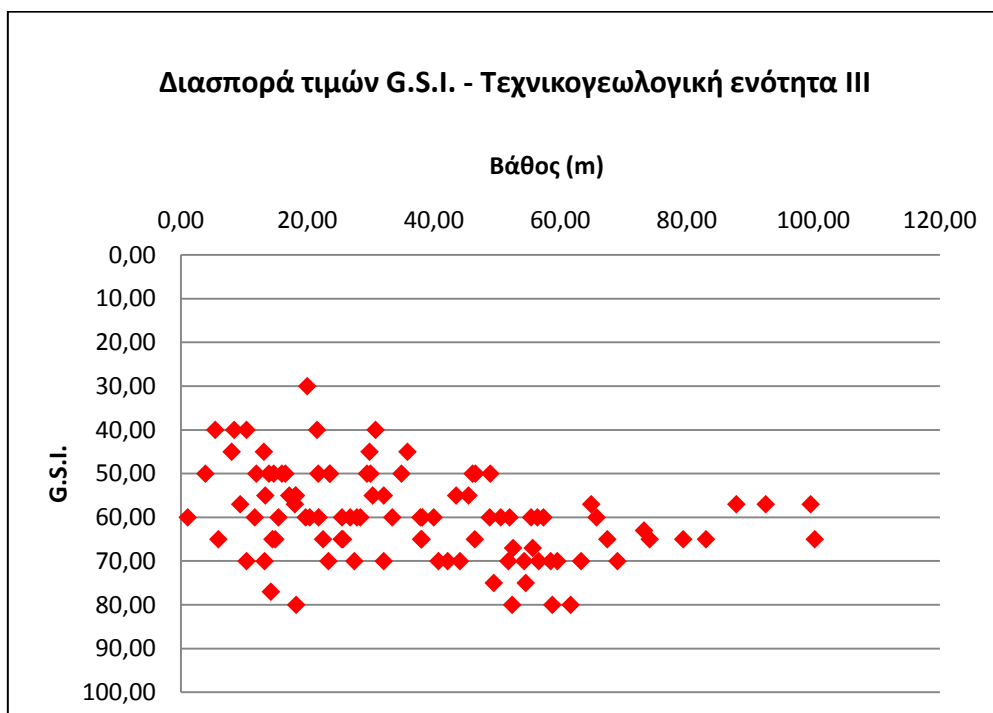
ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (E. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ				
Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώμαζας εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις καρπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI =35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γειτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες όταν οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες (όπως διατηρημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώμαζας. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.		ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΤΩΧΗ	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ
		Πολύ τραχιές, υγιείς, μη αποσπασθαισόμενες επιφάνειες	Τραχιές, ελαφρά αποσπασθαισόμενες και οξείδωσιμες επιφάνειες	Λείες, μετρίως αποσπασθαισόμενες και εραλλοιοιόμενες επιφάνειες	Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντική επιφλοιοιότητα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη βράσματα	Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθαισόμενες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης ή επιρροιάς
ΔΟΜΗ		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →				
	ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90			N/A	N/A
	ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιατάρακτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80	70			
	ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών		60	50		
	ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμόνη στρώσης ή σχιστότητας			40		
	ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώμαζα με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων				30	
	ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατηρημένη ασθενής βραχώμαζα. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)	N/A	N/A		20	10

Σχήμα 25: Ταξινόμηση στον γεωτεχνικό πίνακα του G.S.I. για την τεχνικογεωλογική ενότητα II (Marinos & Hoek 2000).

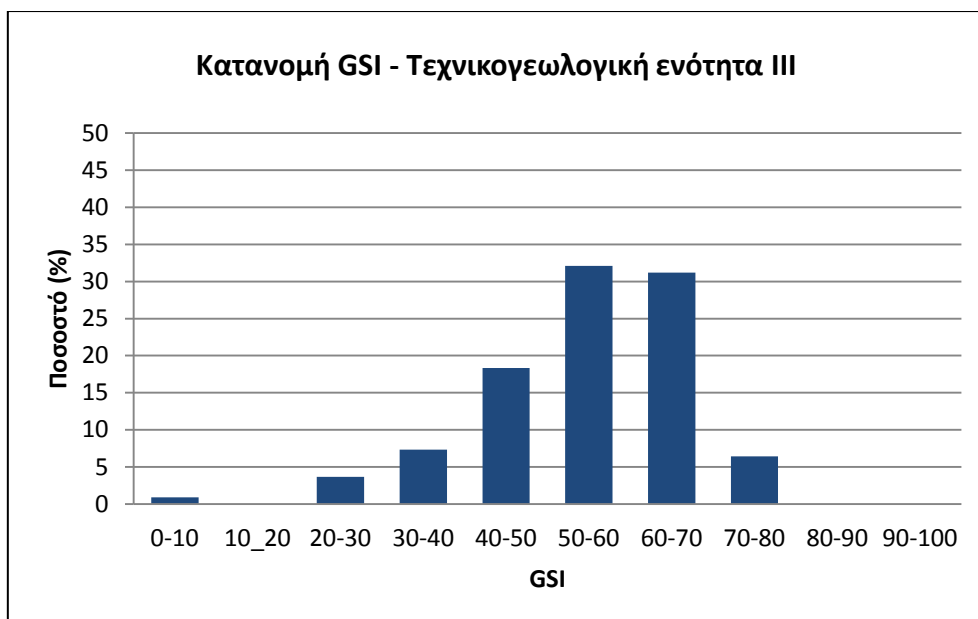


Σχήμα 26: Δείγμα της ποιότητας της βραχώμαζας για την τεχνικογεωλογική ενότητα II.

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα III, όπου αντιπροσωπεύει το υγιέστερο τμήμα της βραχώμαζας που συναντάμε στην περιοχή, φαίνεται και από τη διασπορά των τιμών, Σχήμα 27, πως απαντάμε καλύτερης ποιότητας βραχώμαζα σε σχέση με τις τεχνικογεωλογικές ενότητες I και II.



Σχήμα 27: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.Q.D. για την τεχνικογεωλογική ενότητα III.



Σχήμα 28: Ποσοστά τιμών της ταξινόμησης G.S.I. για την τεχνικογεωλογική ενότητα III.

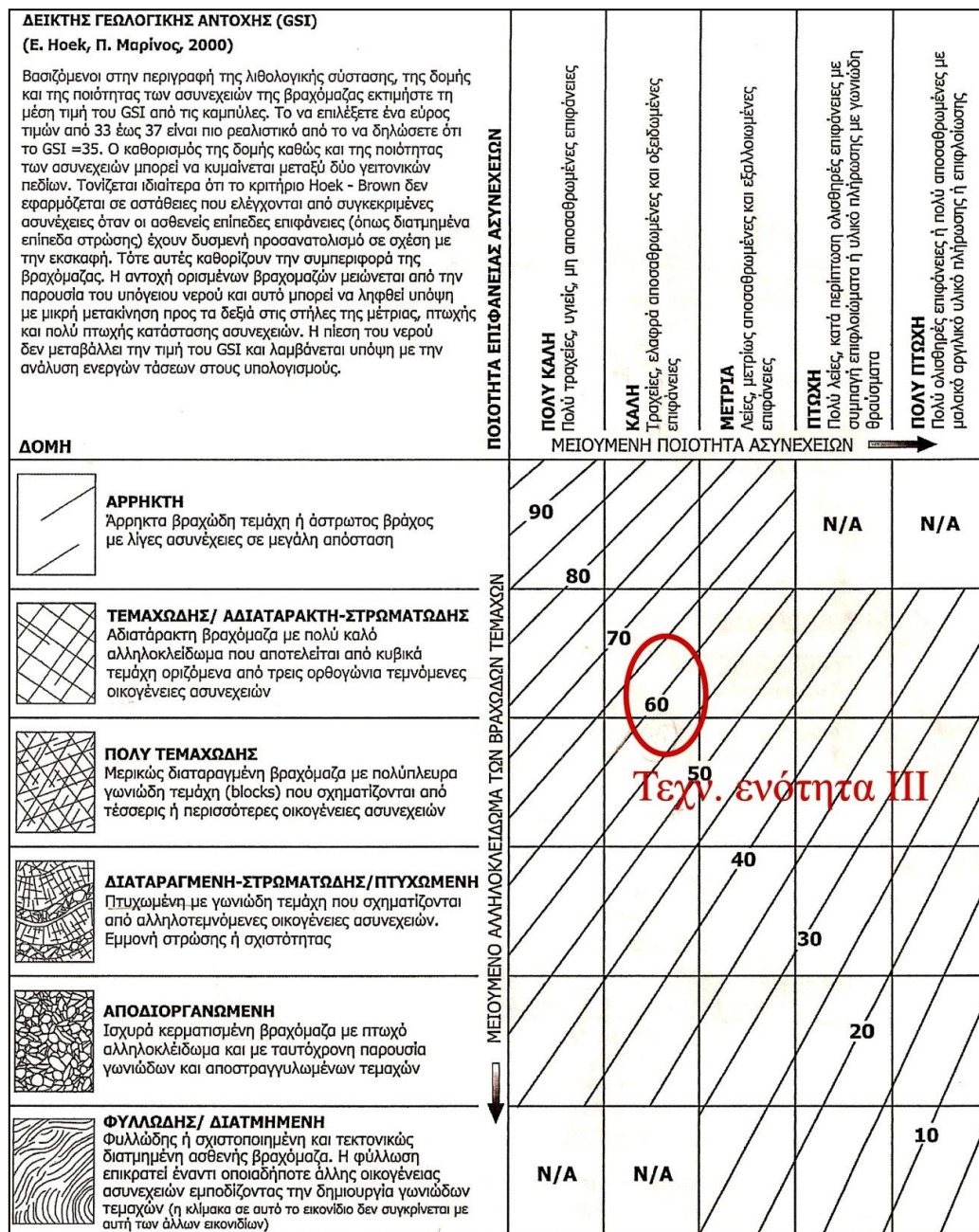
Στο Σχήμα 28, αποτυπώνεται η κατανομή των ποσοστών των τιμών του G.S.I. Γίνεται φανερό ότι το μεγαλύτερο πλήθος των τιμών (63,2%) συγκεντρώνεται κοντά στις τιμές 50 έως και 60 ενώ ένα μικρότερο ποσοστό (18,3%) τοποθετείται στις τιμές 40 έως 50. Παρατηρούμε επίσης, την ύπαρξη μικρών ποσοστών πλήθους τιμών που αντιστοιχούν σε τιμές G.S.I. 0 έως 40 και 70 έως 80. Οι τιμές αυτές θεωρούνται ακραίες, αποτελούν μεμονωμένες περιοχές από όπου πάρθηκαν οι παρατηρήσεις και δεν επηρεάζουν τη συνολική εικόνα της κατάστασης της βραχώμαζας.

Πίνακας 7: Δεδομένα κατανομής τιμών G.S.I.

Ομάδες	%
0-10	0,91
10-20	0
20-30	3,66
30-40	7,339
40-50	18,34
50-60	32,11
60-70	31,19
70-80	6,42
80-90	0
90-100	0
	99,969

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα ποσοστά των ομαδοποιημένων τιμών του G.S.I. Ο μέσος όρος, χωρίς να υπολογίζονται οι ακραίες τιμές υπολογίζεται στο 60,7

(=5411:(109-20)). Η τιμή αυτή είναι αντιπροσωπευτική όλης της έκτασης που καταλαμβάνει η τεχνικογεωλογική ενότητα III.



Σχήμα 29: Ταξινόμηση στον γεωτεχνικό πίνακα του G.S.I. για την τεχνικογεωλογική ενότητα III (Marinos & Hoek 2000).

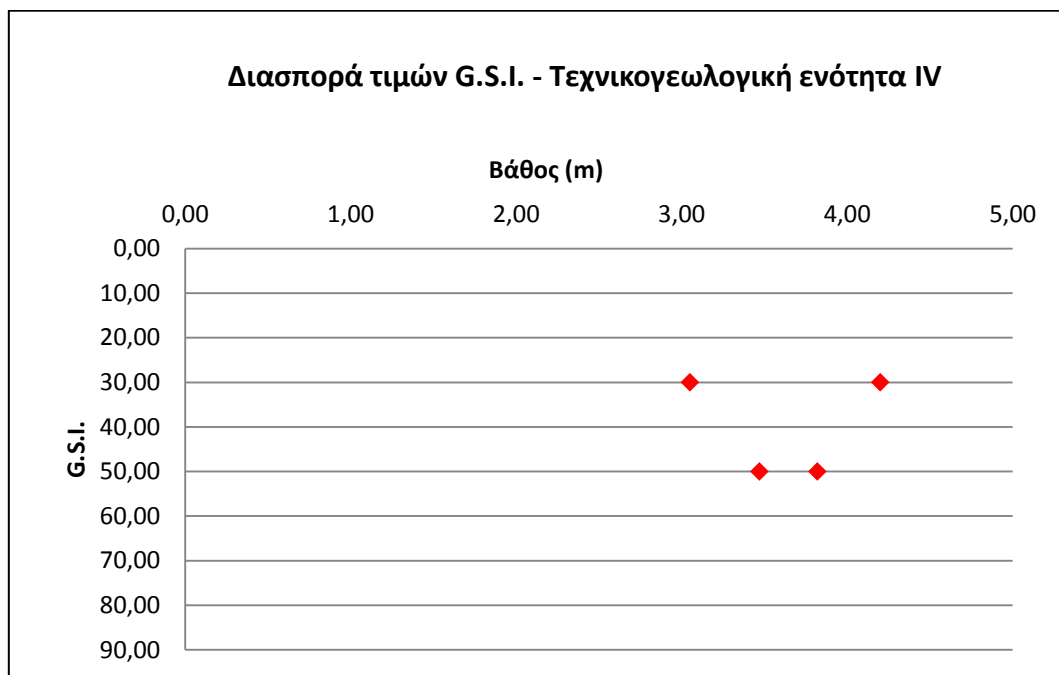
Η ταξινόμηση στον γεωτεχνικό πίνακα του G.S.I., όπως φαίνεται και στο Σχήμα 29, φανερώνει τη δομή της ενότητας Τεμαχώδης έως Πολύ τεμαχώδης και Καλή ποιότητα των επιφανειών των ασυνχειών. Στο Σχήμα 30 παρουσιάζεται ένα δείγμα από τις ερευνητικές γεωτρήσεις, αντιπροσωπευτικό της τεχνικογεωλογικής ενότητας III και της τιμής G.S.I. που της δόθηκε. Φαίνεται πως υπάρχουν περισσότερα από

τρία συστήματα ασυνεχειών και η ποιότητα των επιφανειών των ασυνεχειών είναι τραχεία αλλά καθαρή.

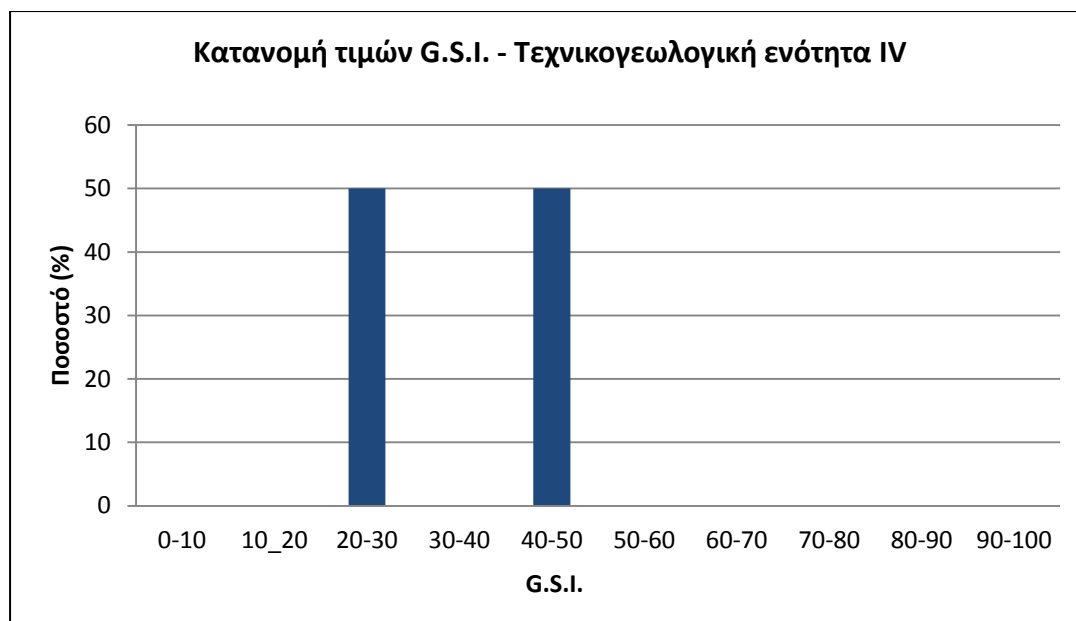


Σχήμα 30: Δείγμα της ποιότητας της βραχώμαζας για την τεχνικογεωλογική ενότητα III.

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα IV, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 31 και τη διασπορά των τιμών της ενότητας, οι τιμές συγκεντρώνονται σε τιμές 30 έως 50.



Σχήμα 31: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του G.S.I. για την τεχνικογεωλογική ενότητα I.









Σχήμα 32: Ποσοστά τιμών της ταξινόμησης G.S.I. για την τεχνικογεωλογική ενότητα IV.

Στο Σχήμα 32 αποτυπώνεται η κατανομή των τιμών σε ποσοστά ανά τιμή του G.S.I. Είναι εμφανές ότι το μεγαλύτερο πλήθος των τιμών συγκεντρώνεται μεταξύ των τιμών 20, 40 και 50. Ειδικότερα το 50 % των τιμών συγκεντρώνεται μεταξύ των τιμών 20-30 και το υπόλοιπο 50 % μεταξύ των τιμών 40-50.

Πίνακας 8: Δεδομένα κατανομής τιμών G.S.I.

G.S.I.	Τιμή	%
30,00	0-10	0
30,00	10_20	0
50,00	20-30	50
50,00	30-40	0
	40-50	50
	50-60	0
	60-70	0
	70-80	0
	80-90	0
	90-100	0

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (Ε. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ		
Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώμαζας εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις κομπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI =35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γειτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνεχείες όταν οι ασθενείς επιπέδες επιφάνειες (όπως διατηρημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώμαζας. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.		ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, υγρές, μη αποσπασθόμενες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσπασθόμενες και αεραωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσπασθόμενες και εραλοποιημένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντική επιρροή από υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθόμενες με μαλακό οργανικό υλικό πλήρωσης ή επιρροή
ΔΟΜΗ		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ		
	ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άσπρωτος βράχος με λίγες ασυνεχείες σε μεγάλη απόσταση	90			N/A	N/A
	ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιάτακτα βραχώδη τεμάχια με πολύ καλό αλληλοκλειδώμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80				
	ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών	70				
	ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμφανή στρώση ή σχιστότητα	60				
	ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώμαζα με πτωχό αλληλοκλειδώμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων	50				
	ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατηρημένη ασθενής βραχώμαζα. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)	40			30	
					20	
					10	
		N/A	N/A			

Σχήμα 33: Ταξινόμηση στον γεωτεχνικό πίνακα του G.S.I. για την τεχνικογεωλογική ενότητα IV (Marinos & Hoek 2000).

Είναι αναμενόμενο σε τέτοια βάθη οι τιμές να κυμαίνονται μεταξύ του 20 και 50 καθώς η βραχώμαζα έχει χαμηλής ποιότητας. Παρατηρούμε από τους υπολογισμένους μέσους όρους και τη διασπορά των τιμών, ότι το G.S.I. τοποθετείται στην τιμή 45 στο σύνολο των στοιχείων. Από το γεωτεχνικό πίνακα του G.S.I. όπως φαίνεται και στο Σχήμα 33, η ταξινόμηση της τεχνικογεωλογικής ενότητας βρίσκεται στο 45 με δομή «Πολύ τεμαχώδης» και «Μέτρια» ποιότητα των επιφανειών των ασυνεχειών. Στο Σχήμα 34 παρουσιάζεται μια αντιπροσωπευτική εικόνα της ποιότητας της βραχώμαζας στην ενότητα αυτή.









Σχήμα 34: Δείγμα της ποιότητας της βραχώμαζας για την τεχνικογεωλογική ενότητα III.

Τιμές G.S.I. από επιφανειακή παρατήρηση

Κατά την υπαίθρια έρευνα στην περιοχή κατασκευής του φράγματος, πραγματοποιήθηκαν βαθμονομήσεις κατά G.S.I.. Οι βαθμονομήσεις αυτές αφορούν εμφανίσεις των σχηματισμών στην επιφάνεια και περιλαμβάνουν μετρήσεις σε σημεία ανάντη του άξονα του φράγματος. Οι σχηματισμοί αφορούν γεωδύλικά που δεν εμφανίζονται στον άξονα Α1 αλλά υπάρχουν στο ευρύτερο περιβάλλον του.

➤ Κατώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (E. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ			
<p>Βασίζόμενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώδους εκτίμηστε τη μέση τιμή του GSI από τις καμπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γεωτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθεις που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες όταν οι ασθeneis επίπεδες επιφάνειες (όπως διατηρημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώδους. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πλειση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.</p>		ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΤΩΧΗ
		Πολύ τραχείες, υγείες, μη αποσπασθαιμένες επιφάνειες	Τραχείες, ελαφρά αποσπασθαιμένες και οξείδωμένες επιφάνειες	Λείες, μετρίως αποσπασθαιμένες και εραλλοιοιμένες επιφάνειες	Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντική επιφλοίαση ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα
ΔΟΜΗ		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →			
 <p>ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άσπρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση</p>	90			N/A	N/A
 <p>ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιατάρακτη βραχώδης τεμάχια με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών</p>	80	70			
 <p>ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώδης τεμάχια με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών</p>	60	50			
 <p>ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας</p>	40	30			
 <p>ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώδης τεμάχια με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων</p>			20		
 <p>ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατηρημένη ασθενής βραχώδης τεμάχια. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)</p>	N/A	N/A		10	

Σχήμα 35: Κατάταξη G.S.I.-1 για τον αμφιβολιτή της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς (Marinos & Hoek 2000).







Στην πρώτη κατάταξη αποδόθηκε τιμή G.S.I. 35-45 όπως φαίνεται στο Σχήμα 35. Η βραχώδης ταξινομήθηκε ως Πολύ τεμαχισμένη/ κερματισμένη και η ποιότητα των ασυνεχειών Μέτρια έως Καλή. Στο Σχήμα 38 φαίνεται ο αμφιβολιτής της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς.

Στη δεύτερη κατάταξη που πραγματοποιήθηκε στον αμφιβολίτη, η τιμή που αποδόθηκε στο G.S.I. είναι 40-50, Σχήμα 36, καθώς η δομή της βραχώμαζας ταξινομήθηκε ως Πολύ τεμαχισμένη και η ποιότητα των ασυνεχειών Μέτρια έως Καλή.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (Ε. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000) Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώμαζας εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις καμπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γειτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθεις που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες όταν οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες (όπως διατιμημένα επίπεδα στρώσης) έχουν διαμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώμαζας. Η αντοχή ορισμένων βραχώμαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →				
	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχείες, υγείες, μη αποσπασθόμενες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχείες, ελαφρά αποσπασθόμενες και οξείδωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσπασθόμενες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντική επιφλοιομάτα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη βράσματα	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθόμενες με μολικό αργιλικό υλικό πλήρωσης ή επιφλοιομας
ΔΟΜΗ ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90			N/A	N/A
ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιάταρκτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80	70			
ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών		60	50		
ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας			40	30	
ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώμαζα με πτωχά αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων				20	
ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΗΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικά διατημημένη ασθενής βραχώμαζα. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)	N/A	N/A			10

Σχήμα 36: Κατάταξη G.S.I.-2 για τον αμφιβολίτη της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς (Marinos & Hoek 2000).

Συνολικά, στον αμφιβολίτη της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς, η τιμή της κατάταξης του G.S.I. δεν θα μπορούσε να ξεπεράσει το 40-55, Σχήμα 37. Σαν σύνολο κατατάσσεται ανάμεσα στην Κερματισμένη/Διαταραγμένη και Πολύ τεμαχισμένη και η ποιότητα των ασυνεχειών στο Μέτρια έως Καλή.

<p>ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (E. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)</p> <p>Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώμαζας εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις καρπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI =35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γεωπονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνεχειές όταν οι ασθενείς επιπέδες επιφάνειες (όπως διατμημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώμαζας. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.</p>	<p>ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</p> <p>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, υγείες, μη αποσπασθόμενες επιφάνειες</p> <p>ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσπασθόμενες και οξείδωμένες επιφάνειες</p> <p>ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίου αποσπασθόμενες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες</p> <p>ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντική επιφλοιομάτα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα</p> <p>ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθόμενες με μαλακό οργανικό υλικό πλήρωσης ή επιφλοιομάτας</p>				
<p>ΔΟΜΗ</p>	<p>ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</p>				
 <p>ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνεχειές σε μεγάλη απόσταση</p>	90			N/A	N/A
 <p>ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιατάρακτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζώμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών</p>	80	70			
 <p>ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών</p>	60	50	40		
 <p>ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας</p>	30			20	
 <p>ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ίσχυρά κερματισμένη βραχώμαζα με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων</p>	10				
 <p>ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχώμαζα. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)</p>	N/A	N/A			

Σχήμα 37: Κατάταξη G.S.I. για τον αμφιβολίτη της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς στο σύνολο (Marinos & Hoek 2000).



Σχήμα 38: Αμφιβολίτης της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς.

Ο γνεύσιος που συναντάμε στην περιοχή ανήκει στην κατώτερη μαρμαρο-αμφιβολιτική σειρά. Ο γνεύσιος αυτός θεωρείται παραγνεύσιος και, σε περιοχές, βρίσκεται σε εναλλαγές πιθανώς με αμφιβολίτη. Σύμφωνα με την κατάταξη που επιχειρήθηκε, η τιμή του G.S.I. εκτιμήθηκε στο 30-40, Σχήμα 39. Η δομή της βραχόμαζας ταξινομήθηκε ως Κερματισμένη/Διαταραγμένη και η ποιότητα των επιφανειών των ασυνεχειών στο Μέτρια. Στο Σχήμα 40 φαίνεται η δομή του γνευσίου.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (Ε. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000) Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώδους εκτίμησε τη μέση τιμή του GSI από τις καμπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γειτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες όταν οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες (όπως διατημημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώδους. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →				
ΔΟΜΗ		ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, υγείες, μη αποσπασθόμενες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσπασθόμενες και οξείδωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίου αποσπασθόμενες και εδραλοποιημένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθόμενες με μολακό οργανικό υλικό πλήρωσης ή επιφλοιώσης
ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90				N/A	N/A
ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιατάρακτη βραχώδης με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών	80	70				
ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώδης με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών	60	50				
ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας	40					
ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώδης με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων	30				20	
ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΗΜΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατημημένη ασθενής βραχώδης. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)	N/A	N/A				10

Σχήμα 39: Κατάταξη G.S.I. για τον γενέσιο της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς (Marinos & Hoek 2000).



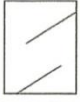





Σχήμα 40: Γνεύσιος της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς.

➤ **Ανώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά**

Στην ανώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά συναντάμε γνεύσιο. Στο Σχήμα 41 φαίνεται η δομή του. Στην κατάταξη με βάση το G.S.I. προσδιορίστηκε στις τιμές 60-70, Σχήμα 42. Η δομή της βραχόμαζας ταξινομήθηκε στο επίπεδο Τεμαχισμένο και η ποιότητα των επιφανειών των ασυνεχειών στο επίπεδο Καλή.



Σχήμα 41: Γνεύσιος της ανώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) (Ε. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000) Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχιών της βραχώδους εκμηχιστε τη μέση τιμή του GSI από τις κομπιούλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχιών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γεωτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνεχείες όταν οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες (όπως διατηρημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώδους. Η αντοχή ορισμένων βραχωμάτων μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχιών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, υγείες, μη αποσπασθόμενες επιφάνειες ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσπασθόμενες και αεραδόμενες επιφάνειες ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσπασθόμενες και εξαλειωμένες επιφάνειες ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με σημαντική επιφλοιομάτα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθόμενες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης ή επιφλοιομάτας			
ΔΟΜΗ		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ			
 ΑΡΡΗΚΤΗ Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνεχείες σε μεγάλη απόσταση	90				N/A
 ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Αδιατάρακτη βραχώδης με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχιών	80	70			
 ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Μερικώς διαταραγμένη βραχώδης με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχιών		60	50		
 ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχιών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας			40	30	
 ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώδης με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχών				20	
 ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατηρημένη ασθενής βραχώδης. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχιών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχών (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)	N/A	N/A			10

Σχήμα 42: Κατάταξη G.S.I. για το γενέσιο της ανώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς (Marinos & Hoek 2000).

Επιχειρώντας μια σύγκριση μεταξύ των δύο γενεσίων που συναντώνται στην κατώτερη και ανώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά, συμπεραίνεται μια σαφής διαφορά μεταξύ των δύο υλικών. Από τις κατατάξεις τους στο G.S.I. είναι σαφές πως ο γενέσιος της ανώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής είναι καλύτερης ποιότητας σε σχέση με αυτόν της κατώτερης, γεγονός που αποδεικνύεται από την πυκνότητα και το δίκτυο των συστημάτων ασυνεχιών και την ποιότητα των επιφανειών τους.

3.5 Ταξινόμηση κατά R.M.R.

Η ταξινόμηση κατά R.M.R. αποτελεί μία μέθοδο χαρακτηρισμού της ποιότητας της βραχώμαζας με τη χρήση ποσοτικών παραμέτρων που μπορούν να μετρηθούν επί τόπου. Η μέθοδος αυτή εμπεριέχει μια ακρίβεια παραπάνω σε σχέση με αντίστοιχες μεθόδους όπως το R.Q.D. και το G.S.I., καθώς λαμβάνονται υπ' όψιν και συνυπολογίζονται πολλές παράμετροι και συνεπώς τα αποτελέσματα είναι πιο αξιόπιστα. Ο δείκτης R.M.R. προκύπτει από τη βαθμονόμηση επιμέρους παραμέτρων για τη βραχώμαζα και εν συνεχεία προκύπτει από το αθροιστικό τους σύνολο $R1+R2+R3+R4+R5$, (Bieniawski 1979).

Πίνακας 9: Συνοπτικός πίνακας ταξινόμησης κατά R.M.R (Bieniawski 1979)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		ΠΕΔΙΟ ΤΙΜΩΝ					
R1	Αντοχή υλικού του πετρώματος (Μρα)	Σημειακή φόρτιση	>10	4-10	2-4	1-2	-
		Μονοαξονική αντοχή	>250	100-250	50-100	25-50	25 έως <1
	Βαθμοί	15	12	7	4	2 έως 0	
R2	Ποιότητα πετρώματος R.Q.D.	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	
	Βαθμοί	20	17	13	8	3	
R3	Απόσταση ασυνεχειών (m)	>2	0,6-2,0	0,2-0,6	0,06-0,2	<0,06	
	Βαθμοί	20	15	10	8	5	
R4	Κατάσταση ασυνεχειών	Πολύ τραχείες, χωρίς εξαλλοίωση	Ελαφρώς τραχείες και εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	Ελαφρώς τραχείες, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	Λείες ή γυαλιστερές (slickenslided), υλικό πλήρωσης 1-5 mm	Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5 mm	
	Βαθμοί	30	25	20	10	0	
R5	Υπόγειο νερό/εισροή ανά 10m μήκους (lit/min)	Καθόλου	<10	10--25	25-125	>125	
	Βαθμοί	15	10	7	4	0	

Στον Πίνακα 9 αναφέρονται αναλυτικά οι επιμέρους δείκτες-παράμετροι (5) οι οποίοι αναλύονται τμηματικά παρακάτω με σκοπό την ανάλυση της συγκεκριμένης

περίπτωση εφαρμογής, ενώ στο Σχήμα παρουσιάζεται μια απλουστευμένη μορφή του Πίνακα 9. Ένας απλουστευμένος πίνακας παρουσιάζεται στο Σχήμα 43.

Ο πρώτος δείκτης που αναλύεται είναι η αντοχή του συμπαγούς πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη (σ_{ci}) – R1. Ο παράγοντας αυτός αναφέρεται στην αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη, παράμετρος που αφορά το σύνολο της βραχώμαζας σαν άρρηκτος βράχος.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ R.M.R.			
Αντοχή υλικού του πετρώματος (σ_{ci})		Ποιότητα πετρώματος R.Q.D.	
Αντοχή σ_{ci} (ΜΡα)	Βαθμονόμηση R1	R.Q.D. (%)	Βαθμονόμηση R2
>250	15	90-100	20
100-250	12	75-90	17-20
50-100	7	50-75	13-17
25-50	4	25-50	8--13
<25	1	<25	3
Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών		Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών	
Απόσταση (m)	Βαθμονόμηση R3	Κατάσταση επιφανειών ασυνεχειών	Βαθμονόμηση R4
>2	20	Πολύ τραχείες, χωρίς εξαλλοίωση	30
0,6-2	15-20	Ελαφρώς τραχείες και εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	25
0,2-0,6	8--15	Ελαφρώς τραχείες, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	20
0,06-0,2	8--10	Λείες ή γυαλιστερές (slickensided), υλικό πλήρωσης 1-5 mm	10
<0,6	5	Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5 mm	0
Παρουσία υπόγειου νερού			
Εισροή ανά 10 m μήκους (lit/min)		Βαθμονόμηση R5	
Καθόλου		30	
<10		25	
10--25		20	
25-125		10	
>125		0	
Κατάταξη βραχώμαζας			
Χαρακτηρισμός βραχώμαζας	Κατηγορία βραχώμαζας	Βαθμός του δείκτη R.M.R.	
Πολύ καλή	I	81-100	
Καλή	II	61-80	
Μέτρια	III	41-60	
Πτωχή	IV	21-40	
Πολύ πτωχή	V	<20	

Σχήμα 43: Τροποποιημένος πίνακας των παραγόντων του R.M.R. (Bieniawski 1979).

Ο δεύτερος παράγοντας που λαμβάνεται υπ' όψιν είναι ο δείκτης βαθμού ρωγμάτωσης της βραχώμαζας, βάσει της ταξινόμησης R.Q.D. Η παράμετρος R.Q.D. βαθμονομήθηκε σχετικά με τις τιμές που έχουν προσδιοριστεί στα διάφορα βάθη, από τις δειγματοληπτικές-ερευνητικές γεωτρήσεις.

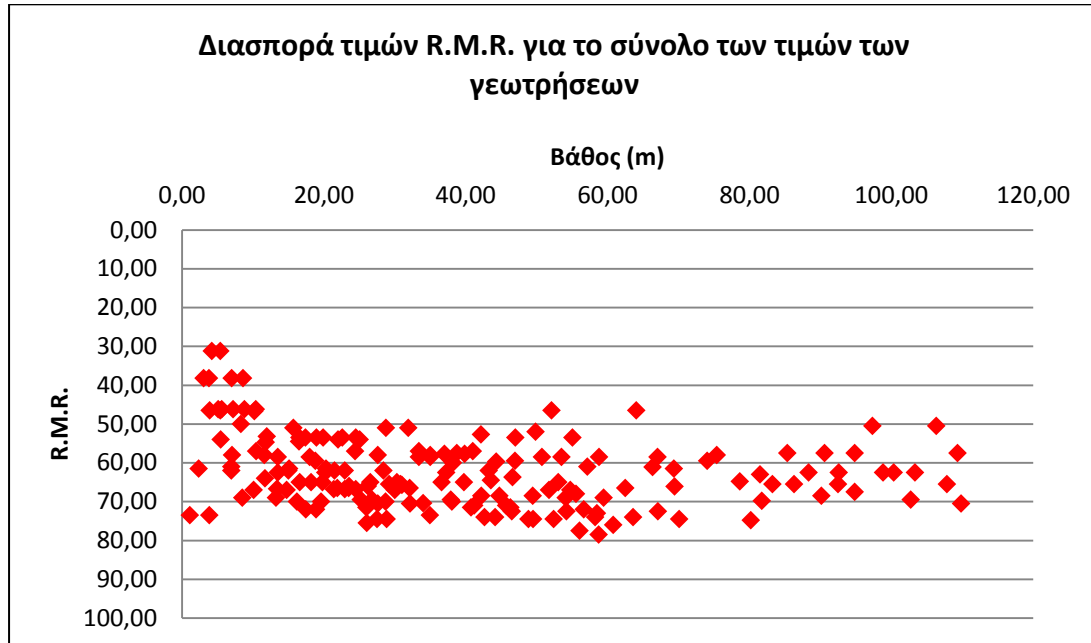
Η απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών ή των συστημάτων αυτών, αποτελεί τον τρίτο παράγοντα που συνυπολογίζεται για τον προσδιορισμό του R.M.R. Για την ανάγκη υπολογισμού των δεδομένων χαρακτηριστικών, πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση εξετάζοντας τα δεδομένα και τις περιγραφές από τα αναλυτικά φύλλα των γεωτρήσεων καθώς επίσης και τις ίδιες τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις. Καταγράφηκαν οι αποστάσεις μεταξύ ίδιων συστημάτων ασυνεχειών και εν συνεχεία υπολογίστηκαν μέσοι όροι για τις διαφορετικές ζώνες μηχανικών χαρακτηριστικών.

Οι επιφάνειες των ασυνεχειών και η κατάσταση στην οποία βρίσκονται, το μήκος τους, η τραχύτητά τους, το άνοιγμά τους, ο βαθμός αποσάθρωσής του και το υλικό πλήρωσης αυτών, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που θα πρέπει να ποσοτικοποιηθούν και να συμπεριληφθούν στο δείκτη R.M.R.

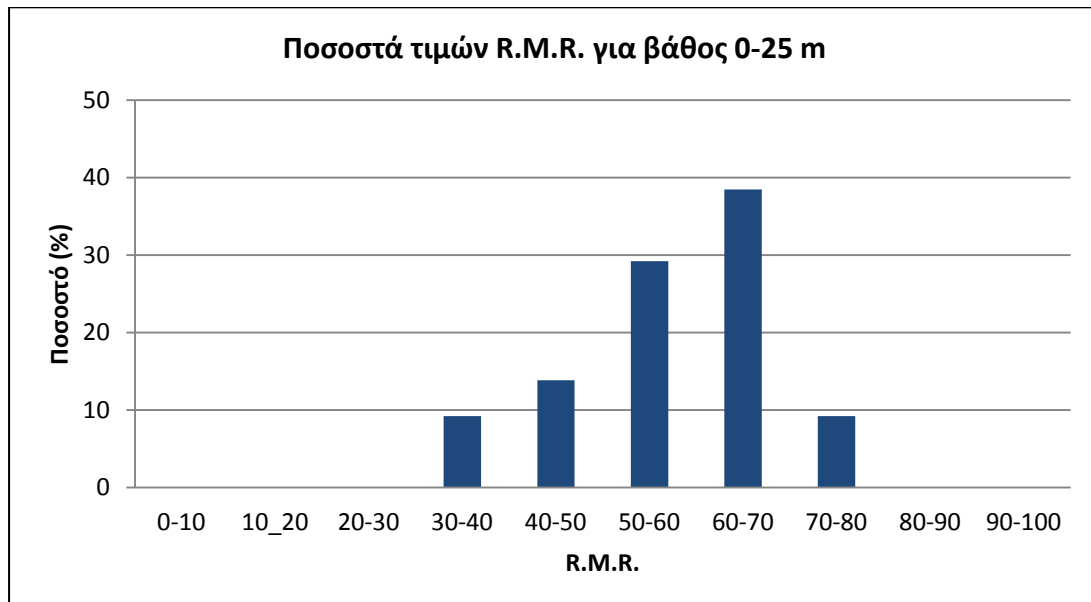
Τέλος, η παρουσία του υπόγειου νερού αποτελεί τον τελευταίο παράγοντα που συνυπολογίζεται στο R.M.R.. Όπως φαίνεται και στον πίνακα του Σχήματος 43, υπολογίζεται η εισροή του νερού σε μήκος 10 m. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών εισπίεσης νερού για τον έλεγχο της περατότητας της βραχώμαζας (Lugeon) βαθμονομούμε τη μέγιστη παροχή που σημειώνεται και είναι σε lit/min/m.

Ταξινόμηση R.M.R. στις ερευνητικές γεωτρήσεις

Στο Σχήμα 44, όπου παρουσιάζεται η διασπορά του συνόλου των τιμών της βαθμονόμησης R.M.R., γίνεται φανερό πως στην πλειοψηφία τους οι τιμές συγκεντρώνονται σε σχετικά υψηλές τιμές, 60 έως 80.

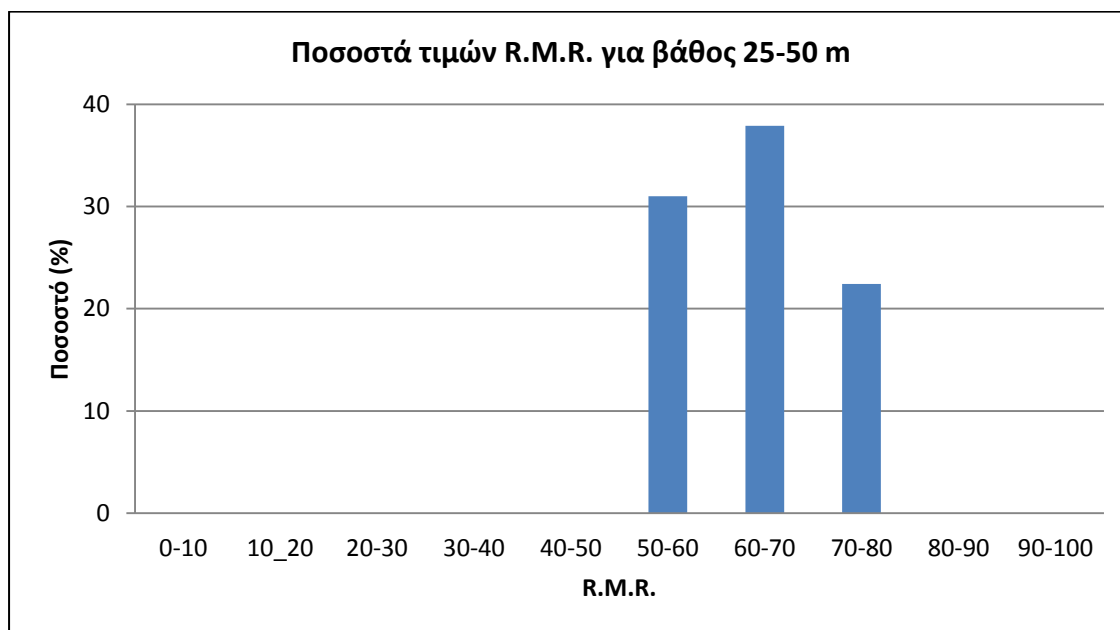


Σχήμα 44: Διάγραμμα διασποράς των τιμών G.S.I. για το σύνολο των τιμών των γεωτρήσεων.

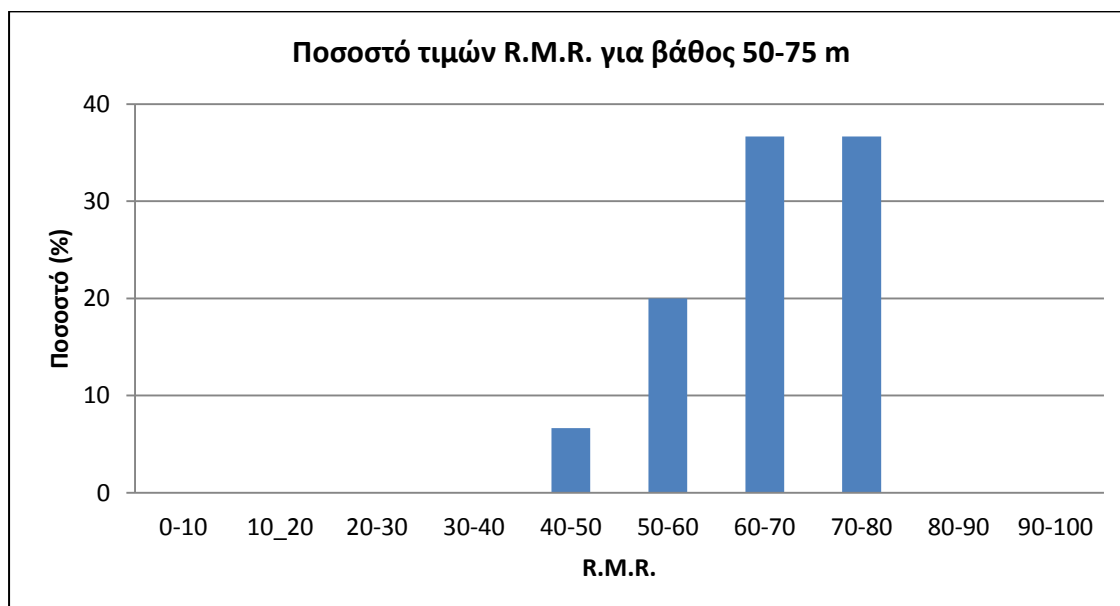


Σχήμα 45: Ποσοστά R.M.R. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 0-25 m.

Το Σχήμα 45, αποτυπώνει την κατανομή των τιμών του στα πρώτα 25 m από την επιφάνεια του εδάφους. Φαίνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό, 43 %, συγκεντρώνεται σε τιμές από 50 έως 70. Μικρότερα ποσοστά καταλαμβάνουν τιμές 30 έως 40 στα 9,23, 40 έως 50 στα 13,84, 70-80 στα 9,23.



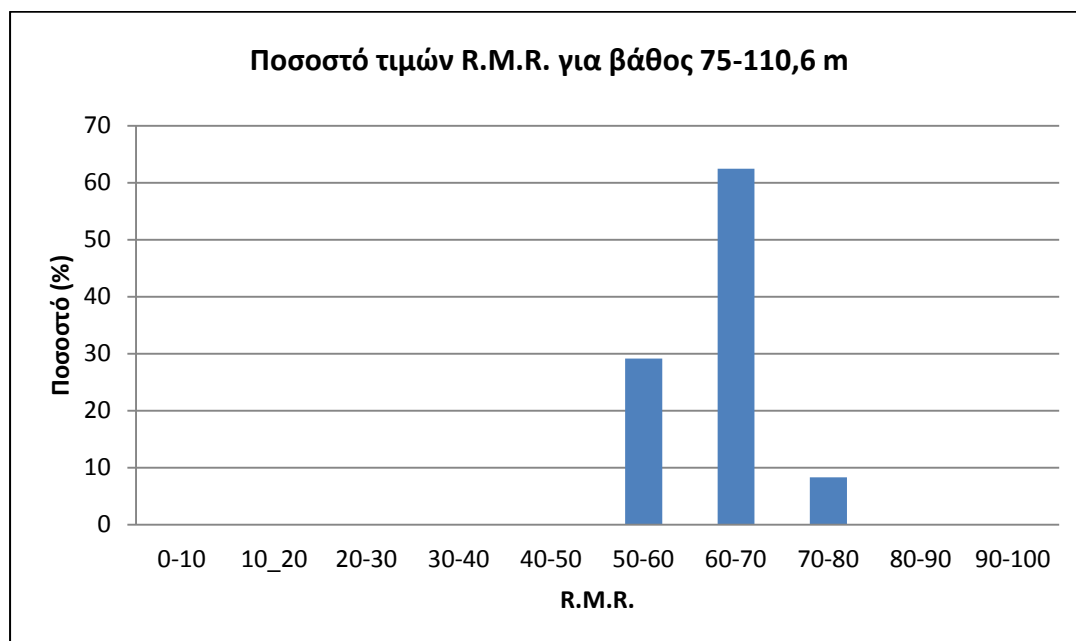
Σχήμα 46: Ποσοστά R.M.R. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 25-50 m.



Σχήμα 47: Ποσοστά R.M.R. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 50-75 m.

Στο Σχήμα 46, φαίνεται η κατανομή των τιμών για βάθος 25 έως 50 m. Στην περίπτωση αυτή οι τιμές συγκεντρώνονται μεταξύ των τιμών 50 και 80 με το μεγαλύτερο ποσοστό να σημειώνεται μεταξύ των τιμών 60 και 70.

Σε βάθος 50 έως 75 m, όπως παρατηρούμε και στο Σχήμα 47, οι τιμές κυμαίνονται σε μεγαλύτερες τιμές από ότι σε μικρότερα βάθη. Στην περίπτωση αυτήν η πλειοψηφία των τιμών συγκεντρώνεται στις τιμές 60 έως 80.



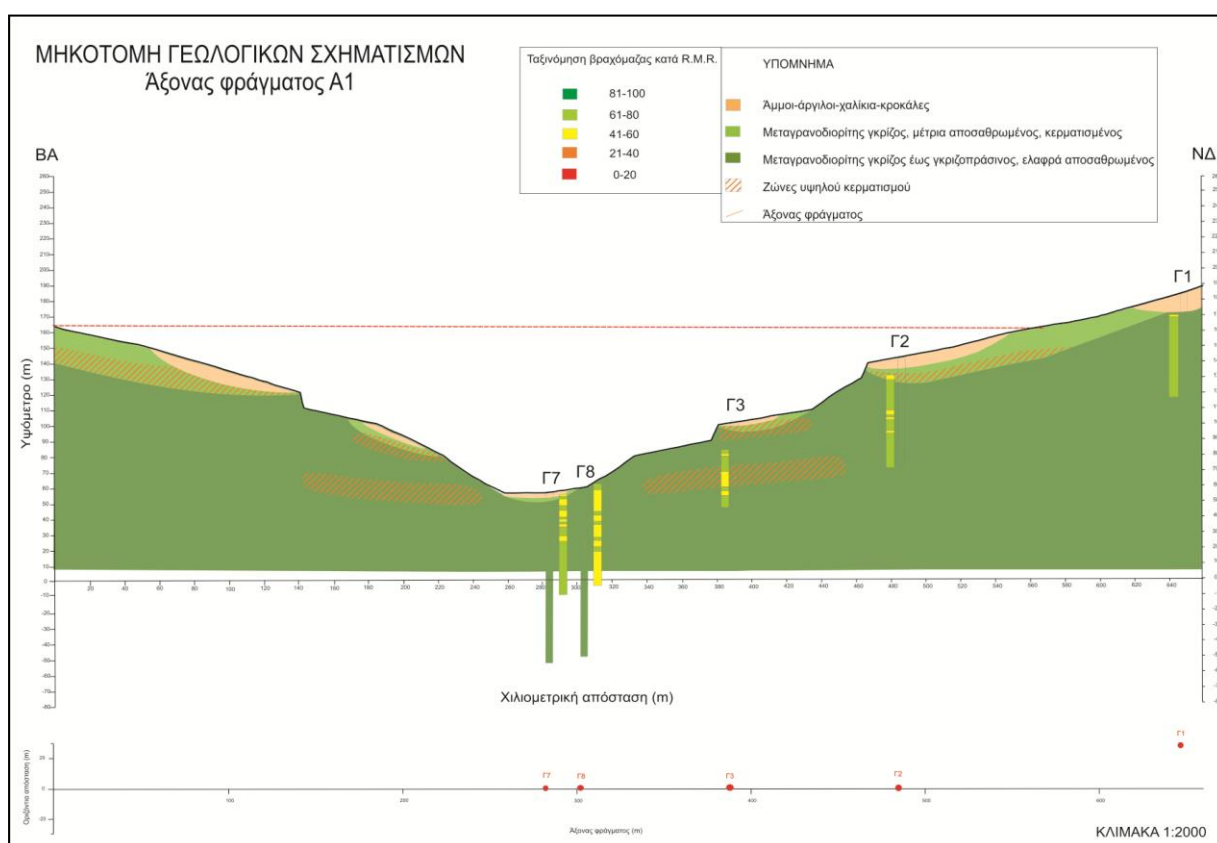
Σχήμα 48: Ποσοστά R.M.R. για το σύνολο των γεωτρήσεων του άξονα του φράγματος για βάθος 75-110,6 m.

Τέλος, στο Σχήμα 48, όπου εικονίζονται οι τιμές του R.M.R. για βάθη από 75 έως 110,6 m, οι τιμές της ταξινόμησης είναι σαφώς σε μεγαλύτερα επίπεδα. Σε ποσοστό μεγαλύτερο του 60 % των τιμών συγκεντρώνονται σε τιμές από 60 έως 70, ενώ ποσοστό μικρότερο του 30 % συγκεντρώνεται σε τιμές 50 έως 60.

Ταξινόμηση R.M.R. κατά μήκος του Άξονα A1

Η μηκοτομή του Άξονα A1 με την προβολή των αποτελεσμάτων της κατάταξης R.M.R. στις ερευνητικές γεωτρήσεις, παρουσιάζεται στο Σχήμα 49. Η χρωματική διαβάθμιση παρουσιάζει περιοχές με διαφορετική τιμή. Η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε σε 5 ομάδες από το 0 έως το 100 με τη χρωματική κλίμακα που φαίνεται στο υπόμνημα. Κατά κύριο λόγο φαίνεται πως η ταξινόμηση ακολουθεί μια αύξηση σε σχέση με το βάθος. Στη γεώτρηση Γ1, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 49, η

ποιότητα της βραχόμαζας μπορεί να θεωρηθεί στο σύνολό της Καλής ποιότητας καθώς οι τιμές του R.M.R. κυμαίνονται από 60 έως 80 στο μεγαλύτερο τμήμα της γεώτρησης. Εξάιρεση αποτελεί το ανώτερο τμήμα έως τα 4 m όπου η τιμή του R.M.R. είναι 46. Στη γεώτρηση Γ2, παρατηρείται ένα τμήμα των πρώτων 12 m όπου οι τιμές του R.M.R. κυμαίνονται από 30 έως 40, ενώ φαίνεται πως σε μεγαλύτερα βάθη οι τιμές βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα της τάξης των 61 έως 80 μονάδων. Σημειώνεται η περιοχή μεταξύ των 33 έως 39 m όπου επίσης παρατηρούνται χαμηλές τιμές, 40 έως 50. Στη γεώτρηση Γ3, παρατηρούνται τιμές του R.M.R. που φανερώνουν μια καλής ποιότητας βραχόμαζα, τιμές της τάξης των 61 έως 80. Εκτός όμως των τμημάτων αυτών παρατηρούνται και τιμές κατώτερης ποιότητας. Το πρώτο αυτό τμήμα εντοπίζεται από τα 3 έως τα 20 m όπου οι τιμές κυμαίνονται από 31 έως 60. Μια δεύτερη αντίστοιχη ζώνη εντοπίζεται στα 36 έως 44 m όπου οι τιμές του R.M.R. κυμαίνονται από 52 έως 60.



Σχήμα 49: Μηκοτομή γεωλογικών σχηματισμών και προβολή των ποσοστών της ταξινόμηση R.M.R..

Ταξινόμηση R.M.R ανά τεχνικογεωλογική ενότητα

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα I, όπως φαίνεται και από τη διασπορά των τιμών στο Σχήμα 50, η ταξινόμηση του R.M.R. κυμαίνεται μεταξύ του 30 και του 55.



Σχήμα 50: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα I.

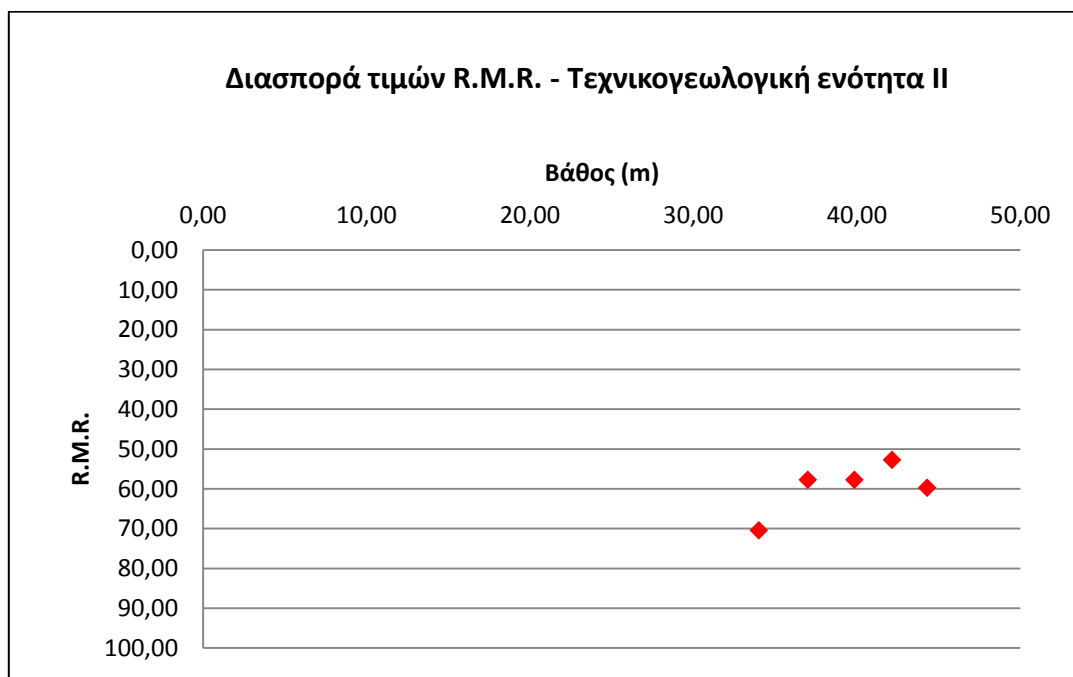
Οι τιμές αυτές προέκυψαν από τη σύνθεση των επιμέρους δεικτών από τους οποίους προκύπτει το R.M.R., όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στο Σχήμα 51, φαίνεται η ταξινόμηση σε όλους του παράγοντες του R.M.R. Στον παράγοντα R1 που αφορά την αντοχή του άρρηκτου βράχου σε μονοαξονική θλίψη έχει προσδιοριστεί στα 100 MPa, άρα η απόδοσή του στον δείκτη R1 είναι 10. Στον δείκτη R2 που αναφέρεται στην ποιότητα του πετρώματος σύμφωνα με το R.Q.D., η τιμή έχει προσδιοριστεί στο 19 % που αντιστοιχεί σε 3. Στον δείκτη R3 ο οποίος αναφέρεται στην απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών της τεχνικογεωλογικής ενότητας και η οποία υπολογίστηκε κατά μέσο όρο στο 0,27 m, η απόδοση στον δείκτη είναι 8,2. Ο δείκτης R4 αναφέρεται στην κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών. Για την συγκεκριμένη τεχνικογεωλογική ενότητα η κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών χαρακτηρίζεται ως Ελαφρώς τραχείες, Πολύ εξαλλοιωμένες με υλικό πλήρωσης < 1 mm, κατάσταση που αποδίδει 18 μονάδες στον δείκτη. Τέλος, ο δείκτης R5 που αφορά την παρουσία του υπόγειου νερού και την εισροή νερού ανά 10 m, η βαθμονόμηση απέδωσε στον δείκτη 8,5 μονάδες. Συνολικά, όπως φαίνεται και στο

Σχήμα 40, η βαθμονόμηση της βραχώμαζας προσδιορίζεται στο 43,4 γεγονός που χαρακτηρίζει την τεχνικογεωλογική ενότητα Μέτρια έως Πτωχή.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ R.M.R.			
Αντοχή υλικού του πετρώματος (σ_{ci})		Ποιότητα πετρώματος R.Q.D.	
Αντοχή σ_{ci} (ΜΡα)	Βαθμονόμηση R1	R.Q.D. (%)	Βαθμονόμηση R2
>250	15	90-100	20
100-250	12	75-90	17-20
50-100	7	50-75	13-17
25-50	4	25-50	8-13
<25	1	<25	3
Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών		Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών	
Απόσταση (m)	Βαθμονόμηση R3	Κατάσταση επιφανειών ασυνεχειών	Βαθμονόμηση R4
>2	20	Πολύ τραχιές, χωρίς εξαλλοίωση	30
0,6-2	15-20	Ελαφρώς τραχιές και εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	25
0,2-0,6	8-15	Ελαφρώς τραχιές, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	20
0,06-0,2	8-10	Λείες ή γυαλιστερές (slickensided), υλικό πλήρωσης 1-5 mm	10
<0,6	5	Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5 mm	0
Παρουσία υπόγειου νερού			
Εισροή ανά 10 m μήκους (lit/min)		Βαθμονόμηση R5	
Καθόλου		30	
<10		25	
10-25		20	
25-125		10	
>125		0	
Κατάταξη βραχώμαζας			
Χαρακτηρισμός βραχώμαζας	Κατηγορία βραχώμαζας	Βαθμός του δείκτη R.M.R.	
Πολύ καλή	I	81-100	
Καλή	II	61-80	
Μέτρια	III	41-60	
Πτωχή	IV	21-40	
Πολύ πτωχή	V	<20	

Σχήμα 51: Ταξινόμηση R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα I (Bieniawski, 1979).

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα II, όπως γίνεται φανερό και από τη διασπορά του Σχήματος 52, οι τιμές της βαθμονόμησης τοποθετείται κοντά στο 60 της κλίμακας του R.M.R.. Συγκεκριμένα και όπως φαίνεται στο Σχήμα 53, η συνολική βαθμονόμηση προέρχεται από την άθροιση των επιμέρους πέντε δεικτών του R.M.R..



Σχήμα 52: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα II.

Ο παράγοντας R1, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη, είναι 100 MPa και αντιστοιχεί σε 10 μονάδες. Ο παράγοντας R2, που αφορά την ταξινόμηση κατά R.Q.D. προσδιορίστηκε στο 3 καθώς στο σύνολο της τεχνικογεωλογικής ενότητας το ποσοστό του R.Q.D. είναι 22 %. Ο τρίτος δείκτης του R.M.R., R3, αφορά την απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών. Για τη συγκεκριμένη τεχνικογεωλογική ενότητα, η απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών προσδιορίστηκε στα 0,27 m, άρα η απόδοση στον δείκτη είναι 8,2 μονάδες. Ο δείκτης R4, αφορά την κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών. Στην περίπτωση αυτή ο χαρακτηρισμός που αποδόθηκε είναι Ελαφρώς τραχείες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες, με υλικό πλήρωσης < 1 mm και αποδίδει στη βαθμονόμηση 25 μονάδες. Τέλος, ο δείκτης R5 που αφορά την παρουσία του υπόγειου νερού, η βαθμονόμηση είναι 7,3 μονάδες καθώς υπολογίστηκε πως η ροή του νερού ανά 10 m είναι 16 lit/sec. Συνολικά, η βαθμονόμηση R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα II είναι 53 μονάδες που αντιστοιχούν σε μια Μέτριας ποιότητας βραχώμαζα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ R.M.R.

Αντοχή υλικού του πετρώματος (σ_{ci})		Ποιότητα πετρώματος R.Q.D.	
Αντοχή σ_{ci} (MPa)	Βαθμονόμηση R1	R.Q.D. (%)	Βαθμονόμηση R2
>250	15	90-100	20
100-250	12	75-90	17-20
50-100	7	50-75	13-17
25-50	4	25-50	8-13
<25	1	<25	3

Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών		Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών	
Απόσταση (m)	Βαθμονόμηση R3	Κατάσταση επιφανειών ασυνεχειών	Βαθμονόμηση R4
>2	20	Πολύ τραχιές, χωρίς εξαλλοίωση	30
0,6-2	15-20	Ελαφρώς τραχιές και εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	25
0,2-0,6	8-15	Ελαφρώς τραχιές, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	20
0,06-0,2	8-10	Λείες ή γυαλιστερές (slickensided), υλικό πλήρωσης 1-5 mm	10
<0,6	5	Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5 mm	0

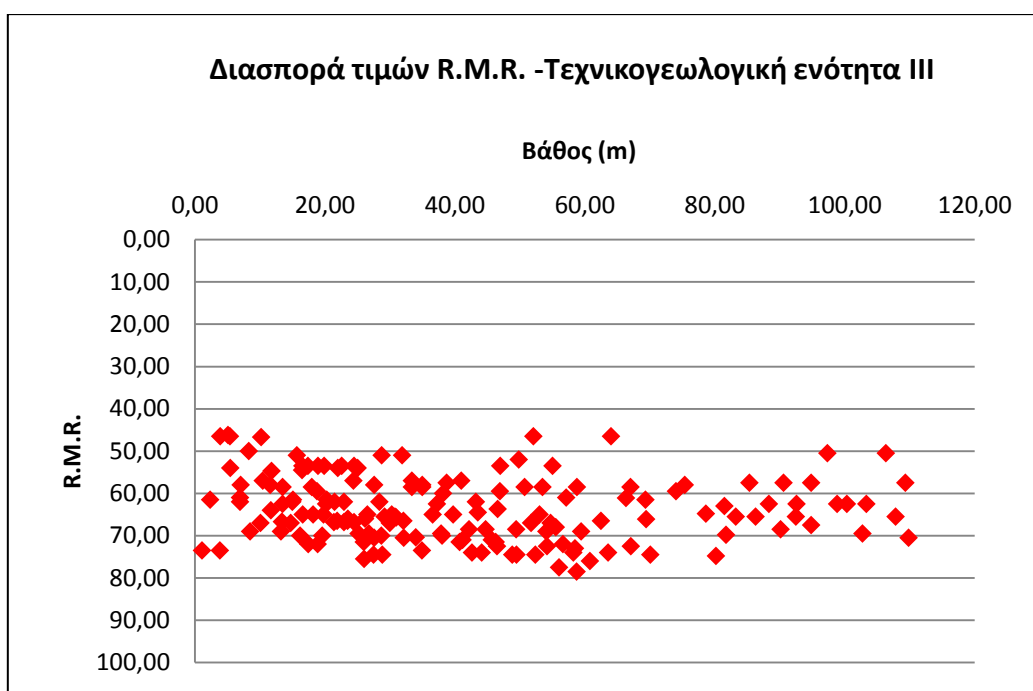
Παρουσία υπόγειου νερού	
Εισροή ανά 10 m μήκους (lit/min)	Βαθμονόμηση R5
Καθόλου	30
<10	25
10-25	20
25-125	10
>125	0

Κατάταξη βραχώμαζας		
Χαρακτηρισμός βραχώμαζας	Κατηγορία βραχώμαζας	Βαθμός του δείκτη R.M.R.
Πολύ καλή	I	81-100
Καλή	II	61-80
Μέτρια	III	41-60
Πτωχή	IV	21-40
Πολύ πτωχή	V	<20

Σχήμα 53: Ταξινόμηση R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα II (Bieniawski, 1979).

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα III, όπως γίνεται φανερό από τη διασπορά του Σχήματος 54, η πλειοψηφία των τιμών συγκεντρώνεται σε σχετικά υψηλές τιμές R.M.R., 45 έως 80. Σύμφωνα με τη βαθμονόμηση του R.M.R., στον δείκτη R1 αντιστοιχεί η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη που έχει προσδιοριστεί στα 100 MPa, άρα 10 μονάδες. Ο δείκτης R2 που αναφέρεται στο R.Q.D. έχει βαθμονομηθεί στις 15

μονάδες καθώς η ταξινόμηση κατά R.Q.D. προσδιορίστηκε στα 60 %. Η βαθμονόμηση R3 που αντιστοιχεί στην απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών, βαθμονομήθηκε στις 8,5 μονάδες καθώς η απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών είναι 0,29 m. Ο δείκτης R4 που αναφέρεται στην κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών, βαθμονομήθηκε με 25, γιατί η περιγραφή της κατάστασης των ασυνεχειών για την τεχνικογεωλογική ενότητα III είναι Ελαφρώς τραχείες και εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm. Για τον τελευταίο δείκτη R5, ο οποίος αναφέρεται στη ροή νερού, η βαθμονόμηση που πραγματοποιήθηκε προσδιορίστηκε στα 4,7 lit/sec, τιμή που αντιστοιχεί σε 4,5 μονάδες. Στο σύνολο, τεχνικογεωλογική ενότητα προσδιορίζεται ως μια Καλής ποιότητας βραχώμαζα καθώς το R.M.R. βρίσκεται στις 63 μονάδες, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 55.



Σχήμα 54: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα III.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ R.M.R.

Αντοχή υλικού του πετρώματος (σ_{ci})		Ποιότητα πετρώματος R.Q.D.	
Αντοχή σ_{ci} (MPa)	Βαθμολόγηση R1	R.Q.D. (%)	Βαθμολόγηση R2
>250	15	90-100	20
100-250	12	75-90	17-20
50-100	7	50-75	13-17
25-50	4	25-50	8--13
<25	1	<25	3

Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών		Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών	
Απόσταση (m)	Βαθμολόγηση R3	Κατάσταση επιφανειών ασυνεχειών	Βαθμολόγηση R4
>2	20	Πολύ τραχείες, χωρίς εξαλλοίωση	30
0,6-2	15-20	Ελαφρώς τραχείες και εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	25
0,2-0,6	8--15	Ελαφρώς τραχείες, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	20
0,06-0,2	8--10	Λείες ή γυαλιστερές (slickensided), υλικό πλήρωσης 1-5 mm	10
<0.6	5	Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5 mm	0

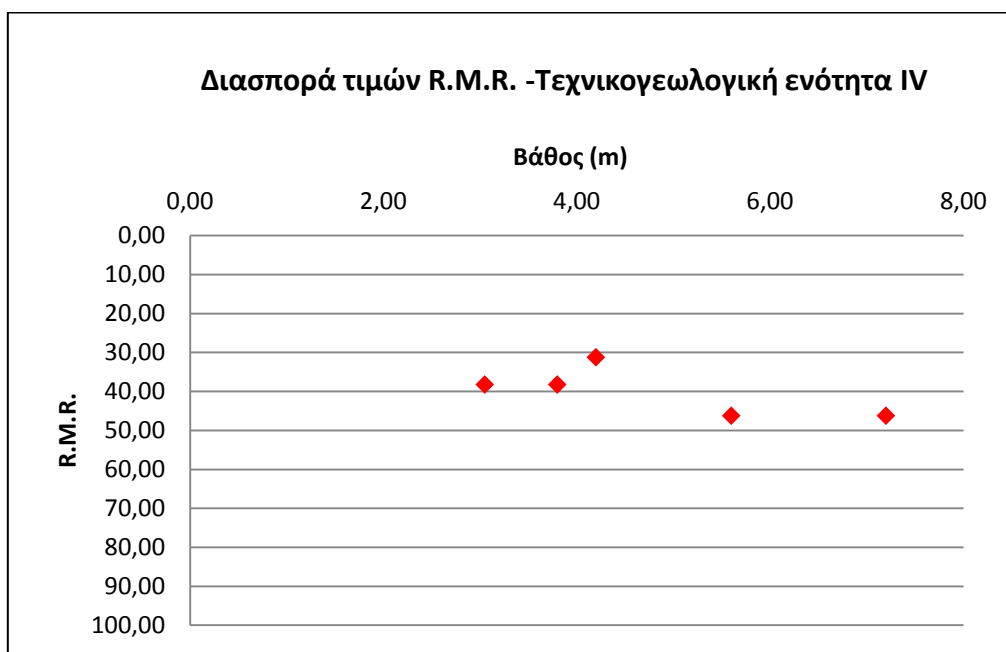
Παρουσία υπόγειου νερού	
Εισροή ανά 10 m μήκους (lit/min)	Βαθμολόγηση R5
Καθόλου	30
<10	25
10--25	20
25-125	10
>125	0

Κατάταξη βραχώμαζας		
Χαρακτηρισμός βραχώμαζας	Κατηγορία βραχώμαζας	Βαθμός του δείκτη R.M.R.
Πολύ καλή	I	81-100
Καλή	II	61-80
Μέτρια	III	41-60
Πτωχή	IV	21-40
Πολύ πτωχή	V	<20

Σχήμα 55: Ταξινόμηση R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα III (Bieniawski, 1979).

Στην τεχνικογεωλογική ενότητα IV συνίσταται από έντονα αποσαθρωμένη βραχώμαζα. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 56 της διασποράς, οι τιμές του R.M.R. βρίσκονται κοντά στην τιμή 40. Αναλυτικότερα στοιχεία ως προς τη βαθμολόγηση αναφέρονται παρακάτω και συνοψίζονται στο Σχήμα 57. Η βαθμολόγηση του δείκτη R1 είναι στις 10 μονάδες καθώς η μονοαξονική αντοχή σε θλίψη είναι 100 MPa. Ο δείκτης R2, που αναφέρεται στην ταξινόμηση κατά R.Q.D. βαθμονομήθηκε στις 12 μονάδες που αντιστοιχούν σε 26 % R.Q.D.. Ο δείκτης R3 ο οποίος αφορά την

απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών, βαθμονομήθηκε στις 8,2 μονάδες, τιμή που προέρχεται από απόσταση μεταξύ ασυνεχειών 0,27 m. Ο τέταρτος δείκτης, R4, βαθμονομήθηκε με 15 μονάδες καθώς η κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών χαρακτηρίζεται ως Λείες ή γυαλιστερές (slikenslided), υλικό πλήρωσης 1-5 mm. Ο πέμπτος δείκτης R5, που αναφέρεται στην παρουσία υπόγειου νερού, βαθμονομήθηκε με 15 μονάδες καθώς δεν υπάρχει παρουσία νερού. Στο σύνολό της η τεχνικογεωλογική ενότητα χαρακτηρίζεται ως Μέτρια προς Πτωχή, καθώς το σύνολο των μονάδων R.M.R. είναι 41.



Σχήμα 56: Διάγραμμα διασποράς των τιμών του R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ R.M.R.

Αντοχή υλικού του πετρώματος (σ_{ci})		Ποιότητα πετρώματος R.Q.D.	
Αντοχή σ_{ci} (Μpa)	Βαθμονόμηση R1	R.Q.D. (%)	Βαθμονόμηση R2
>250	15	90-100	20
100-250	12	75-90	17-20
50-100	7	50-75	13-17
25-50	4	25-50	8-13
<25	1	<25	3

Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών		Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών	
Απόσταση (m)	Βαθμονόμηση R3	Κατάσταση επιφανειών ασυνεχειών	Βαθμονόμηση R4
>2	20	Πολύ τραχιές, χωρίς εξαλλοίωση	30
0,6-2	15-20	Ελαφρώς τραχιές και εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	25
0,2-0,6	8-15	Ελαφρώς τραχιές, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1 mm	20
0,06-0,2	8-10	Λείες ή γυαλιστερές (slickensided), υλικό πλήρωσης 1-5 mm	10
<0,6	5	Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5 mm	0

Παρουσία υπόγειου νερού	
Εισροή ανά 10 m μήκους (lit/min)	Βαθμονόμηση R5
Καθόλου	30
<10	25
10-25	20
25-125	10
>125	0

Κατάταξη βραχώμαζας		
Χαρακτηρισμός βραχώμαζας	Κατηγορία βραχώμαζας	Βαθμός του δείκτη R.M.R.
Πολύ καλή	I	81-100
Καλή	II	61-80
Μέτρια	III	41-60
Πτωγή	IV	21-40
Πολύ πτωγή	V	<20

Σχήμα 57: Ταξινόμηση R.M.R. για την τεχνικογεωλογική ενότητα IV (Bieniawski, 1979).

3.6 Παράμετροι αντοχής άρρηκτου βράχου – Επεξεργασία μηχανικών παραμέτρων

Οι μηχανικές παράμετροι αποτελούν το τμήμα εκείνο της έρευνας που συγκεκριμενοποιεί και εξάγει αποτελέσματα σχετικά με τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού σαν άρρηκτο πέτρωμα, αλλά και κατά περίπτωση στις τεχνικογεωλογικές ενότητες. Οι μηχανικές παράμετροι που πρέπει, τελικώς, να προσδιοριστούν για να μπορέσουν να εξαχθούν αποτελέσματα ποσοτικοποίησης του γεωυλικού είναι η ολική αντοχή της βραχώμαζας, σ_{cm} , η παραμορφωσιμότητα του υλικού, E_m , η συνοχή, c , και η γωνία τριβής, ϕ .

Προσδιορισμός μονοαξονικής αντοχής άρρηκτου βράχου, σ_{ci}

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η παράμετρος σ_{ci} , αποτελεί την αντοχή του άρρηκτου υλικού σε μονοαξονική θλίψη. Υπολογίζεται εργαστηριακά σε δοκίμια εφαρμόζοντας δοκιμή μονοαξονικής θλίψης. Συνδέεται, με μια σχέση, με τη δοκιμή Point Load Test (P.L.T.) – δοκιμή αντοχής σημειακής φόρτισης, η οποία πραγματοποιείται επί τόπου στην ύπαιθρο. Η σχέση αυτή είναι $\sigma_{ci} = K \cdot I_s$, όπου K είναι ένας συντελεστής που παίρνει τιμές από 13 έως 28 και I_s είναι ο δείκτης της σημειακής φόρτισης (Tsiambaos, Sabatakakis 2004). Σύμφωνα με τους Tsiambaos, Sabatakakis (2004), σε αναφορά για τα ιζηματογενή πετρώματα, αναφέρουν τον συντελεστή K να προσδιορίζεται σε διαφορετικής αντοχής ιζηματογενή πετρώματα με βάση τον ίδιο τον συντελεστή της σημειακής φόρτισης I_{s50} . Με τον τρόπο αυτόν για $I_{s50} < 2$ MPa ο συντελεστής K προσδιορίζεται στο 13, τιμή που αντιστοιχεί στον Ασβεστόλιθο, για $I_{s50} > 2$ και $I_{s50} < 5$ MPa, ο συντελεστής K προσδιορίζεται στο 20 και αντιστοιχεί σε Μαργόλιθο και για $I_{s50} > 5$ MPa η τιμή του K είναι 28 και αντιστοιχεί στον Ψαμμίτη. Επίσης, σύμφωνα με τον Hawkins (1998), σε μια αντίστοιχη αναζήτηση του συντελεστή K για τη σύνδεση της δοκιμής σημειακής φόρτισης P.L.T. με την αντοχή του άρρηκτου υλικού σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} , προτείνει μια αντίστοιχη κατηγοριοποίηση βάσει του συντελεστή της σημειακής φόρτισης I_{s50} . Σύμφωνα λοιπόν με τον Hawkins (1998), για τα ακόρεστα ιζηματογενή πετρώματα και τα πυριγενή πετρώματα, για προσδιορισμό του δείκτη $I_{s50} < 2$ MPa το K αντιστοιχεί με 15, για $I_{s50} > 2$ και $I_{s50} < 5$ MPa αντιστοιχεί σε 20 και για $I_{s50} > 5$ MPa αντιστοιχεί σε 25.

Για τη δεδομένη περίπτωση του μεταγρανιοδιορίτη του Ιάσμου, θα υιοθετηθεί η θεωρία που προβάλλουν οι Tsiambaos, Sabatakakis (2004), για τα ιζηματογενή πετρώματα ακολουθώντας τον διαχωρισμό βάσει του συντελεστή της σημειακής φόρτισης I_{s50} , (Προφορική επικοινωνία με Marinos V.).

Πίνακας 10: Συγκεντρωτικός πίνακας επεξεργασίας των αποτελεσμάτων της δοκιμής P.L.T. για τον υπολογισμό της μονοαξονικής αντοχής.

Δείγμα	Βάθος (m)	Is (Mpa)	Is-50mm (Mpa)	$\sigma_{ci} (13,20,28 * I_{s50})$
Δ2	6,2-6,3	4,11	5,23	146,44
Δ5	14,00-14,1	5,25	6,68	187,04
Δ8	21,6-21,7	1,62	2,03	40,6
Δ12	36-36,1	5,8	7,39	206,92
Δ17	47,2-47,3	6,2	7,79	218,12
Δ20	54-54,1	6,33	7,97	223,16
Δ3	4,1-4,2	0,25	0,32	4,16
Δ4	7,4-7,5	1,62	2,06	41,2
Δ6	10,4-10,5	1,52	1,93	25,09
Δ8	15,6-15,7	4,72	6,01	168,28
Δ10	21,5-21,6	2,65	3,31	66,2
Δ15	31,5-31,6	6,19	7,87	220,36
Δ16	34-34,1	2,64	3,36	67,2
Δ20	44,1-44,2	7	8,93	250,04
Δ25	56,6-56,7	4,12	5,25	147
Δ26	54,5-54,6	5,14	6,56	183,68
Δ2	4,4-4,5	0,75	0,96	12,48
Δ3	7,8-7,9	1,03	1,27	16,51
Δ7	18,6-18,7	2,93	3,73	74,6
Δ12	30-30,1	2,3	2,93	58,6
Δ18	47,6-47,7	2,85	3,6	72
Δ2	3,5-3,6	0,53	0,67	8,71
Δ3	5,6-5,7	0,6	0,76	9,88
Δ4	8-8,1	0,47	0,6	7,8
Δ6	10,1-10,2	0,62	0,79	10,27
Δ11	21,3-21,4	2,64	3,31	66,2
Δ16	33,7-33,8	1,26	1,6	20,8
Δ20	42,5-42,6	4,08	5,14	143,92
Δ25	56,5-56,6	6,23	7,84	219,52
Δ31	68,1-68,2	4,56	5,73	160,44
				3077,22
				102,574

Στον Πίνακα 11, παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη. Καταγράφονται, επίσης, τα αποτελέσματα της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη αποκλείοντας τιμές που η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη είναι κάτω από 1 MPa, τιμή όπου πρακτικά η βραχόμαζα δεν έχει αντοχή ($\sigma_{ci} = 0$ έως 15 MPa).

Πίνακας 11: Συγκεντρωτικός πίνακας της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων της δοκιμής P.L.T. για τον υπολογισμό της μονοαξονικής αντοχής εξαιρουμένων των ακραίων τιμών.

	Δείγμα	Βάθος (m)	Is (Mpa)	Is-50mm (Mpa)	σ_{ci} (13,20,28*Is ₅₀)
Γ1	Δ2	6,2-6,3	4,11	5,23	146,44
Γ1	Δ5	14,00-14,1	5,25	6,68	187,04
Γ1	Δ8	21,6-21,7	1,62	2,03	40,6
Γ1	Δ12	36-36,1	5,8	7,39	206,92
Γ1	Δ17	47,2-47,3	6,2	7,79	218,12
Γ1	Δ20	54-54,1	6,33	7,97	223,16
Γ2	Δ3	4,1-4,2	0,25	0,32	
Γ2	Δ4	7,4-7,5	1,62	2,06	41,2
Γ2	Δ6	10,4-10,5	1,52	1,93	25,09
Γ2	Δ8	15,6-15,7	4,72	6,01	168,28
Γ2	Δ10	21,5-21,6	2,65	3,31	66,2
Γ2	Δ15	31,5-31,6	6,19	7,87	220,36
Γ2	Δ16	34-34,1	2,64	3,36	67,2
Γ2	Δ20	44,1-44,2	7	8,93	250,04
Γ2	Δ25	56,6-56,7	4,12	5,25	147
Γ2	Δ26	54,5-54,6	5,14	6,56	183,68
Γ3	Δ2	4,4-4,5	0,75	0,96	
Γ3	Δ3	7,8-7,9	1,03	1,27	
Γ3	Δ7	18,6-18,7	2,93	3,73	74,6
Γ3	Δ12	30-30,1	2,3	2,93	58,6
Γ3	Δ18	47,6-47,7	2,85	3,6	72
Γ6	Δ2	3,5-3,6	0,53	0,67	
Γ6	Δ3	5,6-5,7	0,6	0,76	
Γ6	Δ4	8-8,1	0,47	0,6	
Γ6	Δ6	10,1-10,2	0,62	0,79	
Γ6	Δ11	21,3-21,4	2,64	3,31	66,2
Γ6	Δ16	33,7-33,8	1,26	1,6	20,8
Γ6	Δ20	42,5-42,6	4,08	5,14	143,92
Γ6	Δ25	56,5-56,6	6,23	7,84	219,52
Γ6	Δ31	68,1-68,2	4,56	5,73	160,44
Σύνολα					3007,41
Μέσο σ_{ci}					100,247

Από τον Πίνακα 11, προκύπτει πως ο μέσος όρος των τιμών του σ_{ci} βάσει των αποτελεσμάτων της δοκιμής σημειακής φόρτισης είναι 100 MPa. Για να μπορέσουμε όμως να οδηγηθούμε σε αξιόπιστα αποτελέσματα πραγματοποιούμε κανονική κατανομή των τιμών του σ_{ci} του Πίνακα 11. Από την επεξεργασία προέκυψε μέση τιμή (mean value) ίση με 130 MPa και τυπική απόκλιση (standard deviation) ίση με 75 MPa. Αυτό που πρακτικά προκύπτει από την κανονική κατανομή είναι πως το 68 % των τιμών βρίσκεται μεταξύ των 55 και των 205 MPa, το 95,5 % μεταξύ των 0 και των 280 MPa και το 99,7 % μεταξύ των 0 και 355 MPa. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη του άρρηκτου βράχου κυμαίνεται μεταξύ των 100 και 130 MPa και για την παρούσα διπλωματική ειδίκευσης θα υιοθετηθεί η τιμή 100 MPa.

Εκτός της δοκιμής σημειακής φόρτισης P.L.T. πραγματοποιήθηκε και δοκιμή μονοαξονικής θλίψης βραχώδους δοκιμίου U.C.S. Τα αποτελέσματα της αντοχής των δοκιμίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. Η δοκιμή αυτή δίνει αποτελέσματα αντοχής χαμηλότερα σε σχέση με την επεξεργασία των τιμών της δοκιμής σημειακής φόρτισης και την αντοχή σε μονοαξονική θλίψη καθώς στην περίπτωση της σημειακής φόρτισης κάνουμε τη δοκιμή σε άρρηκτο βράχο, ενώ στην περίπτωση της δοκιμής μονοαξονικής θλίψης η δοκιμή πραγματοποιείται σε κομμάτι της βραχώμαζας. Στον Πίνακα 12 υπολογίζεται το μέσο σ_c ίσο με 56 MPa, ενώ αν εφαρμόσουμε το μέτρο των 0 έως 15 MPa για να αποκλειστούν τιμές ιδιαίτερα χαμηλών αντοχών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 12 στήλη σ_c , συμπεράνουμε πως δεν υπάρχει ιδιαίτερη διαφορά καθώς τώρα η μέση αντοχή είναι 57 MPa.

Πίνακας 12: Συγκεντρωτικός πίνακας καταγραφής των τιμών της δοκιμής U.C.S.

	Δείγμα	Βάθος	σ_c (Μpa)	σ_c (Μpa)
Γ1	Δ1	3,10-3,40	56,42	56,42
Γ1	Δ3	9,3-9,7	7,05	
Γ1	Δ7	17,4-17,7	56,42	56,42
Γ1	Δ9	25,0-25,3	47,38	47,38
Γ1	Δ11	33,0-33,2	36,98	36,98
Γ1	Δ14	39,5-39,8	37,91	37,91
Γ1	Δ16	45,2-45,5	37,17	37,17
Γ1	Δ19	51,0-51,4	37,91	37,91
Γ1	Δ23	58,5-58,8	46,94	46,94
Γ2	Δ2	3,8-4,1	63,24	63,24
Γ2	Δ7	13,4-13,7	5,29	
Γ2	Δ9	17,1-17,4	45,84	45,84
Γ2	Δ12	25,4-25,7	59,95	59,95
Γ2	Δ14	31,2-31,5	54,16	54,16
Γ2	Δ17	36,3-36,6	45,84	45,84
Γ2	Δ19	41,0-41,3	51,49	51,49
Γ2	Δ23	49,0-49,3	109,32	109,32
Γ2	Δ24	51,3-51,6	62,87	62,87
Γ2	Δ28	56,7-57	55,47	55,47
Γ2	Δ30	61,5-61,8	59,14	59,14
Γ2	Δ31	65,1-65,4	62,87	62,87
Γ2	Δ33	68,1-68,4	55,47	55,47
Γ2	Δ34	70,0-70,3	62,87	62,87
Γ3	Δ4	10,0-10,2	60,12	60,12
Γ3	Δ5	12,4-12,7	41,92	41,92
Γ3	Δ6	15,5-15,8	126,04	126,04
Γ3	Δ9	20,9-21,2	38,07	38,07
Γ3	Δ11	27,0-27,3	36,38	36,38
Γ3	Δ14	35,1-35,4	89,96	89,96
Γ3	Δ17	44,0-44,7	90,98	90,98
Γ3	Δ20	51,0-51,3	142,85	142,85
Γ3	Δ22	57,1-57,3	59,95	59,95
Γ3	Δ23	58,4-58,7	54,81	54,81
Σύνολο			1899,08	1886,74
Μέσο σ_c			55,85529	57,17394

Προσδιορισμός μέτρου ελαστικότητας, E_i

Το μέτρο ελαστικότητας E_i αποτελεί μια παράμετρο της βραχόμαζας που υπολογίζεται μαζί με την αντοχή σε μονοαξονική θλίψη βραχώδους δοκιμίου στην αντίστοιχη δοκιμή. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικός πίνακας των τιμών του μέτρου ελαστικότητας.

	Δείγμα	Βάθος (m)	E (Mpa)
Γ1	Δ1	3,1-3,4	4700,00
Γ1	Δ3	9,3-9,7	3200,00
Γ1	Δ7	17,4-17,7	6130,43
Γ1	Δ9	25,0-25,3	10367,00
Γ1	Δ11	33,0-33,2	3363,64
Γ1	Δ14	39,5-39,8	5437,91
Γ1	Δ16	45,2-45,5	4289,86
Γ1	Δ19	51,0-51,4	4868,42
Γ1	Δ23	58,5-58,8	12448,28
Γ2	Δ2	3,8-4,1	18500,00
Γ2	Δ7	13,4-13,7	396,40
Γ2	Δ9	17,1-17,4	2889,34
Γ2	Δ12	25,4-25,7	10846,15
Γ2	Δ14	31,2-31,5	9500,00
Γ2	Δ17	36,3-36,6	9168,83
Γ2	Δ19	41,0-41,3	3568,00
Γ2	Δ23	49,0-49,3	9038,46
Γ2	Δ24	51,3-51,6	10422,54
Γ2	Δ28	56,7-57,0	7102,56
Γ2	Δ30	61,5-61,8	17375,00
Γ2	Δ31	65,1-65,4	11935,48
Γ2	Δ33	68,1-68,4	7390,00
Γ2	Δ34	70,0-70,3	12741,38
Γ3	Δ4	10,0-10,2	19611,11
Γ3	Δ5	12,4-12,7	7853,93
Γ3	Δ6	15,5-15,8	7808,99
Γ3	Δ9	20,9-21,2	3781,42
Γ3	Δ11	27,0-27,3	6763,00
Γ3	Δ14	35,1-35,4	3781,42
Γ3	Δ17	44,0-44,7	8705,88
Γ3	Δ20	51,0-51,3	7320,00
Γ3	Δ22	57,1-57,3	8825,00
Γ3	Δ23	58,4-58,7	14620,00

Προσδιορισμός της σταθεράς του υλικού, m_i

Η σταθερά m_i είναι χαρακτηριστική για κάθε τύπο βράχου και εξαρτάται από τις ιδιότητές του. Ο προσδιορισμός της πραγματοποιείται μέσω ενός πίνακα που φαίνεται στο Σχήμα 58, που φανερώνει την τιμή της σταθεράς ανά κατηγορία πετρογραφικού τύπου. Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 58, η τιμή της σταθεράς που λαμβάνει ο μεταγρανодиρίτης (γνεύσιος) είναι 28 ± 5 . Σύμφωνα με τους Tsiambaos & Saroglou (2006) με τις μετρήσεις στο γνεύσιο της Βέροιας και τον Θωμόπουλος Αχιλλέας (2009), για τον γνεύσιο της σήραγγας του Συμβόλου στην Καβάλα, η τιμή της σταθερά m_i προσδιορίζεται στο 28.

Τύπος	Ομάδα	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ				
		Χονδρή	Μέση	Λεπτή	Πολύ λεπτή	
ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ	Κλαστικό	Κροκαλοπαγή *	Ψαμμίτες 17 ± 4	Ιλυόλιθοι 7 ± 2	Αργιλόλιθοι 4 ± 2	
		Λατυποπαγή *		Γραουβάκες (18 ± 3)	Αργ.σχιστόλιθοι (6 ± 2) Μάρμες (7 ± 2)	
	Μη κλαστικό	Ανθρακικά	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι (12 ± 3)	Σπαρτικοί Ασβεστόλιθοι (10 ± 2)	Μικριτικοί Ασβεστόλιθοι (9 ± 2)	Δολομίτες (9 ± 3)
		Εβαπορίτες		Γύψος 8 ± 2	Ανυδρίτης 12 ± 2	
	Οργανικά				Κρητίν 7 ± 2	
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ	Μη πτυχωμένα	Μάρμαρο 9 ± 3	Κερατόλιθοι (19 ± 4) Μεταψαμμίτες (19 ± 3)	Χαλαζίτες 20 ± 3		
	Ελαφρά πτυχωμένα	Μιγματίτες (29 ± 3)	Αμφιβολίτες 26 ± 6	Γνεύσιοι 28 ± 5		
	Πτυχωμένα**		Σχιστόλιθοι 12 ± 3	Φυλλίτες (7 ± 3)	Σχίστες 7 ± 4	
ΠΥΡΙΓΕΝΗ	Πλουτώνια	Ανοικτό- χρωμα	Γρανίτης 32 ± 3 Διορίτης 25 ± 5 Γρανодиρίτης (29 ± 3)			
		Σκοτεινό- χρωμα	Γάββρος 27 ± 3 Νορίτης 20 ± 5	Δολερίτης (16 ± 5)		
	Υποαβυσσικά	Πορφύρης (20 ± 5)		Διαβάσης (15 ± 5)	Περιδοίτης (25 ± 5)	
	Ηφαιστειακά	Λάβα		Ρυόλιθος (25 ± 5) Ανδεσίτης 25 ± 5	Δακίτης (25 ± 3) Βασάλιτης (25 ± 5)	
		Πυροκλαστικά	Κροκαλοπαγή (19 ± 3)	Ηφ.Λατυποπαγή (19 ± 5)	Τόφφοι (13 ± 5)	

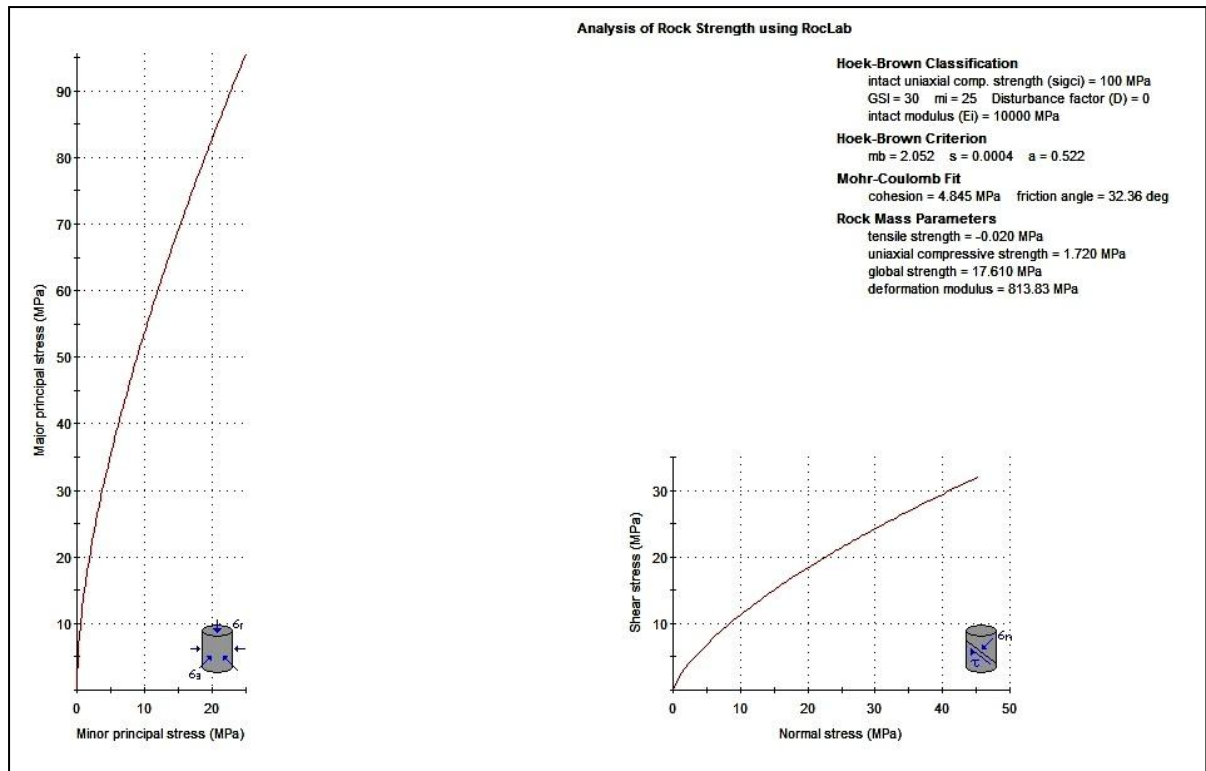
Σχήμα 58: Προσδιορισμός m_i σε σχέση με τον τύπο του πετρώματος (Hoek and Marinos, 2000).

3.7. Προσδιορισμός παραμέτρων βραχόμαζας

Συγκεντρώνοντας τα στοιχεία του προσδιορισμού των μηχανικών παραμέτρων G.S.I., E_i , σ_{ci} και m_i και χρησιμοποιώντας το κριτήριο Hoek and Brown, μέσω της εφαρμογής RocLab του RocScience μπορούμε να προσδιορίσουμε τα τελικά αποτελέσματα ποσοτικοποίησης του γεωυλικού, δηλαδή των προσδιορισμό των παραμέτρων συνοχή, c , γωνία τριβής, ϕ και παραμορφωσιμότητα, E_m . Η διαδικασία αυτή θα πραγματοποιηθεί για τις τέσσερις διαφορετικές τεχνικογεωλογικές ενότητες έτσι όπως αυτές προσδιορίστηκαν πιο πάνω. Για τις διαφορετικές αυτές ενότητες σημειώνονται επίσης διαφορετικά χαρακτηριστικά του άρρηκτου βράχου.

Τεχνικογεωλογική ενότητα I

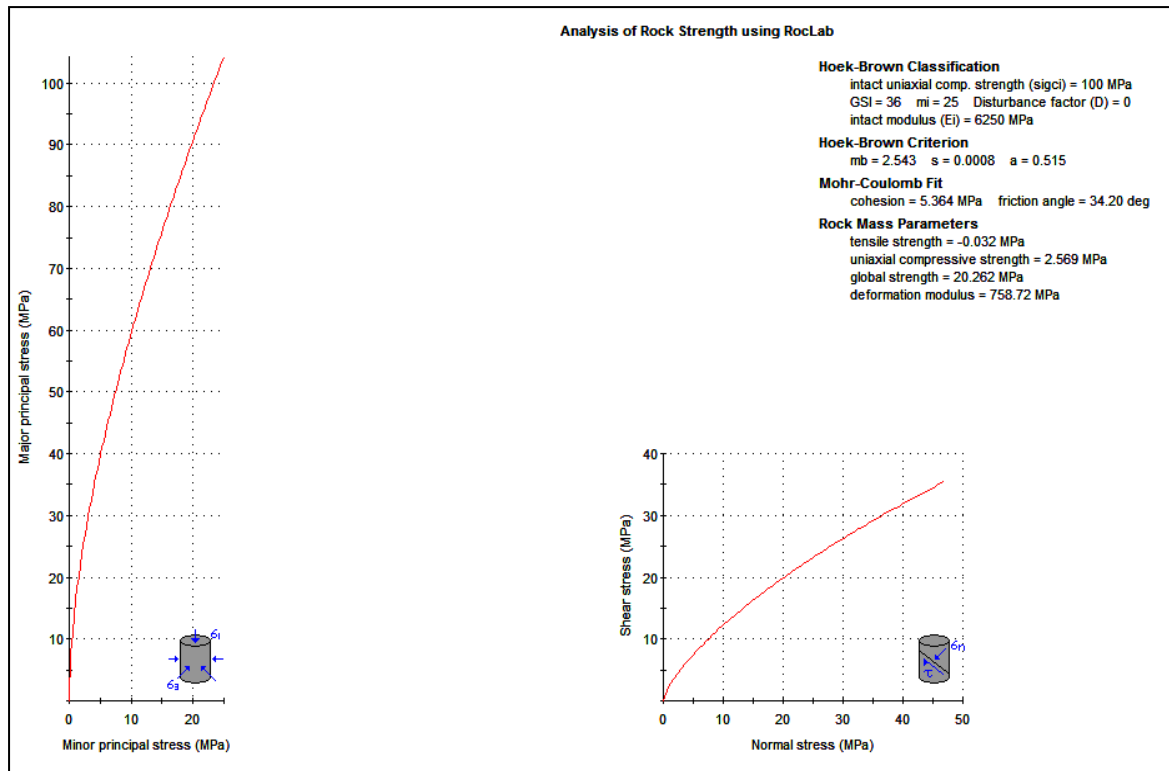
Η τεχνικογεωλογική ενότητα I αποτελείται από τις δύο επιφανειακές περιοχές του αποσαθρωμένου μεταγρανодиρίτη. Στην ενότητα αυτή, το G.S.I. έχει προσδιοριστεί στο 30. Η μονοαξονική θλιπτική αντοχή άρρηκτου βράχου σ_{ci} είναι 100 MPa, το m_i είναι 25 για τις αποσαθρωμένες περιοχές και το μέτρο ελαστικότητας είναι 10.000 MPa. Μέσω της εφαρμογής RocLab, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 59, προκύπτουν τα μηχανικά χαρακτηριστικά συνοχή c , γωνία τριβή ϕ και παραμορφωσιμότητα E_m . Στη συγκεκριμένη περίπτωση η συνοχή είναι 4.84 MPa, η γωνία τριβής είναι 32,36° και η παραμορφωσιμότητα 813 MPa.



Σχήμα 59: Μηχανικά χαρακτηριστικά για την τεχνικογεωλογική ενότητα I, μέσω της εφαρμογής RocLab.

Τεχνικογεωλογική ενότητα II

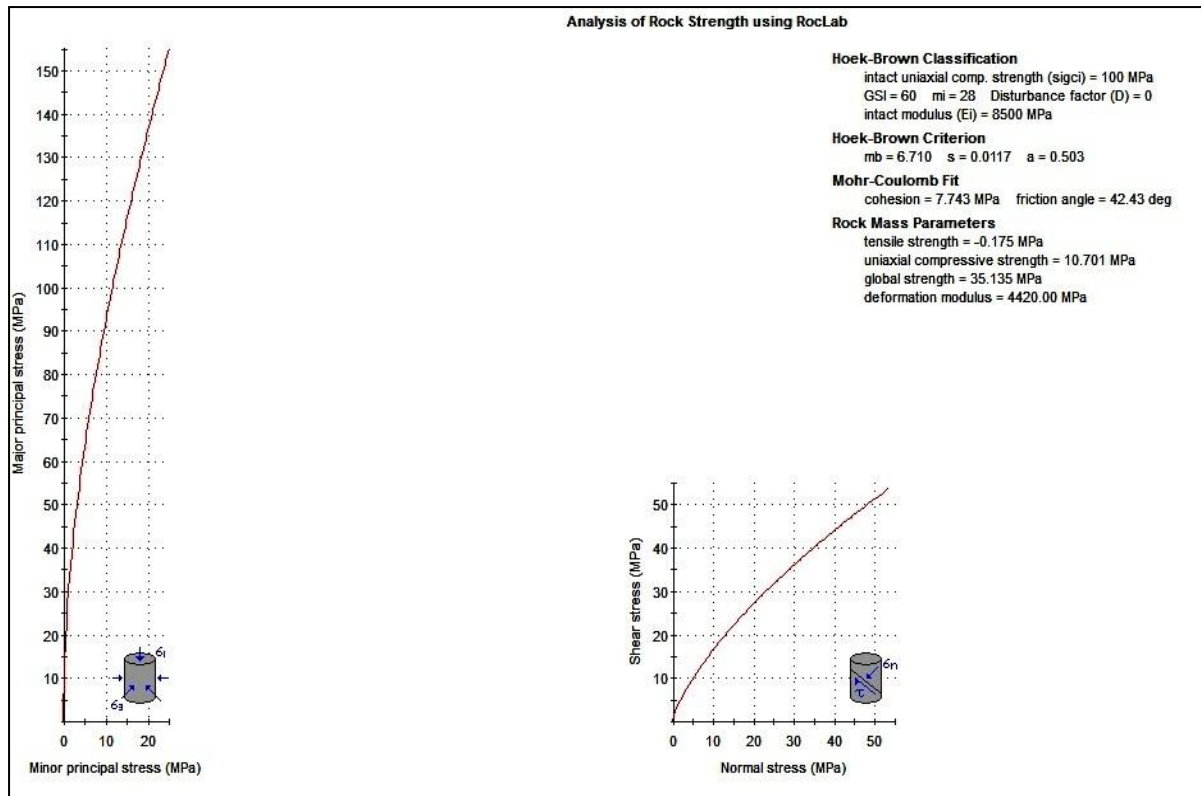
Η τεχνικογεωλογική ενότητα II αποτελείται από μια περιοχή που βρίσκεται σε μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με την τεχνικογεωλογική ενότητα I, όπου συναντάται αποσαθρωμένος μεταγρανодиρίτης. Στη ζώνη αυτή το G.S.I. έχει προσδιοριστεί στο 36, η μονοαξονική θλιπτική αντοχή σ_{ci} είναι 100 MPa και το m_i είναι 25. Το μέτρο παραμορφωσιμότητας είναι 6250 MPa. Χρησιμοποιώντας ξανά την εφαρμογή του RocLab, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 60, η συνοχή c είναι 5,36 MPa, η γωνία τριβής είναι $34,2^\circ$ και η παραμορφωσιμότητα είναι 758,72 MPa.



Σχήμα 60: Μηχανικά χαρακτηριστικά για την τεχνικογεωλογική ενότητα II, μέσω της εφαρμογής RocLab.

Τεχνικογεωλογική ενότητα III

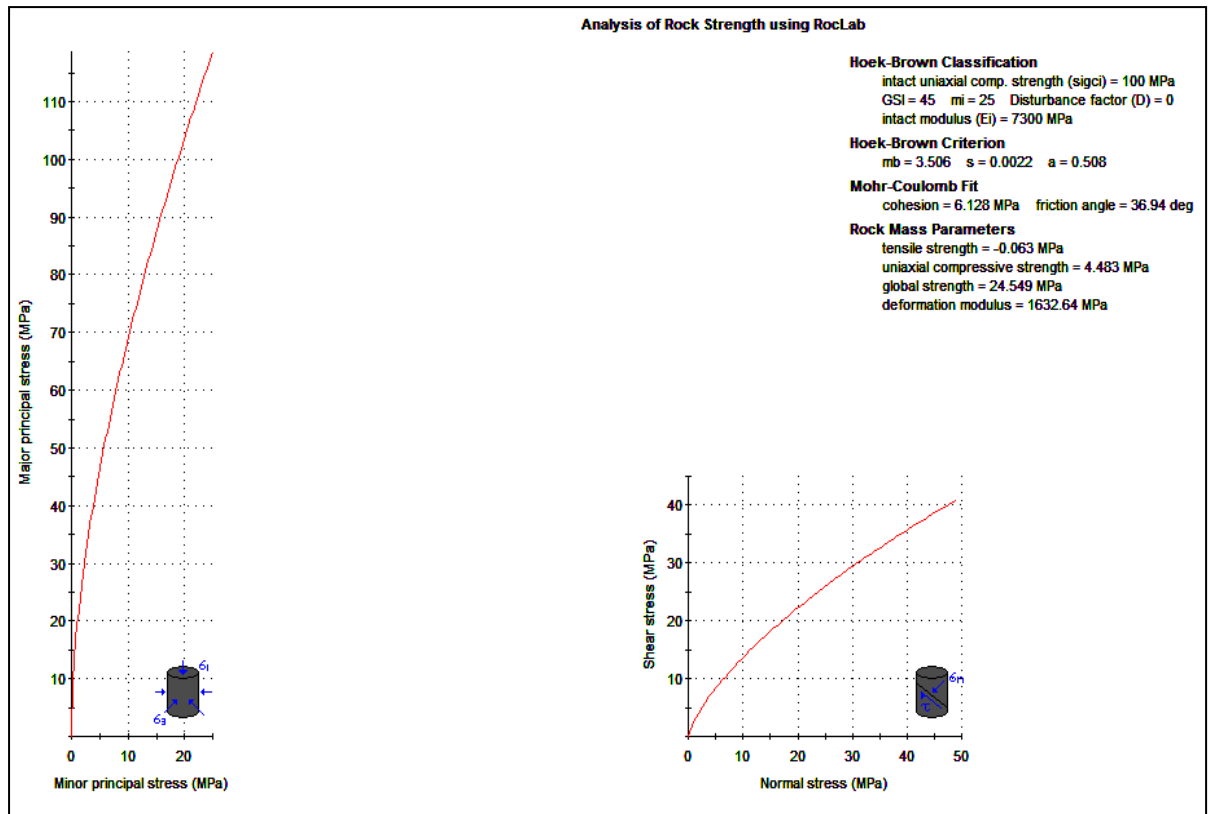
Στην τεχνικογεωλογική ενότητα III συναντάμε τον κυρίως μεταγρανодиρίτη, το υγιές κομμάτι του, που καλύπτει τη μεγαλύτερη έκταση στην περιοχή. Στην ενότητα αυτή το G.S.I. είναι 60, η μονοαξονική θλιπτική αντοχή σ_{ci} είναι 100 MPa, η σταθερά m_i για τον υγιή μεταγρανодиρίτη προσδιορίζεται στο 28, όπως ορίζεται από τον πίνακα του m_i στο Σχήμα 58 και το μέτρο ελαστικότητας προσδιορίστηκε στα 8500 MPa. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή RocLab προκύπτει πως η συνοχή c είναι 7,74 MPa, η γωνία τριβής είναι 42,43° και η παραμορφωσιμότητα 4420 MPa. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται και στο Σχήμα 61.



Σχήμα 61: Μηχανικά χαρακτηριστικά για την τεχνικογεωλογική ενότητα III, μέσω της εφαρμογής RocLab.

Η τελευταία τεχνικογεωλογική ενότητα αναφέρεται στον αποσαθρωμένο μεταγρανодиρίτη. Για την ενότητα αυτή το G.S.I. έχει προσδιοριστεί στο 45, η μονοαξονική θλιπτική αντοχή σ_{ci} είναι 100 MPa, η παράμετρος m_i είναι 25 για τον αποσαθρωμένο μεταγρανодиρίτη και το μέτρο ελαστικότητας είναι 7300 MPa. Εφαρμόζοντας ξανά την εφαρμογή RocLab προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα. Η συνοχή c είναι 6,12 MPa, η γωνία τριβής ϕ είναι 36,94° και η παραμορφωσιμότητα είναι 1632,64 MPa, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 62.

Στον Πίνακα 14, παρουσιάζονται συνοπτικά τα μηχανικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων τεχνικογεωλογικών ενότητων.



Σχήμα 62: Μηχανικά χαρακτηριστικά για την τεχνικογεωλογική ενότητα IV, μέσω της εφαρμογής RocLab.

Πίνακας 14: Συγκεντρωτικός πίνακας των μηχανικών χαρακτηριστικών ανά τεχνικογεωλογική ενότητα.

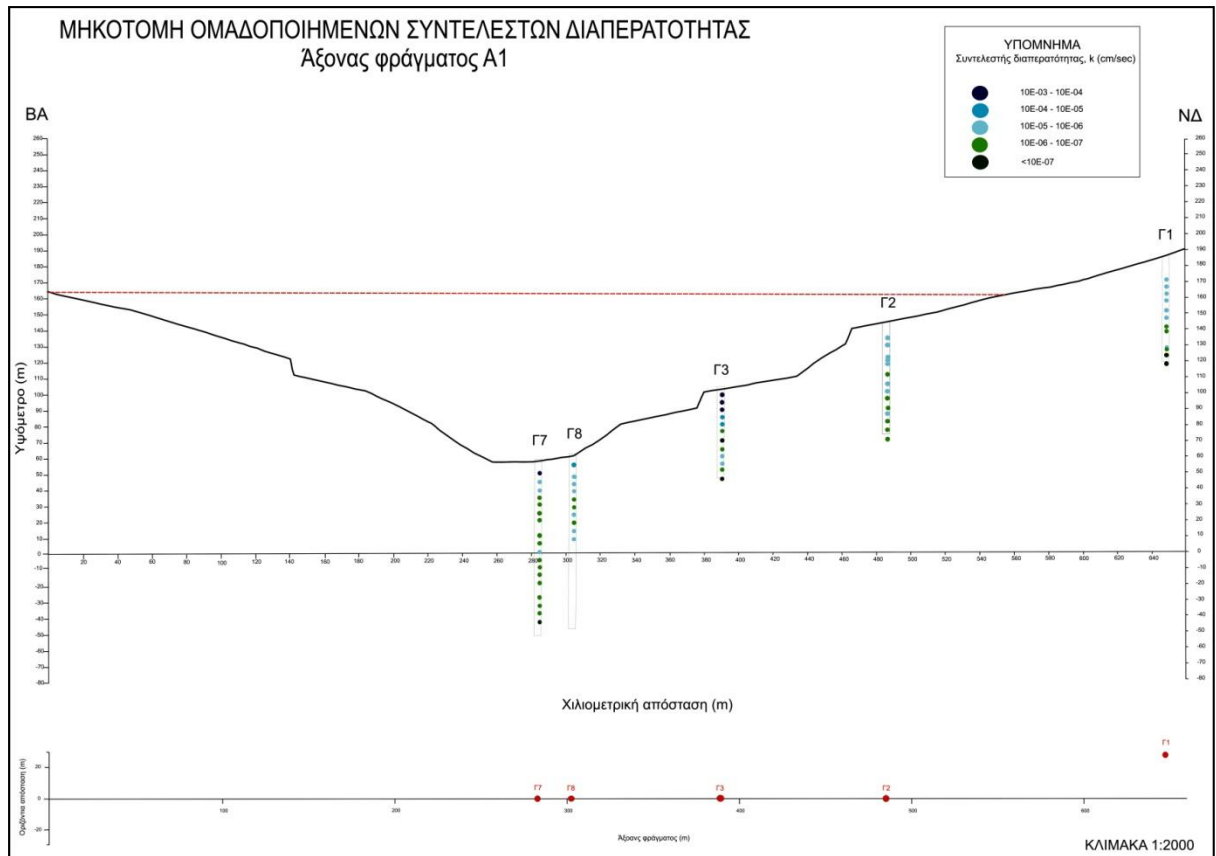
	T.E. I	T.E. II	T.E. III	T.E. IV
R.Q.D. (%)	19	22	60	26
G.S.I.	30	36	60	50
R.M.R.	43	56	63	38
E_i (Mpa)	10000	6250	8500	7300
σ_{ci} (Mpa)	100	100	100	100
m_i	25	25	28	25
c (Mpa)	4,84	5,36	7,74	6,12
φ ($^\circ$)	32,36	34,2	42,43	36,94
E_m (Mpa)	813	758,72	4420	1632,64

3.8. Καθεστώς υπόγειων υδάτων

Συντελεστής περατότητας

Το καθεστώς της συνολικής περατότητας που διέπει το προφίλ του άξονα, ακολουθεί μία ομαλή διακύμανση από την επιφάνεια προς μεγαλύτερα βάθη. Είναι φανερό ότι στα πρώτα μέτρα των δοκιμών, ο συντελεστής περατότητας, λαμβάνει υψηλές τιμές της τάξης του 10^{-3} και 10^{-4} cm/sec, απορροφήσεις που συνδέονται με ιζηματογενείς σχηματισμούς και τη χαλαρή-αποσαθρωμένη βραχώμαζα. Στην κυρίως αποσαθρωμένη βραχώμαζα, οι τιμές της απορρόφησης ανέρχονται σε μεγαλύτερες της τάξης του 10^{-5} cm/sec ενώ φθάνοντας στην υγιή βραχώμαζα αγγίζουν το 10^{-6} έως και μεγαλύτερες του 10^{-7} cm/sec.

Τα αποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών ομαδοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με τις απορροφήσεις που σημειώθηκαν, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 63. Οι κατηγορίες αυτές είναι $10^{-3} - 10^{-4}$, $10^{-4} - 10^{-5}$, $10^{-5} - 10^{-6}$, $10^{-6} - 10^{-7}$ και $>10^{-7}$ cm/sec, ομάδες οι οποίες χαρακτηρίζουν τη διαπερατότητα των εδαφικών σχηματισμών και της βραχώμαζας. Στη γεώτρηση Γ1, μέχρι τα 31,8 m η διαπερατότητα είναι της τάξης του $10^{-5} - 10^{-6}$ cm/sec. Έπειτα μέχρι τα 51 m είναι της τάξης του $10^{-6} - 10^{-7}$ και τέλος μέχρι τα 60 m είναι της τάξης του $<10^{-7}$ cm/sec. Στη Γ2, από την επιφάνεια έως τα 40,5 m η διαπερατότητα είναι της τάξης του $10^{-5} - 10^{-6}$ και μέχρι τα 71,1 m είναι της τάξης του $10^{-6} - 10^{-7}$ cm/sec. Στη γεώτρηση Γ3, μέχρι το βάθος των 15,9 m, η διαπερατότητα είναι της τάξης του $<10^{-4}$. Έπειτα μέχρι τα 25,2 m είναι της τάξης του $10^{-4} - 10^{-5}$. Συνεχίζοντας μέχρι τα 54,1 m υπολογίστηκε στα $10^{-5} - 10^{-6}$ και $10^{-6} - 10^{-7}$ και τέλος στα 60 m υπολογίστηκαν μικρότερες περατότητες. Στην Γ7, ο συντελεστής διαπερατότητας είναι σχετικά υψηλός κοντά στην επιφάνεια του εδάφους της τάξης των 10^{-3} cm/sec και έπειτα μέχρι το τέλος είναι της τάξης του $10^{-5} - 10^{-7}$ και $>10^{-7}$. Τέλος στην Γ8, αρχικά μέχρι το 10,4 m, ο συντελεστής διαπερατότητας, είναι $10^{-4} - 10^{-5}$ cm/sec και μέχρι το τέλος της γεώτρησης είναι της τάξης του $10^{-5} - 10^{-6}$ cm/sec.



Σχήμα 63: Μηκοτομή των τιμών του συντελεστή περατότητας K.

Πιεζομετρία

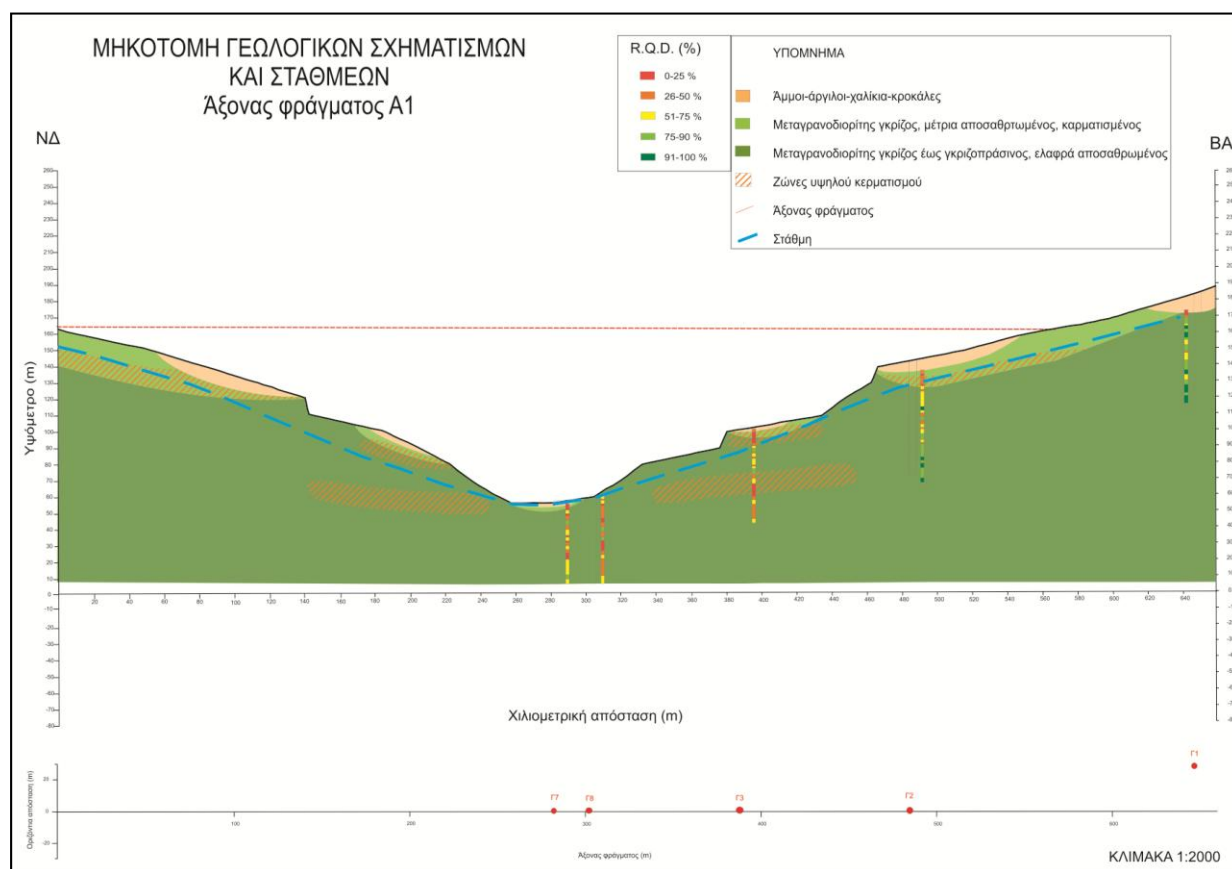
Η πιεζομετρία και η στάθμη του υπόγειου νερού αποτελούν σημαντικό παράγοντα που συμβάλει με καθοριστικό ρόλο στην κατασκευή και λειτουργία του φράγματος. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής των γεωτρήσεων και της πραγματοποίησης των δοκιμών εισπίεσης, καταγράφεται η πρωινή και η βραδινή στάθμη.

Χρησιμοποιώντας την πρωινή μέτρηση, καθώς αυτή βρίσκεται σε σχετική ηρεμία και ισορροπία, καταγράφεται η πιεζομετρία της περιοχής. Από τη σχηματική απεικόνιση της πιεζομετρίας στο γράφημα, αντιλαμβανόμαστε πως σε κύρια βάση η πιεζομετρική γραμμή τοποθετείται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και επίσης μέσα στον υγρή μεταγρανодиορίτη. Στον Πίνακα 15 καταγράφονται οι πρωινές στάθμες που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια των εργασιών. Η μικρότερη μέση απόσταση της στάθμης σημειώνεται στη γεώτρηση Γ7 όπου εντοπίζεται στο 1 m, και η μεγαλύτερη στη γεώτρηση Γ3 στην οποία εντοπίζεται στα 19,6 m. Στο διάστημα της πλαγιάς, η πιεζομετρία κυμαίνεται μεταξύ 6 και 19 m ενώ στο κεντρικό τμήμα

του άξονα η στάθμη είναι στο 1 m. Το γεγονός αυτό αποδίδει μία βραχύμαζα αδιαπέρατη κατά γενική εικόνα καθώς λόγω ακριβώς αυτής της ιδιότητάς της το νερό δεν μπορεί να εισχωρήσει σε βαθύτερα σημεία.

Πίνακας 15: Καταγραφή στάθμων κατά τη διάρκεια των εργασιών.

	ΠΡΩΙΝΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΟΔΟ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ						ΜΕΤΑΓ. ΜΕΤΡΗΣΗ	Μέση στάθμη
	Γ1	28/5/2008	29/5/2008	30/5/2008	31/5/2008			26/6/2008
	2,3	1,9	1,8	13,5			11,66	
Γ2	2/6/2008	3/6/2008	4/6/2008	5/6/2008	6/6/2008		26/6/2008	12,75
	10	10,5	11	10,2	9,7		25,15	
Γ3	4/6/2008	5/6/2008	6/6/2008	7/6/2008	8/6/2008		26/6/2008	19,6
	ΣΤΕΓΝΗ	16	14,5	14	14,2		39,34	
Γ7	22/6/2009	24/6/2009	27/6/2009	30/6/2009	5/7/2009	9/7/2009		1
	1	1	1	1	1	1		
Γ8	3/6/2009	6/6/2009	9/6/2009	11/6/2009	15/6/2009	18/6/2009		1,58
	2,5	2,5	2	2,5	0	0		



Σχήμα 64: Μηκτομή απεικόνισης των στάθμων.

3.9 Συμπεράσματα

Συμπεράσματα

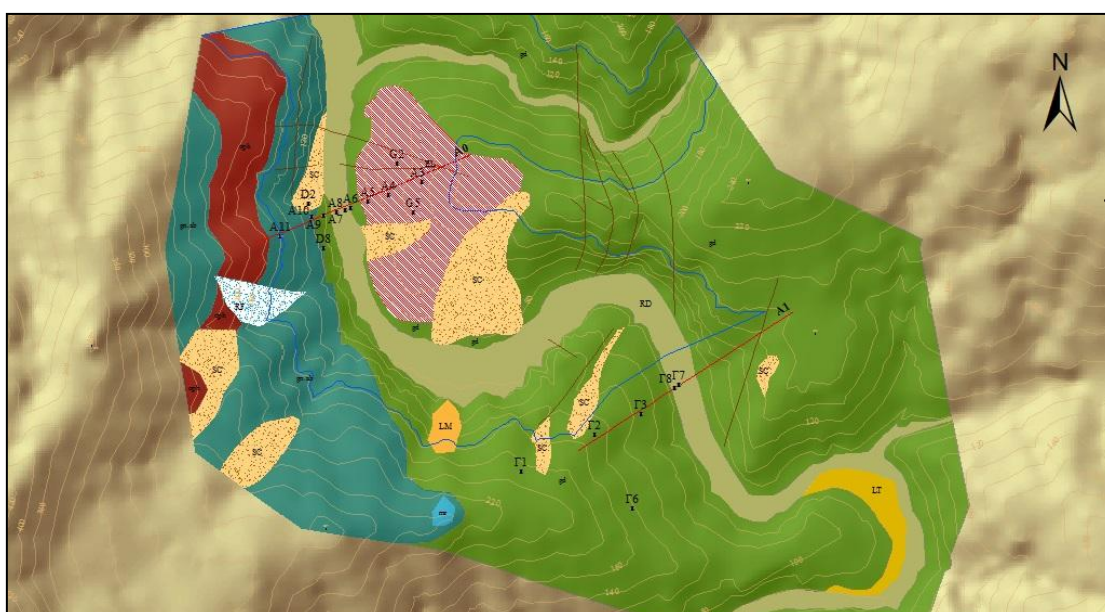
- 1) Σε όλη την περιοχή τηρείται ομαλή στρωματογραφική ακολουθία. Αρχικά υπάρχουν τα εδαφικά υλικά που συνθέτονται από υλικά κοίτης αλλά και θραύσματα και ογκόλιθους μεταγρανодиορίτη που βρίσκεται παρακάτω. Έπειτα ακολουθεί ο αποσαθρωμένος μεταγρανодиορίτης και τέλος ο υγιής μεταγρανодиορίτης.
- 2) Τα συστήματα διακλάσεων και ρηγματώσεων είναι έντονα στον αποσαθρωμένο σχηματισμό και όσο πιο βαθιά εισερχόμαστε στο υγιές υλικό τόσο λιγότερο έντονες είναι. Στο αριστερό αντέρεισμα παρατηρείται παρουσία περισσότερων ρηγμάτων ακόμα και σε μικρά βάθη 10 έως 30 m.
- 3) Βάση των διακλάσεων και των ρηγματώσεων, κατανέμεται και ο βαθμός του συντελεστή περατότητας. Παρατηρείται μια αναλογία μεταξύ του βαθμού ρηγματώσης και της περατότητας. Σε μικρά βάθη όπου συναντάμε τον αποσαθρωμένο μεταγρανодиορίτη, η περατότητα είναι αυξημένη σε σχέση με την περατότητα σε μεγαλύτερα βάθη όπου συναντάμε τον υγιή μεταγρανодиορίτη.
- 4) Οι συντελεστές R.Q.D., G.S.I. και R.M.R ακολουθούν μια διαβάθμιση σε σχέση με το βάθος και στα δύο αντερείσματα. Εντοπίζονται βέβαια περιοχές με υποβαθμισμένα χαρακτηριστικά – ζώνες υψηλού κερματισμού. Οι ζώνες αυτές αποτελούν σημαντικά σημεία καθώς η ποιότητα της βραχώμαζας είναι χαμηλή και προκαλούνται αστοχίες.
- 5) Είναι σαφές ότι, η περιοχή, λόγω της γεωτεκτονικής της τοποθέτησης και προέλευσης, έχει υποστεί έντονες τεκτονικές δράσεις, συμπιεστικές και εφελκυστικές. Το γεγονός αυτό εξηγεί τις έντονες ρηγματώσεις και τα ρήγματα που παρουσιάζονται σε μικρά αλλά και μεγαλύτερα βάθη στα αντερείσματα της κοιλάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

4.1 Επιλογή θέσης φράγματος

Η εύρεση της καταλληλότερης θέσης για την έδραση του φράγματος αποτελεί το αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου. Υπάρχουν δύο προτεινόμενες θέσεις κατασκευής του φράγματος. Για τις δύο αυτές θέσεις έχουν πραγματοποιηθεί ερευνητικά προγράμματα χαρτογράφησης και γεωτρήσεων.



Σχήμα 1: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Ιάσμου. Απεικονίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι δύο πιθανοί άξονες φράγματος A0-A1, με έμφαση στον άξονα A0, τα γειτονικά πετρώματα, οι εγκάρσιοι άξονες και οι ερευνητικές γεωτρήσεις (Κλίμακα: 1:51.000). RD: αποθέσεις κοίτης, EL: ελουβιακός μανδύας, RF: ογκόλιθοι γενεσίων, SC: πλευρικά κορήματα, LM: υλικά διάβρωσης και παλαιών κατολισθήσεων, LT: παραποτάμιες αποθέσεις, gn.ab: αμφιβολιτικός γενεύσιος, orh: οφειόλιθος, mr: μάρμαρα, gd: μεταγρανодиοριτής. (Τροποποιημένος χάρτης από: Αλεξιάδου, 2008).

Άξονας A0

Η πρώτη θέση τοποθετείται στη περιοχή που φανερώνεται στο Σχήμα 1, όπου φαίνεται ο άξονας A0. Από τη γεωμορφολογία που εμφανίζεται στο χάρτη φαίνεται πως η έδραση του αριστερού τμήματος του σώματος του φράγματος τοποθετείται σε ένα στένωμα που υπάρχει, το οποίο έχει δημιουργηθεί από τη δράση των χειμάρρων του Ιάσμου και του Θαμύριδου. Στην περιοχή της ράχης αυτής δημιουργείται ένας

αυχένας μήκους 400 m που προκαλεί ποικίλα προβλήματα. Αυτά αναφέρονται κυρίως σε προβλήματα στεγανότητας-διαφυγών και ευστάθειας του αριστερού αντερείσματος. Επίσης, συναντώνται αρκετά εδαφικά υλικά και στα δύο αντερείσματα κυρίως πλευρικά κορήματα και υλικά παλαιότερων μικρών καταπτώσεων.

Τα βραχώδη υλικά είναι καλυμμένα από τα εδαφικά σχεδόν σε όλο το μήκος των αντερείσμάτων. Από τις ερευνητικές γεωτρήσεις είναι φανερό πως υπάρχουν αποσαθρωμένα τμήματα σε μικρά βάθη και κερματισμένες ζώνες σε μεγαλύτερα βάθη. Ο αυχένας του αριστερού αντερείσματος του Άξονα Α0, Σχήμα 2, δημιουργεί μικρή εγκάρσια διαδρομή του νερού, γεγονός που ενδέχεται να προκαλέσει διαρροές στον ταμιευτήρα αλλά και προβλήματα στην εφαρμογή των τύπων στεγανοποίησης, δηλαδή της κουρτίνας τσιμεντενέσεων. Είναι εμφανής ο κερματισμός στο Σχήμα 3, λόγω τεκτονισμού που τοποθετείται στο νότιο τμήμα του στενώματος.



Σχήμα 2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Ιάσμου με έμφαση στην περιοχή του αυχένα (Κλίμακα: 1:51.000). Απεικονίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι δύο πιθανοί άξονες φράγματος Α0-Α1, με έμφαση στον άξονα Α1, τα γειτονικά πετρώματα, οι εγκάρσιοι άξονες και οι ερευνητικές γεωτρήσεις. RD: αποθέσεις κόιτης, EL: ελουβιακός μανδύας, RF: ογκόλιθοι γενεσίων, SC: πλευρικά κορήματα, LM: υλικά διάβρωσης και παλαιών κατολισθήσεων, LT: παραποτάμιες αποθέσεις, gn.ab: αμφιβολιτικός γενεύσιος, orh: οφειόλιθος, mr: μάρμαρα, gd: μεταγρανодиορίτης. (Τροποποιημένος χάρτης από: Αλεξιάδου, 2008).



Σχήμα 3: Διατμημένη ζώνη στο νότιο τμήμα του στενώματος, αριστερό αντέρεισμα του άξονα Α0.

Άξονας Α1

Η θέση του Άξονα Α1 βρίσκεται σχεδόν 800 m νότια της πρώτης, Σχήμα 4. Στη θέση αυτήν το ανάγλυφο είναι σχετικά έντονο και στα δύο αντερείσματα, με μεγαλύτερη έξαρσή του στο αριστερό. Η γεωλογική διάταξη είναι αντίστοιχη με αυτήν στον Άξονα Α0. Ένα πρόβλημα που εντοπίζεται στη θέση αυτήν, είναι στο αριστερό αντέρεισμα όπου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εκσκαφή της απότομης πλαγιάς με την διάνοιξη ενός λατομικού χώρου εξαγωγή γαιωδών υλικών για το σώμα του φράγματος για να πραγματοποιηθεί η έδραση του φράγματος. Είναι σαφές πως η θέση αυτή είναι καταλληλότερη σε σχέση με τον Άξονα Α0 καθώς οι εργασίες στεγανοποίησης και θεμελίωσης είναι ευνοϊκότερες. Επισημαίνεται η ύπαρξη του συστήματος διακλάσεων που βρίσκεται στον αυχένα, βόρεια της θέσης του Άξονα Α1. Η προέκταση των διακλάσεων προς το νότο συναντά το φράγμα με κλίση σχεδόν κάθετη προς αυτό. Σε ενδεχόμενη διεύρυνση των διακλάσεων προς το νότο θα επηρεαστεί το σώμα του φράγματος της θέσης κατασκευής Α1. Επίσης η πρόκληση διαρροών του ταμιευτήρα μέσω των έντονων διακλάσεων αποτελεί και στη θέση αυτή πιθανό ενδεχόμενο.



Σχήμα 4: Άποψη των δύο προτεινόμενων αξόνων, λήψη φωτογραφίας από το δεξί αντέρεισμα του Α0.

4.2 Επιλογή τύπου φράγματος

Η επιλογή του τύπου φράγματος που θα χρησιμοποιηθεί στην περιοχή έρευνας εξαρτάται από τα ιδιαίτερα τεχνικογεωλογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της κάθε θέσης και τη συμπεριφορά της βραχώμαζας για κάθε τύπο. Παρακάτω θα πραγματοποιηθεί μια παρουσίαση των χαρακτηριστικών (θετικών και αρνητικών) που έχουν επισημανθεί για τους διάφορους τύπους φραγμάτων. Οι τύποι είναι: α) χωμάτινο φράγμα με αργιλικό πυρήνα, β) χωμάτινο φράγμα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος, γ) φράγμα σκληρού επιχώματος (αξονομετρικό) δ) τσιμεντένιο φράγμα βαρύτητας και ε) τοξωτό φράγμα.

α) Χωμάτινο φράγμα με αργιλικό πυρήνα

Το χωμάτινο φράγμα με αργιλικό πυρήνα κατασκευάζεται από γαιώδη υλικά με διαβάθμιση και στο κέντρο κατασκευάζεται ένας θεωρητικά αδιαπέρατος αργιλικός πυρήνας. Ο συγκεκριμένος τύπος αποτελεί κατάλληλη επιλογή για την περιοχή καθώς είναι ελαφριά κατασκευή, οι τάσεις της οποίας θα μπορούσαν να αποτονώνονται στη συγκεκριμένη βραχώμαζα. Είναι όμως πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί καθώς στην αναζήτηση δανειοθαλάμων στην περιοχή έρευνας, δεν εντοπίστηκε κάτι που να ικανοποιεί τις ανάγκες σε αργιλικά υλικά μεγάλης ποσότητας και οι πλησιέστεροι δανειοθάλαμοι βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τη θέση του φράγματος στο πεδινό τμήμα του ποταμού Ιάσμου, γεγονός που θα αποδειχθεί δαπανηρό ως προς την υλοποίησή του.

β) Χωμάτινο φράγμα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος

Τα χωμάτινα φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος κατασκευάζονται ως λιθόρριπτα. Δεν έχουν τη διαβάθμιση υλικού, όπως έχουν τα χωμάτινα, αλλά το σώμα τους αποτελείται συμπαγές υλικό σε στρώσεις. Σαν αδιαπέρατο μέσο χρησιμοποιείται μια πλάκα σκυροδέματος στο ανάντη τμήμα του φράγματος που εξασφαλίζει τη στεγανότητα του φράγματος, κάποια γεωμεμβράνη ή ασφαλοτάπητας. Τέτοιου τύπου φράγμα ενδείκνυται στην περιοχή καθώς τα βραχώδη υλικά (μεταγρανιοδιορίτη) τα οποία θα πρέπει να εκσκαφτούν για την έδραση του φράγματος, μπορούν να διατεθούν για τη λιθορριπή, καθώς δεν χρειάζεται συγκεκριμένου τύπου διαβαθμισμένο υλικό. Επιπλέον, η απουσία αργιλικών υλικών σε δανειοθαλάμους στην περιοχή, οδήγησε στη χρήση ανάντη

πλάκας σκυροδέματος. Η εύκαμπτη κατασκευή του έχει το πλεονέκτημα της αποδοχής σημαντικών παραμορφώσεων χωρίς να μπαίνει σε κίνδυνο η στατικότητα του φράγματος και επίσης μπορεί να δεχτεί σεισμικά φορτία. Βάση της ανάλυσης των σεισμικών στοιχείων που πραγματοποιήθηκε παραπάνω, σεισμικά φορτία μεγάλης έντασης είναι πιθανό να εμφανιστούν στην περιοχή. Η εκτεταμένη εκσκαφή που προτείνεται στο αριστερό αντέρεισμα, λόγω των έντονων κλίσεων στην περιοχή, δεν αποτελούν ιδιαίτερο πρόβλημα καθώς τα υλικά αυτά θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στη λιθορριπή.

γ) Φράγμα σκληρού επιχώματος (αξονομετρικό)

Τα φράγματα σκληρού επιχώματος – αξονομετρικά (soilcrete) αποτελούν έναν τύπο φράγματος που κατασκευάζονται από την ανάμιξη γαιωδών υλικών και τσιμέντου. Στην περιοχή έρευνας εντοπίζονται δανειοθάλαμοι με καλής ποιότητας υλικά κατάλληλα για την κατασκευή και επιπλέον η κατασκευή τέτοιου τύπου φράγματος είναι σχετικά απλή εφόσον ο σχεδιασμός είναι αντίστοιχος. Από την άλλη, για να υπάρξει στεγανότητα του σώματος του φράγματος, θα πρέπει να κατασκευαστεί ανάντη πλάκα σκυροδέματος καθώς επίσης να διαβαθμιστούν τα υλικά στο σώμα του φράγματος. Επίσης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος για αποστραγγίσεις που θα προκαλέσουν ενδεχομένως υποπίεσεις.

δ) Φράγμα βαρύτητας

Το φράγμα βαρύτητας με κυλινδρούμενο σκυρόδεμα (Roller-Compacted Concrete), αποτελεί επίσης μια εναλλακτική λύση για την επιλογή τύπου φράγματος. Ο συγκεκριμένος τύπος περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα σκυροδέματος σε σχέση με τα γαιώδη υλικά. Έχει την ικανότητα να παραλαμβάνει τάσεις είτε αυτές είναι ανοδικές, δυνάμεις ανατροπής, σεισμικές δονήσεις κλπ είτε καθιζήσεις και εφελκυστικές δυνάμεις, και να τις εκτονώνει χωρίς να προκαλεί ιδιαίτερα προβλήματα στην κατασκευή και τη βραχώμαζα. Στην ευρύτερη περιοχή εντοπίζονται κατάλληλοι δανειοθάλαμοι για να καλύψουν τις ανάγκες της κατασκευής καθώς το βραχώδες υπόβαθρο είναι μεταγρανοδιορίτης, υλικό που μπορεί να διατεθεί από λατομικούς χώρους. Επίσης τα αποστραγγιστικά έργα μπορούν να κατασκευαστούν κάτω από τον άξονα του φράγματος με υπόγειες στοές. Στις αρνητικές πτυχές του συγκεκριμένου τύπου μπορούν να εντοπιστούν ενέργειες όπως είναι η συνεχής ανάμιξη των αποσαθρωμένων υλικών. Η εύρεση καλής ποιότητας ιπτάμενη τέφρας, απαραίτητου

συστατικού για την κατασκευή του σώματος, είναι ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί στην περιοχή. Επίσης, θα πρέπει να προβλεφτούν έργα για την αντιμετώπιση της πλημμυρικής παροχής. Τέλος, και σε αυτήν την περίπτωση, είναι πιθανόν να εκδηλωθούν τάσεις παραμόρφωσης λόγω του βάρους του φράγματος από σκυρόδεμα, που μπορεί να αποτελέσουν κίνδυνο για την ακεραιότητα και στατικότητα του φράγματος. Σε αυτήν την περίπτωση αυτήν, ο υπερχειλιστής μπορεί να ενσωματωθεί στο κυρίως σώμα του φράγματος, γεγονός που θα αυξήσει κατά πολύ το κόστος κατασκευής.

ε) Τοξωτό φράγμα

Το τοξωτό φράγμα είναι επίσης ένα φράγμα σκυροδέματος όπως και το βαρύτητας αλλά στην περίπτωση αυτήν οι δυνάμεις που δέχεται μεταφέρονται στα πρανή, οπότε και θα πρέπει να ελέγχονται ενδελεχώς. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η βραχώμαζα που έχουμε δεν μπορεί να παραλάβει το φορτίο καθώς εμφανίζεται κερματισμένη.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι διάφοροι τύποι φραγμάτων με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για την συγκεκριμένη περίπτωση. Με βάση την παραπάνω ανάλυση στους διάφορους τύπους φραγμάτων προβάλλοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τις κάθε περίπτωσης, καταλληλότερος τύπος φράγματος για να εφαρμοστεί στην περιοχή έρευνας θεωρείται το λιθόρριπτο φράγμα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος (Concrete Faced Rockfill Dam-C.F.R.D.). Ο τύπος αυτός, όντως, πληροί τα περισσότερα και πιο ικανοποιητικά κριτήρια ως προς την κατασκευή και τη μελλοντική ασφαλή λειτουργία του φράγματος.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών των διαφόρων τύπων φραγμάτων
(Τροποποιημένος από Milligan, 2008).

Τύπος φράγματος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Απαιτήσεις υπερχειλιστή	Σχόλια
Χωμάτινο με αργιλικό πυρήνα	Εμπειρία κατασκευής και σχεδιασμού στην Ελλάδα Υψηλή αντίσταση σεισμούς	Έλλειψη δανειοθαλάμων αργιλικών υλικών	Χρειάζεται να είναι σε διαφορετικό σημείο από το κυρίως φράγμα-τοποθέτηση στο δεξί αντέρεισμα	Δεν είναι εφικτή λύση γιατί δεν υπάρχουν δανειοθάλαμοι αργιλικών υλικών
Λιθόρριπτο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος	Καλής ποιότητας βραχώμαζα κατάλληλη για λατομικό υλικό Εμπειρία κατασκευής και σχεδιασμού στην Ελλάδα Υψηλή αντίσταση σεισμούς	Τα αποσαθρωμένα υλικά να αποτίθενται σε λωρίδες για να αναμειγνύονται καλά Ανάγκη ανάμειξη του αποσαθρωμένου υλικού στην πλίνθο Ανάγκη για διαβάθμιση υλικού-ποιοτικά υλικά Πιθανή θραύση της ανάντη πλάκας	Χρειάζεται να είναι σε διαφορετικό σημείο από το κυρίως φράγμα-τοποθέτηση στο δεξί αντέρεισμα	
Σκληρού επιχώματος (αξονοσυμμετρικό)	Υπαρξη δανειοθαλάμων Σχετικά απλές κατασκευές	Ανάγκη για ανάντη πλάκα και διαβάθμιση Έλεγχος ανάγκης για σεισμούς και αποστραγγίσεις για πιθανές ανοδικές κινήσεις Περιορισμένη εμπειρία σε επίδραση με σεισμούς	Χρειάζεται να είναι σε διαφορετικό σημείο από το κυρίως φράγμα-τοποθέτηση στο δεξί αντέρεισμα	Ύψος 90 m είναι αρκετά ψηλό για τέτοιον τύπο Έλεγχος για επίδραση με σεισμούς
Βαρύτητας	Διαθεσιμότητα από καλής ποιότητας αδρανή από λατομείο γνευσίων στην περιοχή Κατασκευή υπόγειων-αποστραγγιστικών σιράγγων κάτω από το φράγμα	Τα αποσαθρωμένα υλικά να αποτίθενται σε λωρίδες για να αναμειγνύονται καλά Ανάγκη για αποτελεσματικό τσιμεντένιο τμήμα φυτοκάλυψης στην περιοχή-περιορισμός των πλημμυρών Ανάγκη για καλής ποιότητας ιπτάμενη τέφρα	Ο υπερχειλιστής μπορεί να ενσωματωθεί στο φράγμα	Η παροχή του υπερχειλιστή πάνω από το ύψος του φράγματος είναι ένας επιπλέον παράγοντας
Τοξωτό	Οικονομία σε σκυρόδεμα	Αδυναμία των πρανών να δεχτούν τα φορτία		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΙΑΦΥΓΕΣ - ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ

5.1 Άξονας φράγματος

Η στεγανότητα στον άξονα της έδρασης του φράγματος αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που πρέπει να εξεταστεί και να ερευνηθεί. Είναι πιθανό, ακόμα και σε θεωρητικά αδιαπέρατη βραχώμαζα, να υπάρχει αποσαθρωμένο υλικό ικανού πάχους με έντονες διακλάσεις, που να δημιουργεί γέφυρες διαφυγών. Για το λόγο αυτόν μελετάται η υδροπερατότητα των σχηματισμών.

Μέσω των δοκιμών υδροπερατότητας (Maag, Lefranc και Lugeon), των αποτελεσμάτων αυτών, του συντελεστή περατότητας, k και της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου στον άξονα του φράγματος, μπορούμε να προσδιορίσουμε ένα βάθος αντιπροσωπευτικό εκτέλεσης κουρτίνας τσιμεντενέσεων.

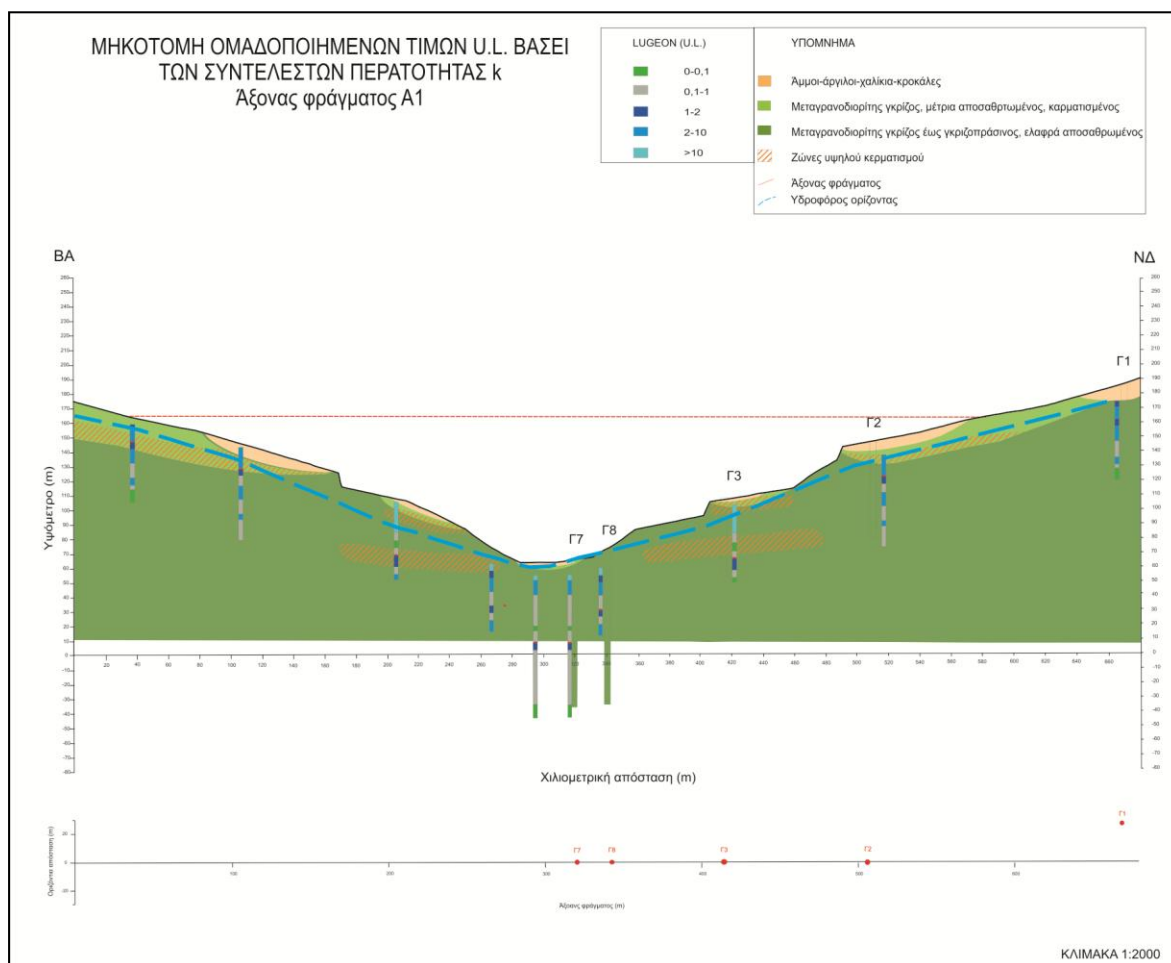
Μονάδες Lugeon (U.L.)

Για τον προσδιορισμό αυτού του βάθους, αρχικά, θα πρέπει να μετατραπούν οι τιμές του συντελεστή περατότητας k , από cm/sec σε μονάδες Lugeon U.L. Στον Πίνακα 1, που ακολουθεί, παρατίθενται οι μετατροπές σε μονάδες U.L. Ο κανόνας που ισχύει για τη μετατροπή των μονάδων από cm/sec (ή m/sec) σε μονάδες U.L., ορίζει πως 1 U.L. ισούται με την απορρόφηση 1 l/min.m από γεώτρηση για 10 min δοκιμής και με εφαρμοζόμενη συνολική πίεση 10 bar. Η ισότητα αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε ιδανικές συνθήκες σταθερών πιέσεων ανά δοκιμαζόμενο τμήμα και στο σύνολο των γεωτρήσεων, γεγονός το οποίο δεν ισχύει στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στον άξονα A1 του φράγματος. Για τον λόγο αυτόν εφαρμόζεται η απλουστευμένη αλλά εξίσου αξιόπιστη σχέση, που ορίζει πως 1 U.L. ισούται με 10^{-7} m/sec ή 10^{-5} cm/sec. Βάση αυτής της σχέσης πραγματοποιήθηκαν οι μετατροπές των συντελεστών περατότητας για τις δοκιμές που εφαρμόστηκαν στις γεωτρήσεις Γ1, Γ2, Γ3, Γ7 και Γ8.

Πίνακας 1: Πίνακας μετατροπών του συντελεστή περατότητας k (cm/sec), σε μονάδες U.L.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Μ.Ο. ΒΑΘΟΥΣ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Χ. ΘΕΣΗ (m)	k (cm/sec)	U. L.
G1	3,85	182,65	16,00	1,64E-05	1,64
G1	8,40	178,10	16,00	3,86E-05	3,86
G1	13,00	173,50	16,00	8,63E-05	8,63
G1	17,10	169,40	16,00	1,88E-05	1,88
G1	23,50	163,00	16,00	7,72E-05	7,72
G1	28,30	158,20	16,00	2,42E-05	2,42
G1	33,90	152,60	16,00	7,82E-06	0,782
G1	36,90	149,60	16,00	4,26E-06	0,426
G1	47,50	139,00	16,00	2,80E-05	2,8
G1	48,50	138,00	16,00	5,90E-06	0,59
G1	52,10	134,40	16,00	4,79E-07	0,0479
G1	57,50	129,00	16,00	2,36E-07	0,0236
G2	3,80	145,20	166,00	2,51E-05	2,51
G2	8,50	141,00	166,00	4,42E-05	4,42
G2	13,30	133,20	166,00	2,14E-05	2,14
G2	17,98	131,52	166,00	8,57E-05	8,57
G2	20,60	128,90	166,00	1,21E-05	1,21
G2	27,50	122,00	166,00	8,91E-06	0,891
G2	33,40	116,10	166,00	3,29E-05	3,29
G2	38,00	111,50	166,00	3,91E-05	3,91
G2	42,40	107,10	166,00	3,13E-06	0,313
G2	48,80	100,70	166,00	1,04E-06	0,104
G2	52,60	96,90	166,00	5,48E-05	5,48
G2	57,00	92,50	166,00	9,36E-06	0,936
G2	62,60	86,90	166,00	2,75E-06	0,275
G2	68,60	80,90	166,00	3,75E-06	0,375
G3	3,90	109,10	262,00	3,22E-03	322
G3	8,70	104,30	262,00	1,69E-03	169
G3	13,40	99,60	262,00	1,94E-03	194
G3	18,20	94,80	262,00	3,24E-04	32,4
G3	22,70	90,30	262,00	1,51E-04	15,1
G3	27,00	86,00	262,00	1,41E-06	0,141
G3	33,00	80,00	262,00	7,87E-07	0,0787
G3	38,70	74,30	262,00	7,44E-06	0,744
G3	43,00	70,00	262,00	1,99E-05	1,99
G3	47,70	65,30	262,00	1,61E-05	1,61
G3	51,60	61,40	262,00	4,45E-06	0,445
G3	57,50	55,50	262,00	4,56E-07	0,0456
G7	7,85	59,15	368,00	1,98E-03	198
G7	13,50	53,50	368,00	6,12E-05	6,12
G7	18,85	48,15	368,00	6,76E-05	6,76
G7	23,50	43,50	368,00	2,18E-06	0,218
G7	27,95	39,05	368,00	1,52E-06	0,152
G7	33,40	33,60	368,00	1,30E-06	0,13
G7	37,90	29,10	368,00	1,08E-06	0,108
G7	47,50	19,56	368,00	8,59E-07	0,0859
G7	47,85	19,15	368,00	1,30E-06	0,13
G7	52,55	14,45	368,00	1,59E-06	0,159
G7	58,00	9,00	368,00	1,33E-05	1,33
G7	63,25	3,75	368,00	1,03E-06	0,103
G7	67,85	-0,85	368,00	1,33E-06	0,133
G7	72,55	-5,55	368,00	2,42E-06	0,242
G7	77,95	-10,95	368,00	1,71E-06	0,171
G7	87,05	-20,05	368,00	1,38E-06	0,138
G7	92,45	-25,45	368,00	1,35E-06	0,135
G7	97,20	-30,20	368,00	1,21E-06	0,121
G7	102,80	-35,80	368,00	6,00E-07	0,06
G7	108,30	-41,30	368,00	9,39E-07	0,0939
G8	5,70	64,30	348,00	2,88E-04	28,8
G8	13,10	56,90	348,00	1,95E-05	1,95
G8	17,80	52,20	348,00	3,38E-05	3,38
G8	22,45	47,55	348,00	2,89E-05	2,89
G8	27,60	42,40	348,00	5,35E-06	0,535
G8	32,65	37,35	348,00	5,98E-06	0,598
G8	37,25	32,75	348,00	1,39E-05	1,39
G8	42,50	27,50	348,00	8,81E-06	0,881
G8	47,75	22,25	348,00	3,36E-05	3,36
G8	52,90	17,10	348,00	4,88E-05	4,88

Με γνώμονα τα αποτελέσματα του Πίνακα 1, σχεδιάστηκε μια μηκοτομή του άξονα Α1, η οποία απεικονίζει τους γεωλογικούς σχηματισμούς, τις ζώνες υψηλού κερματισμού, τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και τα αποτελέσματα των μονάδων U.L. σε κάθε γεώτρηση σε ομαδοποίηση. Σημειώνεται πως τα δεδομένα του δεξιού αντερείσματος αποτελούν «καθρέφτιση» των δεδομένων του αριστερού καθώς υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ τους. Ο υπόγειος υδροφόρος που έχει σχεδιαστεί αποτελεί την πρωινή στάθμη κατά τη διάρκεια κατασκευής των γεωτρήσεων.



Σχήμα 1: Γεωλογική τομή με τα αποτελέσματα των μονάδων U.L. και τη στάθμη του υπόγειου υδροφόρου.

Στο Σχήμα 1, παρατηρούμε τη διακύμανση των τιμών των μονάδων Lugeon σε κάθε γεώτρηση σε σχέση με το βάθος. Στη γεώτρηση Γ1, αρχικά, η τιμή των U.L. είναι σχετικά αυξημένη 1-2 ή 2-10, καθώς όμως φτάνουμε στο κέντρο του βάθους της γεώτρησης, στα 40 m περίπου από την επιφάνεια και προς το τέλος της, η τιμή μειώνεται αισθητά σε επίπεδο της τάξης του 0,1-1 και 0,01-0,1 U.L. με μια μικρή περιοχή στα 56 μέτρα από την επιφάνεια με σχετικά υψηλή τιμή 2-10 U.L. Στη

γεώτρηση Γ2, στα μικρά βάθη (24 m από την επιφάνεια του εδάφους) αντιστοιχούν τιμές αυξημένου U.L. της τάξης του 1-2 και 2-10 ενώ σε μεγαλύτερα βάθη (κάτω από τα 50 m από την επιφάνεια του εδάφους) η τιμή μειώνεται σε επίπεδα της τάξης του 0,1 έως 1 σε εναλλαγές με περιοχές όπου σημειώνονται τιμές 2 έως 10. Στη γεώτρηση Γ3, παρατηρούμε πως μέχρι τα 34 m από την επιφάνεια του εδάφους, η τιμή U.L. είναι αρκετά αυξημένη με τιμή μεγαλύτερη του 10, ενώ βαθύτερα και μέχρι το τέλος της γεώτρησης σημειώνεται μια σταδιακή μείωση της τιμής που κυμαίνεται μεταξύ των χαμηλών 0 έως 2 μονάδων. Στη γεώτρηση Γ8, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους παρατηρείται επίσης αυξημένη περατότητα με τη μονάδα U.L. σε τιμές μεγαλύτερες από 10, μέχρι το βάθος των 23 m, ενώ μέχρι τα 68 m από την επιφάνεια, η μονάδα U.L. κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 1. Σημειώνεται μια περιοχή κοντά στα 50 m από την επιφάνεια όπου η τιμή είναι 2 έως 10 μονάδες U.L. Τέλος, στη γεώτρηση Γ7, παρατηρούμε πως, αντίστοιχα με τη Γ8, σε μικρό βάθος (17 m από την επιφάνεια του εδάφους) η τιμή της μονάδας U.L. είναι αυξημένη και μεγαλύτερη από 10. Καθώς προχωρούμε σε βάθος η τιμή μειώνεται σταδιακά. Αρχικά με 1 έως 2 μονάδες σε βάθος 67 m από την επιφάνεια, έπειτα από τα 77 έως 100 m περίπου κυμαίνεται μεταξύ 0,1 έως 1 και τέλος από τα 100 m έως το τέλος της γεώτρησης η τιμή είναι 0 έως 0,1.

Σε γενική εικόνα, στο σύνολο των γεωτρήσεων, φαίνεται μια ομαλή μετάβαση από υψηλές τιμές προς χαμηλές σε σχέση με το βάθος. Σε μικρά βάθη, 20 έως 30 m από την επιφάνεια, σημειώνονται υψηλές τιμές της τάξης των 2 έως 10 και μεγαλύτερων των 10 μονάδων U.L. Σε μεγαλύτερα βάθη και κάτω από τα 20 με 30 m σημειώνονται τιμές αρκετά καλές που κυμαίνονται μεταξύ 0 έως 2 μονάδων. Κυριαρχούν τα τμήματα που αντιστοιχούν σε τιμές μεταξύ 0 έως 1 μονάδα και είναι λιγότερα και μικρότερα αυτά που αντιστοιχούν σε 1 έως 2 μονάδες.

Εντούτοις, σημειώνονται περιοχές όπου σε μεγάλα βάθη παρατηρούνται μεγάλες τιμές U.L. Τέτοιες περιοχές σημειώνονται στη γεώτρηση Γ1 όπου στα 50 m από την επιφάνεια υπάρχει ένα τμήμα με τιμή 2 έως 10 μονάδες, στη γεώτρηση Γ2 όπου σε βάθος 37 m από την επιφάνεια και σε βάθος 60 m από την επιφάνεια η τιμή είναι μεταξύ 2 έως 10 μονάδων και τέλος στη γεώτρηση Γ8 στα 58 m από την επιφάνεια του εδάφους σημειώνεται τιμή μονάδας U.L. 2 έως 10.

Έκταση κουρτίνας τσιμεντενέσεων

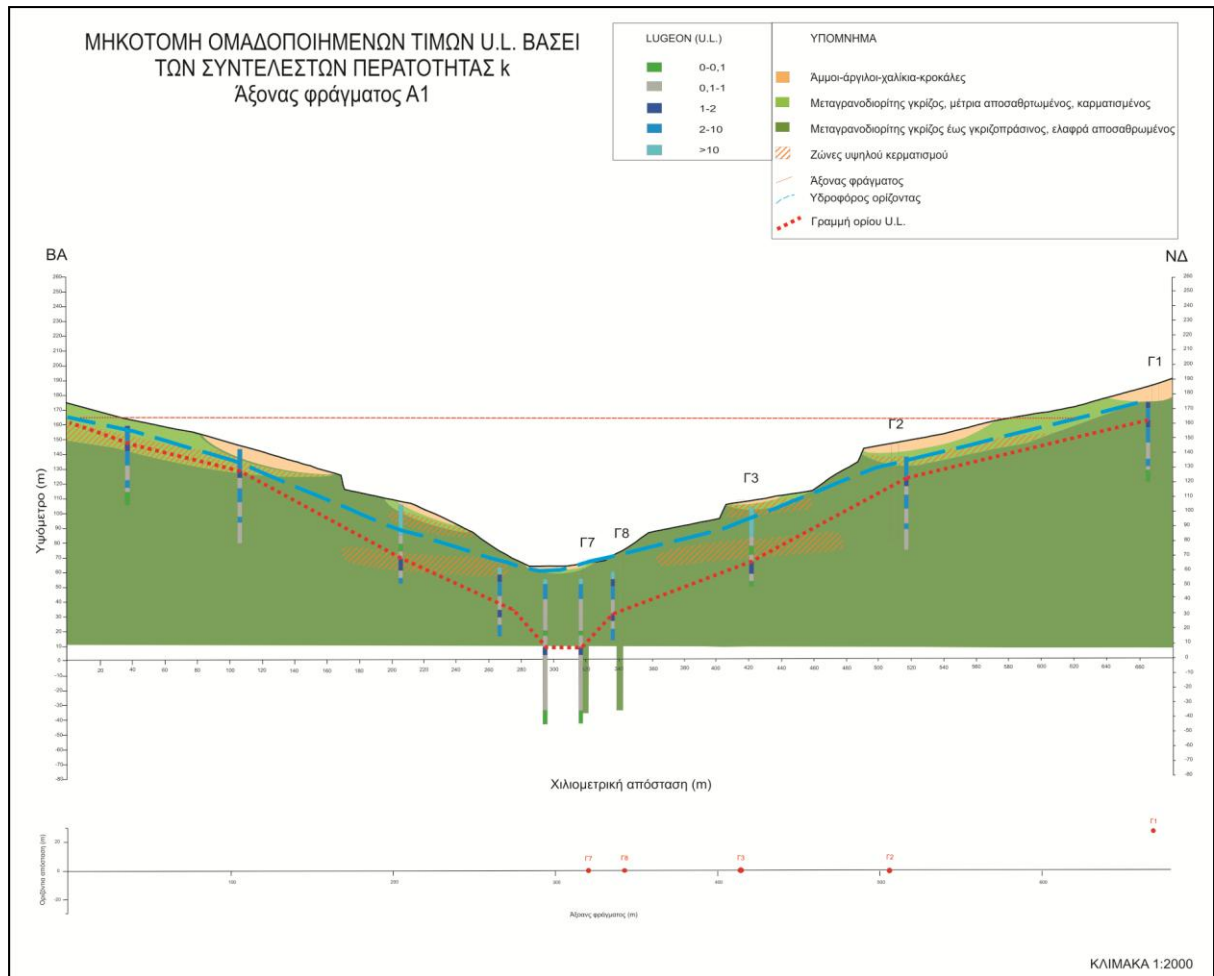
Προεκτείνοντας την ευθεία του ύψος του φράγματος προς τα δύο αντερείσματα μπορούμε να προσδιορίσουμε την έκταση κουρτίνας εκατέρωθεν. Η προέκταση σταματά εκεί όπου η νοητή ευθεία συναντά τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Στην Εικόνα 2 φαίνεται αυτή η προέκταση προς τα αντερείσματα, στο ύψος της στέψης του φράγματος. Όταν ο υπόγειος υδροφόρος είναι κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και ακολουθεί τη μορφολογία του, όπως στην περίπτωση του Σχήματος 2, συμπεραίνεται πως το υλικό είναι αδιαπέρατο και δεν επιτρέπει στο νερό να εισχωρήσει βαθύτερα, γεγονός ευνοϊκό για τη ροή υδάτων στη βραχώμαζα.

Βάση της αντιστοιχίας του Πίνακα 2, προσδιορίζεται ένα όριο τιμής Lugeon με βάση το ύψος του φράγματος. Με τον τρόπο αυτόν οριοθετείται η περιοχή του βάθους των τσιμεντενέσεων. Στην Εικόνα 2, απεικονίζεται αυτή η οριοθέτηση με βάση τις μονάδες U.L. Η οριοθέτηση ακολουθεί το όριο των μικρότερων από μία έως δύο μονάδων Lugeon, καθώς το ύψος του φράγματος είναι μεγαλύτερο από 30 m (Ύψος φράγματος: 96 (101) m).

Πίνακας 2: Όριο μονάδων Lugeon σε σχέση με το ύψος του φράγματος.

Ύψος φράγματος (m)	Μονάδες Lugeon (U.L.)
<30	<3
>30	<1-2

Εφαρμόζοντας την παραπάνω διαδικασία, προκύπτει σε κάθε γεώτρηση ένα βάθος το οποίο αντιστοιχεί στο όριο του U.L. και κατ' επέκταση, ενώνοντας τα σημεία αυτά, προκύπτει μια καμπύλη που οριοθετεί το βάθος εκτέλεσης των τσιμεντενέσεων. Στο Σχήμα 2 φανερώνεται ακριβώς αυτή η οριοθέτηση που προέκυψε από τα όρια U.L.



Σχήμα 2: Γεωλογική τομή με τα αποτελέσματα των μονάδων U.L., την στάθμη του υδροφόρου, την προέκταση του ύψους του φράγματος προς τα αντερείσματα και όριο U.L.

Η διαδικασία υπολογισμού και σχεδιασμού της κουρτίνας τσιμεντενέσεων για την αποφυγή διαφυγών στον Άξονα Α1, ξεκινά από τη χιλιομετρική θέση 62 έως την 650, άρα έχει συνολικό μήκος 588 m. Το πάχος της κυμαίνεται από τα 8 m έως τα 67 m. Το μεγαλύτερο πάχος σημειώνεται στη γεώτρηση Γ7 όπου το βάθος του ορίου είναι 67 m και το μικρότερο πάχος εντοπίζεται στα δύο αντερείσματα όπου προσδιορίζεται στα 8 m.

Θεωρώντας δύο ισοσκελή τρίγωνα το ένα από τα οποία σχηματίζεται από την ευθεία της στέψης του φράγματος και την επιφάνεια του εδάφους, με εμβαδό E_1 , και το άλλο από την ευθεία της στέψης και τη γραμμή Lugeon, με εμβαδό E_2 , μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά το συνολικό εμβαδό των τσιμεντενέσεων.

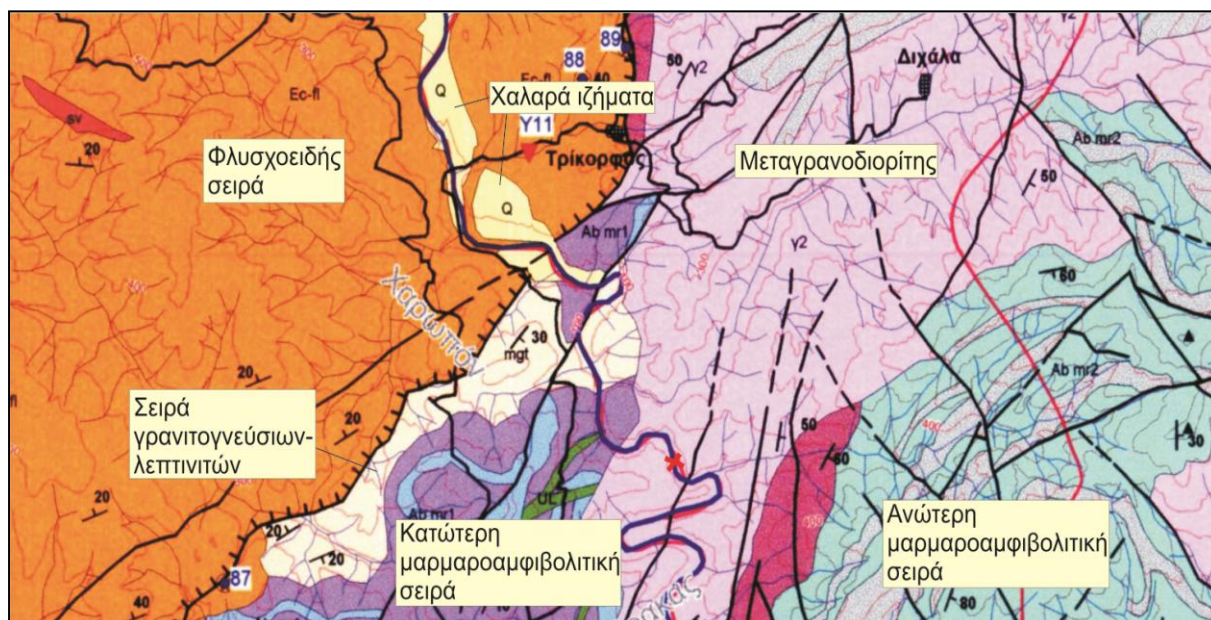
$$E_1=45864 \text{ m}^2$$

$$E_2 = \frac{499 \cdot 60}{2} = 14970 \text{ m}^2$$

$$\text{Άρα } E_{\text{τσομεντ.}} = 45864 - 14970 = 30894 \text{ m}^2.$$

5.2 Ταμιευτήρας φράγματος

Ανάτη του φράγματος και του άξονα Α1 εκτίνεται ο ταμιευτήρας. Κατακλύζει την περιοχή μέχρι το υψόμετρο των +156 m. Η περιοχή που θα κατακλύσει η τεχνητή λίμνη θα πρέπει να είναι στεγανή, να ελεγχθεί επομένως από θέμα στεγανότητας και διαρροών. Σε αντίθετη περίπτωση ενδέχεται να υπάρξει κίνδυνος αστοχίας.



Σχήμα 3: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής της λεκάνης κατάκλισης (Κλίμακα 1:66.000).

(Τροποποιημένος υδρογεωλογικός χάρτης από Ι.Γ.Μ.Ε. - Δημάδης 1986/89).

Τα βραχώδη πετρώματα που θα καλυφθούν με το νερό του ταμιευτήρα θα πρέπει να είναι υγιή και στεγανά. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, τα υλικά αυτά είναι: μεταγρανодиорίτης, γνεύσιος και αμφιβολίτης της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς και η σειρά των γρανιτογενέσιων και λεπτινιτών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Τα πετρώματα αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν είναι υδατοπερατά, στην ουσία θεωρούνται αδιαπέρατα, και για το λόγο αυτόν δεν αναμένεται να προκαλέσουν διαφυγές, λαμβάνοντας υπ' όψιν συστήματα διαρρήξεων που αναμένεται να έχουν. Επίσης, οι ανθρακικές φλέβες και ενστρώσεις που σημειώνονται στην κατώτερη μαρμαροαμφιβολιτική σειρά, μπορούν να λειτουργήσουν ως γέφυρες διαφυγών. Το υλικό αυτό συναντάται κοντά στην έδραση του φράγματος στο δεξί αντέρεισμα. Οι αποσαθρωμένες ζώνες όπως επίσης και οι χαλαρές ζώνες αποτελούν πιθανές εστίες διαφυγών. Αυτό βέβαια εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στο πέτρωμα (ρωγματώσεις και εμμόνη τους) και από την συμπεριφορά των αποτελεσμάτων του συντελεστή περατότητας σε σχέση με το βάθος. Στο μεταγρανодиорίτη, στον οποίο

γίνεται και η έδραση του φράγματος, εμφανίζονται κατ' εξοχήν αποσαθρωμένες ζώνες ικανού πάχους. Είναι σαφές όμως πως, σε σχέση με το βάθος, η ποιότητα των ασυνεχειών γίνεται καλύτερη (μείωση της εμμοχής των ασυνεχειών) και ενώ επιφανειακά ο συντελεστής περατότητας φαίνεται να είναι αυξημένος, σε βάθος αυτός μειώνεται και γίνεται τεχνικά αδιαπέρατος. Τα ρήγματα που διαπερνούν την περιοχή αποτελούν σημεία διαφυγών με ενδεχόμενη πρόκληση αστοχίας της λειτουργίας του φράγματος.

Η σειρά του φλύσχη που βρίσκεται στα βόρεια του ταμιευτήρα, αποτελείται από μια σειρά σχηματισμών που ενδέχεται να περιέχει υδατοπερατά υλικά, όμως ο φλύσχος κατά κανόνα θεωρείται αδιαπέρατος σχηματισμός, οπότε δεν αναμένεται να προκαλέσει διαφυγές στον ταμιευτήρα. Στον συγκεκριμένο τύπο που υπάρχει στην περιοχή συνίσταται από ψαμμίτη, μάργα και ιλυόλιθο.

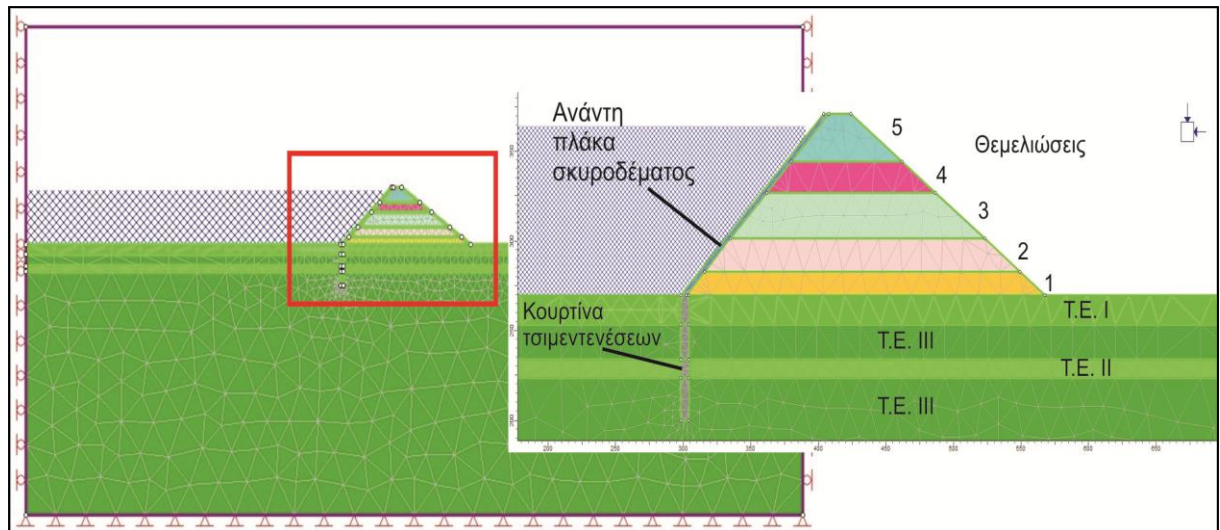
Τα εδαφικά υλικά που συναντώνται στην έκταση του ταμιευτήρα είναι κυρίως ποταμοχειμάρριες αποθέσεις στις παρυφές της ροής του χειμάρρου. Τέτοιοι σχηματισμοί παρατηρούνται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης του ταμιευτήρα. Έχουν πάχος έως 10 m και ενδέχεται να συνδέονται με υποκείμενους υδροφόρους, με αποτέλεσμα την πραγματοποίηση διαφυγών. Ο ελουβιακός μανδύας που απαντάται σε διάφορες σημεία στην περιοχή του φράγματος, μπορεί να λειτουργήσει ανασταλτικά για την πλήρωση του φράγματος καθώς η πιθανότητα να επικοινωνεί με υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα είναι μεγάλη.

5.3 Αναλύσεις υπολογισμού παραμορφώσεων και διαφυγών

Το υποκεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει αναλύσεις που αφορούν τις παραμορφώσεις που αναπτύσσονται κατά την κατασκευή του φράγματος στους υποκείμενους σχηματισμούς και στο σώμα και επίσης υπολογίζονται οι διαφυγές του νερού μέσω της βραχώμαζας. Ο έλεγχος αυτός γίνεται μέσω των προγραμμάτων προσομοίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών, δημιουργώντας ένα ρεαλιστικό μοντέλο. Ανάλογα με τις τεχνικογεωλογικές και επί τόπου συνθήκες πραγματοποιούνται διαφορετικές αναλύσεις. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζονται οι παράμετροι που αφορούν την ασφάλεια του έργου. Η μέθοδος της προσομοίωσης υπολογίζει έναν κρίσιμο συντελεστή ασφαλείας για την εκδήλωση αστοχίας των πρανών του φράγματος. Ο κρίσιμος συντελεστής ασφαλείας – SRF, είναι ο συντελεστής ασφαλείας που προκύπτει από την απομείωση των τιμών της συνοχής c και της γωνίας τριβής ϕ , έτσι ώστε να υπολογίσει εκείνες τις τιμές (και κατ' επέκταση μια αναλογία με τις αρχικές τιμές που έχουν εισαχθεί) όπου θα υπάρξει αστοχία του πρανούς. Η αναλογία αυτή είναι ο κρίσιμος συντελεστής ασφαλείας SRF.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται η εφαρμογή προσομοίωσης Phase2 8.0 της RocScience. Στόχος είναι ο προσδιορισμός του γεωτεχνικού πεδίου στα διάφορα στάδια της θεμελίωσης του φράγματος και σε δεύτερο επίπεδο η ανάγνωση των συνθηκών της επιβολής του υδραυλικού φορτίου, στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα με νερό.

Το μοντέλο προσομοίωσης σχεδιάστηκε βάσει των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από τις αναλύσεις. Σχεδιάστηκαν οι τρεις τεχνικογεωλογικές ενότητες από τις τέσσερις, καθώς η ενότητα IV εντοπίζεται σε λίγες περιοχές και δεν εισήχθη στο μοντέλο. Τοποθετήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να προσεγγίζουν την πραγματική διατομή. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται οι τεχνικογεωλογικές ενότητες έτσι όπως φαίνονται στο μοντέλο. Φαίνονται επίσης και οι θεμελιώσεις του σώματος του φράγματος, η ανάντη πλάκα σκυροδέματος και η κουρτίνα τσιμεντενέσεων.



Σχήμα 4: Οι τεχνικογεωλογικές ενότητες, τα στάδια της θεμελίωσης και η ανάτη πλάκα σκυροδέματος ενσωματωμένα στο μοντέλο της προσομοίωσης.

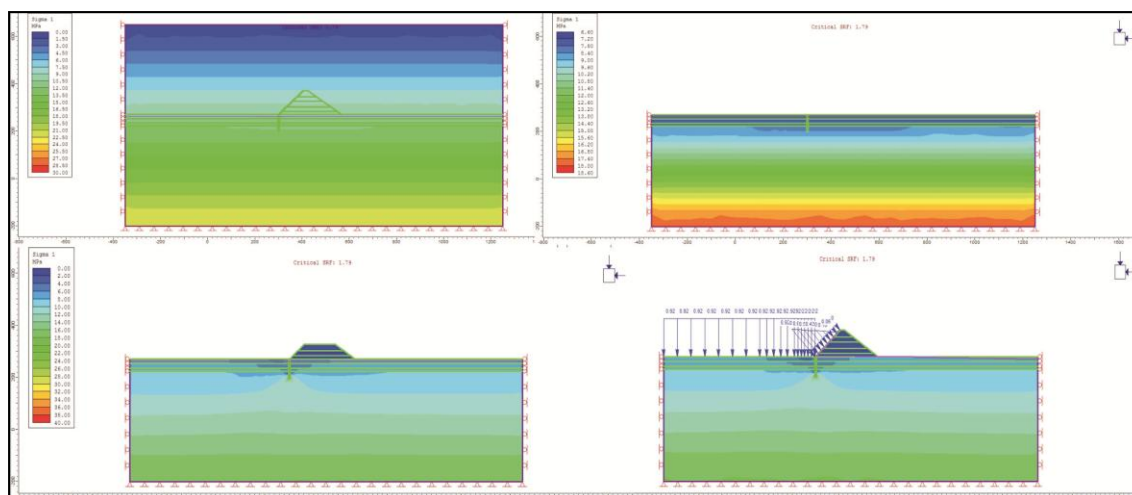
Αυτές οι κατηγορίες λαμβάνονται σαν ξεχωριστά υλικά με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν στοιχεία μηχανικά του κάθε υλικού καθώς και τις υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτό. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι τιμές που εισήχθησαν στο μοντέλο για κάθε διαφορετικό υλικό που συμμετέχει στην προσομοίωση.

Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, χωρίς την ύπαρξη του ταμιευτήρα, είναι 260 m με σημείο αναφοράς το 0,0 του μοντέλου προσομοίωσης, στάθμη που αντιστοιχεί σε 10 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης το υψόμετρο της στάθμης του ταμιευτήρα βρίσκεται στα 364 m από το σημείο αναφοράς 0,0 του μοντέλου προσομοίωσης, δηλαδή στα + 156 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας των στοιχείων που εισήχθησαν στο μοντέλο προσομοίωσης.

	Ειδικό βάρος (MN/m ³)	Μέτρο ελαστικότητας (MPa)	Αντοχή σε εφελκυσμό (MPa)	Γωνία τριβής, φ (°)	Συνοχή c (MPa)	Συντ. περατότητας K (m/sec)
Υγής μεταγρανодиορίτης T.E. III	0,027	8500	0,05	42	7	1,3*10 ⁻⁷
Έντονα αποσαθρωμένος μεταγρανодиορίτης T.E. I	0,027	10000	0,05	32	4	2*10 ⁻⁵
Μέτρια αποσαθρωμένος μεταγρανодиορίτης T.E. II	0,027	6250	0,05	34	5	7,44*10 ⁻⁸
Θεμελίωση1-5	0,0195	200	0	35	0,02	5,9*10 ⁻⁶
Ανάτη πλάκα σκυροδέματος	0,027	200	0	35	10	1*10 ⁻¹²
Κουρτίνα τσιμεντενέσεων	0,027	200	0	35	10	1*10 ⁻¹²

Η διαμόρφωση του μοντέλου, βάσει του οποίου εξήχθησαν τα τελικά αποτελέσματα, προέκυψε από μια σειρά δοκιμαστικών μοντέλων, κυρίως για να ελεγχθεί η ισορροπία του μοντέλου, τόσο ως προς το τασικό πεδίο σ_1 όσο και για τις συνολικές μετατοπίσεις, σε συνθήκες μη επιβολής του φορτίου του φράγματος και της πίεσης του νερού του ταμιευτήρα. Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η κατάσταση του σ_1 , της μέγιστης κύριας τάσης, όπως αυτή ασκείται στα διάφορα στάδια του μοντέλου. Φαίνεται μια ομαλή κατανομή της κύριας τάσης, με την οριζόντια κατανομή της χρωματικής κλίμακας, που σε συνδυασμό με τις μικρές τάσεις που καταγράφονται (έως 20 MPa), παρουσιάζουν ένα μοντέλο στο οποίο επικρατεί ισορροπία.



Σχήμα 5: Κατανομή της κύριας τάσης σ_1 στα στάδια του μοντέλου-έλεγχος ισορροπίας του μοντέλου.

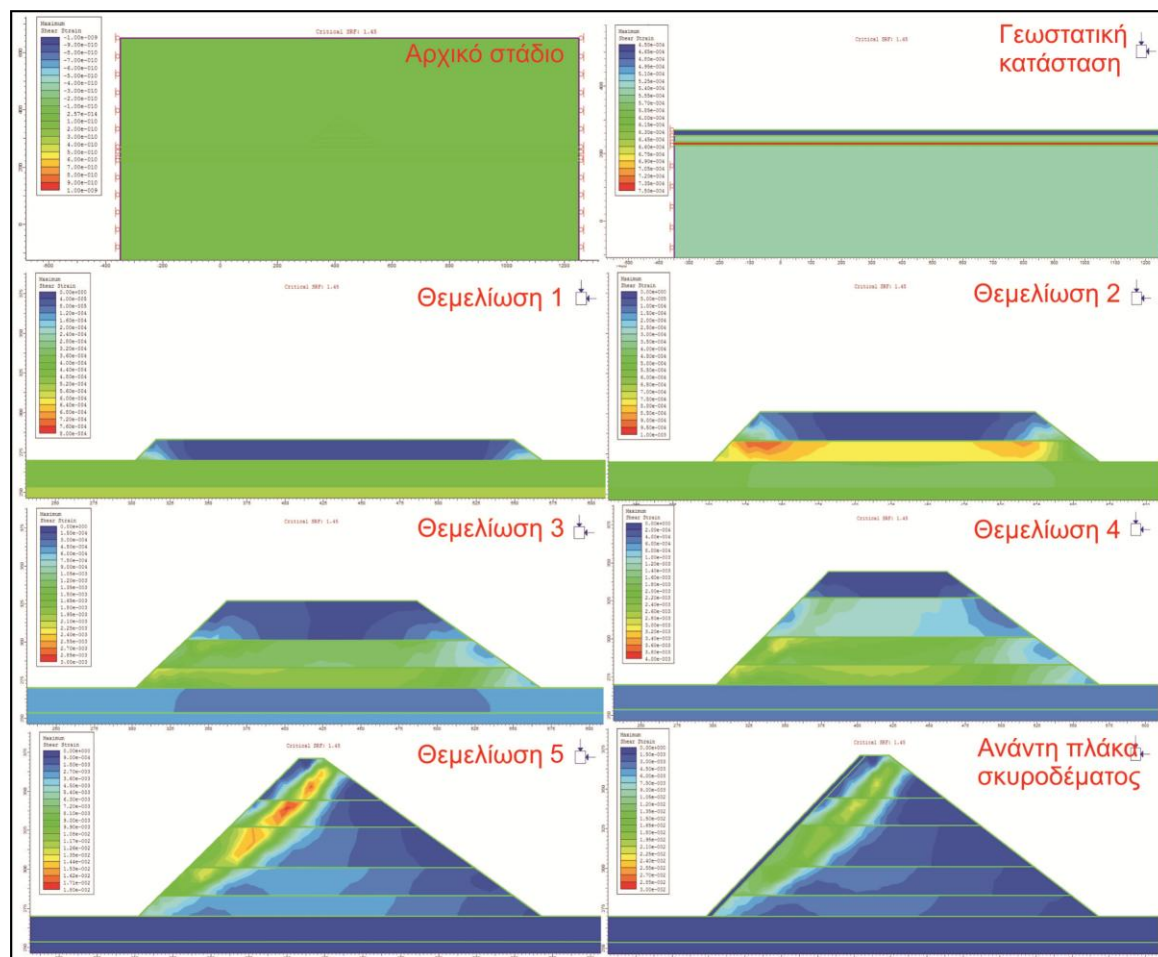
Γεωτεχνικό μοντέλο

Εξετάζοντας το τασικό πεδίο που αναπτύσσεται στα διάφορα στάδια της κατασκευής του φράγματος, τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί στο μοντέλο είναι τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών του υποβάθρου, καθώς επίσης και τα αντίστοιχα των θεμελιώσεων του φράγματος και της ανάντη πλάκας σκυροδέματος. Η διαδικασία των υπολογισμών της προσομοίωσης ελέγχει τον συντελεστή ασφαλείας, τις μέγιστες διατμητικές τάσεις παραμόρφωσης, τις συνολικές μετατοπίσεις στα διαδοχικά στάδια κατασκευής, χωρίς να έχει εισαχθεί καμία πληροφορία για το καθεστώς των υπόγειων υδάτων και του ταμιευτήρα.

- Παραμορφώσεις

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης συγκεντρώνονται στο Σχήμα 6, όπου παρουσιάζεται η εξέλιξη των σταδίων κατασκευής του φράγματος και η μεταβολή των παραμορφώσεων. Η πρώτη κατάσταση είναι η Αρχική, προτού διαμορφωθεί το ανάγλυφο. Το δεύτερο στάδιο αφορά τη Γεωστατική κατάσταση, δηλαδή την επιφάνεια του εδάφους (υφιστάμενη κατάσταση). Οι παραμορφώσεις του σταδίου αυτού είναι πολύ μικρές. Στο στάδιο της Θεμελίωσης 1 συνεχίζουν οι παραμορφώσεις να είναι πολύ χαμηλές, έως και 10^{-5} m. Στη Θεμελίωση 2, οι παραμορφώσεις είναι της τάξης των 10^{-4} m όπως και στη Θεμελίωση 3. Στη Θεμελίωση 4 φαίνεται πως οι παραμορφώσεις στη βάση της θεμελίωσης του φράγματος αυξάνονται ($2.8 \cdot 10^{-3}$ m) ενώ στην κορυφή της θεμελίωσης είναι

μηδενικές. Στο στάδιο της Θεμελίωσης 5 το γεγονός αυτό είναι εντονότερο, καθώς φαίνεται οι παραμορφώσεις να είναι σχετικά αυξημένες αλλά πάλι μικρές ($8 \cdot 10^{-3}$ έως $2.5 \cdot 10^{-2}$ m) ενώ είναι φανερό πως στο ανάντη πρηνές του φράγματος δημιουργείται μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας SRF είναι 1.45. Η εικόνα αυτή διατηρείται και στο στάδιο της Ανάντη πλάκας σκυροδέματος.

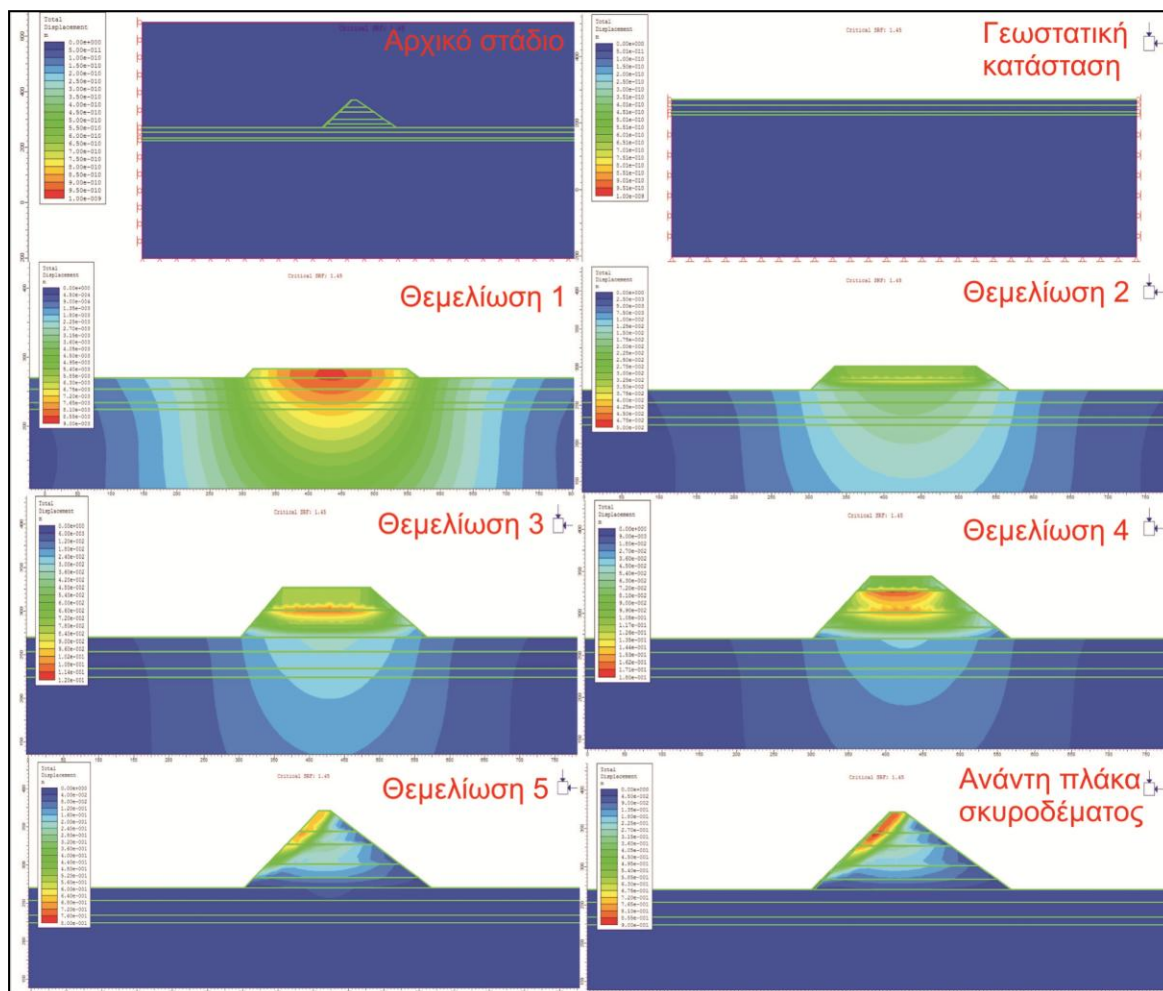


Σχήμα 6: Εξέλιξη των παραμορφώσεων σχετικά με την κατασκευή του φράγματος-SRF:1.45.

- Μετατοπίσεις

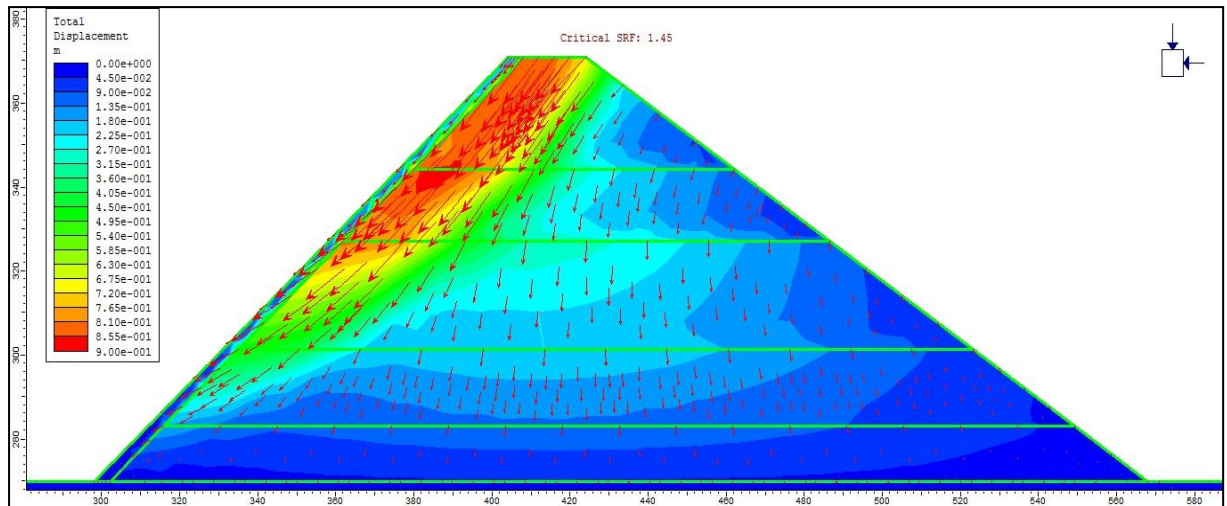
Η περιγραφή του μοντέλου αντιστοιχεί στην κατάσταση θεμελίωσης του φράγματος και ολοκλήρωσης των εργασιών της ανάντη πλάκας σκυροδέματος. Στο σημείο αυτό περιγράφονται οι συνολικές μετατοπίσεις που προκαλούνται στην εξέλιξη της θεμελίωσης. Οι συνολικές μετατοπίσεις που υπολογίστηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 7 για κάθε στάδιο ξεχωριστά. Στην Αρχική και Γεωστατική κατάσταση οι μετατοπίσεις είναι μηδενικές καθώς βρισκόμαστε σε κατάσταση ισορροπίας. Στην πρώτη θεμελίωση (Θεμελίωση 1) παρουσιάζονται οι πρώτες μετατοπίσεις, καθοδικές, οι οποίες κυμαίνονται από $3.6 \cdot 10^{-3}$ έως $9 \cdot 10^{-3}$ m.

Στη Θεμελίωση 2 οι μετατοπίσεις αυξάνονται, όπως και στα στάδια της θεμελίωσης που ακολουθούν. Στη Θεμελίωση 4 οι μετατοπίσεις φτάνουν τα $1.53 \cdot 10^{-1}$ m. Στο τελευταίο στάδιο της θεμελίωσης, Θεμελίωση 5, οι μετατοπίσεις είναι $6 \cdot 10^{-1}$ m (60 cm). Στο στάδιο της Ανάντη πλάκας οι μετατοπίσεις είναι έως και $7.2 \cdot 10^{-1}$ m (72 cm).



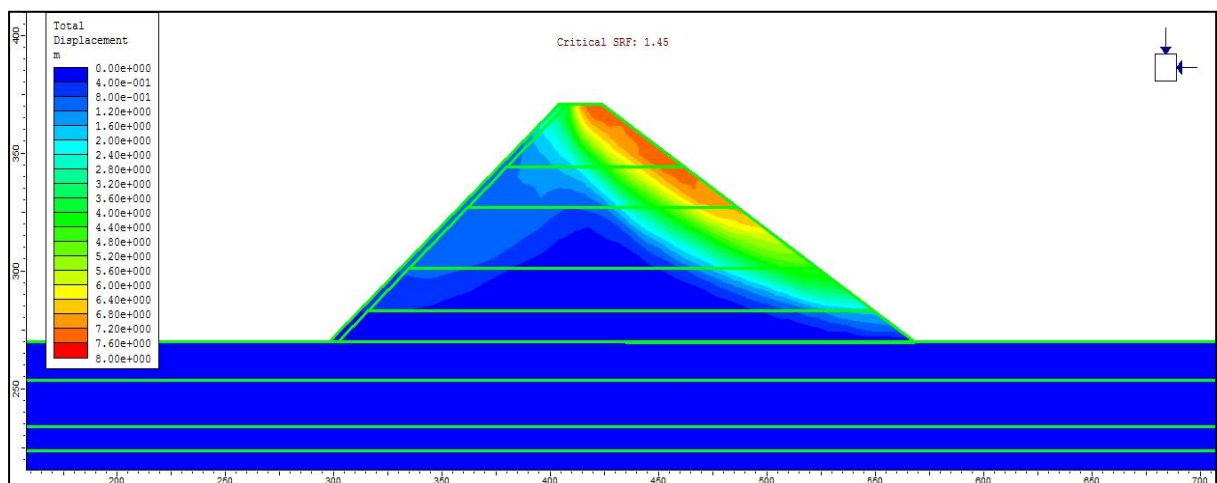
Σχήμα 7: Εξέλιξη των μετατοπίσεων κατά την κατασκευή του φράγματος-SRF:1.45.

Οι μετατοπίσεις αυτές αφορούν κυρίως το ανάτη πρηνές του φράγματος στο οποίο, όπως είδαμε και παραπάνω, συγκεντρώνονται οι μεγαλύτερες παραμορφώσεις και οδηγούν σε μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας SRF είναι 1.45. Γίνεται λοιπόν φανερό πως, στο τέλος της θεμελίωσης, οι συνολικές μετατοπίσεις είναι περίπου 60 έως 70 cm. Στο Σχήμα 8 φαίνεται με βέλη η κίνηση των μετατοπίσεων στο στάδιο της Ανάντη πλάκας σκυροδέματος.



Σχήμα 8: Κίνηση των μετατοπίσεων του ανάντη πρανούς κατά το στάδιο της Ανάντη πλάκας σκυροδέματος-SRF: 1.45.

Εάν απομειωθούν περαιτέρω τα μηχανικά χαρακτηριστικά, με οριακό SRF μεγαλύτερο του 1.45, π.χ. 1.5, συντελεστής ασφαλείας στον οποίο η αστοχία είναι δεδομένη, τότε οι μετατοπίσεις θα αυξηθούν ραγδαία έτσι ώστε να προσεγγίσουν τα 8 m με πιθανή επιφάνεια αστοχίας στο κατάντη πρανές του φράγματος, Σχήμα 9.



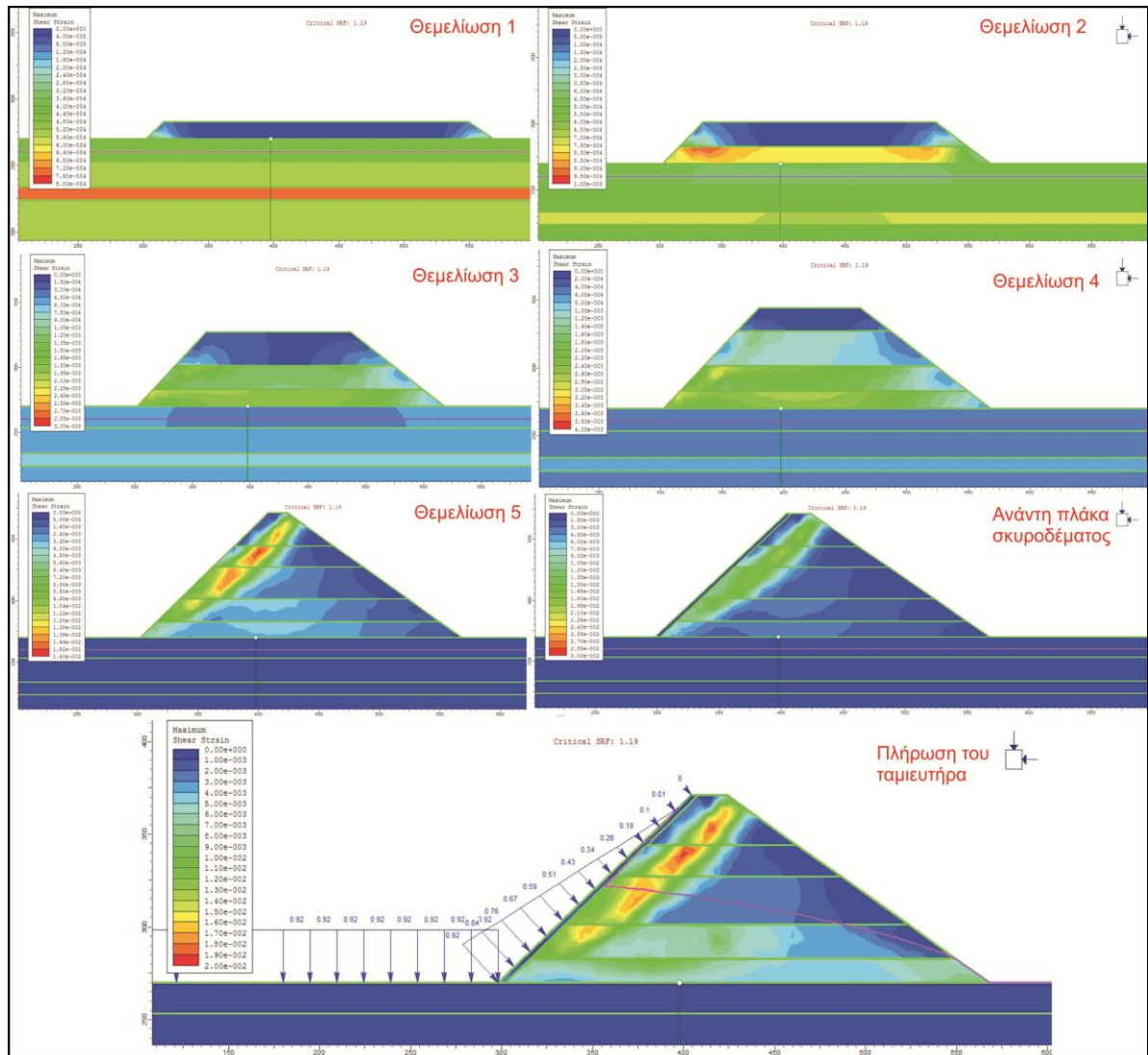
Σχήμα 9: Μετατοπίσεις του κατάντη πρανούς κατά το στάδιο της Ανάντη πλάκας σκυροδέματος-SRF: 1.45.

Γεωτεχνικό μοντέλο με την επιβολή του υδραυλικού φορτίου

Ο προσδιορισμός του μοντέλου με την επιβολή του υδραυλικού φορτίου παρουσιάζει μια πληρέστερη εικόνα της κατάστασης που θα επικρατεί στο φράγμα και στα υποκείμενα πετρώματα μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα με νερό. Είναι απαραίτητα να εισαχθούν στο μοντέλο στοιχεία που αφορούν την περατότητα των υλικών, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και η στάθμη του ταμιευτήρα. Αρχικά θα υπολογιστούν οι παράμετροι που αφορούν τις παραμορφώσεις και τις συνολικές μετατοπίσεις. Έπειτα θα αξιολογηθεί ένα μοντέλο στο οποίο έχει προστεθεί μια κουρτίνα τσιμεντενέσεων. Για την περίπτωση αυτήν όπου θα υπολογιστούν εκ νέου οι μηχανικές παράμετροι. Τέλος, θα αξιολογηθεί η συμπεριφορά του νερού συγκριτικά στις δύο περιπτώσεις και θα υπολογιστούν οι διαφυγές.

- Παραμορφώσεις

Οι παραμορφώσεις που προκύπτουν από την προσομοίωση αποτυπώνονται στο Σχήμα 10, όπου παρουσιάζονται όλα τα στάδια. Στη Θεμελίωση 1 έως και τη Θεμελίωση 3 οι παραμορφώσεις είναι αμελητέες της τάξης των 10^{-4} έως 10^{-3} m. Στη Θεμελίωση 4 οι παραμορφώσεις είναι της τάξης του 10^{-3} m και φαίνεται να συγκεντρώνονται στη βάση της θεμελίωσης. Στη Θεμελίωση 5 παρατηρούνται παραμορφώσεις των 10^{-2} έως 10^{-3} m, με συγκέντρωση των αυξημένων μετατοπίσεων σε μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας. Στο στάδιο της ανάντη πλάκας σκυροδέματος, οι μετατοπίσεις είναι της τάξης των 10^{-2} m και φαίνεται να συγκεντρώνονται επίσης στην πιθανή επιφάνεια αστοχίας. Ανάλογες παραμορφώσεις εντοπίζονται και στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας-SRF που προσδιορίστηκε στην περίπτωση αυτή είναι 1.19.

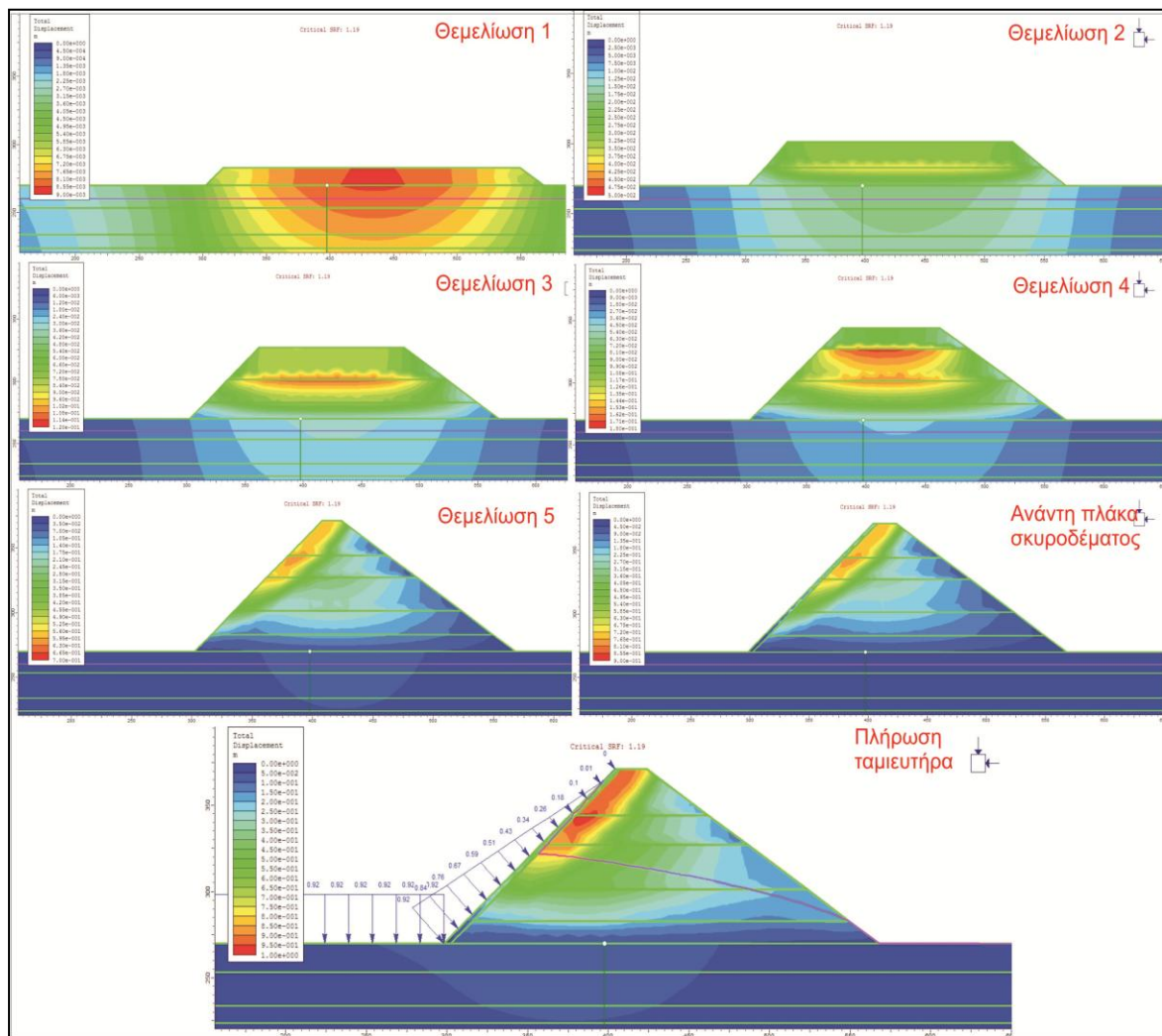


Σχήμα 10: Εξέλιξη παραμορφώσεων σε σχέση με την πρόοδο της θεμελίωσης- SRF:1.19.

- Μετατοπίσεις

Οι συνολικές μετατοπίσεις που παρατηρούνται απεικονίζονται στο Σχήμα 11, όπου παρουσιάζεται η συνολική εξέλιξη των μετατοπίσεων σε σχέση με την πρόοδο των εργασιών της θεμελίωσης. Όπως φαίνεται οι μετατοπίσεις είναι μικρές στα πρώτα στάδια. Στη Θεμελίωση 1 υπολογίστηκαν μετατοπίσεις της τάξης των $8.1 \cdot 10^{-3}$ m ενώ στη Θεμελίωση 2, $2.75 \cdot 10^{-2}$ m. Στη Θεμελίωση 3, οι μετατοπίσεις κυμαίνονται από $4.8 \cdot 10^{-2}$ έως $1.14 \cdot 10^{-1}$ m. Στη Θεμελίωση 4 οι μετατοπίσεις υπολογίστηκαν από $8.1 \cdot 10^{-2}$ έως $1.71 \cdot 10^{-1}$ m. Στη Θεμελίωση 5 υπολογίστηκαν μετατοπίσεις $1.5 \cdot 10^{-1}$ έως $6 \cdot 10^{-1}$ m. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 11, οριοθετείται μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας στο ανάντη πρηνές. Στο στάδιο της Ανάτη πλάκας σκυροδέματος οι μετατοπίσεις που παρουσιάζονται είναι από $2.5 \cdot 10^{-1}$ έως $7.2 \cdot 10^{-1}$

μ. Τέλος, στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα με νερό οι μετατοπίσεις υπολογίζονται από $3 \cdot 10^{-1}$ m (30 cm) έως $9 \cdot 10^{-1}$ m (90cm). Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας-SRF που σημειώνεται σε αυτήν την περίπτωση είναι 1.19.



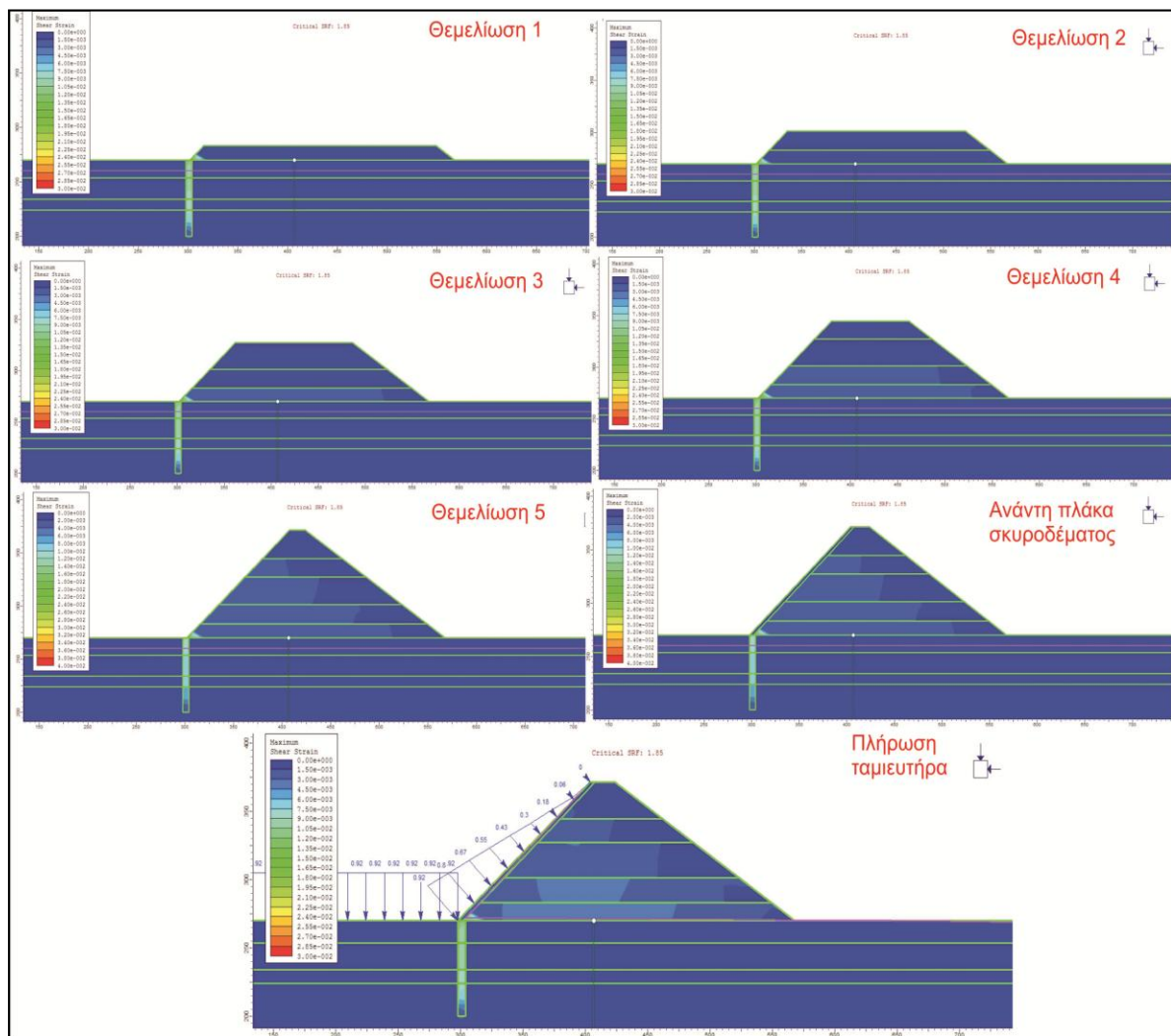
Σχήμα 11: Εξέλιξη μετατοπίσεων σε σχέση με την πρόοδο της θεμελίωσης- SRF:1.19.

Στο αρχικό μοντέλο προσθέτεται ένα ακόμα υλικό το οποίο θα έχει τα χαρακτηριστικά της κουρτίνας τσιμεντενέσεων. Τοποθετήθηκε στο σημείο επαφής της ανάντη πλάκας σκυροδέματος με το υπόβαθρο.

- Παραμορφώσεις

Οι παραμορφώσεις που προέκυψαν από την προσομοίωση παρουσιάζονται στο Σχήμα 12. Στη Θεμελίωση 1, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η κουρτίνα τσιμεντενέσεων, παρουσιάζονται παραμορφώσεις της τάξης των $1.5 \cdot 10^{-2}$ m ακριβώς στην περιοχή που τοποθετείται η κουρτίνα. Στην υπόλοιπη περιοχή οι μετατοπίσεις

είναι πολύ μικρές της τάξης των 10^{-3} m εικόνα που παρατηρείται σε όλες τις θεμελιώσεις έως και την ανάντη πλάκα σκυροδέματος.



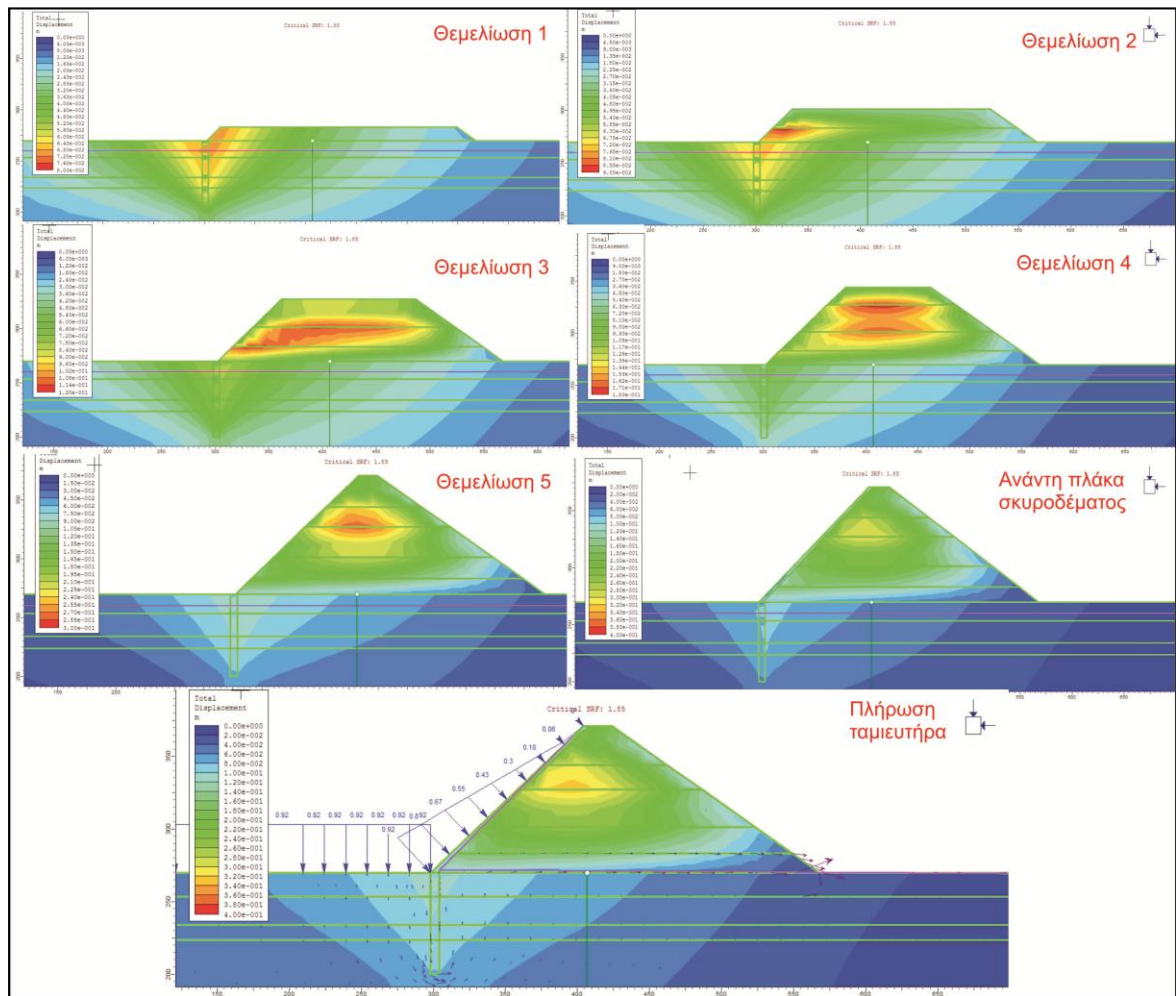
Σχήμα 12: Παραμορφώσεις κατά την εξέλιξη της θεμελίωσης και της πλήρωσης του ταμιευτήρα-SRF:1.85.

Στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα φαίνεται πως στο σώμα του φράγματος οι παραμορφώσεις είναι της τάξης του 10^{-3} m. Παρατηρείται όμως συγκέντρωση παραμορφώσεων στην κουρτίνα τσιμεντενέσεων, παραμορφώσεις των 10^{-2} m. Δεν παρουσιάζονται πιθανές αστοχίες στην περίπτωση αυτή. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας-SRF είναι 1.85.

- Μετατοπίσεις

Στο πεδίο των συνολικών μετατοπίσεων η εικόνα που παρουσιάζεται στα διάφορα στάδια αποτυπώνεται στο Σχήμα 13. Στη Θεμελίωση 1, οι μετατοπίσεις είναι από $6.8 \cdot 10^{-2}$ έως $3.2 \cdot 10^{-2}$ m και εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή που έχει

τοποθετηθεί η κουρτίνα τσιμεντενέσεων. Ανάλογη εικόνα παρατηρείται και στη Θεμελίωση 2, με μετατοπίσεις των $8 \cdot 10^{-2}$ έως $4 \cdot 10^{-2}$ m. Στη Θεμελίωση 3 και στη Θεμελίωση 4, οι μετατοπίσεις στην κουρτίνα τσιμεντενέσεων είναι $6.6 \cdot 10^{-2}$ m ενώ στο σώμα του φράγματος $1.08 \cdot 10^{-1}$ m. Στη Θεμελίωση 5 και στο στάδιο της Ανάντη πλάκας σκυροδέματος, οι μετατοπίσεις που παρατηρούνται στην κουρτίνα είναι $7.5 \cdot 10^{-2}$ m ενώ στο σώμα του φράγματος κυμαίνεται από $1.2 \cdot 10^{-1}$ m έως $2.8 \cdot 10^{-1}$ m.

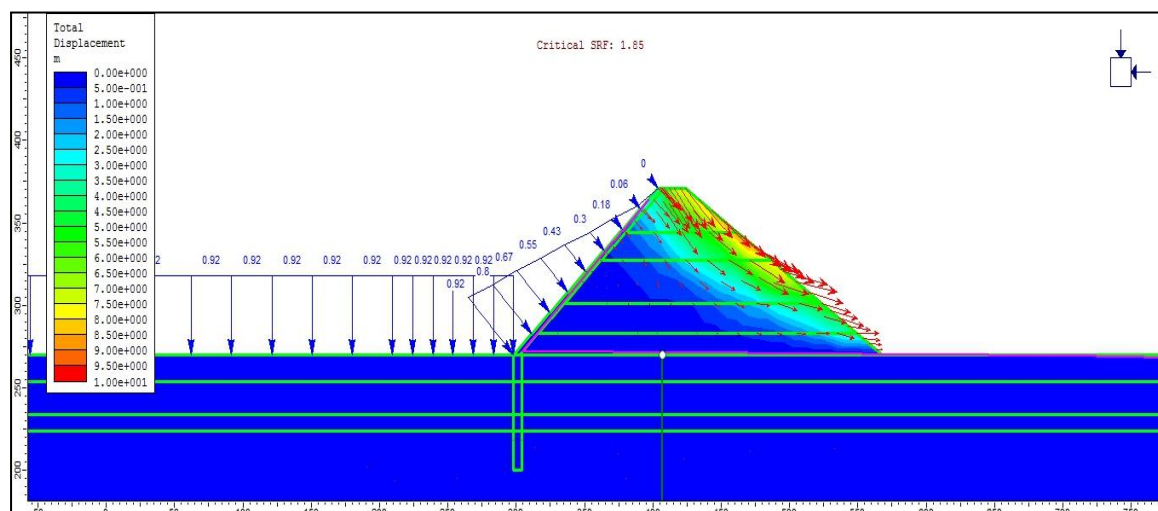


Σχήμα 13: Μετατοπίσεις κατά την εξέλιξη της θεμελίωσης και της πλήρωσης του ταμιευτήρα-- SRF:1.85.

Στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα των 10^{-1} m (10 cm) στην κουρτίνα τσιμεντενέσεων και $2.2 \cdot 10^{-1}$ m έως $3 \cdot 10^{-1}$ m (22 έως 30 cm) στο σώμα του φράγματος. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας SRF είναι 1.85.

Στην περίπτωση αυτή, σε κανένα από τα διαδοχικά στάδια παρουσιάστηκε πιθανό επίπεδο αστοχίας. Η κουρτίνα τσιμεντενέσεων δέχεται όλες τις παραμορφώσεις και σταθεροποιεί το ανάντη πρηνές έναντι μιας πιθανής αστοχίας. Το Σχήμα 14 παρουσιάζει μια περίπτωση αυξημένου οριακού συντελεστή ασφαλείας

SRF: 1.95, περίπτωση στην οποία οριοθετείται μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας στο κατάντη πρανές. Οι μετατοπίσεις που παρουσιάζονται είναι 5 έως 8 m.

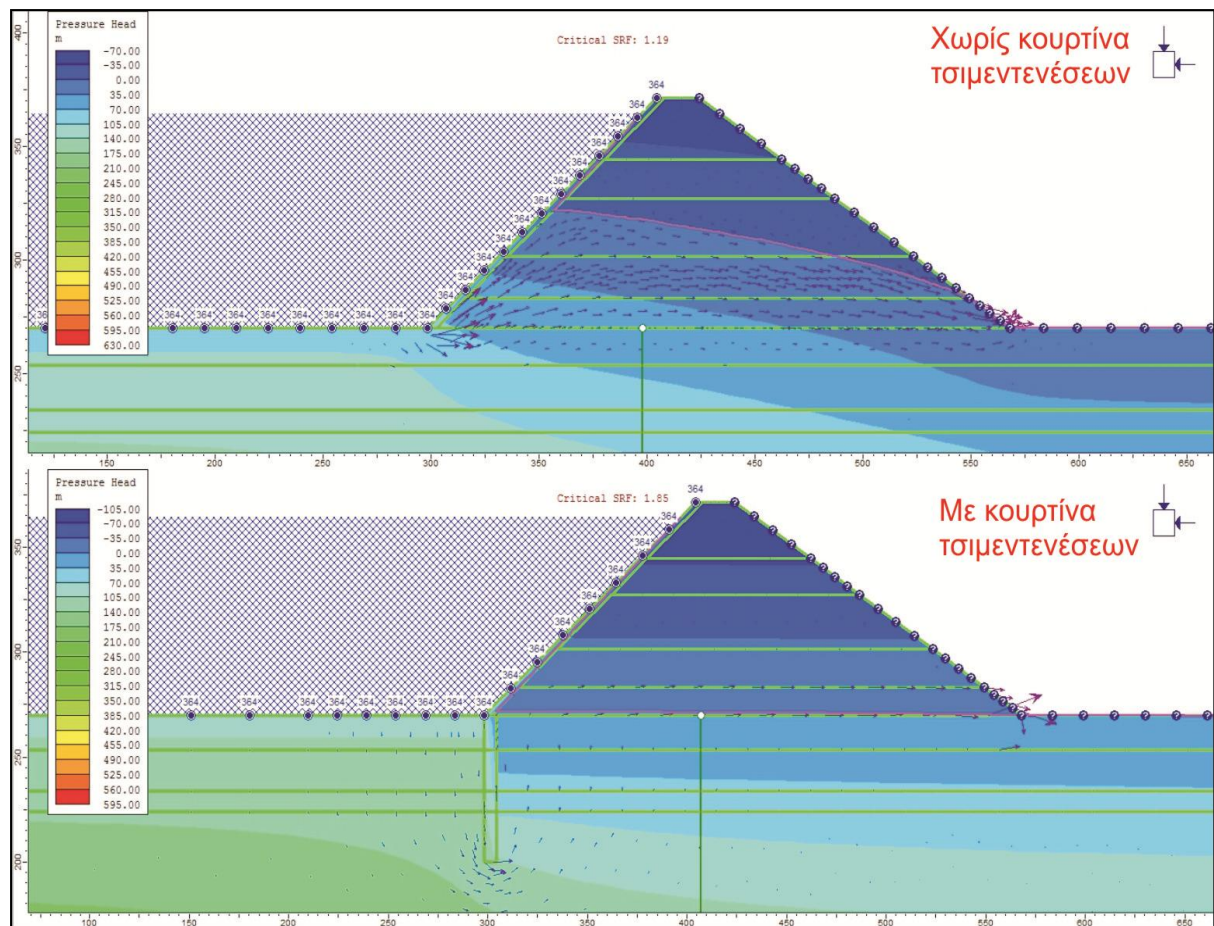


Σχήμα 14: Συνολικές μετατοπίσεις που σημειώνονται στο κατάντη πρανές του φράγματος-SRF:1.95.

- Συγκριτική αξιολόγηση του υδραυλικού φορτίου

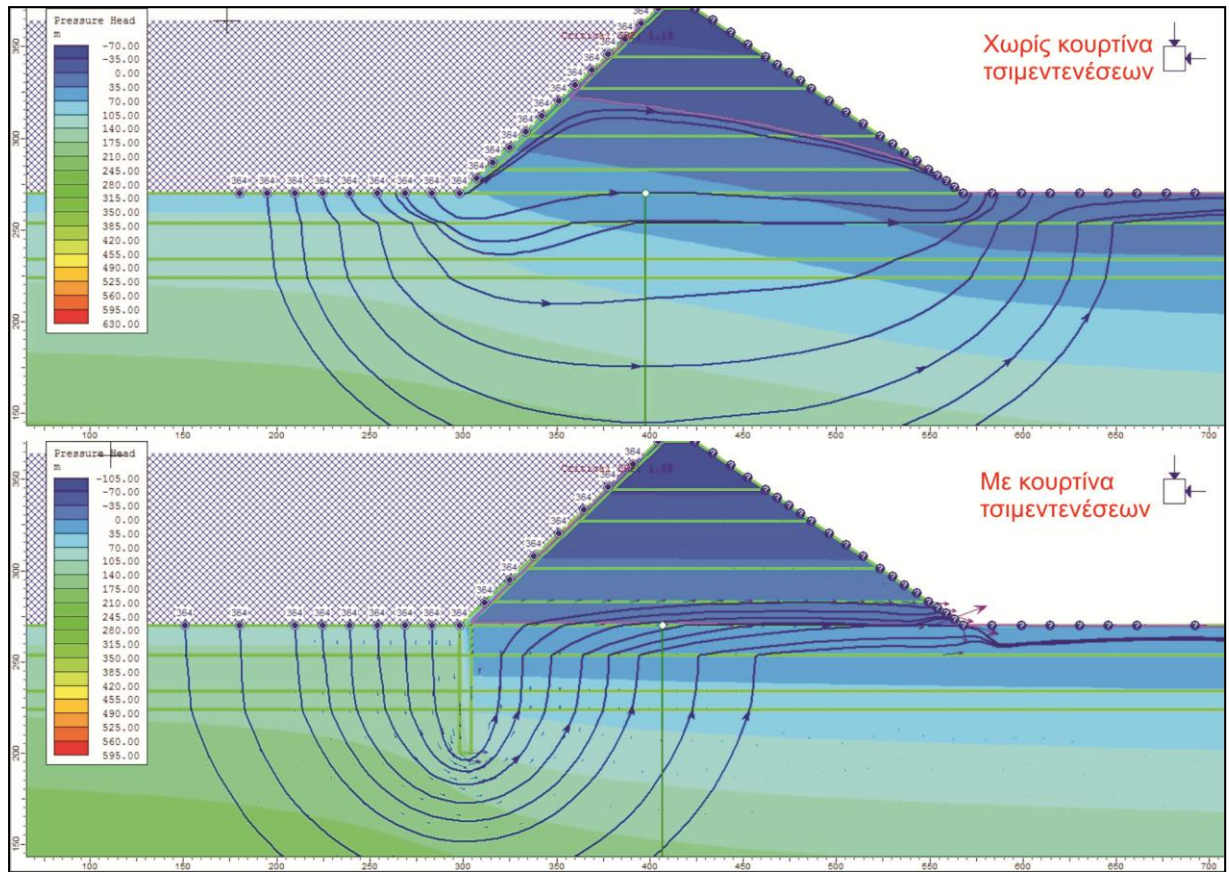
Ανάμεσα στις δύο καταστάσεις που αναλύθηκαν παραπάνω και αφορούν την ύπαρξη ή όχι της κουρτίνας τσιμεντενέσεων, υπολογίστηκε το υδραυλικό φορτίο και πως αυτό συμπεριφέρεται στις δυο καταστάσεις. Στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα, η πιεζομετρική στάθμη μεταβάλλεται και έρχεται στο ύψος της στάθμης του ταμιευτήρα, 364 m σε σχέση με το μοντέλο προσομοίωσης (+156 m πραγματική στάθμη του ταμιευτήρα).

Στο Σχήμα 15 παρουσιάζεται η πιεζομετρική στάθμη του υδροφόρου στις δυο περιπτώσεις με ή χωρίς την κουρτίνα τσιμεντενέσεων. Στην περίπτωση χωρίς την κουρτίνα φαίνεται πως η στάθμη υπόκειται μια πτώση καθώς εισέρχεται στο σώμα του φράγματος και έπειτα συνεχίζει μέσα σε αυτό για να καταλήξει στην αρχική του υδροφόρου ορίζοντα, στα κατάντη του φράγματος. Τα βέλη που δείχνουν την κίνηση φανερώνουν πως το νερό εισέρχεται στο σώμα του φράγματος από την επαφή της αδιαπέρατης ανάντη πλάκας σκυροδέματος με το υπόβαθρο. Μέσα σε αυτό ακολουθεί μια ανοδική κίνηση και τέλος επανέρχεται στην αρχική πιεζομετρική στάθμη που διατηρεί ο υδροφόρος ορίζοντας.



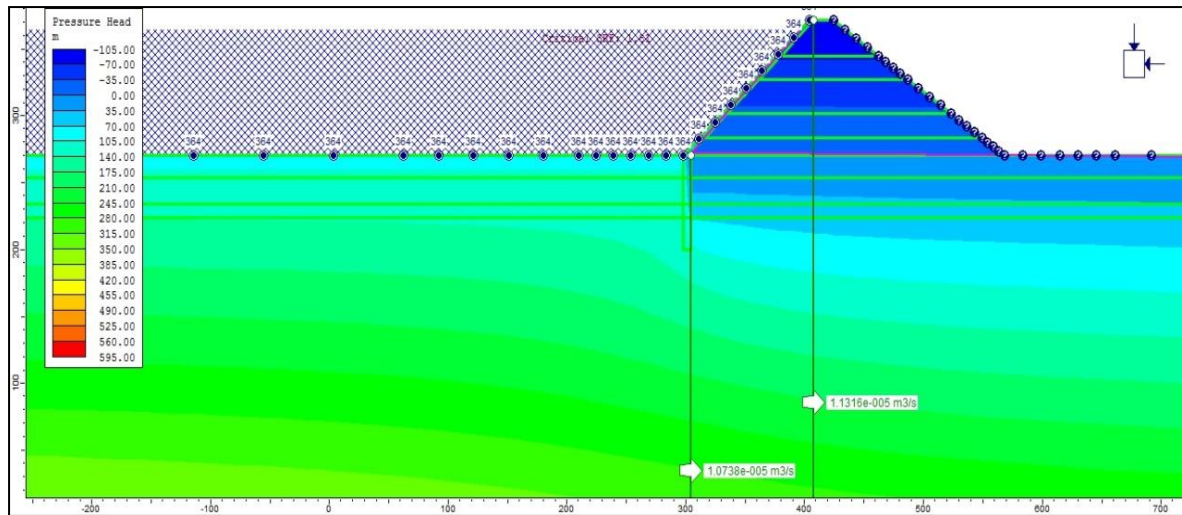
Σχήμα 15: Η πιεζομετρική στάθμη και η ροή του νερού στην περίπτωση χωρίς την κουρτίνα τσιμεντενέσεων και με αυτήν.

Αναλύοντας την περίπτωση της εφαρμογής της κουρτίνας τσιμεντενέσεων η κατάσταση διαφοροποιείται. Η στάθμη υποβαθμίζεται μέχρι τη βάση του σώματος του φράγματος, καθώς εισέρχεται σε αυτό. Η συμπεριφορά αυτή είναι λογική από τη στιγμή που δεν επιτρέπεται καμία είσοδος νερού στο σώμα του φράγματος ούτε από την ανάντη πλάκα σκυροδέματος αλλά ούτε και από την κουρτίνα τσιμεντενέσεων. Η πιεζομετρική στάθμη βρίσκεται στη βάση του σώματος του φράγματος. Η κίνηση του νερού παρακάμπτεται από την ύπαρξη της κουρτίνας τσιμεντενέσεων και έπειτα ακολουθεί την πορεία στη βάση του σώματος του φράγματος, η υπόγεια ροή επιμηκύνεται και ελαττώνονται οι απώλειες νερού. Με τον τρόπο αυτόν αυξάνεται η αντοχή του φράγματος. Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται η διαφοροποίηση μεταξύ των δυο καταστάσεων με μεγαλύτερη σαφήνεια. Στην περίπτωση χωρίς την κουρτίνα τσιμεντενέσεων, οι γραμμές ροής ακολουθούν άμεση είσοδο στο σώμα του φράγματος διανύοντας πολύ μικρή απόσταση. Στην περίπτωση με κουρτίνα τσιμεντενέσεων, η διαδρομή που ακολουθεί το νερό είναι εκτεταμένη.



Σχήμα 16: Απεικόνιση των γραμμών ροής του νερού χωρίς κουρτίνα τσιμεντενέσεων και με την εφαρμογή της.

Οι διαφυγές υπολογίστηκαν σε δύο διατομές. Η πρώτη βρίσκεται στην περιοχή της κουρτίνας τσιμεντενέσεων και καταλήγει στο κάτω όριο του μοντέλου. Οι διαφυγές που υπολογίστηκαν εκεί είναι $1.07 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$. Υπολογίστηκαν επίσης διαφυγές στην ευθεία που ενώνει τη στέψη με το κάτω όριο του μοντέλου. Στην περίπτωση αυτή οι διαφυγές υπολογίστηκαν στα $1.13 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$. Στο Σχήμα 17 παρουσιάζονται οι διαφυγές όπως υπολογίστηκαν από την προσομοίωση.



Σχήμα 17: Υπολογισμένες διαφυγές στην ευθεία της κουρτίνας τσιμεντενώσεων και στην αντίστοιχη της στέγης με το κάτω όριο του μοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διπλωματική εργασία.

- Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής ειδίκευσης είναι να ερευνηθεί τις συνθήκες εκείνες, οι οποίες θα συντελούν στην ασφάλεια και τη λειτουργικότητα του φράγματος του Ιάσμου, πάντα από τη σκοπιά της γεωλογικής-γεωτεχνικής έρευνας, η επιλογή της καταλληλότερης θέσης έδρασης του φράγματος, μέσω συγκριτικής έρευνας και η επιλογή του κατάλληλου τύπου φράγματος.
- Η περιοχή έρευνας του φράγματος τοποθετείται στον ποταμό Κομσάτο, 4.5 km βόρεια του Ιάσμου, οικισμός ο οποίος βρίσκεται ανάμεσα από τη Ξάνθη και την Κομοτηνή του Νομού Ροδόπης. Το φράγμα μελετάται να έχει ύψος 101 m (με εκσκαφή των χαλαρών υλικών στην περιοχή της έδρασης) και μήκος στέψης 562 m. Η κατασκευή του θα εξυπηρετεί αρδευτικούς σκοπούς αλλά και διαχειριστικούς των υδάτων της λίμνης Βιστωνίδα.
- Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει αρχικά την επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων που προέρχονται είτε από βιβλιογραφικές πηγές είτε από επί τόπου έρευνα και αφορούν ερευνητικές γεωτρήσεις, δοκιμές εργαστηρίων, βιβλιογραφία. Από την ανάλυση των δεδομένων δημιουργήθηκε το γεωλογικό μοντέλο της περιοχής, με χάρτες, τομές κλπ. Επίσης δημιουργήθηκε το τεχνικογεωλογικό μοντέλο μέσω των ταξινομήσεων κατά G.S.I., R.Q.D., R.M.R. και του προσδιορισμού των μηχανικών παραμέτρων της βραχώμαζας. Οι εργασίες υπαίθρου περιλαμβάνουν τη γενική επισκόπηση της περιοχής έρευνας, τη συλλογή πρωτογενών δεδομένων κατά την αναγνώριση των γεωλογικών σχηματισμών και την ταξινόμησή τους κατά G.S.I. και R.M.R. Τέλος εκτιμήθηκαν η στεγανότητα και οι διαφυγές του έργου μέσω των δοκιμών εισπίεσης νερού (LUGEON) καθώς επίσης και η ροή και οι παραμορφώσεις στο φράγμα μέσω ειδικού λογισμικού.
- Η περιοχή έρευνας, από γεωτεκτονικής άποψης, βρίσκεται στη Μάζα Ροδόπης και ειδικότερα στην Ενότητα Σιδηρόνερου. Η ζώνη αυτή χαρακτηρίζεται από υλικά μεταμορφωμένα και πυριγενή που έχουν υποστεί μεταμορφώσεις και

έντονο τεκτονισμό. Για το λόγο αυτόν οι σχηματισμοί εντοπίζονται έντονα κερματισμένοι και διερρηγμένοι. Συγκεκριμένα στην στενή περιοχή της κατασκευής του φράγματος εντοπίζονται τα πετρώματα της κατώτερης μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς, ο μεταγρανοδιορίτης και τα πετρώματα της ανώτερης μαρμαρομφιβολιτικής σειράς. Εντοπίστηκαν και ιζήματα μετα-αλπικά και χαλαρές αποθέσεις διαβρώσεων.

- Τα γεωϋλικά της περιοχής έρευνας ταξινομήθηκαν σε τέσσερις τεχνικογεωλογικές ενότητες, βάσει του βαθμού αποσάθρωσης και κερματισμού που παρουσιάζουν, που περιλαμβάνουν τον υγιή μεταγρανοδιορίτη, τον αποσαθρωμένο και τις ζώνες υψηλού κερματισμού έτσι όπως έχουν προσδιοριστεί από την ανάλυση της περιοχής. Η τεχνικογεωλογική ενότητα I περιλαμβάνει ζώνες υψηλού κερματισμού που έχουν εντοπιστεί κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (4 έως 12 m), η τεχνικογεωλογική ενότητα II περιλαμβάνει μια βαθύτερη περιοχή έντονου κερματισμού (34.5 έως 45.25 m), η τεχνικογεωλογική ενότητα III περιλαμβάνει τον υγιή μεταγρανοδιορίτη που καταλαμβάνει αρκετά μεγάλη έκταση και η τεχνικογεωλογική ενότητα IV περιλαμβάνει τον αποσαθρωμένο μεταγρανοδιορίτη στο σύνολό του και εντοπίζεται κατά τόπους έως τα 10 m από την επιφάνεια του εδάφους.
- Η τεχνικογεωλογική έρευνα ξεκινάει με την ταξινόμηση των γεωϋλικών που συναντώνται στην περιοχή μελέτης σε σχέση με την τεχνικογεωλογική ενότητα στην οποία βρίσκονται. Οι ταξινομήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι κατά R.Q.D., κατά G.S.I. και κατά R.M.R. Οι μετρήσεις προέκυψαν από επί τόπου έρευνα και από προϋπάρχοντα δεδομένα (αναλυτικά δελτία γεωτρήσεων, περιγραφές των δειγμάτων των γεωτρήσεων, καταγραφή και περιγραφή των διακλάσεων και των επιφανειών τους, φωτογραφικό υλικών των ερευνητικών γεωτρήσεων, καταγραφή δοκιμών εισπίεσης νερού). Μέρος των δεδομένων αυτών προέρχεται από τις «Υποστηρικτικές και Ερευνητικές μελέτες (Γεωλογικές και γεωτεχνικές) Φράγματος Ιάσμου» του «Πρώτου (1^{ου}) σταδίου Γεωλογικών εργασιών» του συγκεκριμένου έργου. Τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 1. Από τα αποτελέσματα γίνεται φανερό πως οι τεχνικογεωλογικές ενότητες I και II κυμαίνονται σε χαμηλές τιμές και στις τρεις ταξινομήσεις, με χαμηλότερη αυτή του R.Q.D. όπου έχουν προσδιοριστεί τιμές έως 22 % και με μέτριες έως χαμηλές τιμές ποιότητας της

βραχόμαζας στις ταξινομήσεις κατά R.M.R και G.S.I. Στην τεχνικογεωλογική ενότητα III οι ταξινομήσεις παρουσιάζουν καλής έως μέτριας ποιότητας βραχόμαζα καθώς οι τιμές των ταξινομήσεων κυμαίνονται σε τιμές άνω του 60, ενώ η τεχνικογεωλογική ενότητα IV φανερώνει μέτριας ποιότητας βραχόμαζα με χαμηλότερη τιμή αυτή της ταξινόμησης κατά R.Q.D. 30 % και μεγαλύτερη αυτή του G.S.I. 50.

Πίνακας 8: Συνοπτικός πίνακας των τεχνικογεωλογικών ταξινομήσεων ανά τεχνικογεωλογική ενότητα.

	T.E. I	T.E. II	T.E. III	T.E. IV
R.Q.D. (%)	19	22	60	26
G.S.I.	30	36	60	50
R.M.R.	43	56	63	38

- Η τεχνικογεωλογική έρευνα ενισχύεται από τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών ανά τεχνικογεωλογική ενότητα. Βάσει των πρωτογενών δεδομένων και της επεξεργασίας τους, προσδιορίστηκαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά μέσω της εφαρμογής RocLab 1.0. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα συνοχή c , γωνία τριβής ϕ και παραμορφωσιμότητα E_m που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2, ολοκληρώνουν την εικόνα των τεχνικογεωλογικών ενότητων. Στην τεχνικογεωλογική ενότητα I και II, τα μηχανικά χαρακτηριστικά c , ϕ και E_m είναι χαμηλά καθώς αναφέρονται σε κατακερματισμένες περιοχές, η παράμετρος του μέτρου ελαστικότητας κυμαίνεται από 10000 έως 6250 MPa και η παράμετρος m_i είναι 25. Οι τεχνικογεωλογικές ενότητες III και IV παρουσιάζουν αυξημένες τιμές καθώς αναφέρονται σε υγιέστερες περιοχές της βραχόμαζας ή σε περιοχές με ελαφριά αποσάθρωση, περιπτώσεις στις οποίες η παράμετρος του μέτρου ελαστικότητας λαμβάνει τιμές 7300 έως 8500 MPa και η παράμετρος του m_i 25 έως 28.

Πίνακας 9: Συνοπτικός πίνακας των μηχανικών χαρακτηριστικών ανά τεχνικογεωλογική ενότητα.

	T.E. I	T.E. II	T.E. III	T.E. IV
E_i (Mpa)	10000	6250	8500	7300
σ_{ci} (Mpa)	100	100	100	100
m_i	25	25	28	25
c (Mpa)	4,84	5,36	7,74	6,12
φ (°)	32,36	34,2	42,43	36,94
E_m (Mpa)	813	758,72	4420	1632,64

- Βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την τεχνικογεωλογική έρευνα καθώς επίσης και από τη γεωμορφολογία των δύο πιθανών θέσεων κατασκευής του φράγματος (Άξονας Α0 και Άξονας Α1) επιλέχθηκε η τελική θέση. Η ύπαρξη του στενού αυχένα στο ανατολικό αντέρεισμα της θέσης Α0 και των έντονων διαρρήξεων που εντοπίζονται κατά μήκος αυτού, καθώς επίσης και η ύπαρξη ακατάλληλων εδαφικών υλικών και υλικών παλαιότερων κατολισθήσεων στο ανατολικό, οδήγησαν στην αναζήτηση εναλλακτικής θέσης και εν τέλει στην κατάληξη της θέσης Α1. Στη θέση αυτή η μορφολογία των αντερεισμάτων είναι ευνοϊκότερη και επιπλέον δεν εντοπίζονται μεγάλου πάχους εδαφικά υλικά. Η θέση αυτή είναι προτιμότερη της θέσης Α0 αλλά, επισημαίνεται η ύπαρξη των διακλάσεων του αυχένα βόρεια της θέσης Α1, που σε επικείμενη διεύρυνσή τους θα επηρεάσουν το σώμα του φράγματος. Επίσης αποτελούν πιθανό σημείο διαφυγών νερού.
- Η επιλογή του τύπου του φράγματος προέκυψε από μια συγκριτική ταξινόμηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων όλων των πιθανών τύπων. Τα άκαμπτα φράγματα, τοξωτό και βαρύτητας, αποκλείονται λόγω του μεγάλου βάρους τους. Η περίπτωση του τοξωτού φράγματος απαιτεί υψηλής αντοχής αντερείσματα καθώς εκεί θα αποτονώνονται οι πιέσεις από τον ταμιευτήρα και αυτή του φράγματος βαρύτητας αποτελεί μια πολύ βαριά κατασκευή και σε συνδυασμό με την κερματισμένη βραχώμαζα στην περιοχή δεν θεωρήθηκε ασφαλής επιλογή. Επίσης το φράγμα σκληρού επιχώματος (αξονοσυμμετρικού) δεν επιλέχθηκε λόγω της μη αντοχής του σε σεισμικές δονήσεις. Από τα εύκαμπτα (χωμάτινα) αυτό με αργιλικό πυρήνα δεν μπορεί να εφαρμοστεί καθώς στην ευρύτερη περιοχή δεν εντοπίζονται σημαντικοί δανειοθάλαμοι αργιλικών υλικών. Ο τύπος φράγματος ο οποίος επιλέχθηκε είναι αυτός του λιθόρριπτου με ανάντη πλάκα

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών των διαφόρων τύπων φραγμάτων (Τροποποιημένος από Milligan, 2008).

Τύπος φράγματος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Απαιτήσεις υπερχειλιστή	Σχόλια
Χωμάτινο με αργιλικό πυρήνα	Εμπειρία κατασκευής και σχεδιασμού στην Ελλάδα Υψηλή αντίσταση σεισμούς	Έλλειψη δανειοθαλάμων αργιλικών υλικών	Χρειάζεται να είναι σε διαφορετικό σημείο από το κυρίως φράγμα-τοποθέτηση στο δεξί αντέρεισμα	Δεν είναι εφικτή λύση γιατί δεν υπάρχουν δανειοθάλαμοι αργιλικών υλικών
Λιθόρριπτο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος	Καλής ποιότητας βραχώμαζα κατάλληλη για λατομικό υλικό Εμπειρία κατασκευής και σχεδιασμού στην Ελλάδα Υψηλή αντίσταση σεισμούς	Τα αποσαθρωμένα υλικά να αποτίθενται σε λωρίδες για να αναμειγνύονται καλά Ανάγκη ανάμειξη του αποσαθρωμένου υλικού στην πλίνθο Ανάγκη για διαβάθμιση υλικού- ποιοτικά υλικά Πιθανή θραύση της ανάντη πλάκας	Χρειάζεται να είναι σε διαφορετικό σημείο από το κυρίως φράγμα-τοποθέτηση στο δεξί αντέρεισμα	
Σκληρού επιχώματος (αξονοσυμμετρικό)	Υπαρξη δανειοθαλάμων Σχετικά απλές κατασκευές	Ανάγκη για ανάντη πλάκα και διαβάθμιση Έλεγχος ανάγκης για σεισμούς και αποστραγγίσεις για πιθανές ανοδικές κινήσεις Περιορισμένη εμπειρία σε επίδραση με σεισμούς	Χρειάζεται να είναι σε διαφορετικό σημείο από το κυρίως φράγμα-τοποθέτηση στο δεξί αντέρεισμα	Ύψος 90 m είναι αρκετά ψηλό για τέτοιο τύπο Έλεγχος για επίδραση με σεισμούς
Βαρύτητας	Διαθεσιμότητα από καλής ποιότητας αδρανή από λατομείο γενεσίων στην περιοχή Κατασκευή υπόγειων-αποστραγγιστικών σηράγγων κάτω από το φράγμα	Τα αποσαθρωμένα υλικά να αποτίθενται σε λωρίδες για να αναμειγνύονται καλά Ανάγκη για αποτελεσματικό τσιμεντένιο τμήμα φυτοκάλυψης στην περιοχή-περιορισμός των πλημμυρών Ανάγκη για καλής ποιότητας ιπτάμενη τέφρα	Ο υπερχειλιστής μπορεί να ενσωματωθεί στο φράγμα	Η παροχή του υπερχειλιστή πάνω από το ύψος του φράγματος είναι ένας επιπλέον παράγοντας
Τοξωτό	Οικονομία σε σκυρόδεμα	Αδυναμία των πρανών να δεχτούν τα φορτία		

σκυροδέματος ως η πιο συμβατή στις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Συγκεντρωτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε επιλογής παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

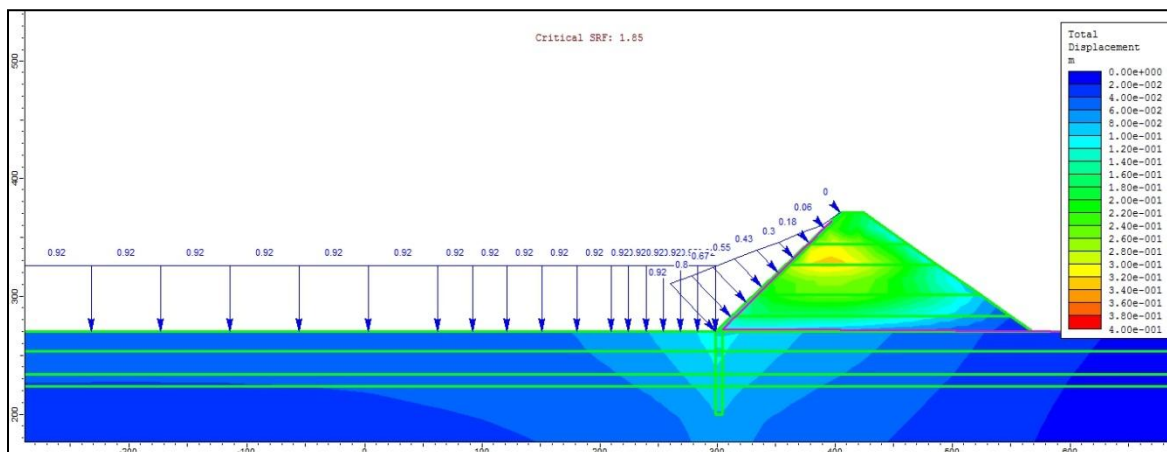
- Οι διαφυγές νερού σε μια τέτοιου τύπου κατασκευή μπορεί λειτουργήσουν ανασταλτικά ως προς τη λειτουργία του φράγματος. Για το λόγο αυτό ελέγχονται οι συντελεστές περατότητας, με τη μετατροπή τους σε μονάδες LUGEON (U.L.). Με τη βοήθεια του ορίου των μονάδων U.L. σε σχέση με το ύψος του φράγματος, προέκυψε πως για τη δεδομένη περίπτωση το όριο μικρότερο των 2 μονάδων. Με τον τρόπο αυτόν δημιουργήθηκε μια γραμμή του συγκεκριμένου ορίου. Η προέκταση της γραμμής αυτής προς τα αντερείσματα συναντά τον υδροφόρο ορίζοντα. Τα δύο αυτά σημεία τομής του υδροφόρου ορίζοντα με τη γραμμή του ορίου U.L. ορίζονται σαν τα άκρα της κουρτίνας τσιμεντενέσεων. Στη δεδομένη περίπτωση η κουρτίνα τσιμεντενέσεων προτείνεται να έχει μήκος 588 m και πάχος που κυμαίνεται από 8 έως 67 m. Στον ταμιευτήρα του φράγματος, κατά πρώτη ανάγνωση, δεν αναμένονται διαφυγές καθώς θα κατακλυστούν κατά κύριο λόγο βραχώδη υλικά, γρανιτογενέσιοι, λεπτινίτες, φλύσχης. Η διαπερατότητα των σχηματισμών όμως εξαρτάται από την ύπαρξη ασυνεχειών και διακλάσεων και την εμμογή τους σε βάθος. Στις δοκιμές περατότητας που πραγματοποιήθηκαν στον μεταγρανοδιορίτη παρατηρείται μια μείωση κατά βάθος της περατότητας γεγονός που υποδηλώνει πως αν και επιφανειακά φαίνεται διαρρηγμένος, σε βάθος η εικόνα αυτή αλλάζει και παρουσιάζεται σχεδόν αδιαπεράτος. Σε διατομή κάτω από τη θεμελίωση του φράγματος η ροή του νερού υπολογίστηκε στα $1.07 \cdot 10^{-5}$ και $1.13 \cdot 10^{-5}$ m²/sec ανά μέτρο πορείας. Εξαιρέση αποτελούν οι εδαφικοί σχηματισμοί που παρατηρούνται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης του ταμιευτήρα, οι οποίοι έχουν πάχος 10 m και αναμένονται να προκαλέσουν προβλήματα διαφυγών καθώς είναι πιθανό να συνδέονται με υποκείμενους υδροφόρους ορίζοντες.
- Από το μοντέλο προσομοίωσης εξάγονται συμπεράσματα που αφορούν τις παραμορφώσεις και τις διαφυγές νερού. Στην πρώτη προσομοίωση όπου υπολογίζεται μόνο το τασικό πεδίο (χωρίς το υδραυλικό φορτίο) συμπεραίνεται πως οι συνολικές παραμορφώσεις είναι της τάξης των $8 \cdot 10^{-3}$ έως $2.5 \cdot 10^{-2}$ m στο τελευταίο στάδιο της ανάντη πλάκας σκυροδέματος. Οι παραμορφώσεις αυτές αντιστοιχούν σε οριακό συντελεστή ασφαλείας SRF: 1.45.

Οι μετατοπίσεις που σημειώνονται είναι της τάξης των 60 έως 70 cm στο στάδιο της ανάντη πλάκας σκυροδέματος. Από την διεύθυνση της κίνησής τους φαίνεται να οριοθετείται μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας στο ανάντη τμήμα του φράγματος. Οι αντίστοιχες παραμορφώσεις που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της θεμελίωσης, αυξάνονται καθώς προχωρούν τα στάδια, καταλήγοντας στο τελικό στάδιο της ανάντη πλάκας σκυροδέματος να οριοθετείται μια επιφάνεια αστοχίας αντίστοιχος με αυτόν που σχηματίστηκε στην καταγραφή των μετατοπίσεων. Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής ασφαλείας SRF είναι 1.45.

- Αναλύοντας την προσομοίωση εισάγοντας το υδραυλικό φορτίο διακρίνονται δυο περιπτώσεις. Η πρώτη αφορά την μη εφαρμογή κουρτίνας τσιμεντενέσεων. Στην περίπτωση αυτή οι παραμορφώσεις που παρατηρούνται στο τελικό στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα με νερό είναι της τάξης των 10^{-2} m. Οριοθετείται μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας στο ανάντη πρηνές του φράγματος. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας SRF που αντιστοιχεί σε τέτοιες παραμορφώσεις είναι 1.19.

Οι μετατοπίσεις που σημειώνονται στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα είναι της τάξης των 60 έως 90 cm. Στην περίπτωση αυτή αντίστοιχα με τον έλεγχο των παραμορφώσεων, οριοθετείται μια πιθανή επιφάνεια αστοχίας στο ανάντη πρηνές του φράγματος. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας είναι 1.19.

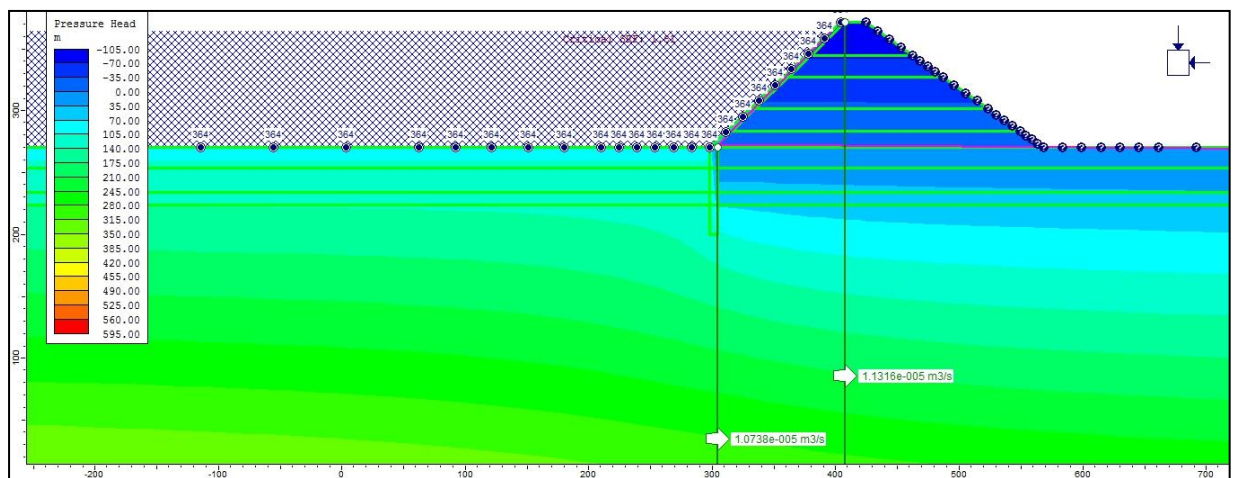
Η δεύτερη περίπτωση αφορά αναλύσεις με την εφαρμογή κουρτίνας τσιμεντενέσεων. Οι παραμορφώσεις εντοπίζονται αυξημένες στην περιοχή της κουρτίνας τσιμεντενέσεων της τάξης των 10^{-2} m στο τελικό στάδιο της πλήρωσης



Σχήμα 1: Συνολικές μετατοπίσεις στο στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα με νερό-SRF:1.85. του ταμιευτήρα με νερό ενώ στο σώμα του φράγματος οι παραμορφώσεις είναι της τάξης των 10^{-3} m. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας SRF είναι 1.85, Σχήμα

1. Οι μετατοπίσεις που εντοπίζονται σε αυτήν την περίπτωση είναι 22 έως 30 cm στο σώμα του φράγματος κατά το στάδιο της πλήρωσης του ταμιευτήρα. Ο οριακός συντελεστής ασφαλείας SRF είναι 1.85. Οι μετατοπίσεις είναι μειωμένες λόγω της ύπαρξης της κουρτίνας τσιμεντενέσεων.

- Τέλος, από την συγκριτική εξέταση των δύο περιπτώσεων συμπεραίνεται πως η εφαρμογή της κουρτίνας τσιμεντενέσεων 67 m στην επαφή της ανάντη πλάκας σκυροδέματος με το υπόβαθρο συντελεί στην αύξηση της διαδρομής της ροής του νερού και μειώνονται οι πιθανότητες διαφυγών. Αντίθετα στην περίπτωση χωρίς κουρτίνα τσιμεντενέσεων η διαδρομή του νερού είναι σύντομη. Η πιεζομετρική στάθμη στην περίπτωση της κουρτίνας τσιμεντενέσεων ταπεινώνεται έως τη βάση της θεμελίωσης γεγονός που αποτρέπει τη ροή νερού μέσα στο φράγμα ενώ στην περίπτωση που δεν εφαρμόστηκε κουρτίνα τσιμεντενέσεων, η πιεζομετρική στάθμη ταπεινώνεται έως τη μέση της θεμελίωσης. Οι διαφυγές που υπολογίστηκαν είναι $1.07 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$ στην ευθεία της προέκτασης της κουρτίνας τσιμεντενέσεων και $1.13 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$ στην ευθεία της στέψης με το κάτω όριο του μοντέλου, Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Υπολογισμός των διαφυγών σε διατομή κάτω από την κουρτίνα τσιμεντενέσεων και στην ευθεία της στέψης με το κάτω όριο του μοντέλου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

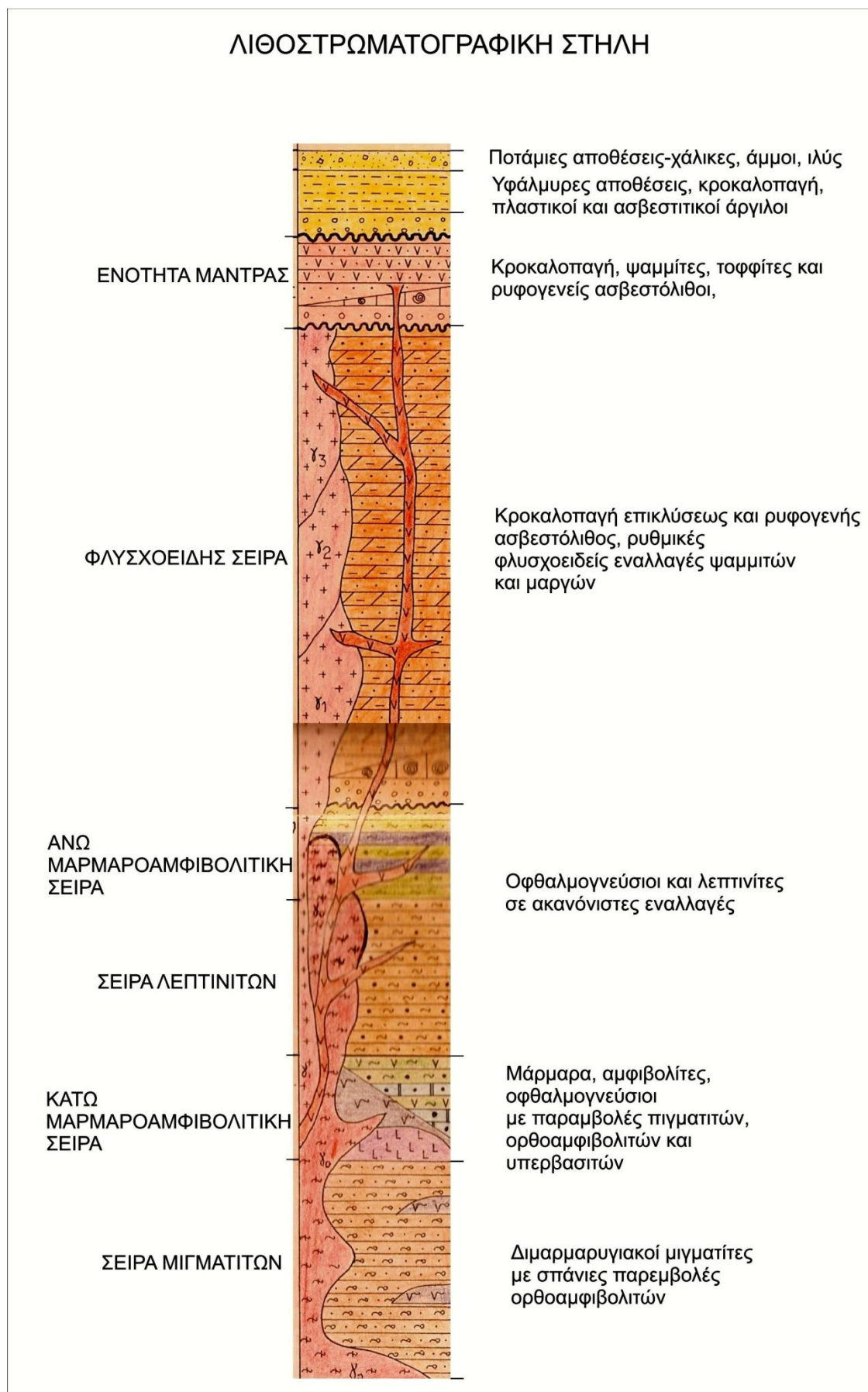
- Αλεξιάδου Μαρία-Χαρά, «Υποστηρικτικές και Ερευνητικές μελέτες (Γεωλογικές και γεωτεχνικές) Φράγματος Ιάσμου» του «Πρώτου (1^{ου}) σταδίου Γεωλογικών εργασιών», «Γεωλογική οριζοντιογραφία θέσεων φράγματος», 2008.
- Βουβαλίδης Κων/νος, «Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας», Τμήμα εκδόσεων Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2005-2006.
- Δημόπουλος Γεώργιος, «Γεωλογικές μελέτες τεχνικών έργων - Υδρογεωλογικές μελέτες», Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη α.ε., Θεσσαλονίκη, 2007.
- Δημόπουλος Χρ. Γεώργιος, «Τεχνική Γεωλογία», Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, 2008.
- Θανάπουλος Ι., «Λιθόρριπτα φράγματα με ανάντη πλάκα σκυροδέματος: Εμπειρίες από τον Θεσσαλικό χώρο και σύγχρονη τεχνογνωσία», 1^ο Πανελλήνιο συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, ΤΕΕ, ΤΕΕ – Τμ. Κεντρ. και Δυτικής Θεσσαλίας, 13-15 Νοεμβρίου, Λάρισα, 2008.
- Θωμόπουλος Αχιλλέας, «Συνθήκες ευστάθειας της σήραγγας του Συμβόλου στο τμήμα Ασπροβάλας-Καβάλας της Εγνατίας Οδού στο στάδιο κατασκευής», Διατριβή Ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2009.
- Κίλιας Α., Φαλαλάκης Γ., Μουντράκης Δ., Χατζηδημητριάδης Ε., «Μέτρηση της τελικής παραμόρφωσης σε κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα: παραδείγματα από τις κρυσταλλοσχιτώδεις Μάζες της Σερβομακεδονικής και της Ροδόπης (Μακεδονία, Ελλάδα)», Δελτίο Ε.Γ.Ε., Τόμος XXX/1, 1994.
- Κούκης Γεώργιος Χ., Σαμπατακάκης Νικόλαος Σ., «Γεωλογία των τεχνικών έργων», Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Λιάκουρης Ευαγγ. Δημήτριος, «Η γεωλογία και τα φράγματα της Δ.Ε.Η.», Διεύθυνση Εκπαίδευσης Δ.Ε.Η., Αθήνα, Ιανουάριος 1995.
- Μαρίνος Π., «Γεωλογία φραγμάτων. Διεθνείς και ελληνικές εμπειρίες», Πρακτικά ημερίδας Γεωλογία και Φράγματα, ΕΕΤΓ της ΙΑΕΓ, Αθήνα, 1991.
- Μαρίνος Γ. Π., Καζίλης Ν., «Στεγανότητα φραγμάτων και ταμιευτήρων. Ταξινόμηση Ελληνικών περιπτώσεων», Πρακτικά ημερίδας Γεωλογία και Φράγματα, ΕΕΤΓ της ΙΑΕΓ, Αθήνα, 1991.

- Μπόσκος Ε., Δημάδης Λ., Περδικάτσης Β., «Συμβολή στη μελέτη του μεταμορφωμένου συστήματος της Ροδόπης μεταξύ Ξάνθης-Ιάσμου και Ελληνοβουλγαρικών συνόρων», Δελτίο Ε.Γ.Ε., Τόμος XX/2, 1986.
- Παπαγεωργίου Ο., «Τύποι φραγμάτων, γεωλογικά προβλήματα και συμπαρομαρτούντα έργα», 1^ο Πανελλήνιο συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, ΤΕΕ, ΤΕΕ – Τμ. Κεντρ. και Δυτικής Θεσσαλίας, 13-15 Νοεμβρίου, Λάρισα, 2008.
- Παπαζάχος Β., Παπαζάχου Κ., «Οι σεισμοί της Ελλάδας», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 2002.
- Παπανακλή Θ. Στυλιανή, «Προσδιορισμός μηχανικών παραμέτρων του βραχώδους υλικού και εφαρμογή αυτών στην εκτίμηση της αντοχής και παραμορφωσιμότητας της βραχώμαζας», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2007.
- Σαράντης Θ. Δημητριάδη, «Εισαγωγή στη γεωλογία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, 1988.
- Σούλιος Χ. Γεώργιος, «Γενική υδρογεωλογία», Πρώτος Τόμος, Δεύτερος Τόμος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1996.
- Φυτίκας Μιχ., «Τεχνική γεωτρήσεων», Τμήμα εκδόσεων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου, 1998.
- «Ι.Γ.Μ.Ε. – Υδρογεωλογικός χάρτης ορεινής περιοχής Ν. Ροδόπης», Ε. Δημάδης 1986/89.
- Bieniawski Z. T., «Rock mass classification in rock engineering», Eng. Geology, Vol. 9, pp. 1-11, 1976.
- Davies R. T., McSaveney J. M., «Rock – Avalanche size and run out- Implications for landslide dams», Lecture Notes in Earth Sciences, 2011, Vol.133, Natural and artificial Rockslide Dams, Pages 441-462.
- Deere D. U., «Technical description of rock cores», Rock Mechanics of Engineering Geology, 1 16-22, 1964.
- Dimadis E., Zachos S., «Geological and tectonic structure of the metamorphic basement of the Greek Rhodopes», Geologica Rhodopica, vol. 1, 1989.
- Fell R., MacGregor P., Sapledon D., Bell G., «Geotechnical Engineering of Dams», Taylor & Francis Group plc, London, UK, 2005.

- Gkarlaouni C., Papadimitriou E., Kiliias A., Falalakis G., Gemitzi A., «The evolution of the stress field in Eastern Macedonia and Thrace», Δελτίο της Ε.Γ.Ε., Τόμος XXXX, 2007.
- Hawkins A. B., «Aspects of rock strength», 1998.
- Hervouet Jean-Michel, Petitjean Alain, «Geological causes of dam incidents», IAEG Symposium: «Engineering geological problems in hydro-technological constructions», 1979. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol.20, No.1.
- Hoek E. & Brown E.T., «The Hoek-Brown Failure Criterion – a 1988 Update», 15h Canadian Rock Mechanics Symposium, 1988.
- Kiliias A. and Mountrakis D., «Kinematics of the crystalline sequences in the Western Rhodope massif», 2^ο Ελληνοβουλγαρικό Συνέδριο, 1989.
- Kiliias, A., et al., «The Thrace basin in the Rhodope province of NE Greece — A tertiary supradetachment basin and its geodynamic implications, Tectonophysics», 2012.
- Marinos P. & Hoek E., «G.S.I. A geological friendly tool for rock mass strength estimation», 2000.
- Milligan Victor, 2008.
- Mountrakis D. & Tranos M., «The Kavala-Xanthi-Komotini fault (KXKF): a complicated active fault zone in Eastern Macedonia-Thrace (Northern Greece), 5th International Symposium of Eastern Mediterranean Geology, Thessalonikh, Greece, 2004.
- Tsiambaos G., Sabatakakis N., «Considerations on strength of intact sedimentary rocks», Engineering Geology, Elsevier, Vol. 72, pp. 261-273, 2004.
- Zabura Quido, 1969.

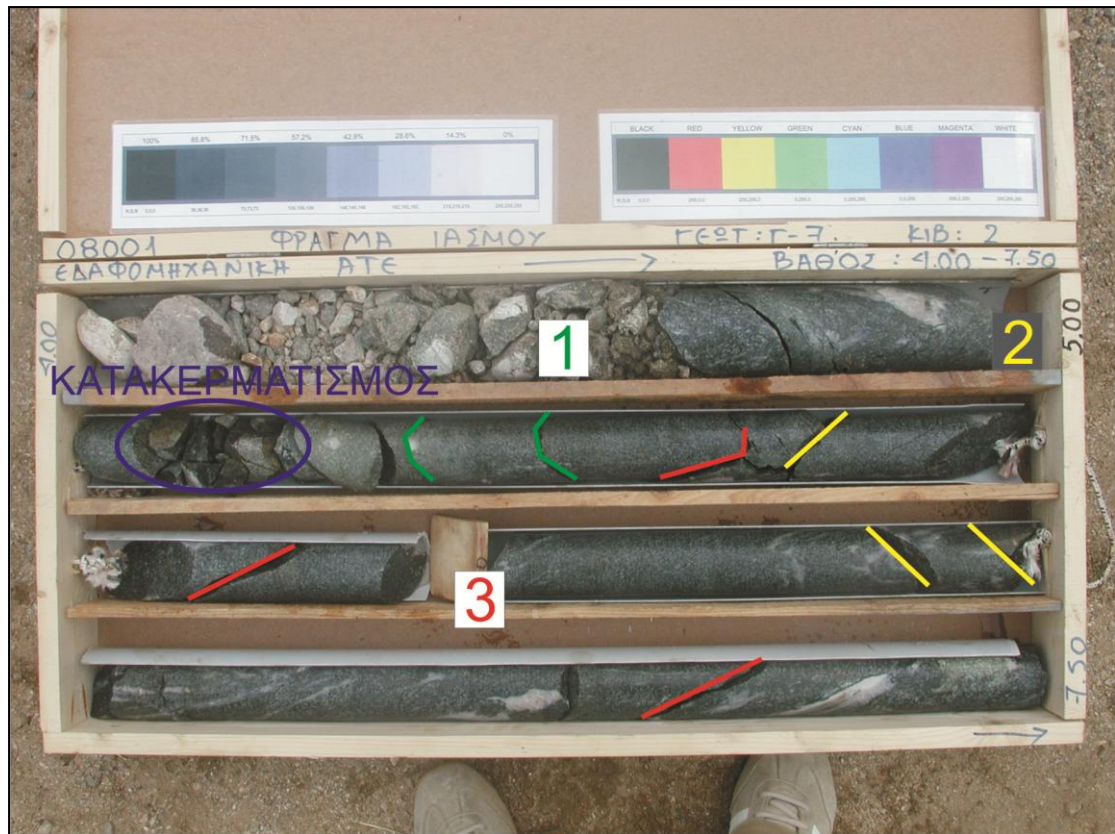
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ

ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ



Λιθοστρωματογραφική στήλη (Τροποποίηση από: Ε. Δημάδης 1986/89)

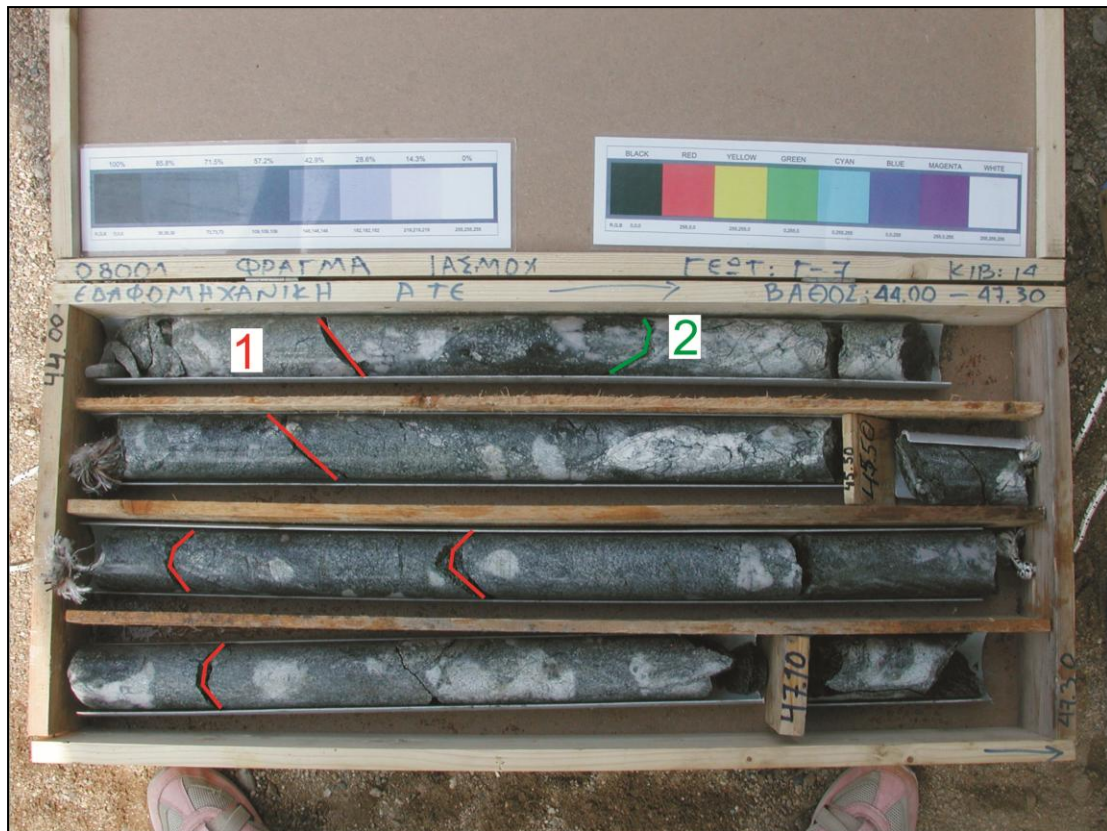
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ



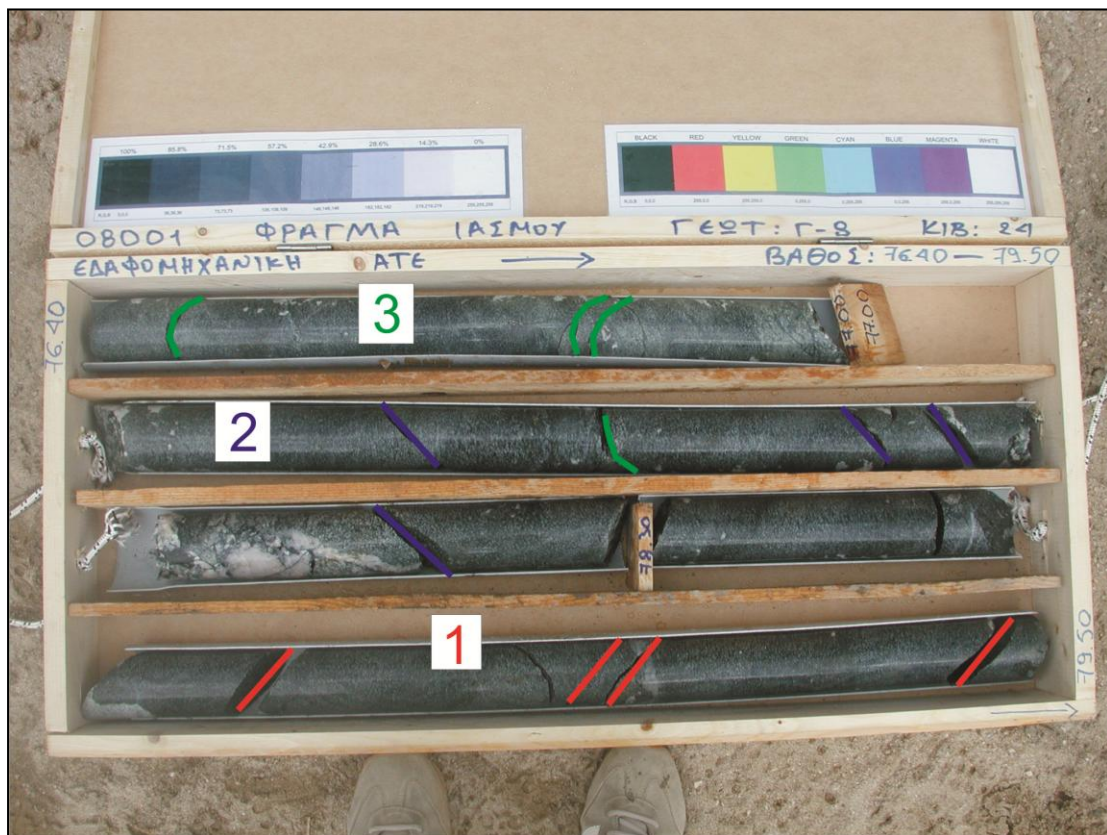
Εικόνα 1: Γεώτρηση Γ7, βάθος 4 έως 7.5 m.



Εικόνα 2: Γεώτρηση Γ8, βάθος 13.3 έως 16.8 m.



Εικόνα 3: Γεώτρηση Γ7, βάθος 44 έως 47.3 m.



Εικόνα 4: Γεώτρηση Γ8, βάθος 76.4 έως 79.5 m.



Εικόνα 5: Γεώτρηση Γ7, βάθος 97.1 έως 100.6 m.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΑΡΧΕΙΟ ΑΞΟΝΑ Α1

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Κωδικός γεώτρησης	Κορυφή (m)	Βάση (m)	Περιγραφή υλικού	Μ.Ο.	Απόλυτο υψόμετρο (m)
G1	0,00	1,40	Άμμοι-χαλίκια-άργιλοι-κροκάλες	0,70	185,80
G1	1,40	3,00	Άμμοι-χαλίκια-άργιλοι-κροκάλες	2,20	184,30
G1	3,00	5,90	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	4,45	182,05
G1	5,90	10,90	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	8,40	178,10
G1	10,90	15,50	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	13,20	173,30
G1	15,50	30,00	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	22,75	163,75
G1	30,00	40,00	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	35,00	151,50
G1	40,00	50,00	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	45,00	141,50
G1	50,00	60,00	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	55,00	131,50
G2	0,00	3,30	Άμμοι-χαλίκια-άργιλοι-κροκάλες	1,65	147,85
G2	3,30	4,40	Μεταγρανодиορίτης καστανός, μέτρια αποσαθρωμένος, κερματισμένος	3,85	145,65
G2	4,40	9,20	Μεταγρανодиορίτης καστανός, μέτρια αποσαθρωμένος, κερματισμένος	6,80	142,70
G2	9,20	20,00	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	14,60	134,90
G2	20,00	30,00	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	25,00	124,50
G2	30,00	40,00	Μεταγρανодиορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	35,00	114,50

G2	40,00	49,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	44,50	105,00
G2	49,00	56,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	52,50	97,00
G2	56,00	71,10	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	63,55	85,95

G3	0,00	2,50	Άμμοι-χαλίκια-άργιοι-κροκάλες	1,25	111,75
G3	2,50	7,10	Μεταγρανοδιορίτης καστανός, μέτρια αποσαθρωμένος, κερματισμένος	4,80	108,20
G3	4,40	4,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	4,45	108,55
G3	6,20	11,20	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	8,70	104,30
G3	11,20	20,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	10,60	102,40
G3	20,00	30,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	25,00	88,00
G3	30,00	40,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	35,00	78,00
G3	40,00	50,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	45,00	68,00
G3	50,00	60,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	55,00	58,00

G7	0,00	1,50	Άμμοι-χαλίκια-άργιοι-κροκάλες	0,75	66,25
G7	1,50	2,50	Άμμοι-χαλίκια-άργιοι-κροκάλες	2,00	65,00
G7	2,50	4,00	Άμμοι-χαλίκια-άργιοι-κροκάλες	3,25	63,75
G7	4,00	4,40	Άμμοι-χαλίκια-άργιοι-κροκάλες	4,20	62,80
G7	4,40	4,70	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος μέτρια αποσαθρωμένος	4,55	62,45

G7	4,70	7,70	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	6,20	60,80
G7	7,70	13,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	10,60	56,40
G7	13,50	19,60	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	16,55	50,45
G7	19,60	25,80	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	22,80	44,20
G7	25,80	31,10	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	28,45	38,55
G7	31,10	37,30	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	34,20	32,80
G7	37,30	45,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	41,40	25,60
G7	45,50	51,80	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	48,65	18,35
G7	51,80	59,40	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	55,60	11,40
G7	59,40	65,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	62,45	4,55
G7	65,50	71,80	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	68,65	-1,65
G7	71,80	77,90	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	74,85	-7,85
G7	77,90	84,00	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	80,95	-13,95
G7	84,00	90,10	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	87,05	-20,05
G7	90,10	96,40	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	93,25	-26,25

G7	96,40	104,40	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	100,40	-33,40
G7	104,40	110,60	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	107,50	-40,50

G8	0,00	6,20	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	3,10	69,90
G8	6,20	12,40	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	9,30	60,70
G8	12,40	18,70	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	15,55	54,45
G8	18,70	24,90	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	21,80	48,20
G8	24,90	30,30	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	27,60	42,40
G8	30,30	36,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	33,40	36,60
G8	36,50	42,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	39,50	30,50
G8	42,50	48,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	45,50	24,50
G8	48,50	54,30	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	51,40	18,60
G8	54,30	60,30	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	57,30	12,70
G8	60,30	66,30	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	63,30	6,70
G8	66,30	72,50	Μεταγρανοδιορίτης γκρίζος έως γκριζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	69,40	0,60

G8	72,50	78,30	Μεταγραιοδιορίτης γκρίζος έως γκρίζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	75,40	-5,40
G8	78,30	84,60	Μεταγραιοδιορίτης γκρίζος έως γκρίζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	81,45	-11,45
G8	84,60	90,60	Μεταγραιοδιορίτης γκρίζος έως γκρίζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	87,60	-17,60
G8	90,60	96,60	Μεταγραιοδιορίτης γκρίζος έως γκρίζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	93,60	-23,60
G8	96,60	102,60	Μεταγραιοδιορίτης γκρίζος έως γκρίζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	99,60	-29,60
G8	102,60	110,10	Μεταγραιοδιορίτης γκρίζος έως γκρίζοπράσινος, ελαφρά αποσαθρωμένος	106,35	-36,35

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ R.Q.D.

Κωδικός γεώτρησης	Κορυφή (m)	Βάση (m)	R.Q.D. (%)	Υψόμετρο(m)
G1	3,10	4,70	22	186,50
G1	4,70	6,20	17	186,50
G1	6,20	7,70	45	186,50
G1	7,70	9,30	84	186,50
G1	9,30	10,90	89	186,50
G1	10,90	12,50	69	186,50
G1	12,50	14,00	100	186,50
G1	14,00	15,50	90	186,50
G1	15,50	16,90	80	186,50
G1	16,90	18,00	95	186,50
G1	18,00	19,80	91	186,50
G1	18,00	21,20	76	186,50
G1	21,20	22,60	52	186,50
G1	22,60	24,40	57	186,50
G1	24,40	26,00	77	186,50
G1	26,00	27,60	81	186,50
G1	27,60	29,20	42	186,50
G1	29,20	30,80	52	186,50
G1	30,80	33,50	65	186,50
G1	33,50	36,40	80	186,50
G1	36,40	39,40	76	186,50
G1	39,40	42,10	100	186,50
G1	42,10	45,00	75	186,50
G1	45,00	48,00	85	186,50
G1	48,00	51,00	100	186,50
G1	51,00	53,80	100	186,50
G1	53,80	54,60	90	186,50
G1	54,60	57,50	92	186,50
G1	57,50	60,00	100	186,50
G2	3,00	4,60	50	149,50
G2	4,60	6,20	10	149,50
G2	6,20	7,80	40	149,50
G2	7,80	9,40	28	149,50
G2	9,40	11,00	30	149,50
G2	11,00	12,60	12	149,50
G2	12,60	14,20	71	149,50
G2	14,20	15,80	50	149,50
G2	15,80	17,40	68	149,50
G2	17,40	19,00	69	149,50
G2	19,00	20,60	57	149,50
G2	20,60	22,20	52	149,50
G2	22,20	23,70	72	149,50
G2	23,70	25,30	75	149,50
G2	25,30	26,80	93	149,50
G2	26,80	28,40	65	149,50
G2	28,40	30,00	45	149,50
G2	30,00	31,60	32	149,50

G2	31,60	32,60	76	149,50
G2	32,60	34,20	42	149,50
G2	34,20	35,80	45	149,50
G2	35,80	37,40	57	149,50
G2	37,40	39,00	50	149,50
G2	39,00	40,50	70	149,50
G2	40,50	41,90	72	149,50
G2	41,90	43,40	78	149,50
G2	43,40	44,90	78	149,50
G2	44,90	46,50	58	149,50
G2	46,50	47,40	23	149,50
G2	47,40	50,30	84	149,50
G2	50,30	53,20	90	149,50
G2	53,20	56,30	85	149,50
G2	56,30	57,00	95	149,50
G2	57,00	59,50	82	149,50
G2	59,50	62,10	92	149,50
G2	62,10	65,10	86	149,50
G2	65,10	69,10	89	149,50
G2	69,10	71,10	93	149,50

G3	2,50	3,60	28	113,00
G3	3,60	4,80	10	113,00
G3	4,80	6,40	20	113,00
G3	6,40	8,00	13	113,00
G3	8,00	9,60	20	113,00
G3	9,60	11,20	10	113,00
G3	11,20	12,70	42	113,00
G3	12,70	14,30	57	113,00
G3	14,30	15,90	85	113,00
G3	15,90	17,20	30	113,00
G3	17,20	18,80	60	113,00
G3	18,80	19,10	50	113,00
G3	19,10	20,70	37	113,00
G3	20,70	22,30	51	113,00
G3	22,30	23,60	65	113,00
G3	23,60	25,20	45	113,00
G3	25,20	26,80	70	113,00
G3	26,80	28,20	82	113,00
G3	28,20	29,50	90	113,00
G3	29,50	32,50	43	113,00
G3	32,50	35,50	59	113,00
G3	35,50	38,50	10	113,00
G3	38,50	41,20	10	113,00
G3	41,20	43,10	10	113,00
G3	43,10	45,50	42	113,00
G3	45,50	47,70	54	113,00
G3	47,70	52,00	22	113,00
G3	52,00	54,10	48	113,00
G3	54,10	57,00	42	113,00
G3	57,00	60,00	66	113,00

G7	0,00	4,00	0	67,00
G7	4,00	6,20	23	67,00
G7	6,20	7,70	70	67,00
G7	7,70	8,90	24	67,00
G7	8,90	12,00	46	67,00
G7	12,00	15,00	78	67,00
G7	15,00	18,00	50	67,00
G7	18,00	19,60	62	67,00
G7	19,60	21,20	77	67,00
G7	21,20	22,80	24	67,00
G7	22,80	24,30	51	67,00
G7	24,30	25,80	16	67,00
G7	25,80	27,30	35	67,00
G7	27,30	27,90	11	67,00
G7	27,90	29,50	73	67,00
G7	29,50	31,10	36	67,00
G7	31,10	35,70	17	67,00
G7	35,70	40,40	70	67,00
G7	40,40	44,00	68	67,00
G7	44,00	45,50	72	67,00
G7	45,50	47,10	81	67,00
G7	47,10	51,80	70	67,00
G7	51,80	56,40	83	67,00
G7	56,40	57,90	41	67,00
G7	57,90	61,00	86	67,00
G7	61,00	64,00	60	67,00
G7	64,00	68,70	47	67,00
G7	68,70	70,20	71	67,00
G7	70,20	77,90	43	67,00
G7	77,90	79,40	62	67,00
G7	79,40	81,00	44	67,00
G7	81,00	82,50	91	67,00
G7	82,50	84,00	55	67,00
G7	84,00	88,60	71	67,00
G7	88,60	91,70	85	67,00
G7	91,70	93,30	56	67,00
G7	93,30	96,40	82	67,00
G7	96,40	109,10	85	67,00
G7	109,10	110,60	92	67,00
G8	0,60	1,60	68	70,00
G8	1,60	3,10	20	70,00

G8	3,10	4,60	56	70,00
G8	4,60	6,20	24	70,00
G8	6,20	7,90	45	70,00
G8	7,90	15,30	27	70,00
G8	15,30	16,10	17	70,00
G8	16,10	18,70	45	70,00
G8	18,70	21,90	80	70,00
G8	21,90	23,30	50	70,00
G8	23,30	25,70	35	70,00
G8	25,70	27,20	78	70,00
G8	27,20	30,30	21	70,00
G8	30,30	33,50	20	70,00
G8	33,50	36,50	40	70,00
G8	36,50	38,00	63	70,00
G8	38,00	39,50	48	70,00
G8	39,50	42,50	30	70,00
G8	42,50	44,00	72	70,00
G8	44,00	50,00	44	70,00
G8	50,00	51,50	54	70,00
G8	51,50	52,70	24	70,00
G8	52,70	54,30	54	70,00
G8	54,30	55,80	42	70,00
G8	55,80	61,80	52	70,00
G8	61,80	66,30	22	70,00
G8	66,30	67,80	55	70,00
G8	67,80	70,90	82	70,00
G8	70,90	79,90	50	70,00
G8	79,90	83,10	70	70,00
G8	83,10	87,60	50	70,00
G8	87,60	89,10	66	70,00
G8	89,10	92,10	40	70,00
G8	92,10	93,10	70	70,00
G8	93,10	96,60	50	70,00
G8	96,60	98,10	24	70,00
G8	98,10	99,60	77	70,00
G8	99,60	101,10	66	70,00
G8	101,10	105,60	56	70,00
G8	105,60	107,10	21	70,00
G8	107,10	108,60	86	70,00
G8	108,60	110,10	43	70,00

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ G.S.I.

Κωδικός γεώτρησης	Κορυφή (m)	Βάση (m)	M.O. (m)	G.S.I.	Υψόμετρο (m)
G1	2,20	2,80	2,50	20,00	186,50
G1	2,80	3,10	2,95	20,00	186,50
G1	3,10	4,70	3,90	50,00	186,50
G1	4,70	6,20	5,45	40,00	186,50
G1	6,20	9,90	8,05	45,00	186,50
G1	9,90	10,90	10,40	70,00	186,50
G1	10,90	12,50	11,70	60,00	186,50
G1	12,50	14,00	13,25	70,00	186,50
G1	14,00	16,90	15,45	60,00	186,50
G1	16,90	19,60	18,25	80,00	186,50
G1	19,60	20,80	20,20	60,00	186,50
G1	20,80	22,80	21,80	60,00	186,50
G1	22,80	24,40	23,60	50,00	186,50
G1	24,40	26,00	25,20	60,00	186,50
G1	26,00	27,60	26,80	60,00	186,50
G1	27,60	29,20	28,40	60,00	186,50
G1	29,20	30,80	30,00	50,00	186,50
G1	30,80	33,40	32,10	55,00	186,50
G1	33,40	36,40	34,90	50,00	186,50
G1	36,40	39,40	37,90	60,00	186,50
G1	39,40	42,10	40,75	70,00	186,50
G1	42,10	45,00	43,55	55,00	186,50
G1	45,00	48,00	46,50	65,00	186,50
G1	48,00	51,00	49,50	75,00	186,50
G1	51,00	53,80	52,40	80,00	186,50
G1	53,80	55,30	54,55	75,00	186,50
G1	55,30	57,50	56,40	60,00	186,50
G1	57,50	60,00	58,75	80,00	186,50
G2	3,30	3,65	3,48	50,00	149,50
G2	3,65	4,00	3,83	50,00	149,50
G2	4,00	6,20	5,10	40,00	149,50
G2	6,20	7,90	7,05	35,00	149,50
G2	7,90	9,40	8,65	40,00	149,50
G2	9,40	10,40	9,90	40,00	149,50
G2	10,40	11,00	10,70	25,00	149,50
G2	11,00	12,60	11,80	0,00	149,50
G2	12,60	13,70	13,15	45,00	149,50
G2	13,70	14,20	13,95	50,00	149,50
G2	14,20	15,20	14,70	50,00	149,50
G2	15,20	16,90	16,05	50,00	149,50
G2	16,90	17,40	17,15	55,00	149,50
G2	17,40	19,00	18,20	55,00	149,50
G2	19,00	20,50	19,75	60,00	149,50
G2	20,50	23,00	21,75	50,00	149,50
G2	23,00	24,10	23,55	50,00	149,50
G2	24,10	26,80	25,45	65,00	149,50

G2	26,80	28,90	27,85	60,00	149,50
G2	28,90	30,00	29,45	50,00	149,50
G2	30,00	31,60	30,80	40,00	149,50
G2	31,60	32,60	32,10	70,00	149,50
G2	32,60	34,30	33,45	60,00	149,50
G2	34,30	37,40	35,85	45,00	149,50
G2	37,40	39,00	38,20	60,00	149,50
G2	39,00	41,00	40,00	60,00	149,50
G2	41,00	43,40	42,20	70,00	149,50
G2	43,40	44,90	44,15	70,00	149,50
G2	44,90	47,40	46,15	50,00	149,50
G2	47,40	50,30	48,85	60,00	149,50
G2	50,30	53,30	51,80	70,00	149,50
G2	53,30	55,30	54,30	70,00	149,50
G2	55,30	57,90	56,60	70,00	149,50
G2	57,90	61,20	59,55	70,00	149,50
G2	61,20	62,10	61,65	80,00	149,50
G2	62,10	64,50	63,30	70,00	149,50
G2	64,50	67,00	65,75	60,00	149,50
G2	67,00	71,10	69,05	70,00	149,50

G3	2,50	3,60	3,05	30,00	113,00
G3	3,60	4,80	4,20	30,00	113,00
G3	4,80	6,40	5,60	25,00	113,00
G3	6,40	7,30	6,85	25,00	113,00
G3	7,30	9,60	8,45	40,00	113,00
G3	9,60	11,20	10,40	40,00	113,00
G3	11,20	12,70	11,95	50,00	113,00
G3	12,70	14,00	13,35	55,00	113,00
G3	14,00	15,90	14,95	65,00	113,00
G3	15,90	17,20	16,55	50,00	113,00
G3	17,20	19,10	18,15	55,00	113,00
G3	19,10	20,90	20,00	30,00	113,00
G3	20,90	22,20	21,55	40,00	113,00
G3	22,20	24,50	23,35	70,00	113,00
G3	24,50	26,80	25,65	65,00	113,00
G3	26,80	28,10	27,45	70,00	113,00
G3	28,10	31,60	29,85	45,00	113,00
G3	31,60	35,50	33,55	40,00	113,00
G3	35,50	38,50	37,00	35,00	113,00
G3	38,50	41,20	39,85	30,00	113,00
G3	41,20	43,00	42,10	30,00	113,00
G3	43,00	45,50	44,25	45,00	113,00
G3	45,50	47,70	46,60	50,00	113,00
G3	47,70	50,20	48,95	50,00	113,00
G3	50,20	53,80	52,00	60,00	113,00
G3	53,80	57,00	55,40	60,00	113,00
G3	57,00	60,00	58,50	70,00	113,00

G7	4,70	5,10	4,90	77,00	67,00
G7	5,20	6,20	5,70	65,00	67,00

G7	6,20	7,70	6,95	65,00	67,00
G7	13,50	15,00	14,25	77,00	67,00
G7	37,30	38,90	38,10	65,00	67,00
G7	50,20	54,90	52,55	67,00	67,00
G7	54,90	56,40	55,65	67,00	67,00
G7	56,80	57,90	57,35	60,00	67,00
G7	67,10	67,80	67,45	65,00	67,00
G7	73,40	74,90	74,15	65,00	67,00
G7	77,90	81,00	79,45	65,00	67,00
G7	87,10	88,60	87,85	57,00	67,00
G7	91,70	93,30	92,50	57,00	67,00
G7	99,30	101,20	100,25	65,00	67,00

G8	0,60	1,60	1,10	60,00	70,00
G8	4,00	7,90	5,95	65,00	70,00
G8	7,90	10,90	9,40	57,00	70,00
G8	13,70	15,30	14,50	65,00	70,00
G8	15,80	20,30	18,05	57,00	70,00
G8	21,40	23,60	22,50	65,00	70,00
G8	27,20	33,50	30,35	55,00	70,00
G8	33,50	42,50	38,00	65,00	70,00
G8	42,50	48,50	45,50	55,00	70,00
G8	48,50	52,70	50,60	60,00	70,00
G8	63,50	66,30	64,90	57,00	70,00
G8	72,50	74,00	73,25	63,00	70,00
G8	81,50	84,60	83,05	65,00	70,00
G8	89,10	90,60	89,85		70,00
G8	98,10	101,10	99,60	57,00	70,00
G8	105,60	107,10	106,35		70,00

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ R.M.R.

Κωδικός γεώτρησης	M.O. (m)	Υψόμετρο (m)	σci (MPa)	R1	R.Q.D. (%)	R2	Απόστ. ασυνέχ.	R3	Κατάστ. ασυνέχ. R4	Υπ. νερό	R5	RMR
G1	3,90	182,60	90,00	10,00	22	3	0,29	8,50	25,00			46,50
G1	5,45	181,05	90,00	10,00	17	3	0,29	8,50	25,00	1,82	7,50	54,00
G1	6,95	179,55	90,00	10,00	45	10	0,29	8,50	25,00	1,82	7,50	61,00
G1	8,50	178,00	90,00	10,00	84	18	0,29	8,50	25,00	1,82	7,50	69,00
G1	10,10	176,40	90,00	10,00	89	18	0,29	8,50	25,00	2,90	5,50	67,00
G1	11,70	174,80	90,00	10,00	69	15	0,29	8,50	25,00	2,90	5,50	64,00
G1	13,25	173,25	90,00	10,00	100	20	0,29	8,50	25,00	2,90	5,50	69,00
G1	14,75	171,75	90,00	10,00	90	18	0,29	8,50	25,00	2,90	5,50	67,00
G1	16,20	170,30	90,00	10,00	80	18	0,29	8,50	25,00	1,24	8,50	70,00
G1	17,45	169,05	90,00	10,00	95	20	0,29	8,50	25,00	1,24	8,50	72,00
G1	18,90	167,90	90,00	10,00	91	20	0,29	8,50	25,00	1,24	8,50	72,00
G1	19,60	166,90	90,00	10,00	76	18	0,29	8,50	25,00	1,24	8,50	70,00
G1	21,90	164,60	90,00	10,00	52	15	0,29	8,50	25,00	1,02	8,00	66,50
G1	23,50	163,00	90,00	10,00	57	15	0,29	8,50	25,00	1,02	8,00	66,50
G1	25,20	161,30	90,00	10,00	77	18	0,29	8,50	25,00	1,02	8,00	69,50
G1	26,80	159,70	90,00	10,00	81	18	0,29	8,50	25,00	1,02	8,00	69,50
G1	28,40	158,10	90,00	10,00	42	10	0,29	8,50	25,00	1,36	8,50	62,00
G1	30,00	156,50	90,00	10,00	52	15	0,29	8,50	25,00	1,36	8,50	67,00
G1	32,15	154,35	90,00	10,00	65	15	0,29	8,50	25,00	0,82	12,00	70,50
G1	34,95	151,55	90,00	10,00	80	18	0,29	8,50	25,00	0,82	12,00	73,50
G1	37,90	148,60	90,00	10,00	76	18	0,29	8,50	25,00	1,18	8,00	69,50
G1	40,75	145,75	90,00	10,00	100	20	0,29	8,50	25,00	1,18	8,00	71,50
G1	43,55	142,95	90,00	10,00	75	15	0,29	8,50	25,00	2,36	6,00	64,50
G1	46,50	149,00	90,00	10,00	85	18	0,29	8,50	25,00	0,84	11,00	72,50
G1	49,50	137,00	90,00	10,00	100	20	0,29	8,50	25,00	0,84	11,00	74,50
G1	52,40	134,10	90,00	10,00	100	20	0,29	8,50	25,00	0,84	11,00	74,50
G1	54,20	132,30	90,00	10,00	90	18	0,29	8,50	25,00	0,84	11,00	72,50
G1	56,05	130,45	90,00	10,00	92	20	0,29	8,50	25,00	0,14	14,00	77,50
G1	58,75	127,75	90,00	10,00	100	20	0,29	8,50	25,00	0,04	15,00	78,50
G2	3,80	145,70	90,00	10,00	50	10	0,27	8,20	10,00			38,20
G2	5,40	144,10	90,00	10,00	10	3	0,27	8,20	10,00			31,20
G2	7,00	142,50	90,00	10,00	40	10	0,27	8,20	10,00			38,20
G2	8,60	140,90	90,00	10,00	28	10	0,27	8,20	10,00			38,20
G2	10,20	139,30	90,00	10,00	30	10	0,27	8,20	10,00		8,50	46,70
G2	11,80	137,70	90,00	10,00	12	3	0,27	8,20	25,00		8,50	54,70
G2	13,40	136,10	90,00	10,00	71	15	0,27	8,20	25,00		8,50	66,70
G2	15,00	134,50	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00		8,50	62,00
G2	16,60	132,90	90,00	10,00	68	15	0,29	8,50	25,00		6,50	65,00
G2	18,20	167,70	90,00	10,00	69	15	0,29	8,50	25,00		6,50	65,00
G2	19,80	129,70	90,00	10,00	57	15	0,29	8,50	25,00		6,50	65,00
G2	21,40	128,10	90,00	10,00	52	15	0,29	8,50	25,00		8,30	66,80
G2	22,95	126,55	90,00	10,00	72	15	0,29	8,50	25,00		8,30	66,80
G2	24,50	125,00	90,00	10,00	75	15	0,29	8,50	25,00		8,30	66,80

G2	26,05	123,45	90,00	10,00	93	20	0,29	8,50	25,00		12,00	75,50
G2	27,60	121,90	90,00	10,00	65	15	0,29	8,50	25,00		12,00	70,50
G2	29,20	120,30	90,00	10,00	45	10	0,29	8,50	25,00		12,00	65,50
G2	30,80	118,70	90,00	10,00	32	10	0,29	8,50	25,00		12,00	65,50
G2	32,10	117,40	90,00	10,00	76	18	0,29	8,50	25,00		5,00	66,50
G2	33,40	116,10	90,00	10,00	42	10	0,29	8,50	25,00		5,00	58,50
G2	35,00	114,50	90,00	10,00	45	10	0,29	8,50	25,00		5,00	58,50
G2	36,60	112,90	90,00	10,00	57	15	0,29	8,50	25,00		6,50	65,00
G2	38,20	111,30	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00		6,50	60,00
G2	39,75	109,75	90,00	10,00	70	15	0,29	8,50	25,00		6,50	65,00
G2	41,20	108,30	90,00	10,00	72	15	0,29	8,50	25,00		12,50	71,00
G2	42,65	106,85	90,00	10,00	78	18	0,29	8,50	25,00		12,50	74,00
G2	44,15	105,35	90,00	10,00	78	18	0,29	8,50	25,00		12,50	74,00
G2	45,70	103,80	90,00	10,00	58	15	0,29	8,50	25,00		12,50	71,00
G2	46,95	102,55	90,00	10,00	23	3	0,29	8,50	25,00		13,00	59,50
G2	48,85	100,65	90,00	10,00	84	18	0,29	8,50	25,00		13,00	74,50
G2	51,75	97,75	90,00	10,00	90	18	0,29	8,50	25,00		5,50	67,00
G2	54,75	94,75	90,00	10,00	85	18	0,29	8,50	25,00		5,50	67,00
G2	56,65	92,85	90,00	10,00	95	20	0,29	8,50	25,00		8,50	72,00
G2	58,25	91,25	90,00	10,00	82	18	0,29	8,50	25,00		12,50	74,00
G2	60,80	88,70	90,00	10,00	92	20	0,29	8,50	25,00		12,50	76,00
G2	63,60	85,90	90,00	10,00	86	18	0,29	8,50	25,00		12,50	74,00
G2	67,10	82,40	90,00	10,00	89	18	0,29	8,50	25,00		11,00	72,50
G2	70,10	79,40	90,00	10,00	93	20	0,29	8,50	25,00		11,00	74,50

G3	3,05	109,95	90,00	10,00	28	10	0,27	8,20	10,00			38,20
G3	4,20	108,80	90,00	10,00	10	3	0,27	8,20	10,00			31,20
G3	5,60	107,40	90,00	10,00	20	3	0,27	8,20	25,00			46,20
G3	7,20	105,80	90,00	10,00	13	3	0,27	8,20	25,00			46,20
G3	8,80	104,20	90,00	10,00	20	3	0,27	8,20	25,00			46,20
G3	10,40	102,60	90,00	10,00	10	3	0,27	8,20	25,00			46,20
G3	11,95	101,05	90,00	10,00	42	10	0,27	8,20	25,00			53,20
G3	13,50	99,50	90,00	10,00	57	15	0,29	8,50	25,00			58,50
G3	15,10	97,90	90,00	10,00	85	18	0,29	8,50	25,00			61,50
G3	16,55	96,45	90,00	10,00	30	10	0,29	8,50	25,00			53,50
G3	18,00	95,00	90,00	10,00	60	15	0,29	8,50	25,00			58,50
G3	18,95	94,05	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00			53,50
G3	19,90	93,10	90,00	10,00	37	10	0,29	8,50	25,00			53,50
G3	21,50	91,50	90,00	10,00	51	15	0,29	8,50	25,00	8,32	3,50	62,00
G3	22,95	90,05	90,00	10,00	65	15	0,29	8,50	25,00	8,32	3,50	62,00
G3	24,40	88,60	90,00	10,00	45	10	0,29	8,50	25,00	8,32	3,50	57,00
G3	26,00	87,00	90,00	10,00	70	15	0,29	8,50	25,00	0,20	13,00	71,50
G3	27,50	85,50	90,00	10,00	82	18	0,29	8,50	25,00	0,20	13,00	74,50
G3	28,85	84,15	90,00	10,00	90	18	0,29	8,50	25,00	0,20	13,00	74,50
G3	31,00	82,00	90,00	10,00	43	10	0,29	8,50	25,00	0,24	12,20	65,70
G3	34,00	79,00	90,00	10,00	59	15	0,27	8,20	25,00	0,24	12,20	70,40
G3	37,00	76,00	90,00	10,00	10	3	0,27	8,20	25,00	0,62	11,50	57,70
G3	39,85	73,15	90,00	10,00	10	3	0,27	8,20	25,00	0,62	11,50	57,70
G3	42,15	70,85	90,00	10,00	10	3	0,27	8,20	25,00	2,38	6,50	52,70
G3	44,30	68,70	90,00	10,00	42	10	0,27	8,20	25,00	2,38	6,50	59,70
G3	46,60	66,40	90,00	10,00	54	15	0,27	8,20	25,00	3,38	5,50	63,70
G3	49,85	63,15	90,00	10,00	22	3	0,29	8,50	25,00	3,38	5,50	52,00

G3	53,05	59,95	90,00	10,00	48	10	0,29	8,50	25,00	0,82	11,50	65,00
G3	55,55	57,45	90,00	10,00	42	10	0,29	8,50	25,00	0,22	14,50	68,00
G3	58,50	54,50	90,00	10,00	66	15	0,29	8,50	25,00	0,22	14,50	73,00

G7	5,10	61,90	90,00	10,00	23	3	0,27	8,20	10,00	0,00	15,00	46,20
G7	6,95	60,05	90,00	10,00	70	15	0,29	8,50	25,00	8,23	3,50	62,00
G7	8,30	58,70	90,00	10,00	24	3	0,29	8,50	25,00	8,23	3,50	50,00
G7	10,45	56,55	90,00	10,00	46	10	0,29	8,50	25,00	8,23	3,50	57,00
G7	13,50	53,50	90,00	10,00	78	18	0,29	8,50	25,00	17,38	1,00	62,50
G7	16,50	50,50	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00	22,23	1,00	54,50
G7	18,80	48,20	90,00	10,00	62	15	0,29	8,50	25,00	22,23	1,00	59,50
G7	20,20	46,80	90,00	10,00	77	18	0,29	8,50	25,00	22,23	1,00	62,50
G7	22,00	45,00	90,00	10,00	24	3	0,29	8,50	25,00	1,37	7,50	54,00
G7	23,55	43,45	90,00	10,00	51	15	0,29	8,50	25,00	1,37	7,50	66,00
G7	25,05	41,95	90,00	10,00	16	3	0,29	8,50	25,00	1,37	7,50	54,00
G7	26,55	40,45	90,00	10,00	35	10	0,29	8,50	25,00	0,70	11,50	65,00
G7	27,60	39,40	90,00	10,00	11	3	0,29	8,50	25,00	0,70	11,50	58,00
G7	28,70	38,30	90,00	10,00	73	15	0,29	8,50	25,00	0,70	11,50	70,00
G7	30,30	36,70	90,00	10,00	36	10	0,29	8,50	25,00	0,70	11,50	65,00
G7	33,40	33,60	90,00	10,00	17	3	0,29	8,50	25,00	0,91	10,50	57,00
G7	38,05	28,95	90,00	10,00	70	15	0,29	8,50	25,00	0,74	11,50	70,00
G7	42,20	24,80	90,00	10,00	68	15	0,29	8,50	25,00	0,93	10,00	68,50
G7	44,75	22,25	90,00	10,00	72	15	0,29	8,50	25,00	0,93	10,00	68,50
G7	46,30	20,70	90,00	10,00	81	18	0,29	8,50	25,00	1,02	10,00	71,50
G7	49,45	17,55	90,00	10,00	70	15	0,29	8,50	25,00	1,02	10,00	68,50
G7	54,10	12,90	90,00	10,00	83	18	0,29	8,50	25,00	1,36	7,50	69,00
G7	57,15	9,85	90,00	10,00	41	10	0,29	8,50	25,00	1,47	7,50	61,00
G7	59,45	7,55	90,00	10,00	86	18	0,29	8,50	25,00	1,47	7,50	69,00
G7	62,50	4,50	90,00	10,00	60	15	0,29	8,50	25,00	0,93	8,00	66,50
G7	66,35	0,65	90,00	10,00	47	10	0,29	8,50	25,00	1,17	7,60	61,10
G7	69,45	-2,45	90,00	10,00	71	15	0,29	8,50	25,00	1,17	7,60	66,10
G7	74,05	-7,05	90,00	10,00	43	10	0,29	8,50	25,00	2,59	6,00	59,50
G7	78,65	-11,65	90,00	10,00	62	15	0,29	8,50	25,00	2,25	6,30	64,80
G7	80,20	-13,20	90,00	10,00	44	25	0,29	8,50	25,00	2,25	6,30	74,80
G7	81,75	-14,75	90,00	10,00	91	20	0,29	8,50	25,00	2,25	6,30	69,80
G7	83,25	-16,25	90,00	10,00	55	15	0,29	8,50	25,00	1,95	7,00	65,50
G7	86,30	-19,30	90,00	10,00	71	15	0,29	8,50	25,00	1,95	7,00	65,50
G7	90,15	-23,15	90,00	10,00	85	18	0,29	8,50	25,00	1,95	7,00	68,50
G7	92,50	-25,50	90,00	10,00	56	15	0,29	8,50	25,00	1,57	7,00	65,50
G7	94,85	-27,85	90,00	10,00	82	17	0,29	8,50	25,00	1,57	7,00	67,50
G7	102,75	-35,75	90,00	10,00	85	18	0,29	8,50	25,00	1,20	8,00	69,50
G7	109,85	-42,85	90,00	10,00	92	20	0,29	8,50	25,00	1,41	7,00	70,50

G8	1,10	68,90	90,00	10,00	68	15	0,29	8,50	25,00	0,00	15,00	73,50
G8	2,35	67,65	90,00	10,00	20	3	0,29	8,50	25,00	0,00	15,00	61,50
G8	3,85	66,15	90,00	10,00	56	15	0,29	8,50	25,00	0,00	15,00	73,50
G8	5,40	64,60	90,00	10,00	24	3	0,29	8,50	25,00	52,90	0,00	46,50
G8	7,05	62,95	90,00	10,00	45	10	0,29	8,50	25,00	6,40	4,50	58,00
G8	11,60	58,40	90,00	10,00	27	10	0,29	8,50	25,00	6,40	4,50	58,00
G8	15,70	54,30	90,00	10,00	17	3	0,29	8,50	25,00	6,40	4,50	51,00
G8	17,40	52,60	90,00	10,00	45	10	0,29	8,50	25,00	13,10	0,00	53,50
G8	20,30	49,70	90,00	10,00	80	18	0,29	8,50	25,00	13,10	0,00	61,50

G8	22,60	47,40	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00	14,70	0,00	53,50
G8	24,50	45,50	90,00	10,00	35	10	0,29	8,50	25,00	14,70	0,00	53,50
G8	26,20	43,80	90,00	10,00	78	18	0,29	8,50	25,00	3,00	4,50	66,00
G8	28,75	41,25	90,00	10,00	21	3	0,29	8,50	25,00	3,00	4,50	51,00
G8	31,90	38,10	90,00	10,00	20	3	0,29	8,50	25,00	3,50	4,50	51,00
G8	35,00	35,00	90,00	10,00	40	10	0,29	8,50	25,00	3,50	4,50	58,00
G8	37,25	32,75	90,00	10,00	63	15	0,29	8,50	25,00	7,80	4,00	62,50
G8	38,75	31,25	90,00	10,00	48	10	0,29	8,50	25,00	7,80	4,00	57,50
G8	41,00	29,00	90,00	10,00	30	10	0,29	8,50	25,00	8,10	3,50	57,00
G8	43,25	26,75	90,00	10,00	72	15	0,29	8,50	25,00	8,10	3,50	62,00
G8	47,00	23,00	90,00	10,00	44	10	0,29	8,50	25,00	27,10	0,00	53,50
G8	50,75	19,25	90,00	10,00	54	15	0,29	8,50	25,00	27,10	0,00	58,50
G8	52,10	17,90	90,00	10,00	24	3	0,29	8,50	25,00	41,60	0,00	46,50
G8	53,50	16,50	90,00	10,00	54	15	0,29	8,50	25,00	41,60	0,00	58,50
G8	55,05	14,95	90,00	10,00	42	10	0,29	8,50	25,00	41,60	0,00	53,50
G8	58,80	11,20	90,00	10,00	52	15	0,29	8,50	25,00	41,10	0,00	58,50
G8	64,05	5,95	90,00	10,00	22	3	0,29	8,50	25,00	13,50	0,00	46,50
G8	67,05	2,95	90,00	10,00	55	15	0,29	8,50	25,00	13,70	0,00	58,50
G8	69,35	0,65	90,00	10,00	82	18	0,29	8,50	25,00	13,70	0,00	61,50
G8	75,40	-5,40	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00	6,00	4,50	58,00
G8	81,50	-11,50	90,00	10,00	70	15	0,29	8,50	25,00	6,00	4,50	63,00
G8	85,35	-15,35	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00	7,30	4,00	57,50
G8	88,35	-18,35	90,00	10,00	66	15	0,29	8,50	25,00	7,50	4,00	62,50
G8	90,60	-20,60	90,00	10,00	40	10	0,29	8,50	25,00	7,50	4,00	57,50
G8	92,60	-22,60	90,00	10,00	70	15	0,29	8,50	25,00	7,10	4,00	62,50
G8	94,85	-24,85	90,00	10,00	50	10	0,29	8,50	25,00	7,10	4,00	57,50
G8	97,35	-27,35	90,00	10,00	24	3	0,29	8,50	25,00	7,20	4,00	50,50
G8	98,85	-28,85	90,00	10,00	77	15	0,29	8,50	25,00	7,20	4,00	62,50
G8	100,35	-30,35	90,00	10,00	66	15	0,29	8,50	25,00	7,30	4,00	62,50
G8	103,35	-33,35	90,00	10,00	56	15	0,29	8,50	25,00	7,30	4,00	62,50
G8	106,35	-36,35	90,00	10,00	21	3	0,29	8,50	25,00	7,20	4,00	50,50
G8	107,85	-37,85	90,00	10,00	86	18	0,29	8,50	25,00	7,20	4,00	65,50
G8	109,35	-39,35	90,00	10,00	43	10	0,29	8,50	25,00	7,20	4,00	57,50

ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ, k (cm/sec)

Κωδικός γεώτρησης	Κορυφή (m)	Βάση (m)	k (cm/sec)	Υψόμετρο (m)
-------------------	------------	----------	------------	--------------

G1	3,00	4,70	1,64E-05	186,50
G1	5,90	10,90	3,86E-05	186,50
G1	10,50	15,50	8,63E-05	186,50
G1	14,60	19,60	1,88E-05	186,50
G1	21,00	26,00	7,72E-05	186,50
G1	25,80	30,80	2,42E-05	186,50
G1	31,40	36,40	7,82E-06	186,50
G1	34,40	39,40	4,26E-06	186,50
G1	40,00	45,00	2,80E-05	186,50
G1	46,00	51,00	5,90E-06	186,50
G1	49,60	54,60	4,79E-07	186,50
G1	55,00	60,00	2,36E-07	186,50

G2	3,00	4,60	2,51E-05	149,50
G2	6,00	11,00	4,42E-05	149,50
G2	10,80	15,80	2,14E-05	149,50
G2	15,60	20,60	8,57E-05	149,50
G2	20,30	40,50	1,21E-05	149,50
G2	25,00	30,00	8,91E-06	149,50
G2	30,80	35,80	3,29E-05	149,50
G2	35,50	40,50	3,91E-05	149,50
G2	39,90	44,90	3,13E-06	149,50
G2	47,30	50,30	1,04E-06	149,50
G2	50,30	55,30	5,48E-05	149,50
G2	54,50	59,50	9,36E-06	149,50
G2	60,10	65,10	2,75E-06	149,50
G2	66,10	71,10	3,75E-06	149,50

G3	3,00	4,80	3,22E-03	113,00
G3	6,20	11,20	1,69E-03	113,00
G3	10,90	15,90	1,94E-03	113,00
G3	15,70	20,70	3,24E-04	113,00
G3	20,20	25,20	1,51E-04	113,00
G3	24,50	29,50	1,41E-06	113,00
G3	30,50	35,50	7,87E-07	113,00
G3	36,20	41,20	7,44E-06	113,00
G3	40,50	45,50	1,99E-05	113,00
G3	45,20	50,20	1,61E-05	113,00
G3	49,10	54,10	4,45E-06	113,00
G3	55,00	60,00	4,56E-07	113,00

G7	5,30	10,40	1,98E-03	67,00
G7	10,50	16,50	6,12E-05	67,00
G7	16,50	21,20	6,76E-05	67,00
G7	21,20	25,80	2,18E-06	67,00
G7	25,80	30,10	1,52E-06	67,00
G7	31,10	35,70	1,30E-06	67,00
G7	35,40	40,40	1,08E-06	67,00
G7	40,00	45,00	8,59E-07	67,00
G7	45,50	50,20	1,30E-06	67,00
G7	50,20	54,90	1,59E-06	67,00
G7	55,00	61,00	1,33E-05	67,00
G7	61,00	65,50	1,03E-06	67,00
G7	65,50	70,20	1,33E-06	67,00
G7	70,20	74,90	2,42E-06	67,00
G7	74,90	81,00	1,71E-06	67,00
G7	84,00	90,10	1,38E-06	67,00
G7	90,10	94,80	1,35E-06	67,00
G7	94,80	99,60	1,21E-06	67,00
G7	99,60	106,00	6,00E-07	67,00
G7	106,00	110,60	9,39E-07	67,00

G8	4,20	7,20	2,88E-04	70,00
G8	10,90	15,30	1,95E-05	70,00
G8	15,30	20,30	3,38E-05	70,00
G8	20,00	24,90	2,89E-05	70,00
G8	24,90	30,30	5,35E-06	70,00
G8	30,30	35,00	5,98E-06	70,00
G8	35,00	39,50	1,39E-05	70,00
G8	39,50	45,50	8,81E-06	70,00
G8	45,50	50,00	3,36E-05	70,00
G8	50,00	55,80	4,88E-05	70,00
G8	56,00	60,30		70,00
G8	60,00	64,80		70,00
G8	65,00	70,90		70,00
G8	70,00	75,60		70,00
G8	75,00	79,90		70,00
G8	79,50	84,60		70,00
G8	84,60	90,60		70,00
G8	90,60	95,10		70,00
G8	95,00	99,60		70,00
G8	99,60	105,60		70,00
G8	105,00	110,10		70,00

ΤΙΜΕΣ L.U. (από k)

Κωδικός γεώτρησης	Μ.Ο. Βάθους (m)	Υψόμετρο (m)	k (cm/sec)	L.U.
G1	3,85	186,5	1,64E-05	1,64
G1	8,40	186,5	3,86E-05	3,86
G1	13,00	186,5	8,63E-05	8,63
G1	17,10	186,5	1,88E-05	1,88
G1	23,50	186,5	7,72E-05	7,72
G1	28,30	186,5	2,42E-05	2,42
G1	33,90	186,5	7,82E-06	0,782
G1	36,90	186,5	4,26E-06	0,426
G1	47,50	186,5	2,80E-05	2,8
G1	48,50	186,5	5,90E-06	0,59
G1	52,10	186,5	4,79E-07	0,0479
G1	57,50	186,5	2,36E-07	0,0236
G2	3,80	149,5	2,51E-05	2,51
G2	8,50	149,5	4,42E-05	4,42
G2	13,30	149,5	2,14E-05	2,14
G2	17,98	149,5	8,57E-05	8,57
G2	20,60	149,5	1,21E-05	1,21
G2	27,50	149,5	8,91E-06	0,891
G2	33,40	149,5	3,29E-05	3,29
G2	38,00	149,5	3,91E-05	3,91
G2	42,40	149,5	3,13E-06	0,313
G2	48,80	149,5	1,04E-06	0,104
G2	52,60	149,5	5,48E-05	5,48
G2	57,00	149,5	9,36E-06	0,936
G2	62,60	149,5	2,75E-06	0,275
G2	68,60	149,5	3,75E-06	0,375
G3	3,90	113	3,22E-03	322
G3	8,70	113	1,69E-03	169
G3	13,40	113	1,94E-03	194
G3	18,20	113	3,24E-04	32,4
G3	22,70	113	1,51E-04	15,1
G3	27,00	113	1,41E-06	0,141
G3	33,00	113	7,87E-07	0,0787
G3	38,70	113	7,44E-06	0,744
G3	43,00	113	1,99E-05	1,99
G3	47,70	113	1,61E-05	1,61

G3	51,60	113	4,45E-06	0,445
G3	57,50	113	4,56E-07	0,0456

G7	7,85	67	1,98E-03	198
G7	13,50	67	6,12E-05	6,12
G7	18,85	67	6,76E-05	6,76
G7	23,50	67	2,18E-06	0,218
G7	27,95	67	1,52E-06	0,152
G7	33,40	67	1,30E-06	0,13
G7	37,90	67	1,08E-06	0,108
G7	47,50	67	8,59E-07	0,0859
G7	47,85	67	1,30E-06	0,13
G7	52,55	67	1,59E-06	0,159
G7	58,00	67	1,33E-05	1,33
G7	63,25	67	1,03E-06	0,103
G7	67,85	67	1,33E-06	0,133
G7	72,55	67	2,42E-06	0,242
G7	77,95	67	1,71E-06	0,171
G7	87,05	67	1,38E-06	0,138
G7	92,45	67	1,35E-06	0,135
G7	97,20	67	1,21E-06	0,121
G7	102,80	67	6,00E-07	0,06
G7	108,30	67	9,39E-07	0,0939

G8	5,70	70	2,88E-04	28,8
G8	13,10	70	1,95E-05	1,95
G8	17,80	70	3,38E-05	3,38
G8	22,45	70	2,89E-05	2,89
G8	27,60	70	5,35E-06	0,535
G8	32,65	70	5,98E-06	0,598
G8	37,25	70	1,39E-05	1,39
G8	42,50	70	8,81E-06	0,881
G8	47,75	70	3,36E-05	3,36
G8	52,90	70	4,88E-05	4,88

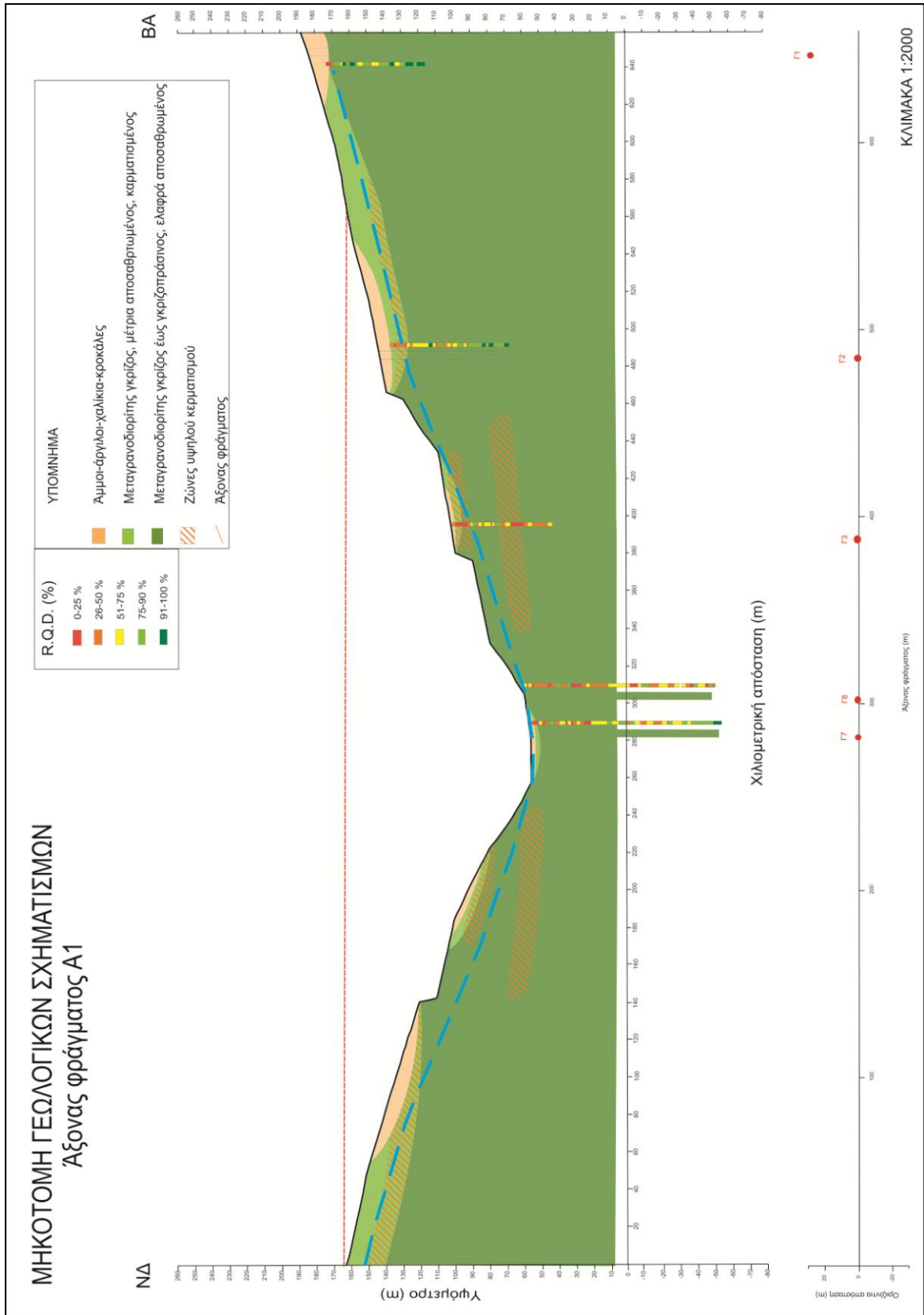
ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, Ε (ΜΡα)

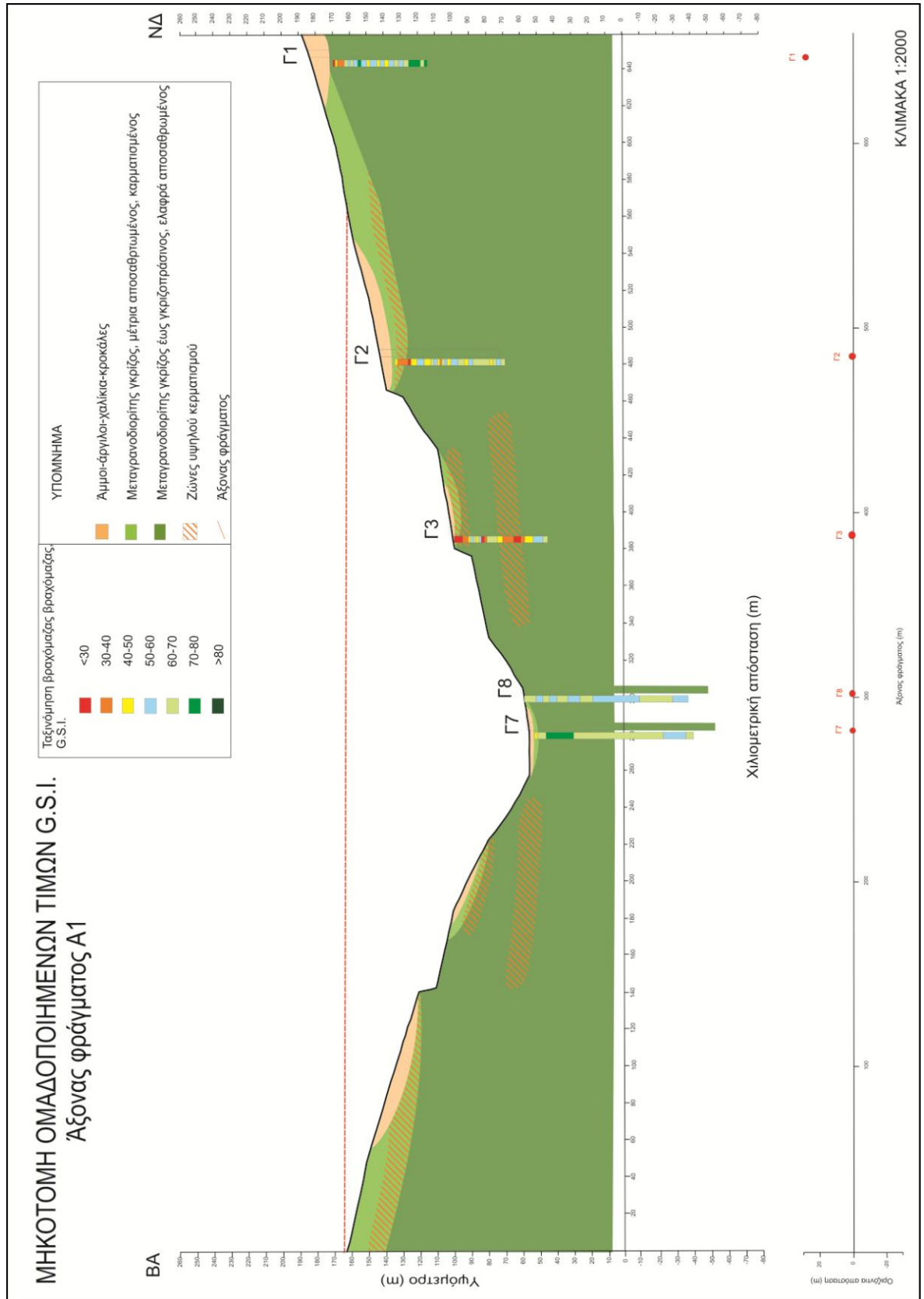
Κωδικός γεώτρησης	Κορυφή (m)	Βάση (m)	Μ.Ο.	Υψόμετρο (m)	Ε (ΜΡα)
-------------------	------------	----------	------	--------------	---------

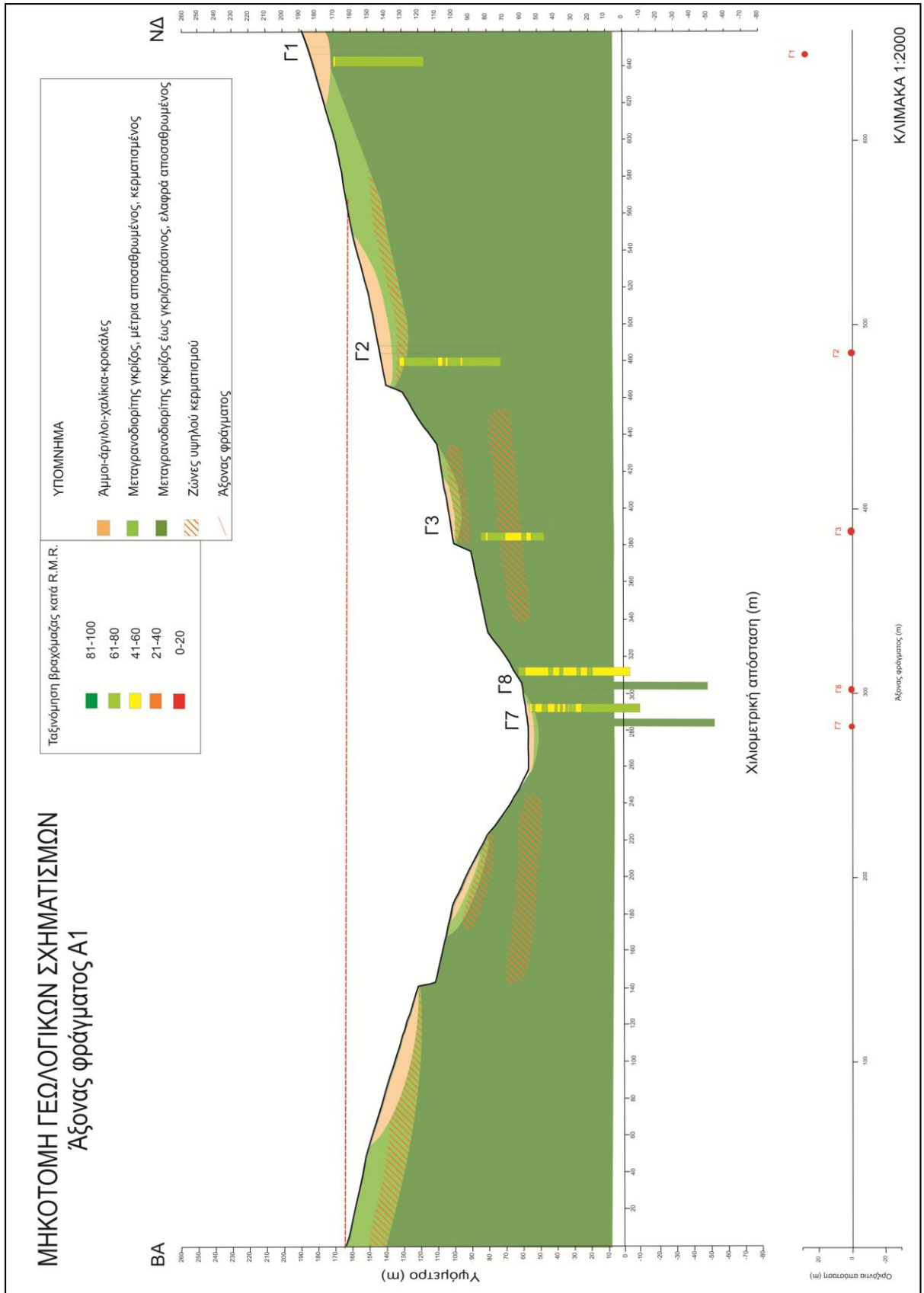
G1	3,10	3,40	3,25	186,50	4700,00
G1	9,30	9,70	9,20	186,50	3200,00
G1	17,40	17,70	17,55	186,50	6130,43
G1	25,00	25,30	25,15	186,50	10367,00
G1	33,00	33,20	33,10	186,50	3363,64
G1	39,50	39,80	39,65	186,50	5437,91
G1	45,20	45,50	45,35	186,50	4289,86
G1	51,00	51,40	51,20	186,50	4868,42
G1	58,50	58,80	58,15	186,50	12448,28

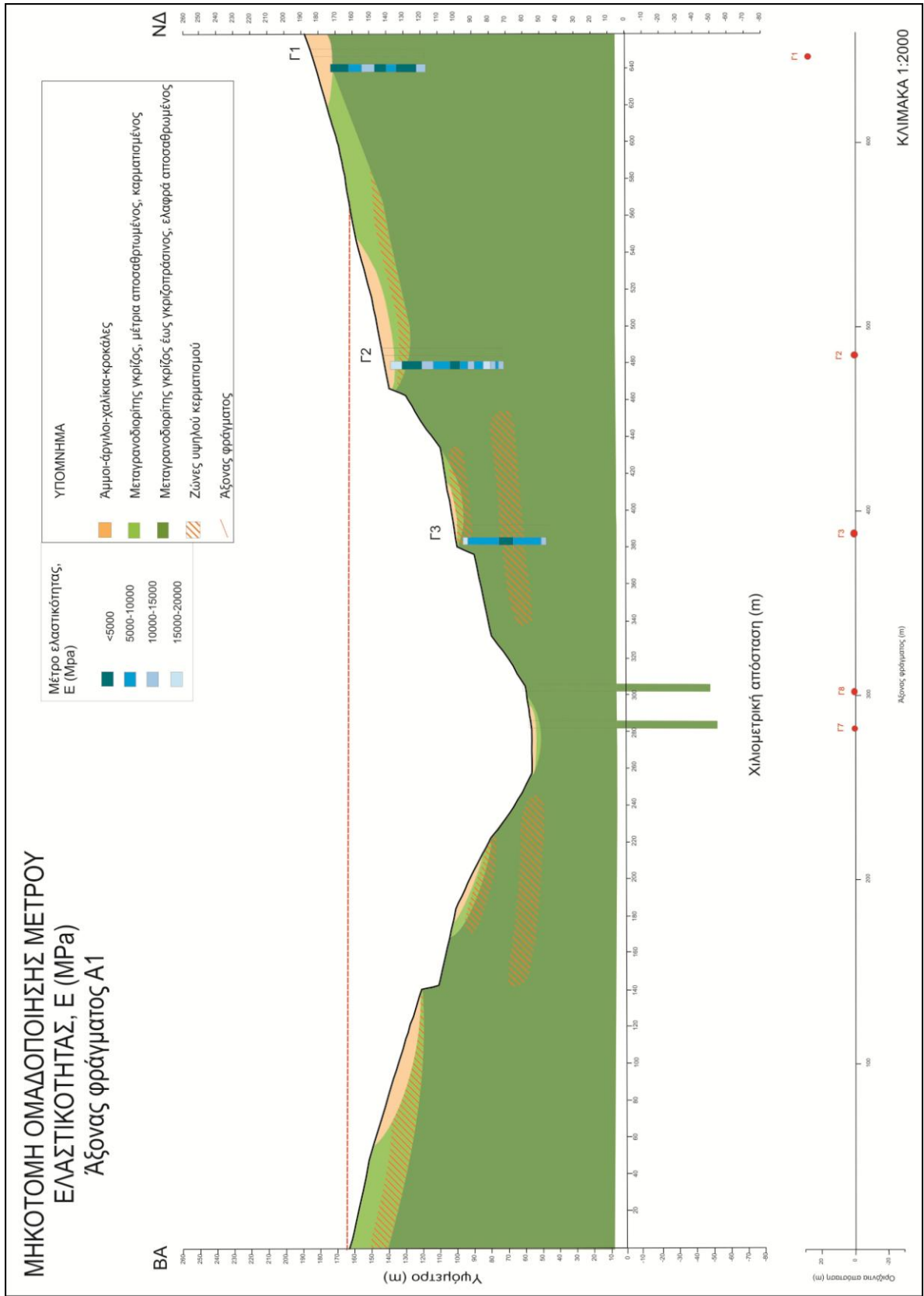
G2	3,80	4,10	3,95	149,50	18500,00
G2	13,40	13,70	13,55	149,50	396,40
G2	17,10	17,40	17,25	149,50	2889,34
G2	25,40	25,70	25,55	149,50	10846,15
G2	31,20	31,50	31,35	149,50	9500,00
G2	36,30	36,60	36,45	149,50	9168,83
G2	41,00	41,30	41,15	149,50	3568,00
G2	49,00	49,30	49,15	149,50	9038,46
G2	51,30	51,60	51,45	149,50	10422,54
G2	56,70	57,00	56,85	149,50	7102,56
G2	61,50	61,80	61,65	149,50	17375,00
G2	65,10	65,40	65,25	149,50	11935,48
G2	68,10	68,40	68,25	149,50	7390,00
G2	70,00	70,30	70,15	149,50	12741,38

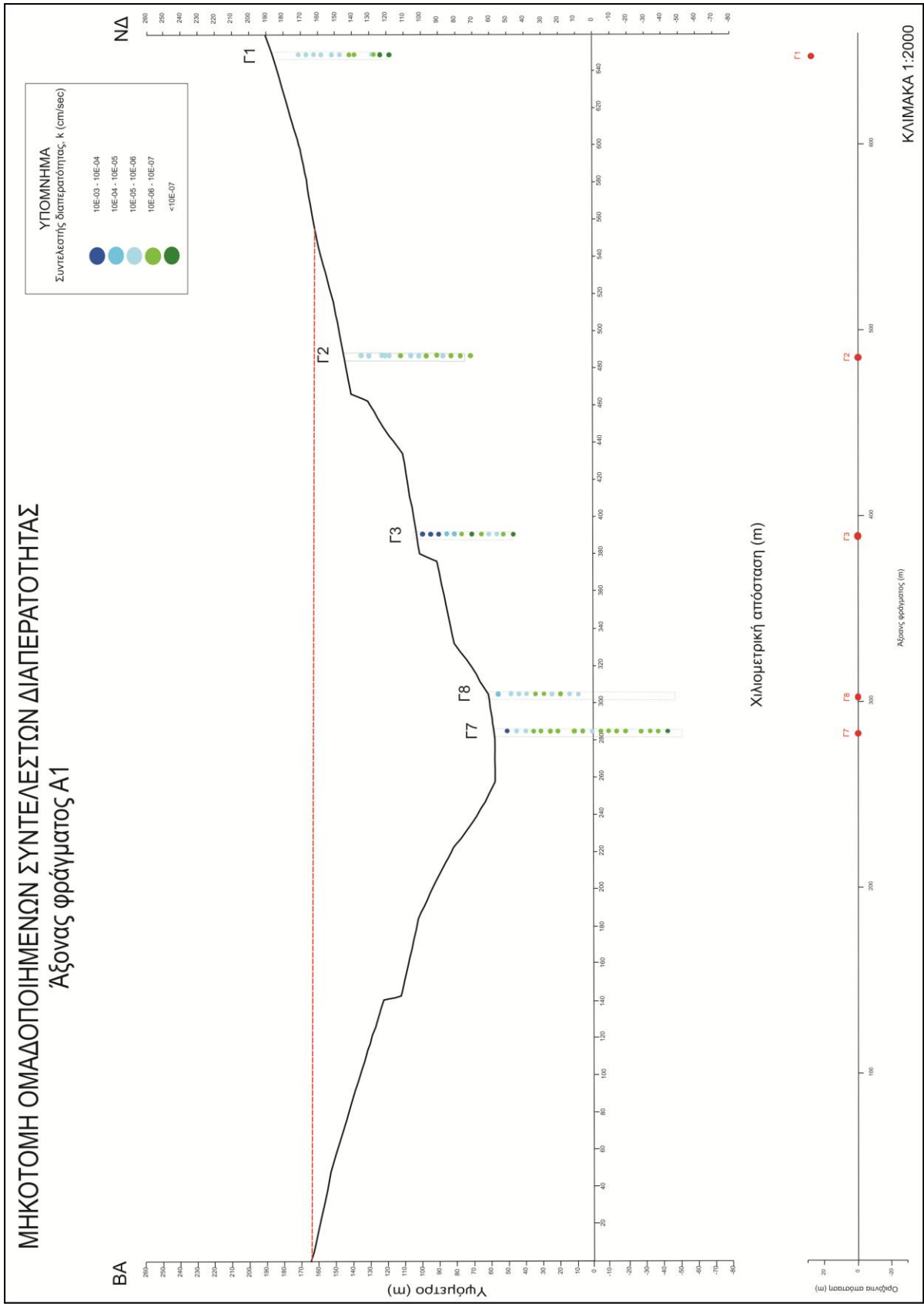
G3	10,00	10,20	10,15	113,00	19611,11
G3	12,40	12,70	12,55	113,00	7853,93
G3	15,50	15,80	15,65	113,00	7808,99
G3	20,90	21,20	21,50	113,00	3781,42
G3	27,00	27,30	27,15	113,00	6763,00
G3	35,10	35,40	35,25	113,00	3781,42
G3	44,00	44,70	44,35	113,00	8705,88
G3	51,00	51,30	51,15	113,00	7320,00
G3	57,10	57,30	57,20	113,00	8825,00
G3	58,40	58,70	58,55	113,00	14620,00



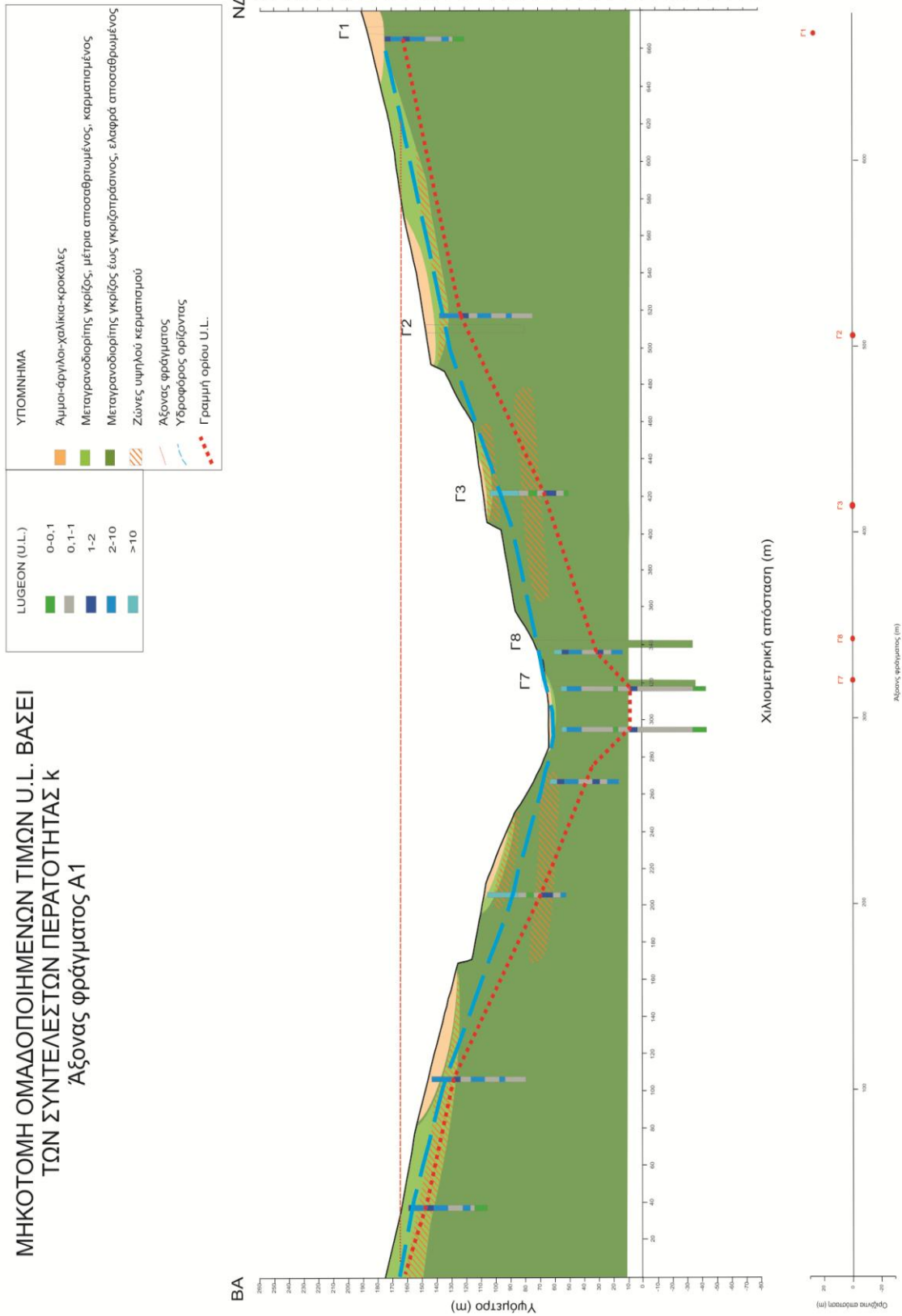








**ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ U.L. ΒΑΣΕΙ
ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ κ
Άξονας φράγματος Α1**



ΚΑΙΜΑΚΑ 1:2000