

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ – ΙΩΑΝΝΑ ΔΡΑΚΑΚΑΚΗ
ΑΝΔΡΙΑΝΑ ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΟΥ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΙΡΑΝΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. Ειρήνη Βγενοπούλου

ΠΑΤΡΑ, Ιανουάριος 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την περάτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας Κα Ειρήνη Βγεντοπούλου, με την οποία επιτύχαμε μια αποδοτική συνεργασία με αποτέλεσμα την ολοκλήρωση αυτού του έργου.

Θα ήταν παράλειψη να μην αναφέρουμε την ουσιαστική βοήθεια που μας προσέφεραν ο Κος Καλούδης και η μελετητική εταιρεία NAMA, ο Κος Ισίδωρος Ψηλοπάντης και ο Κος Μιχάλης Παπαδάκης όσον αφορά στην παροχή πληροφοριών, σχεδίων και μελετών.

Είναι υποχρέωση και μεγάλη μας χαρά να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας που μας συμπαραστάθηκαν με υπομονή και στωικότητα, όχι μόνο σε αυτό το κομμάτι των σπουδών μας, αλλά και σε όλα τα προηγούμενα που μεσολάβησαν για να βρεθούμε εμείς εδώ, και ελπίζουμε να τους το ανταποδώσουμε τα επόμενα χρόνια.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους συντρόφους και συνοδοιπόρους μας Δημήτρη, Σταμάτη, Νανά, για την κατανόηση, τη δύναμη και το κουράγιο που απλόχερα μας παρείχαν.

Πάτρα, Γενάρης 2010

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑ (εισαγωγή στις σηραγγες)	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	9
3. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	12
4. ΧΑΡΑΞΗ ΑΞΟΝΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	16
5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΥΟ (γεωτεχνική μηχανική)	24
1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ	25
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑ (μεθοδοι εκσκαφης / διανοιξης σηραγγων)	39
1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ	40
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΣΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΣΣΕΡΑ (μεθοδος NATM)	62
1. ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΤΗ "ΜΕΘΟΔΟ NATM"	63
Γενικά	63
Χαρακτηριστικά της Μεθόδου NATM	65
Φάσεις εκσκαφής	71
Παρακολούθηση της συμπεριφοράς σηράγγων.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΝΤΕ (άμεση υποστήριξη σηραγγων)	79
1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ.....	80
2. ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	82
2.1 Επιλογή μέσων άμεσης υποστήριξης.....	83
2.2 Τρόπος, φάσεις και χρόνος εφαρμογής των μέσων άμεσης υποστήριξης στις διάφορες κατηγορίες πετρωμάτων.....	83
2.3 Βασικά μέτρα άμεσης υποστήριξης.....	83
3. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	85
3.1 Προενίσχυση πετρώματος ή και προήγηση στοιχείων άμεσης υποστήριξης	86
3.2 Ελάχιστα μέσα άμεσης υποστήριξης.....	87

4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ.....	89
5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ.....	92
5.1 Ποιοτικός έλεγχος υλικών.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΞΙ (βασικά μετρα υποστηριξης)	94
1. ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	95
1.1 Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.....	95
1.2 Αγκύρια βράχου.....	102
1.3 Χαλύβδινες νευρώσεις.....	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΠΤΑ (τελικη επενδυση)	106
ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΚΤΩ (γενικη περιγραφη του εργου)	111
1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΔΙΠΛΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ.....	112
2. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΟΥ.....	118
3. ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ.....	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΝΕΑ (γεωλογικη- γεωτεχνικη μελετη)	125
1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ	126
1.1 Γεωμορφολογία	126
1.2 Λιθοστρωματογραφία	131
1.3 Τεκτονική Δομή.....	145
1.4 Νεοτεκτονική.....	153
1.5 Σεισμικότητα – Σεισμική επικινδυνότητα	155
2. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	167
Μεταλτικοί σχηματισμοί	178
Αλπικοί σχηματισμοί.....	181
3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ.....	187
3.1 Μικροτεκτονική Ανάλυση.....	187
3.2 Ταξινομήσεις Βραχώμαζας	193
Κατά RMR	196
Κατά G.S.I.....	200
4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	202
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑ (κατασκευη σηραγγας)	207

1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	208
1.1 Τμήματα Σηράγγων, που κατασκευάσθηκαν με προηγούμενη Εργολαβία	208
1.2 Κατασκευή των τμημάτων της σήραγγας με Cut & Cover	209
1.3 Τμήματα της σήραγγας που θα κατασκευασθούν με υπόγεια εκσκαφή. ..	217
1.4 Κατηγορίες εκσκαφής και αντιστηρίξης	218
1.5 Τοπική καθαίρεση και αντίστοιχη διαπλάτυνση της διατομής σε τμήματα της σήραγγας με μειωμένη διατομή.....	233
1.6 Ερευνητικές γεωτρήσεις, εργασίες τσιμεντενέσεων.....	233
1.7 Εσωτερική επένδυση	235
1.8 Χωματοουργικά «ανοικτών έργων».....	238
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΤΕΚΑ (παρακολούθηση).....	240
Η Παρακολούθηση στις Σήραγγες Καλλιδρόμου	241
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ.....	245
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	246
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	247
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	258
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	264
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV.....	282
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V	302
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, έχει ως σκοπό να παρέχει ένα τμήμα πληροφοριών πάνω στη μελέτη κατασκευής της σήραγγας Καλλιδρόμου, η οποία υπάγεται στη Νέα Σιδηροδρομική Γραμμή Υψηλών Ταχυτήτων (Σ.Γ.Υ.Τ.) Τιθορέας – Λειανοκλαδίου στο τμήμα από τον Σιδηροδρομικό Σταθμό Τιθορέας (Σ.Σ. Τιθορέας) Χ.Θ. 0+000 έως την Χ.Θ. 19+000.

Στο πρώτο μέρος, γίνεται αναφορά στα είδη των σηράγγων, στη διαδικασία σύνταξης της πλήρους μελέτης τους και στα κυριότερα τεύχη που την απαρτίζουν, καθώς και στάδια των εργασιών που ακολουθούνται για την ολοκλήρωσή τους.

Στο δεύτερο μέρος, παρουσιάζονται οι παράμετροι που συντελούν στην ταξινόμηση της βραχομάζας και, στη συνέχεια, τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων ταξινόμησής της.

Στο τρίτο μέρος, περιγράφονται οι μέθοδοι κατασκευής υπογείων έργων όπως και οι μέθοδοι εκσκαφής τους. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στη διάνοιξη σηράγγων με τη μέθοδο NATM, καθώς η σήραγγα Καλλιδρόμου διανοίγεται εξ' ολοκλήρου με αυτή.

Στο τέταρτο μέρος, δομούνται όλα τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που πρέπει να ληφθούν κατά τη διάρκεια της εκσκαφής της σήραγγας, ή αμέσως μετά από αυτή. Εκτενέστερη αναφορά γίνεται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, στα αγκύρια βράχου και στις χαλύβδινες νευρώσεις, τα οποία είναι και τα σημαντικότερα.

Η εργασία ολοκληρώνεται στο πέμπτο μέρος, όπου γίνεται η σύνθεση των αναλυτικών στοιχείων και των παραμέτρων που έχουν παρατεθεί παραπάνω. Έτσι γίνεται η μετάβαση από τη θεωρία στην πράξη, δομώντας την κατασκευή της σήραγγας Καλλιδρόμου από την σύνταξη της γεωλογικής μελέτης μέχρι και την τελική της επένδυση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑ
Εισαγωγή στις σηραγγές

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι **στοές** και οι **σήραγγες** αποτελούν το βασικό αντικείμενο των υπόγειων κατασκευών ενώ η κατασκευή υπογείων **αιθουσών** και **δεξαμενών** εμφανίζεται κάπως σπανιότερα, παρόλο που απέκτησε ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά την τελευταία 20ετία με τη μεταφορά μεγάλων βιομηχανικών εγκαταστάσεων σε υπόγειους χώρους.

Μολονότι η κατασκευή σηράγγων έχει να παρουσιάσει μια ιστορική εξέλιξη ενάμιση αιώνα, εξακολουθεί ακόμα και σήμερα να είναι μια εμπειρική επιστήμη, κατά κύριο λόγο, ή για να ακριβολογήσουμε είναι μια τέχνη που βρίσκεται σε μεταβατικό στάδιο για να γίνει επιστήμη. Όλα αυτά τα χρόνια η εξέλιξη των μεθόδων και των αντιλήψεων δεν ακολούθησε άμεση και ευθεία πορεία, αλλά έμμεση και τεθλασμένη, κατά τη διάρκεια τις οποίας βεβαίως αποκομίσθηκαν πολύτιμες εμπειρίες.

Το τελευταίο χρονικό διάστημα τις εξελίξεις, χαρακτηρίζεται από την εφαρμογή εντελώς νέων μεθόδων και υλικών, καθώς και από την εισβολή επαναστατικών ιδεών στην στατική των σηράγγων. Σήμερα, η κατασκευή μιας σήραγγας σε κανένα σχεδόν ορεινό όγκο δεν είναι αδύνατη, ακόμα και αν πρόκειται για πάρα πολύ μεγάλα βάθη στο εσωτερικό της γης.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Σήραγγα (τούνελ) είναι ένα τεχνητό όρυγμα ή μία φυσική δίοδος με τη μορφή στοάς, κάτω από την επιφάνεια της γης ή δίοδος που έχει ανοιχτεί με διάτρηση σε ορεινό όγκο για την παροχή νερού, για τη διέλευση οχημάτων κ.ά.

Πρώτη σήραγγα στην Ιστορία με μεγάλο τεχνικό ενδιαφέρον ήταν το *Ευπαλίνειο Όρυγμα* στη Σάμο. Αυτή η σήραγγα διατηρήθηκε και βελτιώθηκε από τους Ρωμαίους και είναι μέχρι σήμερα επισκέψιμη. Στην Παλαιστίνη υπάρχουν ακόμα υπολείμματα σηράγγων για ύδρευση των τελευταίων αιώνων π.Χ., τα οποία τις βελτίωσαν οι Ρωμαίοι. Σε ανασκαφές που έγιναν στην περιοχή του Dover τις Αγγλίας, προέκυψαν ενδείξεις ότι ήδη οι Ρωμαίοι είχαν κάνει προκαταρκτικούς σχεδιασμούς για την κατασκευή υποθαλάσσιας σήραγγας που θα ένωνε τη βρετανική νήσο με την ηπειρωτική Ευρώπη. Κατά το Μεσαίωνα, σημαντικότερες υπόγειες σήραγγες, αποτελούν τα ορύγματα για διαμονή ανθρώπων στην περιοχή τις Καππαδοκίας. Βέβαια, ήδη από την Αρχαιότητα ήταν γνωστή η τεχνική δημιουργίας υπόγειων ορυγμάτων στα πωρολιθικά πετρώματα τις μικρασιατικής επαρχίας. Ο Ξενοφών αναφέρει ότι το 400 π.Χ. υπήρχαν στην Καππαδοκία τρωγλοδυτικές κατοικίες. Όμως, από τα μέσα του 7^{ου} αιώνα μ.Χ. γενικεύτηκε και εντατικοποιήθηκε αυτή η τεχνική τις λάξευσης ορυγμάτων, λόγω των συχνών εχθρικών επιδρομών στην περιοχή. Αυτή η εξέλιξη οφείλεται κυρίως στη στρατιωτική επέκταση των Αράβων, οπότε οι κάτοικοι τις παραμεθόριας, πλέον, Καππαδοκίας διέφευγαν τις υπόγειες σήραγγες, όποτε δέχονταν επιθέσεις. Σε καίρια σημεία των στοών υπήρχαν επεξεργασμένοι ογκόλιθοι, με τις οποίους οι πολιορκούμενοι έφραζαν τα στόμια διελεύσεως. Το πλέγμα των υπόγειων στοών στην Καππαδοκία πήρε με το χρόνο μεγάλες διαστάσεις και μέχρι σήμερα διασώζεται ένα πολύπλοκο δίκτυο.

Στη Δυτική Ευρώπη κατασκευάστηκαν κατά τον ύστερο Μεσαίωνα και την Αναγέννηση, συστηματικά υπόγειες σήραγγες σε διάφορες πόλεις, κυρίως για συλλογή και έλεγχο των υδάτων προς ύδρευση. Σημαντικότερο από αυτά τα δίκτυα είναι αυτό τις πόλης Σιένα στην Ιταλία, κάτω από τους δρόμους τις οποίας υπάρχει διακλάδωση στοών με συνολικό μήκος περίπου 25 χιλιομέτρων. Σε διάφορες γερμανικές πόλεις, προορίζονταν αυτά τα υπόγεια δίκτυα για την τροφοδοσία με νερό πυρόσβεσης στα πυκνά δομημένα κέντρα των πόλεων.

Κατά το 17^ο και 18^ο αιώνα κατασκευάστηκαν διάφορες σήραγγες, κυρίως για διευκόλυνση των μεταφορών, περισσότερο σε χώρες με ορεινούς όγκους (Ελβετία,

Αυστρία κ.ά.). Σήραγγες για διέλευση σιδηροδρόμων κάτω από βουνά κατασκευάστηκαν στο διάστημα 1826-1830 μεταξύ Liverpool – Manchester και στο διάστημα 1837-1839 μεταξύ Λειψίας και Δρέσδης στη Γερμανία. Είναι αυτονόητο ότι για την κατασκευή των σιδηροδρομικών και άλλων μεταγενέστερων σιδηροδρόμων σημαντικό ρόλο έπαιξε η τεχνολογία που είχε αποκτηθεί κατά τη διάνοιξη στοών σε ανθρακωρυχεία και αλατωρυχεία.

Το έτος 1865 ο μηχανικός Charles Burleigh κατασκεύασε ένα πολύ αξιόπιστο και ισχυρό γεωτρήπανο, το οποίο αξιοποιούσε την ατμοκίνηση και τον πεπιεσμένο αέρα. Η εφεύρεση αυτή αποτέλεσε πρότυπο για όλα τα γεωτρήπανα που ακολούθησαν. Το 1866 ανακαλύφθηκε η νιτρογλυκερίνη και ένα χρόνο αργότερα ο Alfred Nobel (1833-1896) τελειοποίησε το δυναμίτη. Με αυτά τα εκρηκτικά διευκολύνθηκε σημαντικά η διάνοιξη ορυγμάτων σε σκληρά πετρώματα.

Οι σημαντικές σιδηροδρομικές σήραγγες που κατασκευάστηκαν μέχρι το β' παγκόσμιο πόλεμο ήταν:

- Στο St. Gotthard τις Ελβετίας, μία σιδηροδρομική σήραγγα που διασχίζει τις ελβετικές Άλπεις με μήκος 15 km και δόθηκε στην κυκλοφορία το έτος 1882.
- Δύο σιδηροδρομικές σήραγγες του Simplon, στις ελβετικές Άλπεις, οι οποίες συνδέουν την Ελβετία με την Ιταλία, έχουν μήκος 20 km περίπου και παραδόθηκαν στην κυκλοφορία το 1906 και το 1922 αντίστοιχα.
- Η σιδηροδρομική σήραγγα, στο Loetschberg των ελβετικών Άλπεων, ολοκληρώθηκε το 1913 και έχει μήκος 14,6 km.
- Η σιδηροδρομική σήραγγα των Απεννίνων στην Ιταλία, η οποία συνδέει την Μπολόνια με τη Φλωρεντία, έχει μήκος 18,5 km και ολοκληρώθηκε το έτος 1934.
- Η πρώτη σήραγγα για κυκλοφοριακούς λόγους κάτω από ποταμό κατασκευάστηκε το έτος 1869 στο Σικάγο.

Πρώτη αντίστοιχη κατασκευή στην Ευρώπη έγινε το 1911 κάτω από τον ποταμό Έλβα στο Αμβούργο. Στην κατασκευή υπόγειων σιδηροδρόμων στηρίχθηκε η δημιουργία μητροπολιτικών δικτύων σιδηροδρόμων (metro) στις μεγάλες πόλεις των βιομηχανικών χωρών. Η σημαντικότερη, μέχρι σήμερα, σήραγγα από ιστορικής, πολιτικής και οικονομικής σκοπιάς είναι αυτή στη θάλασσα τις Μάγχης που συνδέει με τρεις σωλήνες μήκους 50 km την ηπειρωτική Ευρώπη με την Αγγλία. Αυτό το έργο ολοκληρώθηκε το έτος 1994, μετά από τις προσπάθειες

έναρξης κατά το 19^ο και 20^ο αιώνα και διάφορες αναβολές λόγω οικονομικών, τεχνικών ή πολιτικών προβλημάτων.

- Στην Ελλάδα κατασκευάστηκαν σήραγγες στα βουνά Καλλίδρομο, Όθρυς κ.ά., ήδη στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, κατά τη δημιουργία τις σιδηροδρομικής σύνδεσης Αθήνας-Θεσσαλονίκης. Σημαντική ήταν, επίσης η σήραγγα του υπόγειου ηλεκτρικού σιδηροδρόμου στην Αθήνα, μεταξύ των σταθμών Μοναστηράκι και Αττική.



Αριστερά: Σιδηροδρομική σήραγγα στη Γερμανία,

Μέση: Παλιά σιδηροδρομική σήραγγα και νυν πεζόδρομος στο Βέλγιο,

Δεξιά: Σήραγγα μετρό

Κάτω: Ευπαλίνειο Όρυγμα

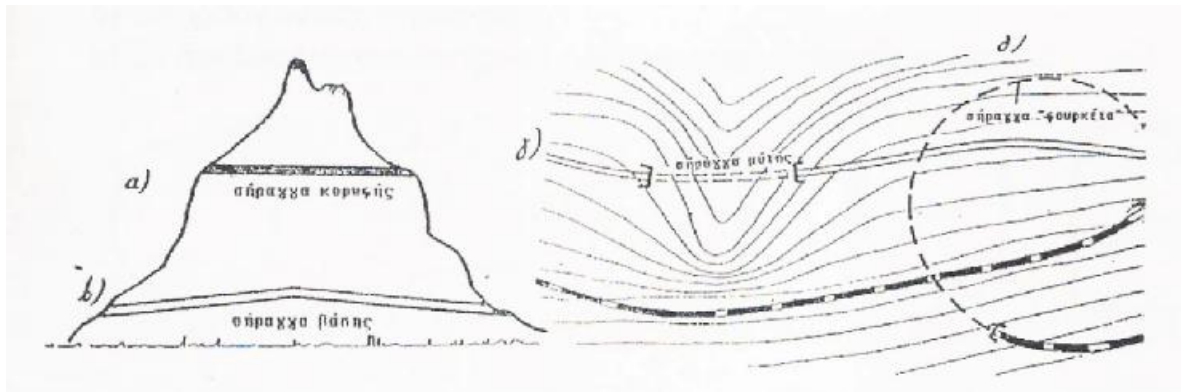


3. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

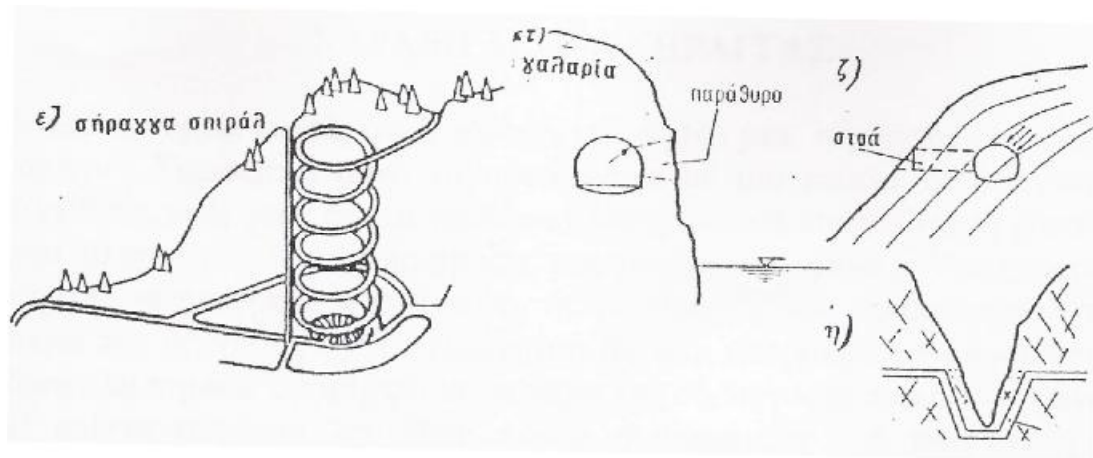
Δυστυχώς ακόμα και σήμερα δεν επικρατεί ομοιόμορφη ορολογία στον τομέα των υπόγειων κατασκευών. Για τη θέσπιση ενιαίας ορολογίας προτείνονται οι ακόλουθοι όροι και οι υπόγειες κατασκευές, σύμφωνα με τα διάφορα κριτήρια, διακρίνονται:

- 1) Από την άποψη της μορφής και των διαστάσεων του τεχνικού έργου:
 - i) Σε σήραγγες
 - ii) Σε στοές
 - iii) Σε κατακόρυφα ή κεκλιμένα φρεάτια
 - iv) Σε υπόγειες δεξαμενές ή αίθουσες
 - v) Σε υπόγειες σπηλιές

- 2) Από την άποψη της θέσης του άξονα του τεχνικού έργου ως προς το ανάγλυφο του εδάφους:
 - i) Σε σήραγγα κορυφής
 - ii) Σε σήραγγα βάσης
 - iii) Σε σήραγγα μύτης
 - iv) Σε σήραγγα “φουρκέτες”



- v) Σε σήραγγα σπιράλ
- vi) Σε σήραγγες παράλληλες προς την πλαγία τις οροσειράς
- vii) Σε σήραγγες βυθιζόμενες κάτω από φαράγγια
- viii) Σε σήραγγες γαλαρίες

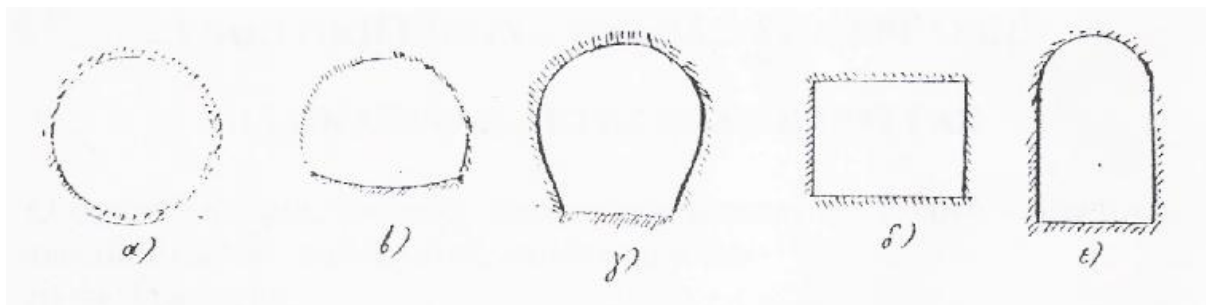


3) Από την άποψη του σκοπού χρήσης του τεχνικού έργου:

- i) Σε στοές ορυχείων
- ii) Σε συγκοινωνιακές σήραγγες
- iii) Σε σήραγγες, στοές και φρεάτια μεταφοράς
- iv) Σε υπόγειους χώρους, στάθμευσης οχημάτων, αποθήκευσης αγαθών

4) Από την άποψη του σχήματος τις διατομής του τεχνικού έργου:

- i) Σε κυκλικές σήραγγες
- ii) Σε κυκλικές με πεπλατυσμένο πυθμένα σήραγγες
- iii) Σε πεταλοειδής σήραγγες
- iv) Σε ορθογωνικές σήραγγες
- v) Σε συνδυασμό κυκλικής και ορθογωνικής διατομής σήραγγες



5) Από την άποψη του χρησιμοποιούμενου υλικού υποστήριξης του τεχνικού έργου:

- i) Σε προσωρινά υποστηριζόμενες σήραγγες
- ii) Σε σήραγγες υποστηριζόμενες με ξύλινη υποστήριξη

- iii) Σε σήραγγες υποστηριζόμενες με τοιχοποιία
- iv) Σε σήραγγες υποστηριζόμενες με μεταλλικά υποστηρίγματα
- v) Σε σήραγγες υποστηριζόμενες με σκυρόδεμα
- vi) Σε σήραγγες υποστηριζόμενες με πεταχτό μπετόν και πεταχτό τσιμεντοκονίαμα
- vii) Σε σήραγγες υποστηριζόμενες με προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα

Γενικότερα σήραγγες κατασκευάζονται σε :

- 1) Οδικά και σιδηροδρομικά συγκοινωνιακά δίκτυα
 - i) για διάβαση ορεινών όγκων (σιδηροδρομική σήραγγα Καλλίδρομου, σήραγγες Κακιάς Σκάλας)
 - ii) για παράκαμψη δυσμενών γεωλογικών συνθηκών, τις κατολισθήσεων ή ρηξιγενών ζωνών (π.χ. οδική σήραγγα Ανηλίου)
 - iii) για περιβαλλοντικούς λόγους (π.χ. οδική σήραγγα παράκαμψης του αρχαιολογικού χώρου Δωδώνης)
- 2) Αστικά συστήματα μαζικής μεταφοράς (Μετρό)
- 3) Υδραυλικά έργα
 - i) υδραγωγεία (σήραγγες Μόρνου, Ευήνου, εκτροπής Αχελώου)
 - ii) έργα ταμίευσης (σήραγγες εκτροπής και υπερχείλισης φραγμάτων)
 - iii) αποχετεύσεις και αποστραγγίσεις (σήραγγα Κάρλας στη Θεσσαλία, σήραγγα Καρδίτσας στον Βοιωτικό Κηφισό)
- 4) Έργα αποστράγγισης για τη βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας πρηνών (π.χ. σήραγγες Μαλακάσας, Παναγοπούλας)

Ειδικές απαιτήσεις συγκοινωνιακών σηράγγων:

- 1) Πολύ μικρές καμπυλότητες σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Άρα:
 - i) Δεν προσαρμόζονται εύκολα στις απαιτήσεις των γεωτεχνικών συνθηκών, γεωμετρία ρηγμάτων, κλπ
 - ii) Οι κατά μήκος κλίσεις είναι συχνά δυσμενείς για τη διάνοιξη (κατωφέρεια)
 - iii) Τα στόμια συχνά διαμορφώνονται δυσμενώς ως προς το φυσικό πρηνές (δηλαδή λοξά ως τις ισοϋψείς), με συνέπεια κινδύνους αστοχίας των στομίων

- 2) Πολύ μικρές ανοχές τις ερυθράς. Υπάρχει πρόβλημα λειτουργίας του έργου σε περίπτωση απρόβλεπτων μετακινήσεων.
- i) υπέρμετρες βυθίσεις κατά τη διάνοιξη ή σε μεταγενέστερο χρόνο.
 - ii) μετακινήσεις λόγω ενεργοποίησης ρήγματος σε περίπτωση σεισμού.

Πιθανά προβλήματα κατά τη διάνοιξη σηράγγων

- 1) Στα στόμια:
 - i) Αστάθεια (ρωγμές στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, σημαντικές μετακινήσεις, γενικευμένη αστοχία)
- 2) Στο μέτωπο εκσκαφής
 - i) Αστοχία
 - ii) Εκτεταμένη εισροή υδάτων
 - iii) Αστάθεια τις οροφής (υπερεκσκαφή ή κατάρρευση) κατά την προώθηση του μετώπου
- 3) Πίσω από το μέτωπο εκσκαφής
 - i) Μεγάλες και χρονικά εξελισσόμενες συγκλίσεις του τοιχώματος (βύθιση οροφής, σύγκλιση παρειών, ανύψωση πυθμένα)
 - ii) Βύθιση των βάσεων του τόξου Α' Φάσης εκσκαφής (π.χ. βάσεις χαλύβδινων πλαισίων)
 - iii) Εμφάνιση ρωγμών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (διαμήκεις ή εγκάρσιες)
 - iv) Μεγάλες και χρονικά εξελισσόμενες υποχωρήσεις τις επιφάνειας του εδάφους



4. ΧΑΡΑΞΗ ΑΞΟΝΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Υπάρχουν εκ των προτέρων υποχρεωτικά σημεία για τη χάραξη, που μπορεί να είναι γεωμετρικής και γεωλογικής φύσης. Υποχρεωτικά σημεία γεωμετρικής φύσης είναι, οι διευθύνσεις των εφαπτόμενων στα άκρα τις σήραγγας. Από γεωλογική άποψη, μπορούμε να αποφύγουμε δύσκολα σημεία, ακόμη και αν τα άκρα της σήραγγας είναι καθορισμένα. Η ευθεία σύνδεση δεν είναι πάντα συντομότερη, ή φθηνότερη ή καλύτερη. Η καμπύλη γραμμή παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα από τεχνική και κυκλοφοριακή άποψη, λ.χ. σε οδικές σήραγγες μπορούμε να αποφύγουμε τα γεωλογικά δύσκολα σημεία.

Όσον αφορά στη μηκοτομή, τα κατασκευαστικά κριτήρια είναι περισσότερο αποφασιστικής σημασίας από τα κυκλοφοριακά. Ιδιαίτερα σοβαρά πρέπει να αντιμετωπισθούν τέλος και οι γεωλογικές δυσκολίες στα τμήματα εισόδου και εξόδου της σήραγγας αφού αυτά είναι τα δυσκολότερα τμήματα τις κατασκευής.

4.1. Συνοπτική εικόνα των βασικών εργασιών

Ο σχεδιασμός μιας υπόγειας κατασκευής απαιτεί την ενεργό συμμετοχή των ακόλουθων, τουλάχιστον, επιμέρους τομών:

- α) της Γεωλογίας
- β) της Γεωτεχνικής (Εδαφομηχανικής, Βραχομηχανικής, κ.τ.λ.)
- γ) της Τεχνικής προώθησης και της εκσκαφής
- δ) της επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού
- ε) των Οικονομικών και Νομικών Επιστημών.

Για την εξέλιξη του σχεδιασμού στις λεπτομέρειες του, σαν ένα ενιαίο σύνολο, θα πρέπει η λήψη των αποφάσεων για τα βασικότερα στοιχεία της μελέτης, να είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας όλων των επιμέρους τομέων.

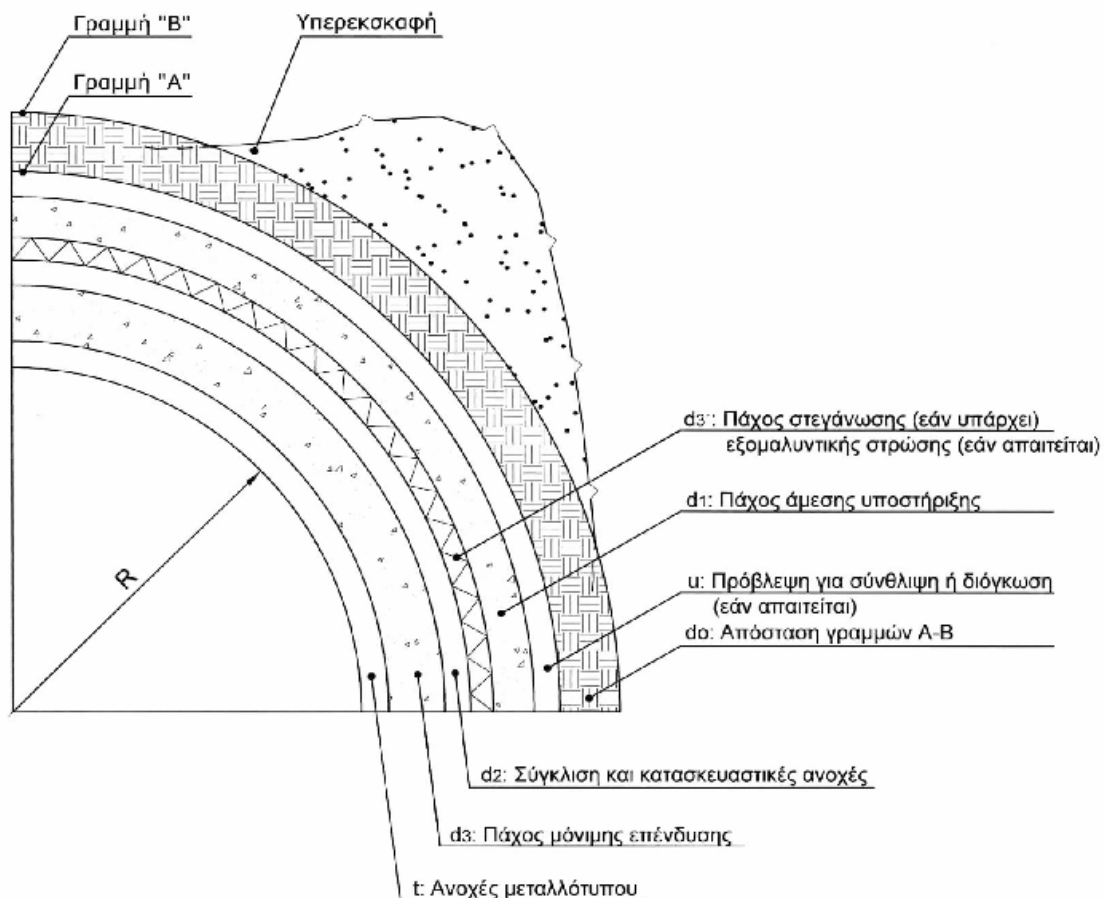
4.2. Διαδικασία μελέτης μιας σήραγγας

Αρχές Σχεδιασμού Σηράγγων

- 1) Χάραξη του άξονα (οριζοντιογραφικά και υψομετρικά) με βάση τις συγκοινωνιακές απαιτήσεις
 - i) Με συνεκτίμηση (κατά το δυνατόν) των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών

- ii) Σε σήραγγες μεγάλου μήκους συνιστάται η αμφικλινής μηκοτομή (ανωφέρεια – κατωφέρεια) για τη διευκόλυνση της διάτρησης
 - iii) Σε σήραγγες μεγάλου μήκους η χάραξη συνιστάται να διευκολύνει την δημιουργία ενδιάμεσων μετώπων προσβολής (παράθυρα)
- 2) Γεωλογικές και γεωτεχνικές έρευνες
- i) Οι έρευνες θα πρέπει να έχουν συγκεκριμένους σκοπούς
 - ii) Ο αριθμός των γεωτρήσεων εξαρτάται από τα προβλήματα που πρέπει να διερευνηθούν
 - iii) Λόγω του μεγάλου μήκους, δεν είναι δυνατή η πλήρης διερεύνηση των γεωτεχνικών συνθηκών με γεωτρήσεις
 - iv) Απαιτείται συναξιολόγηση της γεωλογίας με τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών (συνεργασία γεωλόγου-μηχανικού)
- 3) Εκτίμηση των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών
- i) Περιγραφή και ταξινόμηση της βραχομάζας (τυπικές κατηγορίες)
 - ii) Μηχανικές ιδιότητες της βραχομάζας (για κάθε κατηγορία)
 - iii) Αναμενόμενα προβλήματα κατά τη διάνοιξη και προτάσεις αντιμετώπισης
- 4) Διατύπωση τυπικών συνδυασμών σχεδιασμού
- i) χαρακτηριστικοί συνδυασμοί κατηγορίας βραχομάζας και ύψους υπερκειμένων που θα πρέπει να αντιμετωπισθούν στη μελέτη
- 5) Τυπικές διατομές σχεδιασμού και πεδίο εφαρμογής τους
- i) Επιλογή τυπικών διατομών σχεδιασμού. Διαφέρουν ως προς τον αριθμό των φάσεων εκσκαφής και τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης.
 - ii) Κατά την μελέτη, η επιλογή γίνεται με βάση την εμπειρία.
 - iii) Οι τυπικές διατομές θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο των αναμενόμενων γεωτεχνικών συνθηκών (από πολύ καλές έως πολύ κακές) και ύψους γαιών
 - iv) Πεδίο εφαρμογής: δηλαδή σε ποιούς συνδυασμούς κατηγορίας βραχομάζας και ύψους γαιών εφαρμόζεται η κάθε τυπική διατομή
- 6) Αναλύσεις της διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης
- i) Έλεγχος επάρκειας των μέτρων υποστήριξης (επαρκής ασφάλεια έναντι αστοχίας)
 - ii) Έλεγχος αποδεκτών συγκλίσεων του τοιχώματος
 - iii) Έλεγχος δυνητικών αποσφηνώσεων στην οροφή και τις παρειές (όπου απαιτείται)
 - iv) Έλεγχος ευστάθειας του μετώπου εκσκαφής

- v) Έλεγχος ευστάθειας των στομίων
- 7) Λεπτομερής περιγραφή του τρόπου επιλογής της εφαρμοστέας διατομής κατά την κατασκευή
- i) Η μέθοδος θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν αντικειμενική ώστε να αποφεύγονται αντιδικίες μεταξύ επίβλεψης και εργολάβου ως προς την εφαρμοστέα διατομή
 - ii) Απόλυτα επιτυχής μέθοδος δεν υπάρχει
 - iii) Η επιτυχία εξαρτάται από το σχετικό ενδιαφέρον του εργολάβου για την εφαρμογή των τυπικών διατομών. Πρέπει να υπάρχει ανάλογο ενδιαφέρον για τις διατομές (δηλαδή ορθός προϋπολογισμός)



Παρατηρήσεις

A. Η προμελέτη των σήραγγων περιλαμβάνει :

- Ορισμένες τυπικές διατομές (φάσεις εκσκαφής και μέτρα υποστήριξης)
- Την αλληλουχία κατασκευής κάθε τυπικής διατομής (π.χ. σε πόση απόσταση από το μέτωπο θα διανοίγεται η Β' Φάση, θα τοποθετούνται τα αγκύρια, θα ολοκληρώνεται το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, κλπ)
- Το πεδίο εφαρμογής κάθε τυπικής διατομής (συνδυασμοί βραχομάζας και ύψους) και συνεπώς τα εκτιμώμενα μέτρα μήκους εφαρμογής της
- Από τα ανωτέρω δύο προκύπτει η προμέτρηση των ποσοτήτων
- Περιγραφή των πρόσθετων μέτρων υποστήριξης που πιθανόν να απαιτηθούν σε ειδικές περιπτώσεις και τις εκτιμώμενες ποσότητες (που προστίθενται στην προμέτρηση), π.χ. τσιμεντενέσεις σταθεροποίησης, μικροπασσάλους υποθεμελίωσης, ειδικούς τύπους αγκυρίων, κλπ.
- Τον τρόπο επιλογής της εφαρμοστέας τυπικής διατομής κατά την κατασκευή.

B. Η οριστική μελέτη γίνεται κατά την κατασκευή της σήραγγας με βάση τις συναντώμενες συνθήκες, τις μετρήσεις και την ήδη αποκτηθείσα εμπειρία

- Αποφασίζεται η εφαρμοστέα τυπική διατομή και τα τυχόν πρόσθετα μέτρα υποστήριξης

Τα κυριότερα τεύχη μελέτης μιας σήραγγας είναι:

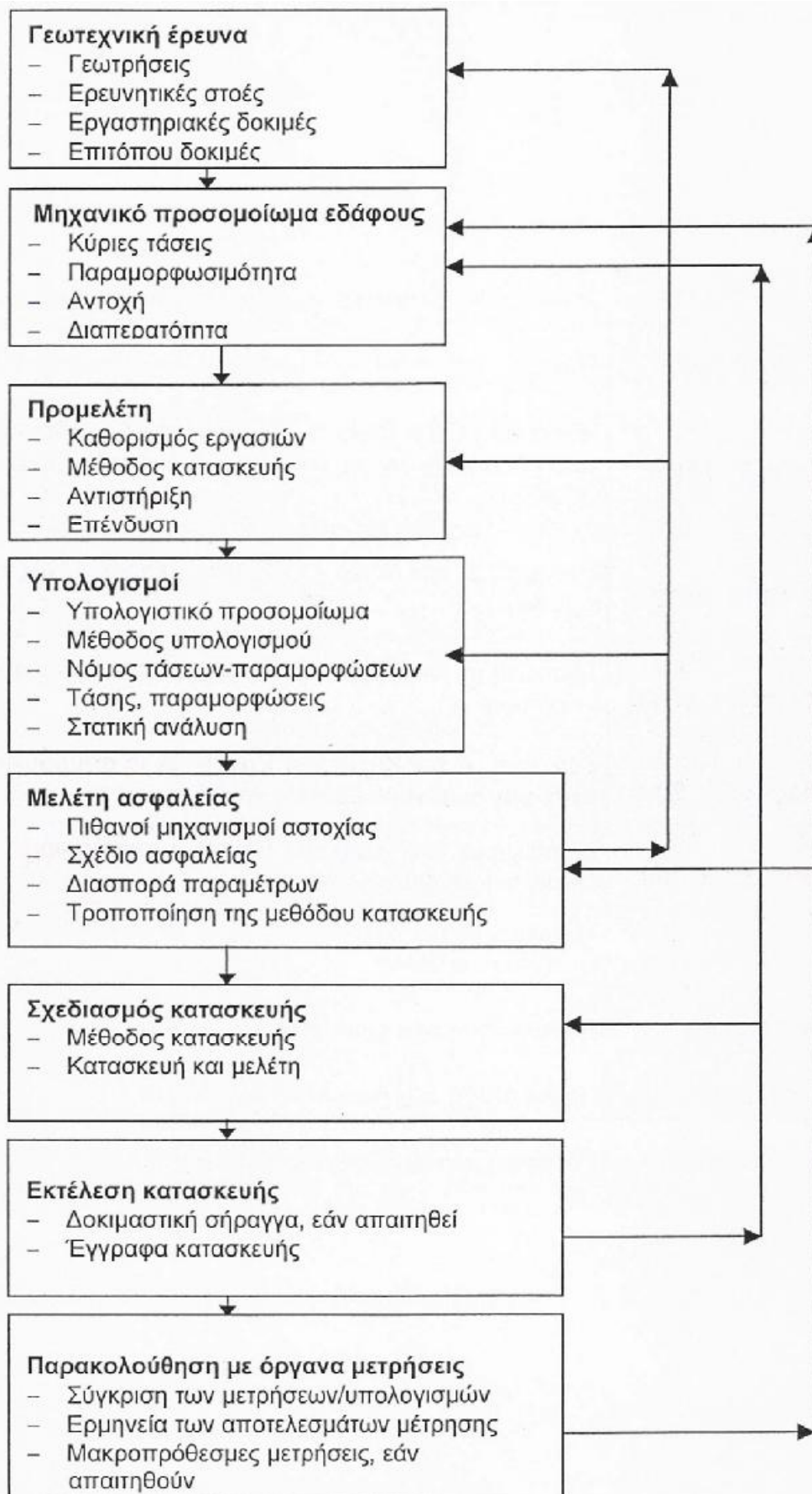
- 1) Η γεωλογική έκθεση, που περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της γεωλογικής και γεωφυσικής έρευνας.
- 2) Η υδρογεωλογική έκθεση.
- 3) Τα πληροφοριακά στοιχεία για τη χάραξη του άξονα (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, διατομές) , την αποστράγγιση, την επένδυση, κ.τ.λ. σε συνδυασμό με το σκοπό κατασκευής σήραγγας.
- 4) Η γεωτεχνική έκθεση, που περιλαμβάνει τα στοιχεία της αναγνώρισης του υπεδάφους και του ορεινού όγκου, συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων σύγκρισης των επιτόπου μετρήσεων με τις εργαστηριακές δοκιμές, και τις ταξινομήσεις του υπεδάφους ή του ορεινού όγκου.
- 5) Σχέδια και περιγραφή της σχεδιαζόμενης μεθόδου εκσκαφής και προώθησης,

που μεταξύ άλλων θα περιλαμβάνουν και τις διαφορετικές μεθόδους προώθησης των επιμέρους τμημάτων της σήραγγας, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες υπεδάφους.

- 6) Σχέδια μελέτης για τις κατηγορίες εκσκαφής και υποστήριξης που πιθανόν να εφαρμοστούν στη συγκεκριμένη σήραγγα. Σ' αυτά πρέπει να προσδιορίζονται τα βάθη διάτρησης και οι προσωρινές υποστηρίξεις (το είδος και ο αριθμός των αγκυρίων, το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, η ποιότητά του, οι αποστάσεις των δακτυλίων υποστήριξης από το μέτωπο δράσης).
- 7) Το πρόγραμμα των επιτόπου μετρήσεων.
- 8) Το στατικό υπολογισμό των δυναμικών και γεωμετρικών μεγεθών (τόσο για τις σήραγγες χωρίς επένδυση, όσο και για αυτές με απλή ή διπλή επένδυση) καθώς και τη διαστασιολόγηση των υποστηριγμάτων των προσωρινών φάσεων και της οριστικής επένδυσης.
- 9) Τη μελέτη στεγανοποίησης ή αποστράγγισης, λόγω της παρουσίας υπόγειου ύδατος.
- 10) Τα κατασκευαστικά σχέδια της οριστικής μελέτης της επένδυσης, συμπεριλαμβανομένης και της διαστασιολόγησης.

Κατά την διάρκεια της προώθησης και μετά:

1. Εκθέσεις για τις επιτόπου μετρήσεις με ερμηνεία των αποτελεσμάτων, ιδιαίτερα όσον αφορά τη συμπεριφορά του υπεδάφους και τη στατική ασφάλεια της σήραγγας.
2. Την παρουσίαση των προβλημάτων που εμφανίσθηκαν κατά τη διάρκεια της προώθησης και των μέτρων που πάρθηκαν (μέτρα βελτίωσης του υπεδάφους ή αλλαγή τις μεθόδους εκσκαφής βάσει των μετρήσεων).



Προετοιμασία έργου για τη διάνοιξη σηράγγων

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Λόγω του μεγάλου αριθμού των παραγόντων που επιδρούν στο σχεδιασμό, τον υπολογισμό και την επιλογή της θέσης μιας σήραγγας έχουν αναπτυχθεί, με πάροδο των ετών, διάφοροι μέθοδοι κατασκευής. Οι κυριότεροι από τους παράγοντες είναι οι εξής: οι γεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες της περιοχής, το σχήμα και το μέγεθος της διατομής, καθώς και ο προορισμός της σήραγγας.

Οι διάφοροι μέθοδοι κατασκευής περιλαμβάνουν, σε γενικές γραμμές, τα ακόλουθα στάδια εργασιών:

1. Την εκσκαφή ή εξόρυξη
2. Την υποστήριξη
3. Την μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής και
4. Τις εργασίες επένδυσης, στεγανοποίησης, αποστράγγισης και αερισμού.





Φωτογραφίες σήραγγας Καλλίδρομου: Τοποθέτηση μεμβράνης αποστράγγισης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΥΟ
Γεωτεχνική μηχανική

1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Η Γεωτεχνική Μηχανική αποτελεί τον σημαντικότερο και τον πιο καθοριστικό παράγοντα σχεδιασμού κάθε σήραγγας. Η πορεία, ο σχεδιασμός και η κατασκευή μιας σήραγγας, εξαρτώνται αποκλειστικά από γεωτεχνικά - γεωλογικά δεδομένα. Συνεπώς, η διάνοιξη μιας σήραγγας είναι μια αβέβαιη, συχνά επικίνδυνη ευθύνη, διότι οι πληροφορίες που προκύπτουν από τις εδαφικές συνθήκες δεν είναι ποτέ ολοκληρωμένες, ακόμα και σε περιπτώσεις εκτεταμένης έρευνας. Παράλληλα, το συνολικό κόστος κατασκευής του έργου, ιδιαίτερα σε περιοχές με πολύπλοκες γεωλογικές συνθήκες, είναι το ίδιο αβέβαιο.

Τα γεωλογικά δεδομένα της περιοχής προκύπτουν κυρίως, από την διάνοιξη γεωτρήσεων σε επιλεγμένες, καίριες θέσεις κατά μήκος του άξονα της σήραγγας. Η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων οδηγεί στην εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων που αναμένεται να αναπτυχθεί γύρω από την εκσκαφή (γεωτεχνικά δεδομένα). Η εκσκαφή ξεκινά, ενώ παράλληλα εκτελούνται τεχνικές επεμβάσεις (προσωρινά μέτρα υποστήριξης), αντιμετωπίζονται απρόβλεπτες καταστάσεις και ελέγχεται η ευστάθεια της. Τέλος, τοποθετείται η οριστική επένδυση και ολοκληρώνονται τα έργα χρήσης της σήραγγας (εξαερισμός, φωτισμός, παροχетеυτικά έργα, ασφάλεια, οδόστρωμα, σιδηρόδρομος, σήμανση, κτλ.).

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

2.1. Περιγραφή της βραχομάζας

Η βραχομάζα σπανίως είναι συνεχής, ομογενής και ισότροπη. Συνήθως είναι ρηγματωμένη, διασχίζεται από ποικίλα συστήματα ασυνεχειών, παρουσιάζει μεταβλητό (από θέση σε θέση) βαθμό αποσάθρωσης και εξαλλοίωσης και έχει ανισότροπη συμπεριφορά. Συνεπώς, η εκτίμηση αντιπροσωπευτικών τιμών των μηχανικών ιδιοτήτων της βραχομάζας δεν γίνεται με άμεσο τρόπο (π.χ. με εργαστηριακές ή επιτόπου δοκιμές) αλλά έμμεσα, δηλαδή μέσω της περιγραφής και ταξινόμησης της βραχομάζας σε κατηγορίες και στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση των μηχανικών παραμέτρων κάθε κατηγορίας με εμπειρικές σχέσεις.

Για την περιγραφή και ταξινόμηση της βραχομάζας συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής παράμετροι:

1. Η μηχανική αντοχή του πετρώματος που δομεί τη βραχομάζα
2. Ο δείκτης κερματισμού της βραχομάζας (RQD)
3. Οι ασυνέχειες και τα χαρακτηριστικά τους
4. Η παρουσία υπόγειου νερού

2.1.1 Μηχανική αντοχή του πετρώματος

Η μηχανική αντοχή του πετρώματος από το οποίο δομείται η βραχομάζα, εκφράζεται μέσω της αντοχής (σ_c) που προκύπτει κατά τη δοκιμή μοναξονικής θλίψης (uniaxial compression strength) σε κυλινδρικά δοκίμια του "συμπαγούς" πετρώματος. Συχνά, τα αποτελέσματα των δοκιμών επηρεάζονται από την παρουσία εντός των δοκιμίων επιφανειών μικρής αντοχής σε δυσμενή διεύθυνση, όπως επιφανειών στρώσης, διακλάσεων ή άλλων ασυνεχειών, με συνέπεια οι μετρούμενες τιμές της αντοχής να μην είναι αντιπροσωπευτικές της αντοχής του "συμπαγούς" πετρώματος.

Με βάση την αντοχή (σ_{ci}), τα πετρώματα μπορούν να καταταγούν στις εξής κατηγορίες:

Αντοχή σ_{ci} (MPa)	Κατηγορία πετρώματος	Περιγραφή
> 250	Εξαιρετικά ισχυρό	Δεν θραύεται με γεωλογικό σφυρί
100-250	Πολύ ισχυρό	Θραύεται μετά από αρκετούς κτύπους με γεωλογικό σφυρί
50-100	Ισχυρό	Θραύεται με περισσότερους από ένα κτύπους με γεωλογικό σφυρί
25-50	Μετρίως ισχυρό	Δεν χαράσσεται με μαχαίρι
5-25	Ασθενές	Δύσκολα χαράσσεται με μαχαίρι
1-5	Πολύ ασθενές	Χαράσσεται εύκολα με μαχαίρι. Δεν χαράσσεται με το νύχι
0.25-1	Εξαιρετικά ασθενές	Χαράσσεται με το νύχι

Η μηχανική αντοχή του "συμπαγούς" πετρώματος εξαρτάται από το είδος του πετρώματος και το βαθμό αποσάθρωσης. Με βάση το βαθμό αποσάθρωσης, τα πετρώματα μπορούν να καταταγούν στις εξής κατηγορίες:

Κατηγορία πετρώματος	Περιγραφή
Υγιές (F)	Χωρίς ίχνη αποσάθρωσης
Ελάχιστα αποσαθρωμένο (F.W)	Η αποσάθρωση περιορίζεται στις επιφάνειες των ασυνεχειών
Ολίγον αποσαθρωμένο (S.W)	Έντονη αποσάθρωση στις επιφάνειες των ασυνεχειών και ελαφρά αποσάθρωση στη μάζα του υλικού
Μετρίως αποσαθρωμένο (M.W)	Εκτεταμένη αποσάθρωση στη μάζα του υλικού, χωρίς το υλικό να παρουσιάζει ευθρυπτότητα
Έντονα αποσαθρωμένο (H.W)	Εκτεταμένη αποσάθρωση στη μάζα του υλικού, με τοπική ευθρυπτότητα του υλικού
Πλήρως αποσαθρωμένο (C.W)	Πλήρης αποσάθρωση και μμεγάλη ευθρυπτότητα του υλικού, με διατήρηση της υφής και της δομής
Έδαφος (R.S)	Η υφή και δομή του υλικού έχει καταστραφεί και το υλικό μπορεί να χαρακτηριστεί ως έδαφος (υπολειμματικός σχηματισμός)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ

(Κατά την British Geological Society, 1970))

2.1.2 Δείκτης κερματισμού της βραχομάζας (RQD)

Ο δείκτης κερματισμού της βραχομάζας (Rock Quality Designation - RQD) αποτελεί ποσοτική εκτίμηση του κερματισμού της βραχομάζας με βάση τους πυρήνες

γεωτρήσεων. Ο δείκτης RQD ορίζεται ως το ποσοστό (επί τοις εκατό) των τεμαχίων μήκους άνω των 100mm σε κάποιο μήκος της γεώτρησης, δηλαδή:

$$RQD = \frac{\sum (\text{μήκους τεμαχίων μήκους} > 10 \text{ cm})}{\text{Ολικό μήκος του πυρήνα}} \times 100\%$$

Ο δείκτης RQD αποτελεί έναν από τους συνηθέστερα χρησιμοποιούμενους δείκτες περιγραφής της βραχομάζας, αν και παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα:

1. Είναι πολύ ευαίσθητος σε μικρές μεταβολές του μήκους των πυρήνων. Για παράδειγμα ένας πυρήνας μήκους 101mm αυξάνει τον δείκτη RQD κατά 10% ενώ ένας πυρήνας μήκους 99mm δεν προκαλεί καμία αύξηση του δείκτη RQD.

2. Είναι πολύ ευαίσθητος στον τρόπο της δειγματοληψίας (είδος και διάμετρος του δειγματολήπτη) αλλά και σε "λεπτομέρειες" της γεώτρησης, όπως η ταχύτητα περιστροφής, η πίεση στην κοπτική κεφαλή, το είδος της κοπτικής κεφαλής κλπ. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν το βαθμό της πυρηνοληψίας και μπορούν να προκαλέσουν δευτερογενή κερματισμό του επιτόπου πετρώματος.

3. Εξαρτάται από το σχετικό προσανατολισμό της γεώτρησης ως προς τις ασυνέχειες της βραχομάζας. Για παράδειγμα, ο δείκτης RQD μιας γεώτρησης με άξονα παράλληλο προς τις ασυνέχειες δίνει πολύ υψηλότερο δείκτη RQD απ' ό τι μια γεώτρηση κάθετα στις ασυνέχειες.

2.1.3 Ασυνέχειες και τα χαρακτηριστικά τους

Οι ασυνέχειες (discontinuities) της βραχομάζας μπορεί να οφείλονται σε:

1. Ρήγματα (faults)
2. Διακλάσεις (joints)
3. Επιφάνειες στρώσης (bedding planes)
4. Επιφάνειες σχιστότητας (foliation)

Ο αριθμός των ασυνεχειών της βραχομάζας καθορίζεται από:

1. Τον αριθμό των συστημάτων (οικογενειών) ασυνεχειών. Κάθε σύστημα ασυνεχειών αποτελείται από παράλληλες ασυνέχειες του ίδιου τύπου. Για παράδειγμα οι επιφάνειες στρώσης αποτελούν ένα σύστημα ασυνεχειών.
2. Την απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών ενός συστήματος. Η απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών χαρακτηρίζεται ως εξής:

Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών (m)	Χαρακτηρισμός της απόστασης μεταξύ των ασυνεχειών
> 2 m	Μεγάλη
0.6 - 2 m	Αρκετά μεγάλη
0.2 - 0.6 m	Μέση
0.06 - 0.2 m	Μικρή
< 0.06 m	Πολύ μικρή

Η κατάσταση των ασυνεχειών της βραχομάζας καθορίζεται από:

1. Την τραχύτητα. Αναλόγως του βαθμού τραχύτητας, οι ασυνέχειες χαρακτηρίζονται ως: πολύ τραχείες, ελαφρώς τραχείες, πρακτικώς λείες, ολισθηρές.

2. Το βαθμό εξαλλοίωσης των επιφανειών των ασυνεχειών που χαρακτηρίζεται από τη σχετική ολίσθηση που απαιτείται να συμβεί κατά μήκος της ασυνέχειας ώστε να αποκατασταθεί η επαφή των εκατέρωθεν βραχωδών τεμαχών:

(α) Μηδενική ολίσθηση (δηλαδή υφίσταται επαφή)

(β) Ολίσθηση έως 100 mm

(γ) Ολίσθηση άνω των 100mm

Εναλλακτικά, ο βαθμός εξαλλοίωσης χαρακτηρίζεται από το πάχος του υλικού πλήρωσης των ασυνεχειών (συνήθως προϊόν της εξαλλοίωσης του πετρώματος): πάχος 0, πάχος έως 1mm, πάχος 1-5mm, πάχος άνω των 5mm.

2.1.4 Παρουσία του υπόγειου νερού

Η παρουσία υπόγειου νερού επηρεάζει δυσμενώς τα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχομάζας, ιδίως σε βραχομάζες μικρής αντοχής με σημαντική εξαλλοίωση κατά μήκος των ασυνεχειών (προς αργιλικό υλικό) και σημαντική αποσάθρωση του πετρώματος. Στις περιπτώσεις αυτές, η παρουσία υπόγειου νερού προκαλεί διόγκωση των αργιλικών ορυκτών, υποβάθμιση της συνοχής και της δομής της βραχομάζας και μείωση της γωνίας διατμητικής αντοχής. Σε βραχομάζες χωρίς αξιόλογη αποσάθρωση και με υγιείς ασυνέχειες (χωρίς υλικό πλήρωσης), η δυσμενής επιρροή του υπόγειου νερού είναι μικρή έως αμελητέα, με εξαίρεση τις περιπτώσεις βραχομάζας με μεγάλη διαπερατότητα και μεγάλο υδραυλικό φορτίο οπότε μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα αστάθειας λόγω των μεγάλων υδατικών παροχών και των μεγάλων δυνάμεων διηθήσεως.

2.2. Συστήματα ταξινόμησης της βραχομάζας

Η ταξινόμηση της βραχομάζας σε κατηγορίες είναι απαραίτητη τόσο κατά το σχεδιασμό όσο και κατά την επακόλουθη κατασκευή των υπογείων έργων. Τυπικά, ο σχεδιασμός των υπογείων έργων μεγάλου μήκους (σήραγγες) γίνεται για περισσότερες της μιας κατηγορίες βραχομάζας (που αντιστοιχούν σε κάποιες τυπικές διατομές σχεδιασμού), με διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά. Κατά τη φάση της κατασκευής, η ταξινόμηση της επιτόπου βραχομάζας σε κατηγορίες είναι απαραίτητη στην απόφαση περί της εφαρμοστέας τυπικής διατομής της μελέτης του έργου.

Τα πλέον διαδεδομένα συστήματα ταξινόμησης της βραχομάζας είναι:

1. Το σύστημα RMR (Bieniawski)
2. Το σύστημα Q (NGI)
3. Προσφάτως έχει προταθεί από τον Hoek (1995) ένα νέο σύστημα κατάταξης (GSI) το οποίο είναι συμβατό με το σύστημα RMR και βελτιώνει αρκετά από τα μειονεκτήματά του.

Στα επόμενα συνοψίζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων RMR, GSI και Q.

2.2.1 Σύστημα RMR (Bieniawski)

Το σύστημα RMR (Rock Mass Rating) προτάθηκε από τον Bieniawski το 1976, έλαβε την τελική του μορφή το 1979 (Bieniawski, 1979) και παρουσιάστηκε (χωρίς ουσιαστικές τροποποιήσεις) εκ νέου το 1989 (Bieniawski, 1989). Κατά το σύστημα αυτό, η ταξινόμηση της βραχομάζας γίνεται με έξι παραμέτρους, εκάστη των οποίων λαμβάνει μια τιμή. Το άθροισμα των τιμών των έξι παραμέτρων αποτελεί την τιμή του δείκτη RMR. Οι έξι παράμετροι και οι τιμές τους είναι:

1. Αντοχή του "συμπαγούς" πετρώματος σε μοναξονική θλίψη (σ_{ci})

Αντοχή σ_{ci} (MPa)	Δείκτης R1
> 250	15
100 - 250	12 - 15
50 - 100	7 - 12
25 - 50	4 - 7
5 - 25	2 - 4
1 - 5	1 - 2
< 1	0

2. Δείκτης κερματισμού της βραχώμαζας (RQD)

RQD (%)	Δείκτης R2
> 90	20
75 - 90	17 - 20
50 - 75	13 - 17
25 - 50	8 - 13
< 25	3

3. Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών

Απόσταση (m)	Δείκτης R3
> 2	20
0.6 - 2	15 - 20
0.2 - 0.6	10 - 15
0.06 - 0.2	8 - 10
< 0.06	5

4. Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών

Κατάσταση επιφανειών ασυνεχειών	Δείκτης R4
Πολύ τραχείες, χωρίς εξαλλοίωση	30
Ελαφρώς τραχείες, ελαφρά εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης < 1mm	25
Ελαφρώς τραχείες, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης < 1mm	20
Λείες ή γυαλιστερές (slickensided), υλικό πλήρωσης 1-5mm	10
Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5mm	0

5. Παρουσία υπόγειου νερού

Παρουσία υπόγειου νερού	Δείκτης R5
Καθόλου νερό	15
Παρουσία υγρασίας	10
Υγρές επιφάνειες	7
Στάγδην	4
Με ροή	0

6. Προσανατολισμός των ασυνεχειών σε σχέση με τη φορά διάνοιξης του έργου

Προσανατολισμός ασυνεχειών	Δείκτης R6
Πολύ ευμενής	0
Ευμενής	-2
Αδιάφορος	-5
Δυσμενής	-10
Πολύ δυσμενής	-12

Ο δείκτης RMR υπολογίζεται ως το άθροισμα των δεικτών R1 έως R6. Με βάση την τιμή του δείκτη RMR, η βραχομάζα κατατάσσεται στις εξής κατηγορίες:

Κατηγορία βραχομάζας	Τιμές του δείκτη RMR
Πολύ καλή - I	81 - 100
Καλή - II	61 - 80
Μέτρια - III	41 - 60
Πτωχή - IV	21 - 40
Πολύ πτωχή - V	0 - 20

Ο δείκτης RMR αναπτύχθηκε με βάση την εμπειρία από στοές ορυχείων όπου συνήθως η βραχομάζα είναι καλής ποιότητας (RMR > 40). Για βραχομάζες πτωχής ποιότητας (RMR < 40), η μέθοδος δεν είναι πρόσφορη επειδή δεν διαθέτει επαρκές εύρος τιμών, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Εύρος πιθανών τιμών του δείκτη RMR για πτωχής ποιότητας βραχομάζες		
Παράμετρος	Τιμές	Πιθανές τιμές του δείκτη
Αντοχή	< 5 MPa	0, 1, 2
RQD	< 25%	3
Απόσταση ασυνεχειών	< 15 cm	5, 8, 9
Κατάσταση ασυνεχειών	Με υλικό πλήρωσης	0, 10
Παρουσία νερού	Υγρές - Στάγδην	4, 7
Προσανατολισμός ασυνεχειών	Αδιάφορος	-5

Κατά τη χρήση του δείκτη RMR για την εκτίμηση των μηχανικών παραμέτρων αντοχής και παραμορφωσιμότητας της βραχομάζας, συνιστάται ο υπολογισμός του RMR να γίνεται με άθροιση μόνον των πέντε πρώτων παραμέτρων, δηλαδή χωρίς συμμετοχή της επιρροής του προσανατολισμού των ασυνεχειών σε σχέση με τη φορά διάνοιξης του έργου, δεδομένου ότι η επιρροή αυτή λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης του έργου με διαφορετικό τρόπο.

2.2.2 Σύστημα Q (NGI)

Το σύστημα Q αναπτύχθηκε στο Νορβηγικό Γεωτεχνικό Ινστιτούτο (NGI) από τους Barton, Lien and Lunde το 1974 με σκοπό τον εμπειρικό σχεδιασμό των μέτρων άμεσης υποστήριξης σηράγγων που διανοίγονται με τη "μέθοδο NATM". Η μέθοδος βασίζεται στον υπολογισμό του δείκτη Q από τη σχέση:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

όπου:

RQD = δείκτης κερματισμού της βραχομάζας

J_n = δείκτης του αριθμού των συστημάτων των ασυνεχειών

J_r = βαθμός τραχύτητας των επιφανειών των ασυνεχειών

J_a = βαθμός εξαλλοίωσης των επιφανειών των ασυνεχειών

J_w = συντελεστής επιρροής του υπόγειου νερού

SRF = συντελεστής απομείωσης λόγω υψηλών τάσεων (Stress Reduction Factor).

Στην παραπάνω σχέση, ο πρώτος λόγος (RQD/J_n) εκφράζει το μέσο μέγεθος των τεμαχών που συνιστούν τη βραχομάζα. Ο δεύτερος λόγος (J_r / J_a) εκφράζει τα χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής των ασυνεχειών της βραχομάζας. Τέλος, ο τρίτος λόγος (J_w / SRF) εκφράζει τις τάσεις που επικρατούν στη βραχομάζα.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟ Q-SYSTEM

Q	Κλάση	Χαρακτηρισμός
>400	Q-Ia	εξαιρετικά καλή
100-400	Q-Ib	πάρα πολύ καλή
40-100	Q-II	πολύ καλή
10-40	Q-IIIa	καλή
4-10	Q-IIIb	μέτρια
1-4	Q-IVa	πτωχή
0.1-1	Q-IVb	πολύ πτωχή
0.01-0.1	Q-Va	πάρα πολύ πτωχή
<0.01	Q-Vb	εξαιρετικά πτωχή

2.2.3 Σύστημα GSI

Ο Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (Geological Strength Index, GSI), που έχει διεθνώς καθιερωθεί για τον ποσοτικό χαρακτηρισμό της ποιότητας μιας βραχομάζας, έχει τα τελευταία χρόνια ευρύτατη χρήση και στην Ελλάδα.

Ο δείκτης, GSI, εισήχθη από τους Hoek, Wood and Shah (1992) επεκτάθηκε ουσιαστικά για τις ασθενείς βραχομάζες από τους Hoek, Marinos and Benissi (1998), Marinos and Hoek (2000) και για τον φλύσχη από τους Marinos and Hoek (2000). Ο Δείκτης εκτός από τη γεωτεχνική ταξινόμηση, εκφράζει αριθμητικά την απομείωση των σταθερών του υλικού, ανάλογα με την ρωγμάτωση της βραχομάζας. Αποτελεί λοιπόν σημαντικό στοιχείο στην επίλυση του κριτηρίου θραύσης Hoek and Brown και προσφέρει λύσεις στο πρόβλημα του προσδιορισμού των πλέον αντιπροσωπευτικών τιμών των παραμέτρων σχεδιασμού των τεχνικών έργων σε περιβάλλον ρωγματωμένων βράχων.

Ο Δείκτης GSI έχει γεωλογική λογική και περιορίζει τη “λογιστική” στην συνεκτίμηση των παραγόντων που λαμβάνονται υπ’ όψη στην αριθμητική βαθμονόμηση της βραχομάζας. Περιορισμοί βέβαια υπάρχουν αλλά η ταξινόμηση

καλύπτει με τη γεωλογική κρίση ένα πολύ μεγάλο εύρος βραχομαζών και καταστάσεων.

Περιορισμοί στην εφαρμογή του δείκτη

Ακολούθως δίνονται ορισμένοι περιορισμοί στη χρήση του δείκτη, η διατύπωση των οποίων, προέκυψε από την εμπειρία της μέχρι σήμερα εφαρμογής του.

Γεωλογική Περιγραφή: Συνίσταται η χρήση του διαγράμματος να μη περιορίζεται στα εικονίδια αλλά να διαβάζονται οι περιγραφές και να αναζητείται αυτή που ταιριάζει περισσότερο. Αυτή μπορεί να βρίσκεται και ανάμεσα στα διατυπωμένα εικονίδια.

Ανισοτροπία: Το κριτήριο Hoek and Brown (όπως και ανάλογα κριτήρια) προϋποθέτει ότι η βραχομάζα συμπεριφέρεται ιστροπικά, και δεν υπάρχουν προτιμητέες διευθύνσεις αστοχίας.

Ανάλογα λοιπόν περιορίζεται και η χρήση του GSI. Μπορεί όμως να εφαρμοσθεί με παραδεκτή ανοχή και σε ανισότροπα μέσα, αν η θραύση δεν ελέγχεται από την ανισοτροπία. Πάντως στην περίπτωση που η βραχομάζα είναι έντονα διακλασμένη, και η συνέχεια των εμμενουσών ασυνεχειών είναι διαταραγμένη, η βραχομάζα μπορεί να συμπεριφέρεται ισότροπα. Τέλος το δίλημμα ισότροπη ή όχι πρακτικώς δεν τίθεται στις βραχομάζες με δομή σαν αυτή της 6^{ης} (τελευταίας) σειράς του διαγράμματος GSI επειδή, εκεί, η διαφορά της αντοχής μεταξύ θεμελιώδους μάζας και ασυνέχειας είναι μικρή.

Πεδίο παρατήρησης και προεκβολή πληροφορίας: Ο δείκτης εξάγεται από την οπτική εξέταση της βραχομάζας σε επιφανειακές εμφανίσεις, εκσκαφές, μέτωπα σήραγγων ή πυρήνες γεωτρήσεων. Η εκτίμηση του GSI από γεωτρήσεις είναι αξιόπιστη αρκεί να προεκβάλλεται στον χώρο η γραμμική πληροφορία των πυρήνων.

Στα πρανή ορυγμάτων αποτιμάται η βραχομάζα εκείνη μέσα από την οποία εκτιμάται ότι μπορεί να διέλθει μία επιφάνεια θραύσης. Αν υπάρχουν “νησίδες” άλλης ποιότητας υλικού απ’ αυτό που επικρατεί, διορθώνεται κατά κρίση. Δεν συνίσταται γενικώς η εξαγωγή μέσων όρων.

Στις σήραγγες πρέπει να εκτιμάται η βραχομάζα που θα φέρει τα φορτία, έστω μία ζώνη μέχρι περίπου μία διάμετρο. Η συνεκτίμηση μικρών ή μεγάλων αλλαγών στην βραχομάζα έξω από το ορατό μέτωπο είναι θέμα κρίσεως. Αν εκτιμάται ότι πιο

πτωχή ποιότητας βραχομάζα είναι σημαντικά παρούσα (και ας μην επικρατεί) ή βρίσκεται σε καίριες θέσεις συγκέντρωσης τάσεων (π.χ. περιοχής elephant foot), συνίσταται οι τιμές του GSI να αντιστοιχούν στη ποιότητα αυτή.

Αν δεν υπάρχει δυνατότητα προσδιορισμού του GSI ευθέως στο βάθος, εκεί που θα διανοιγεί το έργο, και η εκτίμηση γίνεται από τις επιφανειακές εμφανίσεις λογικό είναι να γίνεται, με γεωλογική πάντα κρίση, μια μετακίνηση προς τα πάνω και ίσως ελαφρά προς τα αριστερά (ανάλογα με τη λογική μείωσης της αποσάθρωσης του πετρώματος με το βάθος). Τούτο ισχύει λιγότερο στις περιπτώσεις δομών των δύο τελευταίων σειρών του διαγράμματος (π.χ. σε μυλονιτωμένο ή διατμημένο υλικό).

Άνοιγμα ασυνεχειών: Σε βάθος, η δομή είναι προφανώς πιο πυκνή. Το γεγονός, εκτός ακραίων περιπτώσεων, δεν πρέπει να προβληματίζει αφού στην εφαρμογή του κριτηρίου Hoek and Brown η χαλάρωση της βραχομάζας (π.χ. κοντά στα πρηνή) βαθμονομείται με τον δείκτη διαταραχής D (Hoek, Carranza-Torres and Corkum, 2002).

Πολύ μεγάλα βάθη: Σε πολύ μεγάλα βάθη (π.χ. πολλές εκατοντάδες μέτρα) οι βραχομάζες έχουν τόσο σφικτή δομή που το πέτρωμα πλησιάζει τη συμπεριφορά του άρρηκτου βράχου. Εδώ η τιμή GSI πρέπει να μετακινείται πολύ περισσότερο προς τα αριστερά και προς τα πάνω και οριακά προς την κατάσταση του άρρηκτου βράχου. Η ανωτέρω διόρθωση δεν ισχύει όταν η τεκτονική καταπόνηση είναι έντονη.

Ασυνέχειες με υλικό πλήρωσης: Η κατάσταση μπορεί να προσομοιωθεί με πτωχή κατάσταση ασυνεχειών και ήδη το βασικό διάγραμμα GSI την περιγράφει (Σχήμα 1). Αν το υλικό πλήρωσης είναι συστηματικό και παχύ η βραχομάζα μπορεί να ταξινομηθεί από το διάγραμμα GSI για ετερογενείς βραχομάζες (φλύσχη), π.χ. στην περιοχή B και C (Σχήμα 2).

Νερό: Η διατμητική αντοχή των ασυνεχειών μειώνεται με την παρουσία νερού σε πετρώματα ή σε υλικό πλήρωσης που είναι επιδεικτικά σε εξασθένηση από μεταβολές της περιεχόμενης υγρασίας. Αυτό αναφέρεται πρακτικά σε περιπτώσεις που αντιστοιχούν στις τρεις τελευταίες κλώνες. Συνίσταται η μετακίνηση προς τα δεξιά. Η πίεση του νερού λαμβάνεται υπ' όψη ανεξάρτητα, στην ανάλυση κατά τον σχεδιασμό.

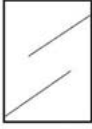
Αποσαθρωμένη βραχομάζα: Προφανώς οι τιμές GSI αντιστοιχούν σε πιο δεξιές θέσεις από εκείνες της ίδιας βραχομάζας όταν δεν είναι αποσαθρωμένη. Αν η αποσάθρωση ή η εξαλλοίωση έχει προχωρήσει και στη θεμελιώδη μάζα, τότε (μόνο) θα πρέπει να μειώνεται ανάλογα και το m_i , s_i . Αν η αποσάθρωση έχει προχωρήσει

ώστε να εξαφανισθεί η λογική των ασυνεχειών τότε η μάζα θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με τη λογική του εδάφους.

Άρρηκτοι βράχοι: Κυρίως πρόκειται για μεταλλικά πετρώματα που η ενδεχόμενη αστοχία τους ελέγχεται πλήρως από την κύρια μάζα και συνεπώς οι γεωτεχνικές παράμετροι πρέπει να βασίζονται σε εργαστηριακές δοκιμές.

Συσχέτιση με άλλους δείκτες συστημάτων ταξινόμησης:

Δεν συνιστάται, πλέον, η συσχέτιση του GSI με άλλους δείκτες ταξινόμησης για τις πτωχές και ετερογενείς βραχώμαζες αλλά η απ' ευθείας εξαγωγή του από την άμεση παρατήρηση. Έτσι διατηρείται η λογική του χαρακτηρισμού και η συνέπεια στην τήρηση της λογικής που έχει κάθε διαφορετικό σύστημα ταξινόμησης.

<p>ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ (Hoek and Marinos, 2000) Βασίζόμενοι στην εμφάνιση της βραχομάζας (περιγραφή δομής και κατάσταση επιφάνειας ασυνεχειών) εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI, χωρίς υποχρεωτικά μεγάλη ακρίβεια. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι GSI=35. <u>Σημειώνεται ότι ο Πίνακας δεν εφαρμόζεται σε κινηματικά ελεγχόμενες αστάθειες.</u> Στην περίπτωση που οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες έχουν μη ευνοϊκό προσανατολισμό σε σχέση με το πρηνές εκσκαφής, τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχομάζας. Η διατμητική αντοχή επιφανειών σε βράχους που υπόκεινται σε εξασθένιση λόγω διακύμανσης της περιεκτικότητας σε υγρασία, είναι περαιτέρω μειωμένη όταν υπάρχει νερό. Όταν, οι βραχομάζες ανήκουν στις μέτριες έως πτωχές κατηγορίες και υπάρχει νερό τότε μετακινούμαστε προς τα δεξιά. Η υδροστατική πίεση λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων.</p> <p>ΔΟΜΗ</p>		<p>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ</p>				
		<p>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, μη αποσθρωμμένες επιφάνειες</p>	<p>ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσθρωμμένες και οξειδωμένες επιφάνειες</p>	<p>ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσθρωμμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες</p>	<p>ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολισθησης, πολύ αποσθρωμμένες με συμπαγή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα</p>	<p>ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολισθησης πολύ αποσθρωμμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης</p>
		<p>ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →</p>				
 <p>INTACT OR MASSIVE - Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση</p>	<p>ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΑΛΛΗΛΟΚΛΕΙΔΩΜΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ</p>	90			N/A	N/A
 <p>BLOCKY - Αδιατάρακτη βραχομάζα με πολύ καλό αλληλοκλειδώμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών</p>		80	70			
 <p>VERY BLOCKY- Μερικώς διαταραγμένη βραχομάζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών</p>			60			
 <p>BLOCKY/DISTURBED/SEAMY Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας</p>				50		
 <p>DISINTEGRATED - Ισχυρά κερματισμένη βραχομάζα με πτωχό αλληλοκλειδώμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιωδών και αποστρωγυλωμένων τεμαχίων</p>				40		
 <p>LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχομάζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιωδών τεμαχίων</p>					30	
						20
						10
		N/A	N/A			

Σχήμα 1: Ταξινόμηση της βραχομάζας κατά το σύστημα GSI.

Το σύστημα GSI εφαρμόζεται σε βραχομάζες με αλληλεμπλοκή μεταξύ των βραχωδών τεμαχίων, δηλαδή σε βραχομάζες με μικρό ποσοστό συμμετοχής εδαφικού υλικού (τυπικά λιγότερο από 20% του συνολικού όγκου της βραχομάζας).

GSJ ΣΕ ΕΤΕΡΕΓΟΝΕΙΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΕΣ ΟΠΩΣ ΦΛΥΣΧΗΣ
(Marinos & Hoek, 2001)

Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της κατάστασης των ασυνεχειών (κυρίως της στρώσης) της βραχώμαζας επιλέξτε το κατάλληλο πεδίο του πίνακα. Επιλέξτε την θέση στο πεδίο που περιγράφει τις συνθήκες και εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις καμπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι GSI=35. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek-Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες και όταν οι ασυνέχειες επίπεδες επιφάνειες (όπως επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε οι ασυνέχειες αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώμαζας. Σε περίπτωση που υπάρχει νερό μιά ελαφρώς μετακίνηση προς τα δεξιά συνιστάται, λόγω υποβάθμισης της συνιστώσας των ασυνεχειών με ιλυολιθικό- αργιλικό υλικό. Η υδροστατική πίεση λαμβάνεται υπ' όψη με την ανάλυση των ενεργών τάσεων

ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ

		ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ (κυρίως επίπεδα στρώσης)	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχιές, μη αποσαθρωμένες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχιές, ελαφρά αποσαθρωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσαθρωμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες	ΠΟΧΗ Πολύ λείες, ενίοτε επιφάνειες ολισθητές με συμπαγή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γυνιώδη θραύσματα	ΠΟΛΥ ΠΟΧΗ Πολύ λείες επιφάνειες ολισθητές πολύ αποσαθρωμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης
	ΤΥΠΟΣ Α. Παχυστρωματώδης, μερικώς διαταραγμένος ψαμμίτης. Η επιρροή πολύ λεπτών πληθικών ενστρώσεων είναι περιορισμένη. Σε αβαθείς σήραγγες ή πηρήνη αν ο μηχανισμός αστάθειας λόγω έλλειψης πλευρικού παρεμποδισμού (χαλαρή δομή) έχει κινηματικό χαρακτήρα που ελέγχεται από τα επίπεδα στρώσης και τότε δεν εφαρμόζεται ο δείκτης GSI.		70 60	A			
	ΤΥΠΟΣ Β. Ψαμμίτης με λεπτές ενστρώσεις ιλυόλιθου				50		
	ΤΥΠΟΣ C. Ψαμμίτης και ιλυόλιθος σε κανονική αναλογία				40	B C D E	
	ΤΥΠΟΣ D. Ιλυόλιθος ή ιλυολιθικός σχιστόλιθος με στρώσεων με στρώσεων του ψαμμίτη						
	E. Ασθενής ιλυόλιθος ή αργιλικός σχιστόλιθος με στρώσεις ψαμμίτη						
	ΤΥΠΟΣ F. Τεκτονικώς παραμορφωμένος, διατηρημένος αργ.σχιστόλιθος ή ιλυόλιθος με κερματισμένα και παραμορφωμένα στρώματα ψαμμίτη σε χαοτική δομή				30	F	
					20		
	ΤΥΠΟΣ G. Πρακτικά αδιάτακτος ιλυολιθικός ή αργιλικός σχιστόλιθος με ή χωρίς την παρουσία πολύ λεπτών ενστρώσεων ψαμμίτη					G	H¹⁰
			N/A	N/A			

Σχήμα 2. Εκτίμηση του Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής για ετερογενείς βραχώμαζες. Εδώ ειδικά για τον φλύσχη.

Σημείωση: από την εφαρμογή του πίνακα στην πράξη φαίνεται ότι στην περίπτωση του τύπου G είναι δυνατόν η ανάπτυξη βραχομάζας φλύσχη με λίγες ασυνέχειες στην επιφάνεια των στρωμάτων του ιλυόλιθου και η αναστολή στις συνεχείς βραχώμαζες. Στην περίπτωση αυτή συνιστάται μια μετακίνηση, ίσως σημαντική (π.χ. κατά 10 μονάδες)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑ
μεθοδοι εκσκαφης/ διανοιξης σηραγγων

1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

1.1 Μέθοδος ανοικτού ορύγματος (Cut & Cover)

Παρότι η μέθοδος ονομάζεται απλά «ανοικτή εκσκαφή», στην πραγματικότητα πρόκειται για μέθοδο «εκσκαφής και επανεπίχωσης», καθόσον οι κατασκευές αφού ολοκληρωθούν επιχώνονται και τελικώς καθίστανται και αυτές υπόγειες όπως ακριβώς και στις περιπτώσεις όπου η κατασκευή έγινε με υπόγεια διάνοιξη.

Εφαρμόζεται σε εδαφικούς σχηματισμούς όταν το έργο είναι σε μικρό βάθος. Η μέθοδος ανοικτού ορύγματος εφαρμόζεται διαφορετικά σε ακατοίκητες και διαφορετικά σε κατοικημένες περιοχές. Σε ακατοίκητες περιοχές δεν αντιμετωπίζουμε προβλήματα διότι η εκσκαφή γίνεται σε όλο της το εύρος, από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το βάθος στο οποίο θα εδρασθεί το έργο και δεν γίνεται αντιστήριξη των παρειών της εκσκαφής, οι οποίες διαμορφώνονται με την κλίση που επιτρέπει το έδαφος. Στην περίπτωση υπογείων νερών, η στάθμη υποβιβάζεται μέχρις ότου κατασκευαστεί το έργο.

Δυσκολίες παρουσιάζονται σε κατοικημένες περιοχές επειδή η κατασκευή των έργων δεν πρέπει, αφενός, να προκαλέσει προβλήματα στην κυκλοφορία, και αφετέρου, ζημιές στις γειτονικές κατασκευές: οικοδομές, υπόγειους αγωγούς, υπόγεια καλώδια.

Χρήση αυτής της μεθόδου γίνεται και σε περιπτώσεις όπου, ακόμα και αν βρισκόμαστε στο κέντρο της πόλης, υπάρχει διαθέσιμος χώρος. Αυτό συμβαίνει διότι η μέθοδος ανοικτής εκσκαφής είναι περισσότερο απλή, ασφαλής και κυρίως ελέγξιμη στην υλοποίηση της. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι για την εφαρμογή της πρέπει:

- i. να απομακρυνθούν όλοι οι αγωγοί κοινής ωφελείας που ευρίσκονται στην περιοχή όπου θα γίνουν οι εκσκαφές,
- ii. να προηγηθεί αρχαιολογική έρευνα για εντοπισμό τυχόν αρχαιοτήτων, και
- iii. να γίνουν οι απαιτούμενες παρακάμψεις της κυκλοφορίας. Οι επεμβάσεις αυτές είναι χρονοβόρες, αυξάνουν το κόστος, ενώ συγχρόνως οι αρχαιολογικές έρευνες εμπεριέχουν μεγάλη αβεβαιότητα όσον αφορά τη διάρκεια και το τελικό κόστος τους.



Εφαρμογή της μεθόδου ανοικτού ορύγματος για την κατασκευή τμήματος της σιδηροδρομικής σήραγγας στην περιοχή του Πλαταμώνα (ΕΡΓΟΣΕ).

Ανάλογα με τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία θα γίνει το έργο, εφαρμόζονται οι παρακάτω λύσεις:

- Αντιστηριζόμενη εκσκαφή χωρίς κάλυψη

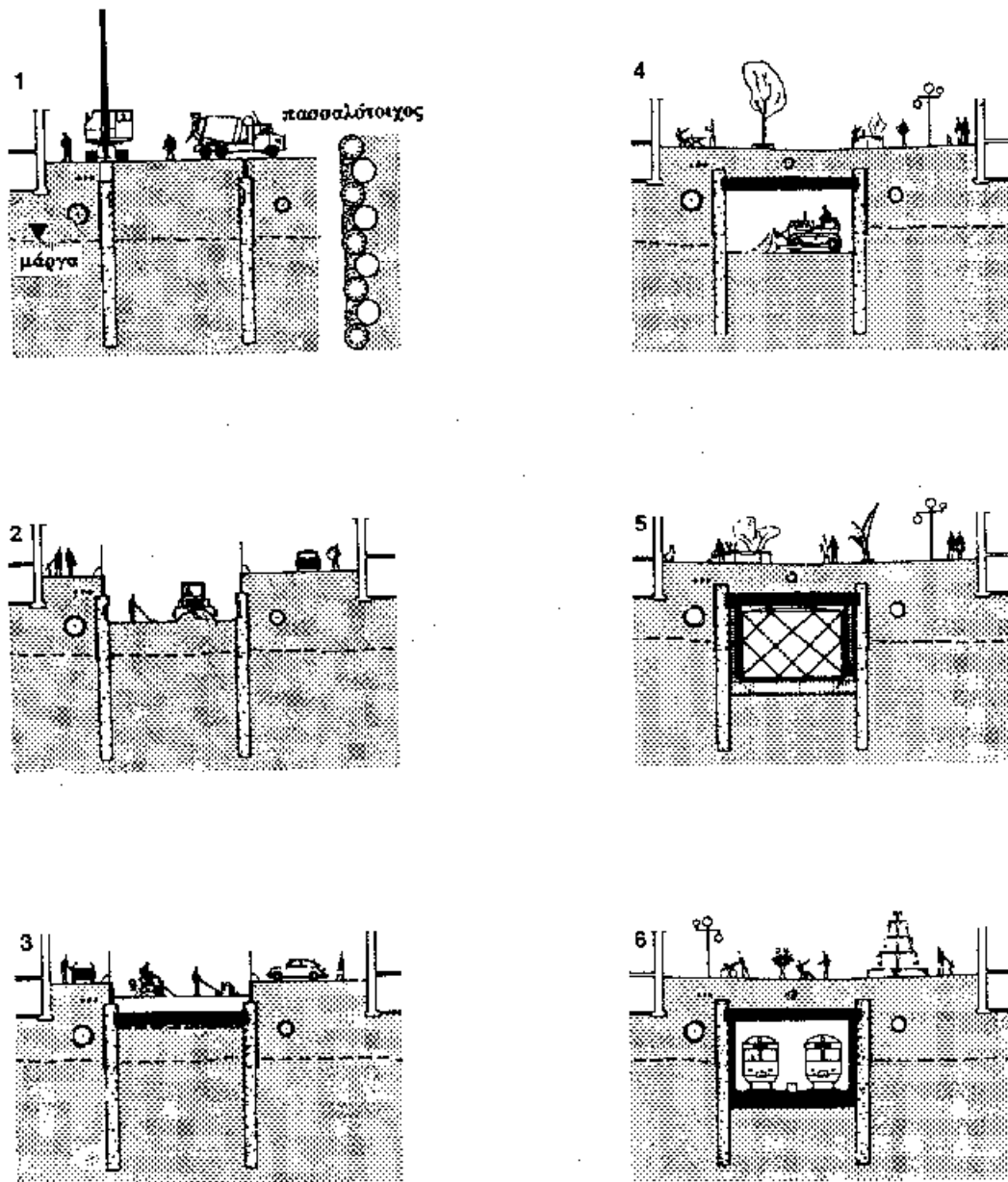
Κατασκευάζεται αρχικά η μισή διατομή ώστε να είναι δυνατή η κυκλοφορία στο άλλο ήμισυ της οδού. Η εκσκαφή αντιστηρίζεται (με διαφραγματικούς τοίχους ή με πασσαλοσανίδες) ώστε να αποφευχθούν ζημιές στις γειτονικές κατασκευές και με πολλή προσοχή γίνεται η σύνδεση των δύο τμημάτων της διατομής.

- Διάνοιξη υπό την προστασία κάλυψης

Κατασκευάζεται αρχικά η αντιστήριξη (διαφραγματικοί τοίχοι, πασσαλοσανίδες, πασσαλοσυστοιχίες) πάνω στην οποία τοποθετείται προσωρινή κάλυψη ή μόνιμη πλάκα κάλυψης για την γρήγορη αποκατάσταση της κυκλοφορίας. Στη συνέχεια, η εκσκαφή γίνεται κάτω και υπό την προστασία της κάλυψης, ενώ η διατομή της σήραγγας είναι ορθογωνική και κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ακολουθεί η τοποθέτηση της πλάκας οροφής, το πάχος της οποίας είναι της τάξης των 60-80 εκατοστών, συνήθως σε βάθος 1 έως 1,5 μέτρο από την επιφάνεια ώστε η κατανομή των επιφανειακών φορτίων πάνω της να είναι καλή (μειώνονται οι ροπές και οι διατμητικές τάσεις). Προβλήματα θεμελίωσης δεν υπάρχουν επειδή τα φορτία που υπήρχαν πριν αφαιρεθεί το έδαφος ήταν μεγαλύτερα από τα φορτία που μεταφέρει στο έδαφος η σήραγγα. Το δάπεδο αποτελεί πλάκα θεμελίωσης και προστατεύει τη σήραγγα από την εισροή υπόγειων νερών. Οι κατακόρυφοι τοίχοι δέχονται τις ωθήσεις του εδάφους και της κυκλοφορίας που δεν είναι σημαντικές. Για λόγους στεγανότητας γίνεται επίστρωση με ασφαλτικό υλικό, ενώ για λόγους αισθητικής και ηχητικής προστασίας η κατασκευή επενδύεται εσωτερικά.

Ο σχεδιασμός υπόγειων έργων με τη μέθοδο ανοικτού ορύγματος δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Οι διαφραγματικοί τοίχοι προστατεύουν σχεδόν απόλυτα τις υπάρχουσες κατασκευές. Οι παραμορφώσεις του εδάφους πίσω από διαφραγματικούς τοίχους έχουν αποτελέσει αντικείμενο συστηματικής έρευνας και τα εμπειρικά στοιχεία από μετρήσεις σε πραγματικές κατασκευές είναι πλούσια: Οι καθιζήσεις εκτείνονται σε απόσταση 1 έως 2 μέτρα πίσω από τους τοίχους και είναι συνάρτηση του ολικού βάθους της εκσκαφής. Σε αργιλικά εδάφη μπορεί να είναι σχετικά μεγάλες, της τάξης του 1 έως 2% του ολικού βάθους της εκσκαφής. Σε

αμμώδη εδάφη ανέρχονται στο ήμισυ των παραπάνω τιμών ενώ σε πυκνές άμμους είναι αμελητέες. Αν ληφθούν όλα τα κατάλληλα μέτρα αντιστήριξης των διαφραγματικών τοίχων και οι εκσκαφές γίνουν με φροντίδα, οι καθιζήσεις του εδάφους έχουν ασήμαντες επιπτώσεις στη συμπεριφορά των θεμελιώσεων των γειτονικών κατασκευών. Εντούτοις είναι απαραίτητο πριν από την έναρξη των έργων να γίνεται αποτύπωση της κατάστασης των παρακείμενων οικοδομών.



Σχ. 1-1. Εφαρμογή της μεθόδου ανοικτού ορύγματος κατά την κατασκευή έργων μετρό στην πόλη Ηεργε, Γερμανία. 1-6: Φάσεις κατασκευής: 1. Κατασκευή των πασσαλότοιχων αντιστήριξης. Οι πάσσαλοι κατασκευάζονται με αφαίρεση (μέσω γεωπύρανου) του εδαφικού υλικού και σκυροδέτηση· κάθε δεύτερος πάσσαλος είναι άοπλος και εισχωρεί 1,5 μέτρο μέσα στη σκληρή μάργα. 2. Εξοκαφή μέχρι το βάθος στο οποίο θα εδρασθεί η πλάκα κάλυψης. Ισοπέδωση, διάστρωση του μπετόν καθαριότητας. 3. Σκυροδέτηση της πλάκας. Πλήρωση της εξοκαφής (μπάζωμα) πάνω από την πλάκα. Κατασκευή έργων πεζοδρόμησης. 4. Εξοκαφή υπό την προστασία της πλάκας κάλυψης και των πασσαλότοιχων. Με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εξομαλύνονται οι επιφάνειες των πασσαλωσυστοιχιών. Διάστρωση του μπετόν καθαριότητας. 5. Κατασκευή του δαπέδου και των κατακόρυφων τοίχων με υδατοστεγές μπετόν σε μπλοκ των 10 μέτρων. 6. Ολοκλήρωση της σήραγγας (Loers, 1983).

1.2 Μέθοδος επικάλυψης - εκσκαφής (Cover & Cut)



Παραλλαγή της μεθόδου ανοικτής εκσκαφής αποτελεί και η μέθοδος επικάλυψης και εκσκαφής. Τα στάδια αυτής της κατασκευής είναι τα ακόλουθα:

- Κατασκευάζονται από την επιφάνεια τα κατακόρυφα πετάσματα αντιστήριξης (πάσσαλοι, διαφραγματικοί τοίχοι, κλπ) περιμετρικά της εκσκαφής που θα ακολουθήσει.
- Γίνεται μια πρώτη εκσκαφή ως τη στάθμη της πλάκας οροφής της κατασκευής. Αναλόγως του βάθους της εκσκαφής αυτής μπορεί να χρειασθεί μια μικρή αντιστήριξη των παρειών.
- Σκυροδετείται η πλάκα οροφής επί του πυθμένου της εκσκαφής. Η πλάκα συνδέεται με την περιμετρική αντιστήριξη και στηρίζεται επ' αυτής.
- Γίνεται επίχωση πάνω από την πλάκα και αποκαθίσταται η επιφάνεια του εδάφους
- Ξεκινά η εκσκαφή για το σταθμό ή τη σήραγγα κάτω από τη πλάκα οροφής μέσω ράμπας που έχει αφεθεί σε κάποιο σημείο. Η εκσκαφή γίνεται κατά στάδια ενώ τοποθετούνται διαδοχικά τα απαιτούμενα στοιχεία αντιστήριξης (πχ αγκύρια, αντηρίδες).
- Αφού τελειώσει η εκσκαφή ολόκληρου του ορύγματος ξεκινά η κατασκευή των στοιχείων του μόνιμου φορέα. Τα στοιχεία αυτά είναι συνήθως η πλάκα δαπέδου (θεμελίωσης) και τα πλευρικά τοιχεία, ενώ εάν πρόκειται για σταθμό είναι και η κατασκευή των ενδιάμεσων πλακών των ορόφων. Εάν γίνει χρήση διαφραγματικών τοίχων ως πλευρική αντιστήριξη, δεν κατασκευάζονται άλλοι μόνιμοι τοίχοι, καθόσον οι ίδιοι διαφραγματικοί τοίχοι παίζουν το ρόλο και της τελικής περιμετρικής κατασκευής.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ο μειωμένος χρόνος εκτεταμένων εργοταξιακών καταλήψεων και η ταχύτητα αποκατάστασης και απόδοσης σε χρήση της περιοχής (οδική κυκλοφορία, πλατείες, κλπ), και τελικώς η αποφυγή μακρόχρονης όχλησης των λειτουργιών της πόλης. Τα μειονεκτήματα της είναι, κυρίως, το αυξημένο κόστος και η πολυπλοκότερη κατασκευαστική διαδικασία.

1.3 Μέθοδος κλειστής διάνοιξης

Εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους εδαφών όταν το βάθος είναι σχετικά μεγάλο και σχεδόν πάντοτε όταν η διάνοιξη πρέπει να γίνει σε βραχώδες υλικό. Βασικά διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τρόπους κατασκευής: το συμβατικό τρόπο κατασκευής και την κατασκευή του έργου με μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης.

1.3.1 Συμβατικός τρόπος (NATM)

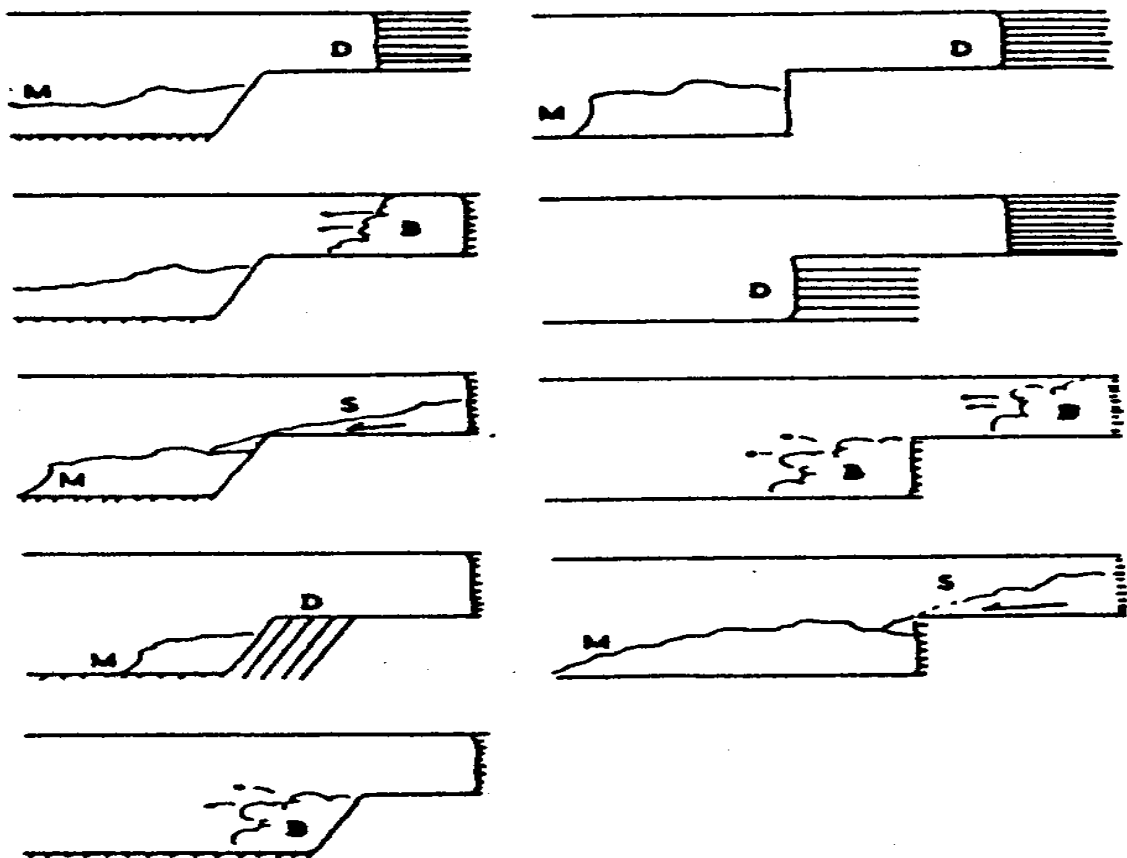
Η μέθοδος υπόγειας διάνοιξης σηράγγων με συμβατικά μηχανικά μέσα (έχει επικρατήσει να ονομάζεται μέθοδος NATM ή Νέα Αυστριακή Μέθοδος Σηράγγων) είναι η δεύτερη κατασκευαστική διαδικασία που εφαρμόζεται διεθνώς για την κατασκευή σηράγγων με υπόγεια μέθοδο διάνοιξης, μετά από αυτήν με μηχανήματα διάνοιξης σηράγγων (TBM).

Η διάνοιξη της εκσκαφής γίνεται με μηχανικά μέσα (σε εδαφικούς σχηματισμούς, μαλακούς ή αποσαθρωμένους βράχους, έντονα διακλασμένους βράχους) ή με εκρηκτικές ύλες όταν η διάνοιξη με μηχανικά μέσα δεν είναι δυνατή (σκληρούς βράχους που χαρακτηρίζονται από ατελώς διαμορφωμένα ή μεγάλα στοιχεία κατάτμησης). Οι μέθοδοι διάνοιξης είναι:

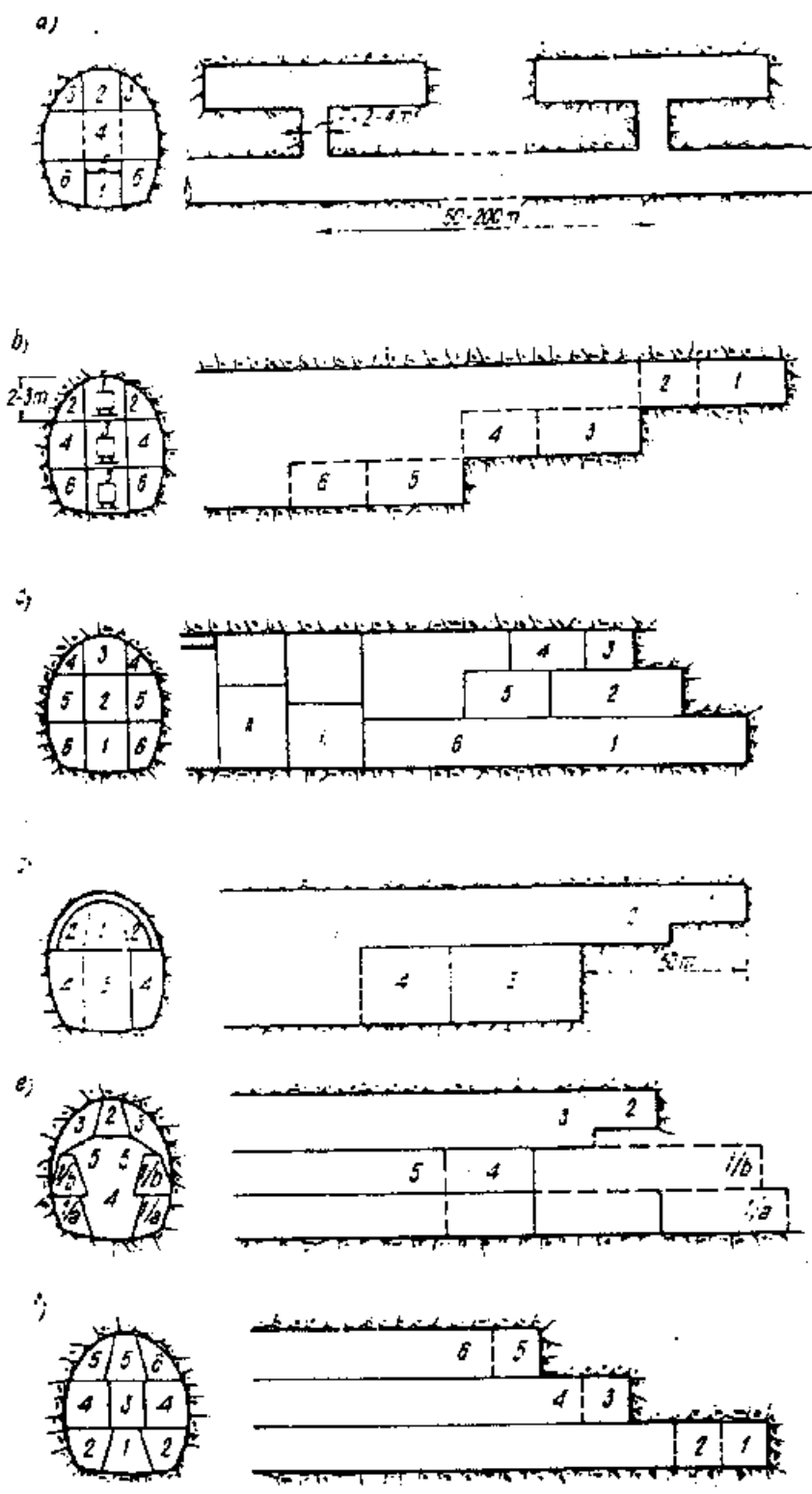
- 1) Διάνοιξη σε βαθμίδες, όπου η εκσκαφή της σήραγγας γίνεται σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση γίνεται η εκσκαφή του πάνω τμήματος της σήραγγας και μέρος του πυρήνα της διατομής, ενώ στη δεύτερη ολοκληρώνεται το υπόλοιπο κάτω μέρος, δηλαδή η βαθμίδα. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται κυρίως στις περιπτώσεις που το άνοιγμα είναι μεγάλο, ή η βραχώδης μάζα παρουσιάζει προβλήματα.

2) Διάνοιξη με τη μέθοδο της πολλαπλής προώθησης, όπου το μέτωπο της σήραγγας διαχωρίζεται σε στοές και η εκσκαφή τους προχωρά σε διάφορες φάσεις, περισσότερες πάντοτε από δύο. Η εκσκαφή συνήθως αρχίζει από μια στοά που αποτελεί την κατευθυντήρια ή οδηγό σήραγγα (Pilot), που εκτός από την βοήθεια που προσφέρει στην έρευνα του εδάφους, βοηθά και στην εγκατάσταση εξοπλισμού. Στις επόμενες φάσεις εκσκαφής διανοίγονται άλλες στοές, που με κατακόρυφα φρέατα, “καμινάδες” (Upbreaks), ή εγκάρσια (Crosscuts), γίνεται η σύνδεσή τους ή και η έναρξη άλλων στοών, με τελικό σκοπό και αποτέλεσμα την εκσκαφή όλου του μετώπου.

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά οι μέθοδοι κεφαλής και βαθμίδας καθώς και η μέθοδος πολλαπλής προώθησης σε διάφορες παραλλαγές:



Σχ.1-2: Μέθοδος κεφαλής και βαθμίδας οριζόντιας διάτρησης. Φάσεις κατασκευής.



Σχ.1-3: Κατασκευή σηράγγων κατά την μέθοδο πολλαπλής προώθησης, *Multiple drifts*. Μέθοδοι: α.- Αγγλική β.- Αυστριακή. γ.- Κεντρικής εκσκαφής. δ.- Βελγική. ε.- Γερμανική. στ.- Ιταλική.

Αμέσως μετά τη διάνοιξη ενός τμήματος (η έκταση του εξαρτάται από την ευστάθεια του ανοίγματος) τοποθετείται προσωρινή υποστήριξη. Η οριστική υποστήριξη γίνεται μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής ή και πριν από την ολοκλήρωση της ανάλογα με το γενικότερο σχεδιασμό του έργου. Όταν το έδαφος είναι κακής ποιότητας είναι δυνατόν να προηγηθεί βελτίωση του εδάφους με τσιμεντενέσεις ή με πάγωμα του εδάφους που περιβάλλει την εκσκαφή.

1.3.2 Κατασκευή του έργου με μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης (TBM)

Οι μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή σηράγγων κυκλικής διατομής. Με τις μηχανές αυτές εκτελούνται ταυτόχρονα η διάνοιξη, η υποστήριξη του μετώπου και των τοιχωμάτων της σήραγγας και η τοποθέτηση της οριστικής υποστήριξης.

Οι μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης περιλαμβάνουν:

- Μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή (τύμπανο προώθησης) εφοδιασμένη με διάφορα είδη κοπτικών (σιαγώνες σύνθλιψης για εδάφη και κυλιόμενοι κοπτικοί δίσκοι για σκληρά πετρώματα). Στο τύμπανο προώθησης το οποίο εκτός από τη διάνοιξη εξασφαλίζει και τη στήριξη του μετώπου της σήραγγας υπάρχουν μεταβλητά ανοίγματα ώστε να είναι δυνατή η αλλαγή των κοπτήρων υπό ασφαλείς συνθήκες. Η κοπτική κεφαλή έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται και στις δύο διευθύνσεις ώστε οι σιαγώνες να μπορούν να καθαρίσουν από μόνες τους όταν τρυπούν μαλακά εδάφη. Στο τύμπανο υπάρχουν ανθρωποθυρίδες οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα να επιθεωρείται το μέτωπο με την είσοδο ειδικών στο χώρο μεταξύ του μετώπου και του τύμπανου (γίνεται μικρή οπισθοχώρηση της μηχανής) ώστε να προλαμβάνονται ζημιές σε αρχαιολογικά ευρήματα. Όταν το έδαφος το επιτρέπει, η διάνοιξη μπορεί να γίνει με εκσκαπτικά μηχανήματα τα οποία εργάζονται υπό την προστασία της ασπίδας.

- Μία μεταλλική κυλινδρική ασπίδα για την ακτινική υποστήριξη της σήραγγας. Όταν δεν υπάρχουν προβλήματα καταπτώσεων η ασπίδα δε χρησιμοποιείται.

- Ένα θάλαμο εργασίας πίσω από την κοπτική κεφαλή.

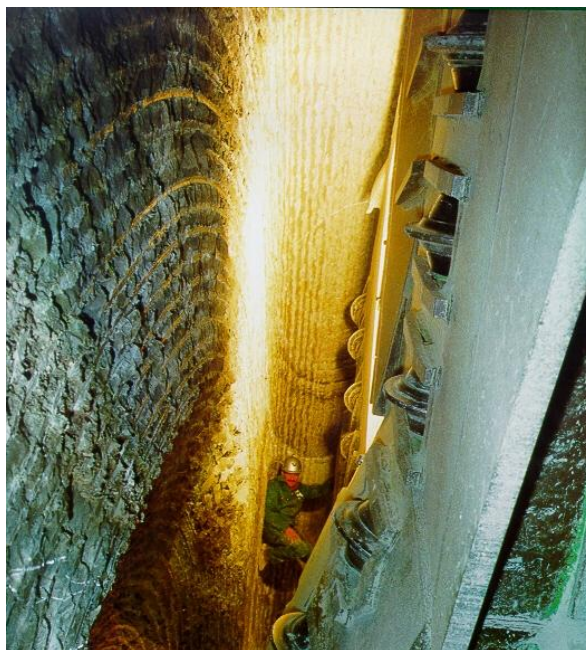
- Μία ανυψωτική μηχανή η οποία μεταφέρει και τοποθετεί την επένδυση στο πίσω μέρος της ασπίδας. Η επένδυση αποτελείται από προκατασκευασμένα θολωτά

στοιχεία από μπετόν ή από χυτοσίδηρο (θολίτες) τα οποία συνδεόμενα το ένα με το άλλο με κοχλίες σχηματίζουν ένα δακτύλιο (συνήθως οκτώ θολίτες - με πλάτος της τάξης του ενός μέτρου - συνθέτουν ένα δακτύλιο). Σύνδεση γίνεται και μεταξύ των δακτυλίων. Η μεταλλική ασπίδα και οι θολίτες είναι υδατοστεγείς. Νερό μπορεί να μπει μόνο στο μέτωπο της σήραγγας μέσα από τα μικρά ανοίγματα της κοπτικής κεφαλής. Το νερό αντλείται από το κάτω μέρος του θαλάμου εργασίας.

- Ένα σύστημα υδραυλικών προωθητικών γρύλων σε κυκλική διάταξη. Εξασφαλίζει την προώθηση του τύμπανου με τη πίεση που ασκούν οι γρύλοι στο δακτύλιο της επένδυσης ο οποίος τοποθετήθηκε τελευταία.

- Μηχανή αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής. Τα προϊόντα απομακρύνονται από το μέτωπο με μεταφορική ταινία η οποία τα μεταφέρει και τα φορτώνει σε ανατρεπόμενα βαγονέτα. Η μεταφορά γίνεται σε θέσεις υποδοχής έξω από τη σήραγγα όπου αποθηκεύονται μέχρι την οριστική τους μεταφορά στον τελικό τόπο εναπόθεσης.

Οι μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης έχουν διάμετρο η οποία φτάνει μέχρι και 12 μέτρα. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 15 έως 30 μέτρα την ημέρα. Στη σήραγγα της Μάγχης χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα 11 μηχανές ολομέτωπης διάνοιξης διαμέτρου 8,85 μέτρα. Στο μετρό της Αθήνας χρησιμοποιήθηκαν τρεις μηχανές διαμέτρου 9,5 μέτρων. Παρακάτω εικονίζονται μηχανήματα T.B.M που χρησιμοποιούνται στη διάνοιξη των σηράγγων του μετρό της Αθήνας:



Εικόνα διαμόρφωσης του μετώπου εκσκαφής κατά τη διάνοιξη με TBM



Εικόνες μηχανικών μέσων διάνοιξης σηράγγων για μαλακά και σκληρά εδάφη

1.4 Συστήματα εκσκαφής μικροσηράγγων με προώθηση (Pipe Jacking)

Είναι μια καινοτομική μέθοδος εκσκαφής μικροσηράγγων με υδραυλική προώθηση σωλήνων. Ιδανική για την κατασκευή αγωγών όμβριων υδάτων, αποβλήτων και φυσικού αερίου, καθώς και για την κατασκευή καλωδιοδρόμων. Οι τεχνικές εφαρμογής περιλαμβάνουν:



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ PIPE JACKING

- 1) Μεταλλικοί Σωλήνες:
 - Διάμετρος Φεσ. 1000 έως Φεσ. 2000mm
- 2) Προκατασκευασμένοι Σωλήνες:
 - Διάμετρος Φεσ. 900 / Φεξ. 1190mm
 - Διάμετρος Φεσ. 1000 / Φεξ. 1280mm
 - Διάμετρος Φεσ. 1200 / Φεξ. 1490mm
 - Διάμετρος Φεσ. 1400 / Φεξ. 1720mm
 - Διάμετρος Φεσ. 1800 / Φεξ. 2200mm
 - Διάμετρος Φεσ. 2500 / Φεξ. 3000mm

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

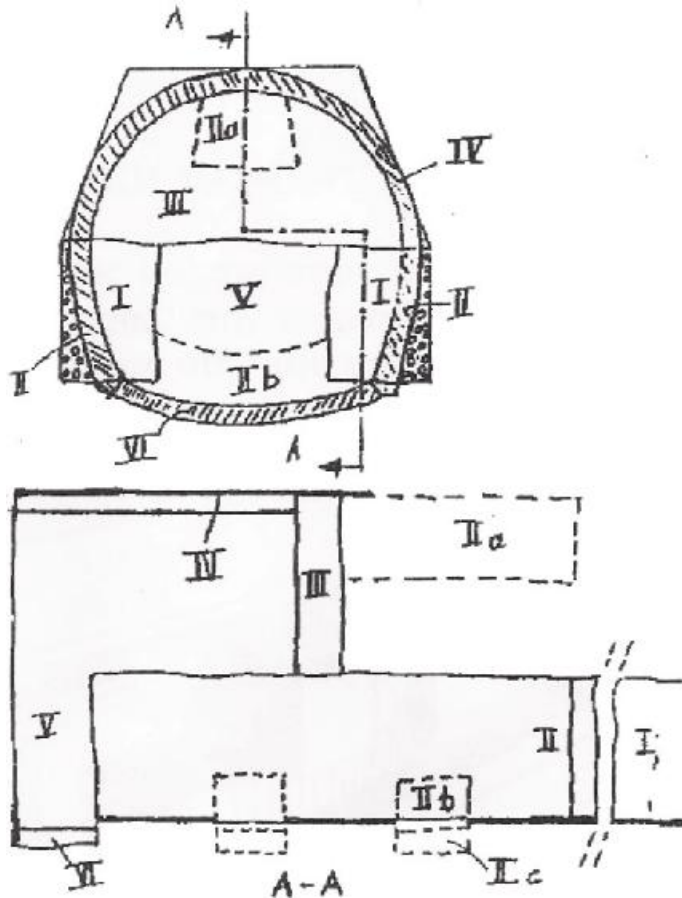
- Διάμετρος μεταλλικού σωλήνα Φεξ. 200 / 400 / 600 / 800mm

1.5 Κλασικές μέθοδοι κατασκευής σηράγγων

1.5.1 Η Γερμανική μέθοδος

Χαρακτηριστικό της γερμανικής μεθόδου είναι ότι η διατομή της σήραγγας εκσκάπτεται μόνο κατά το τμήμα που είναι απαραίτητο για την κατασκευή της οριστικής επένδυσης στις παρειές και στην

οροφή. Προηγούνται οι πλευρικές στοές (I), μέσα στις οποίες κατασκευάζονται οι αψιδοστάτες (II), στη συνέχεια ακολουθεί η εκσκαφή του άνω μέρους (III) και η οριστική υποστήριξη της οροφής (IV) εδράζεται πάνω στους αψιδοστάτες (σχ. I). Έτσι απομένει στο κέντρο ένας πυρήνας εδάφους (V), που χρησιμοποιείται για την προσωρινή στήριξη της κατασκευής και εκσκάπτεται μόλις στο τέλος μετά την αποπεράτωση του θόλου, υπό την προστασία του, και το



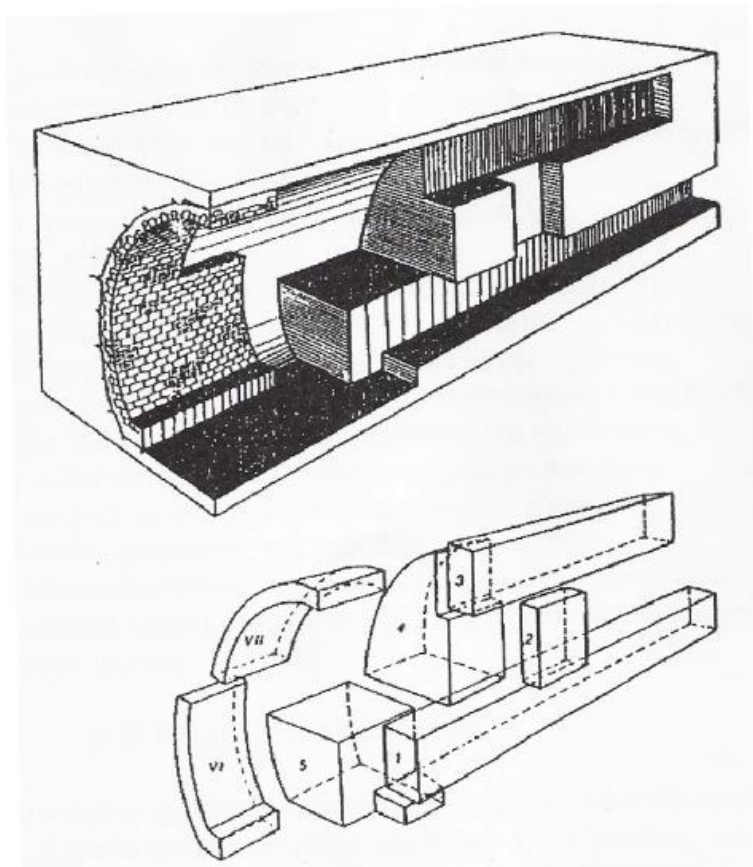
κοιλώμα του πυθμένα (VI). Αν το έδαφος είναι πλαστικό τότε υφίσταται κίνδυνος κατάρρευσης, καθώς εκσκάπτεται το άνω μέρος (III). Τότε οι αψιδοστάτες θα πρέπει να συνδεθούν με μικρές εγκάρσιες στοές (IIb), μέσα στις οποίες κατασκευάζονται τμήματα του κοιλώματος του πυθμένα (IIc). Τότε επίσης συνίσταται και η μείωση της μεγάλης επιφάνειας εκσκαφής του άνω μέρους της διατομής με μια μόνο προτομπό στοά οροφής (IIa).

Η μέθοδος αυτή που εφαρμόζεται σε εδάφη, από συμπαγή έως μαλακά, εφόσον δεν αναμένονται καθιζήσεις του εδαφικού πυρήνα λόγω καταπόνησής του, παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα (μικρό μέγεθος καθιζήσεων λόγω της άμεσης και του μικρού ύψους υποστήριξης πάνω στον πυρήνα, εδράσει της οριστικής

επένδυσης του θόλου σε ανυποχώρητους πλέον αψιδοστάτες, μικρό κόστος εκσκαφής και μεταφοράς του εδαφικού πυρήνα, μετά την εκσκαφή της προπομπού στοάς στην οροφή, οι εργασίες γίνονται σε γνωστό πλέον ορεινό όγκο), τα οποία όμως αναιρούνται σε μεγάλο βαθμό από τα αμέτρητα μειονεκτήματά της (εργασία σε πολύ περιορισμένους χώρους, η εκσκαφή των επιμέρους τμημάτων γίνεται πάντα υπό ένταση, μεγάλο κόστος για την προώθηση των προπομπών στοών). Έτσι σήμερα χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, για την κατασκευή πολύ μεγάλων διατομών (υπόγειες αίθουσες) και παρά τη μεγάλη της ασφάλεια, θεωρείται πετपालιωμένη, πολύπλοκη, αντισοικονομική και χρονοβόρα.

1.5.2 Η Αυστριακή μέθοδος

Η βασική ιδέα της μεθόδου αυτής έγκειται στην άμεση προσωρινή υποστήριξη του θόλου της σήραγγας, στην τμηματική εκσκαφή της διατομής από πάνω προς τα κάτω, και στην κατασκευή της οριστικής επένδυσης (μετά την εκσκαφή ολόκληρης της διατομής) από κάτω προς τα πάνω. Προηγείται η εκσκαφή μιας προπομπού στοάς βάσης και με τη βοήθεια ενός κατακόρυφου φρεατίου ακολουθεί η εκσκαφή της στοάς οροφής και των πλευρικών τμημάτων. Στο σχήμα, το οποίο παρουσιάζει σε οπτικό σχέδιο τη σειρά εκσκαφής και υποστήριξης μιας σήραγγας με την παλιά αυστριακή μέθοδο, η αρίθμηση των επιμέρους τμημάτων αντιστοιχεί στη χρονική σειρά των διαδοχικών εργασιών. Παρουσιάζονται πολλές παραλλαγές της μεθόδου.



Η μέθοδος αυτή που μαζί με τη Βελγική κυριαρχούσε μέχρι και πριν από μερικά χρόνια στον τομέα των υπόγειων κατασκευών, έχει εγκαταλειφθεί σήμερα σχεδόν παντελώς, λόγω κατάργησης της ξυλείας, ως υλικού προσωρινής υποστήριξης, και της τοιχοποιίας ως μέσου οριστικής επένδυσης. Και τα δυο υλικά, λόγω του υψηλού κόστους επεξεργασίας και κατασκευής, εκτοπίστηκαν από τη χρήση μεταλλικών (ή συνδυασμό μεταλλικών και ξύλινων) υποστηριγμάτων και τελευταία από τη χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Όπως αποδεικνύεται από την παγκόσμια και την επί μακρόν επικράτηση της, η μέθοδος παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα:

- Μετά την εκσκαφή της προπομπού στοάς, είναι γνωστές οι γεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες στο εσωτερικό του ορεινού όγκου με αποτέλεσμα να μπορεί να καθοριστεί προτέρων το πάχος της τοιχοποιίας και η απαιτούμενη μόνωσή της.
- Ταυτόχρονη εργασία σε όσες θέσεις εργασίας θέλουμε, κατανεμημένες σε όλο το μήκος της σήραγγας.
- Μετά την κατασκευή του κατακόρυφου φρεατίου η υποστήριξη του θόλου γίνεται άμεσα στον πυθμένα της.
- Εύκολα προσαρμοζόμενη σε εναλλασσόμενες γεωλογικές συνθήκες, κ. ά.

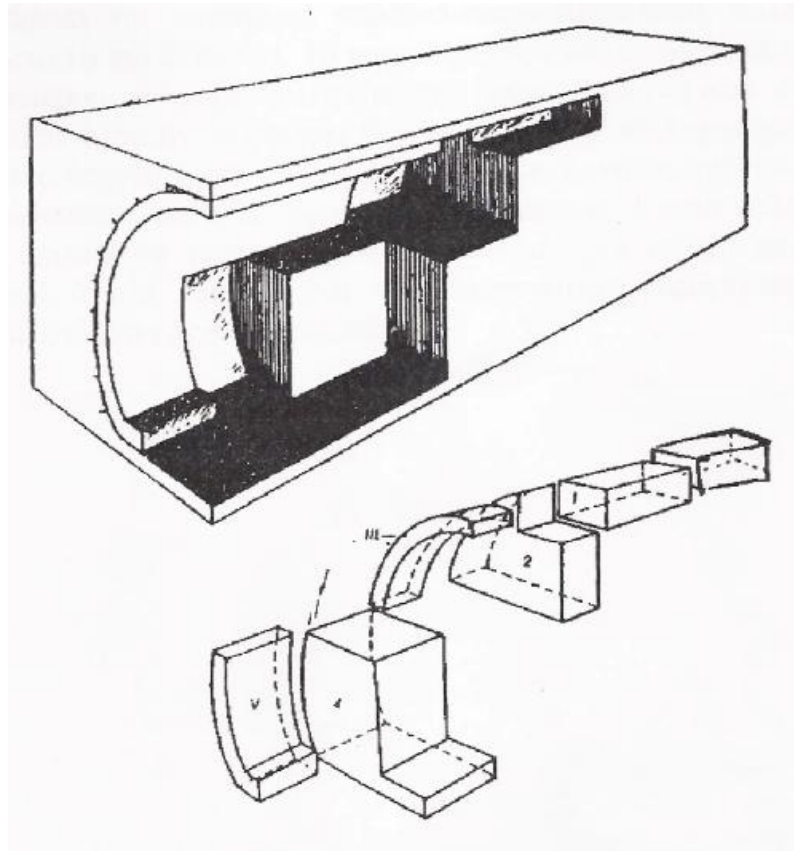
Στα μειονεκτήματα της περιλαμβάνεται η μεγάλη κατανάλωση ξυλείας, οι μεγάλες καθιζήσεις (μέχρι και 80 cm) λόγω της συχνής αλλαγής της βάσης των υποστηριγμάτων, ή, η για μεγάλο χρονικό διάστημα προσωρινή υποστήριξη με ξύλινα υποστηρίγματα που έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση παραμορφώσεων και χαλάρωσης, και η αναπόφευκτα καθυστερημένη επένδυση του πυθμένα που είναι ιδιαίτερα μειονεκτική σε πλαστικά και διογκούμενα εδάφη.

Το γεωλογικό πεδίο εφαρμογής της μεθόδου είναι σχεδόν απεριόριστο. Χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα είδη των οροσειρών, ενώ σήμερα εφαρμόζεται ακόμη σε λίγες χώρες για την κατασκευή μικρού μήκους σηράγγων μεγάλης διατομής.

1.5.3 Η Βελγική μέθοδος

Σ' αυτήν υλοποιείται με ακόμη μεγαλύτερη συνέπεια η βασική αρχή της άμεσης προσωρινής υποστήριξης του θόλου της σήραγγας, μια και εδώ το άνω τμήμα της υποστηρίζεται οριστικά, όσο το δυνατόν συντομότερα, με την τοιχοποιία της επένδυσης (ως επί το πλείστον όμως σκυρόδεμα).

Για να επιτευχθεί αυτό, εκσκάπτεται το άνω μέρος της σήραγγας, μέχρι το σημείο που αρχίζει ο θόλος, εξασφαλίζεται με μια υποστήριξη, στηριζόμενη με τη βοήθεια δοκαριών στη βάση του άνω μέρους και ακολουθεί η κατασκευή της οριστικής επένδυσης του, η οποία περιλαμβάνεται, σε δεύτερη φάση, μονοκόμματα ή υπο μορφή δακτυλίων, από τους αψιδοστάτες, που κατασκευάζονται εκ των υστέρων, υπό την προστασία του τελειωμένου θόλου.



Αρχικά ξεκινούσαμε με την εκσκαφή μιας στοάς οροφής που διευρυνόταν στη συνέχεια προς τα πλάγια ή προς τα κάτω, μέχρι του σημείου που αρχίζει ο θόλος.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΣΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

2.1. Ολομέτωπη εκσκαφή

Τα κριτήρια που παίζουν αποφασιστικό ρόλο στην επιλογή της ολομέτωπης εκσκαφής είναι τρία:

1. Ο χρόνος σταθερότητας της οροσειράς συναρτήσει του μεγέθους και του σχήματος της διατομής.
2. Ο χρόνος που απαιτείται για την τοποθέτηση μιας προσωρινής υποστήριξης, συναρτήσει του χρόνου σταθερότητας της οροσειράς. Αν ο χρόνος σταθερότητας είναι μεγάλος, τότε μπορούμε να παραιτηθούμε από μια προσωρινή υποστήριξη.

3. Τα χρησιμοποιούμενα μηχανικά μέσα (διατρητικά φορεία ή ικριώματα, μηχανήματα μερικής ή ολικής κοπής, φόρτωσης και μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής). Το ελάχιστο μέγεθος για μια οικονομική προχώρηση είναι τα 5m². Μικρότερες διατομές παρεμποδίζουν την εργασία του προσωπικού και των μηχανημάτων έτσι ώστε το κόστος αυξάνεται παρά την μικρότερη διατομή και τα λιγότερα μέτρα υποστήριξης.

Πλεονεκτήματα

- Όχι πολλαπλή μετατόπιση των τάσεων και συνεπώς φιλική προς τον ορεινό όγκο.
- Ελεύθερος χώρος για δράση των εργαζομένων και δυνατή η μηχανική εξόρυξη
- Συνεχής ροή των εργασιών και συνεπώς μικρότερος χρόνος κατασκευής λόγω βελτίωσης του χρόνου επιβολής της υποστήριξης, φιλικότητα προς τον ορεινό όγκο.
- Σαφήνεια στην εκτέλεση των εργασιών προχώρησης και συνεπώς δυνατότητα καλύτερης οργάνωσης και οικονομίας.

Μειονεκτήματα

- Επικίνδυνη σε ταχέως εναλλασσόμενες γεωλογικές συνθήκες.
- Κακή προσαρμοστικότητα σε περίπτωση μηχανικής προχώρησης.

2.2 Τμηματική εκσκαφή

Όταν το πέτρωμα παρουσιάζει πολλές διακλάσεις και διάκενα, και αποτελείται, γενικά, από λιγότερο σταθερά, ρηγματωμένα και ρέοντα εδάφη, προκειμένου να ελεγχθούν οι κινήσεις του ορεινού όγκου και να αντιμετωπιστεί ο κίνδυνος της κατάρρευσης της διατομής με ανάλογες υποστηρίξεις, η εκσκαφή γίνεται τμηματικά. Ενώ το κριτήριο αυτό, των γεωλογικών συνθηκών στο υπέδαφος, για τη διαίρεση της διατομής σε τμήματα, κυριαρχούσε παλαιότερα, λόγω περιορισμένων δυνατοτήτων των υλικών υποστήριξης, σήμερα βασικό ρόλο παίζει η βέλτιστη οικονομική χρήση των μηχανημάτων διάνοιξης. Ισχύει όμως γενικά ότι μετά την τμηματική εκσκαφή θα πρέπει να ακολουθήσει η προσωρινή υποστήριξη, η οποία οδηγεί σε πρόσθετες δαπάνες, επηρεάζει τη συμπεριφορά του ορεινού όγκου, απαιτεί διαρκείς αλλαγές της υποστήριξης και προκαλεί κατά κανόνα χαλαρώσεις και αυξήσεις των τάσεων μέσα στον ορεινό όγκο.

Εκσκαπτικές Μηχανές

Εκσκαπτικές μηχανές είναι οι δομικές μηχανές οι οποίες έχουν ως κύριο έργο την εκσκαφή του εδάφους και την μετακίνηση και απόθεση του σε ένα συγκεκριμένο χώρο. Διακρίνονται αντίστοιχα σε μηχανές εκσκαφής και φόρτωσης, σε μεταφορικές μηχανές και σε μηχανές διανομής και διάστρωσης. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν όλες οι μηχανές οι οποίες χρησιμοποιούνται για εκσκαφή, εξόρυξη και φόρτωση. Το βασικό εκσκαπτικό μηχάνημα της κατηγορίας των χερσαίων εκσκαφέων είναι ο εκσκαφέας γενικής χρήσης, ο οποίος ανάλογα με το εκσκαπτικό εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες εργασίες



2.3 Διάνοιξη σηράγγων με χρήση εκρηκτικών

Η διάνοιξη σηράγγων με χρήση εκρηκτικών είναι δυνατή σε όλα σχεδόν τα πετρώματα και απαγορεύεται μόνο σε πολύ διακλασμένες οροσειρές ή για λόγους οικολογικούς. Έχει εξέχουσα σημασία έναντι των άλλων μεθόδων μερικής ή ολικής διάνοιξης και σε πολύ ανθεκτικά πετρώματα και για μεγάλες διατομές θεωρείται κλασική.

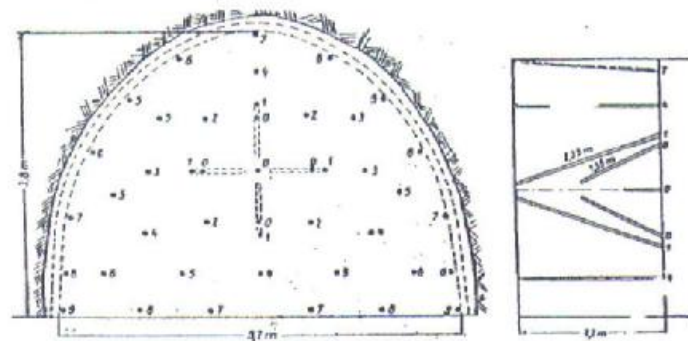
Η διάνοιξη σηράγγων με χρήση εκρηκτικών συνίσταται στη συνεχή επανάληψη των ακόλουθων κύκλων εργασιών: διάτρηση, γόμωση, σφράγιση, πυροδότηση, αερισμός, υποστήριξη, φόρτωση και μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής.

Τα εκρηκτικά είναι χημικές ουσίες που, με κατάλληλη διέγερση και με απελευθέρωση δυναμικής ενέργειας, προκαλούν τη ξαφνική έκλυση μεγάλων ποσοτήτων αερίων στη θερμοκρασία της έκρηξης, με αποτέλεσμα να εξασκούν στο περιβάλλον και συγκεκριμένα στα τοιχώματα των οπών γέμισης υψηλές πιέσεις, που ξεπερνούν την αντίσταση του πετρώματος σε μια περιορισμένη ζώνη και αποκόπτουν τμήματα του.

Διακρίνουμε δυο ομάδες σχεδίων διάτρησης: την πλάγια και την παράλληλη. Στην πρώτη, τα διατρήματα εκτείνονται λοξά προς το μέτωπο δράσης, ανοίγονται συνήθως κατά ζεύγη και συγκλίνουν στο βάθος, ώστε να έχουμε ένα κατά το δυνατό σφαιρικό γέμισμα. Στην παράλληλη, τα διατρήματα εκτείνονται κάθετα προς το μέτωπο δράσης, δηλαδή είναι παράλληλα μεταξύ τους και η αποτελεσματικότητα της δράσης της επιτυγχάνεται με την υψηλή συγκέντρωση των εκρηκτικών, λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ των διατρημάτων και με χρονική υστέρηση των διαδοχικών μεμονωμένων εκρήξεων.

Στην πλάγια διάταξη διατρημάτων ένας ενδεικτικός τρόπος διάρρηξης είναι και ο γερμανικός. Έτσι στο κωνικό σχήμα, τρεις ή τέσσερις οπές γέμισης συγκλίνουν υπό μορφή κώνου, όσο το δυνατό πλησιέστερα, ωστόσο, οι οπές δεν αγγίζουν η μια την άλλη, ούτε τέμνονται.

Στο σχήμα που ακολουθεί, ο βράχος που αποκόπτεται από τον ορεινό όγκο με την έκρηξη, εκσφενδονίζεται προς τον ελεύθερο χώρο του μετώπου δράσης.



Κωνικό σχήμα

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε, αλλά κυρίως σε συμπαγή και πολύ

σκληρά πετρώματα.

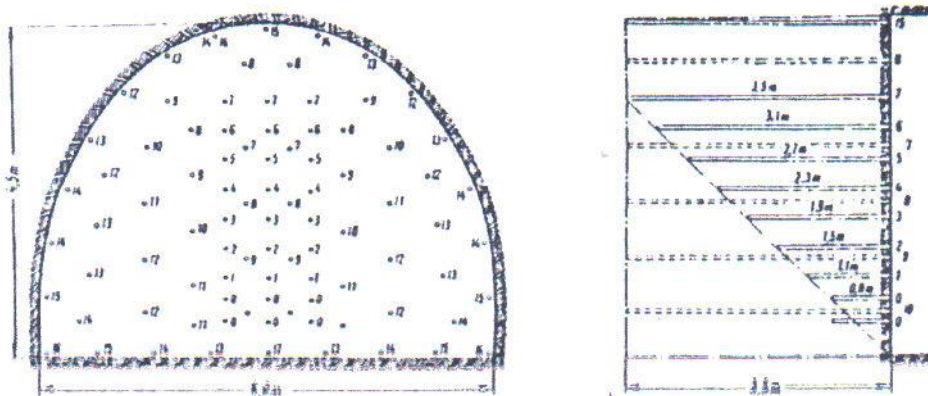
Η πλάγια διάταξη ενδείκνυται ιδιαίτερα κατά τη χρήση χειρονακτικών διατρητικών εργαλείων και πολύ λιγότερο κατά τη χρήση διατρητικών φορείων με βραχίονες ολίσθησης. Η τάση σήμερα, με την πλήρως αυτοματοποιημένη εκσκαφή σηράγγων και τη χρήση αυτομάτων διατρητικών εργαλείων, είναι να μεταβούμε στην απλούστερη διάτρηση των διατρημάτων της παράλληλης διάταξης.

Στην παράλληλη διάταξη τα διατρήματα εκτείνονται παράλληλα προς τον άξονα της σήραγγας και συνήθως χρησιμοποιούνται διατάξεις με διατρήματα:

- α) ισομήκη
- β) ανισομήκη
- γ) με και χωρίς γέμισμα (σχήμα του Brenner) και
- δ) διατασσόμενα γύρω από μια ή περισσότερες κεντρικές οπές.

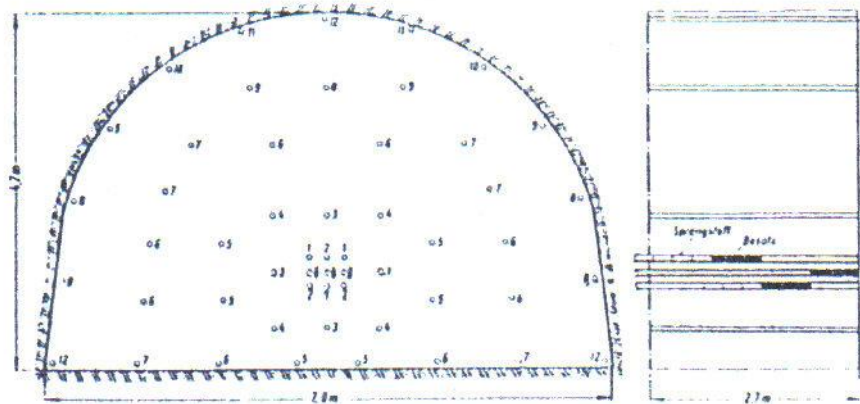
Στην πρώτη διάταξη όλα τα διατρήματα έχουν το ίδιο βάθος, ανοίγονται στο κέντρο του μετώπου δράσης, σε σχήμα ορθογωνίου, τα συμμετρικά γεμίζονται με την ίδια ποσότητα εκρηκτικής ύλης και πυροδοτούνται ταυτόχρονα.

Το γνωστότερο σχήμα της δεύτερης διάταξης, με διαφορετικό βάθος διατρημάτων, είναι το κλιμακωτό, στην οποία το βάθος μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με το πέτρωμα.

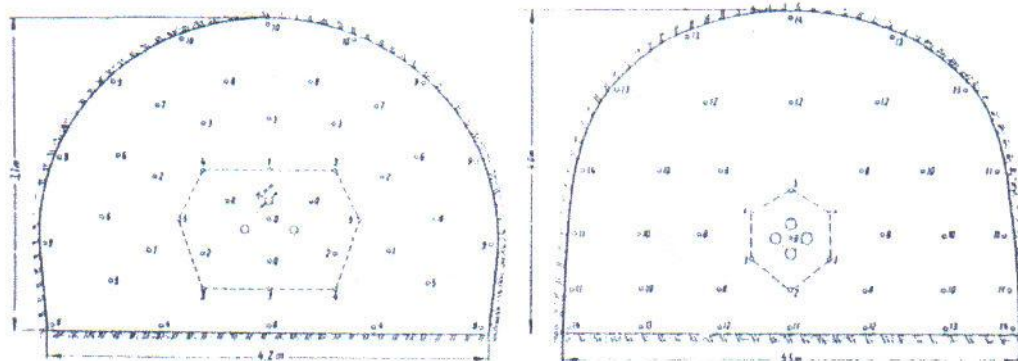


Παράδειγμα κλιμακωτού σχήματος

Στην τρίτη ομάδα υπάγεται το λεγόμενο σχήμα του Brenner, στο οποίο τα διατρήματα ανοίγονται κεντρικά, παράλληλα και σε διάφορες διατάξεις, με την ίδια διάμετρο, αλλά δε γεμίζονται όλα ή τα γεμίσματα είναι μετατοπισμένα σε βάθος.



Στη τελευταία διάταξη μια η περισσότερες οπές που ανοίγονται στο κέντρο του μετώπου δράσης δημιουργούν πρόσθετο ελεύθερο χώρο προς τον οποίο εκτονώνονται τα γεμίσματα.



Σχέδια διατάξεων με τρεις και τέσσερις κεντρικές οπές

Για να εκσκαφεί ένας βράχος με χρήση εκρηκτικών οι οπές που διανοίγονται στο πέτρωμα γεμίζονται σε ορισμένο βάθος με εκρηκτική ύλη σφραγίζονται με πώμα σκυροδέματος, λάσπης, άμμου, η χαρτού, και πυροδοτούνται για να εκραγούν. Η ένταση της έκρηξης μιας εκρηκτικής ύλης εξαρτάται από το λόγο του όγκου της προς τα αναπτυσσόμενα αέρια και από την ταχύτητα με την οποία σχηματίζονται αυτά. Όταν η ταχύτητα είναι μικρή η μάζα του πετρώματος διασπάται και ωθείται για να μετατοπιστεί. Όταν η έκρηξη προκαλεί την άμεση έκλυση μεγάλων ποσοτήτων αερίου, ο βράχος θρυμματίζεται και κονιορτοποιείται.

Αρχικά, η πιο συνηθισμένη, στην διάνοιξη σηράγγων, εκρηκτική ύλη ήταν η μαύρη πυρίτιδα. Η μαύρη πυρίτιδα είναι βραδεία εκρηκτική ύλη κατάλληλη για θρυμματισμένα πετρώματα με μικρή συνοχή. Σήμερα, ωστόσο, προτιμά κανείς πιο ισχυρά εκρηκτικά, δηλαδή εκρηκτικά που κατατεμαχίζουν και κονιορτοποιούν το βράχο με ταχεία έκλυση αερίων.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα παράγωγα της νιτρογλυκερίνης, τα

λεγόμενα εκρηκτικά ασφαλείας και ο υγρός αέρας. Η χρήση του δυναμίτη, ωστόσο, είναι πολύ πιο ακίνδυνη από εκείνη της νιτρογλυκερίνης μιας και αντέχει σε ισχυρές κρούσεις χωρίς να εκραγεί. Ο δυναμίτης είναι κατάλληλος και για υποβρύχιες εκρήξεις.

Η γέμιση των διατηρημάτων γίνεται χειρονακτικά με τη ράβδο γέμισης, η μηχανικά με πεπιεσμένο αέρα. Στην πρώτη περίπτωση, ο χρόνος γέμισης είναι μεγάλος και η πυκνότητα γέμισης μικρή, ενώ στη δεύτερη, με τις συσκευές γέμισης, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη πυκνότητα και σημαντική μείωση του χρόνου. Η ανάφλεξη του εκρηκτικού, που έχει τοποθετηθεί μέσα στο διάτρημα, γίνεται με τα βραδύκαυστα φυτίλια, ή με τους πυροκροτητές (απλούς ή ηλεκτρικούς).



Φωτογραφία από σήραγγα Καλλιδρόμου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΣΣΕΡΑ

μεθοδος NATM

1. ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΤΗ "ΜΕΘΟΔΟ NATM"

Γενικά

Η λεγόμενη "Νέα Αυστριακή Μέθοδος Διάνοιξης Σηράγγων" (New Austrian Tunnelling Method - NATM) ουσιαστικώς δεν αποτελεί μια "μέθοδο" αλλά περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικών διάνοιξης και υποστήριξης σηράγγων οι οποίες εφαρμόστηκαν συστηματικά κατά τη διάνοιξη σηράγγων στις Αυστριακές Άλπεις στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Οι τεχνικές αυτές είχαν εφαρμοσθεί και πριν το 1960 τόσο στην Αυστρία όσο και σε άλλα μέρη του κόσμου αλλά η συστηματοποίηση και ονομασία τους (NATM) έγινε από Αυστριακούς Μηχανικούς (Rabcewicz, Mueller, Brunner και Pacher) περί το 1960. Έτσι, αν και η "Μέθοδος NATM" όταν προτάθηκε δεν ήταν ούτε "Νέα" ούτε "Αυστριακή" (αφού είχε εφαρμοσθεί και στο παρελθόν σε άλλες χώρες) αλλά ούτε και "Μέθοδος" (αφού ουσιαστικά αποτελείται από ένα σύνολο τεχνικών οι οποίες μάλιστα αλλάζουν με την πρόοδο της τεχνολογίας), διατήρησε διεθνώς μέχρι σήμερα το όνομά της.

Αν και δεν υπάρχει γενικώς αποδεκτός ορισμός της "Μεθόδου NATM", ο όρος συνήθως χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διάνοιξη σηράγγων με εκτεθειμένο το μέτωπο εκσκαφής (δηλαδή χωρίς την εφαρμογή πίεσης με μηχανικά μέσα) και υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (απλό ή οπλισμένο) ή/και αγκύρια βράχου. Σύμφωνα με τα ανωτέρω, οι εναλλακτικοί τρόποι διάνοιξης σηράγγων που δεν υπάγονται στη μέθοδο NATM είναι:

1. Διάνοιξη με μηχανήματα ολομέτωπης κοπής (TBM), επειδή κατά τη μέθοδο αυτή η κοπτική κεφαλή του μηχανήματος ασκεί πίεση επί του μετώπου εκσκαφής.

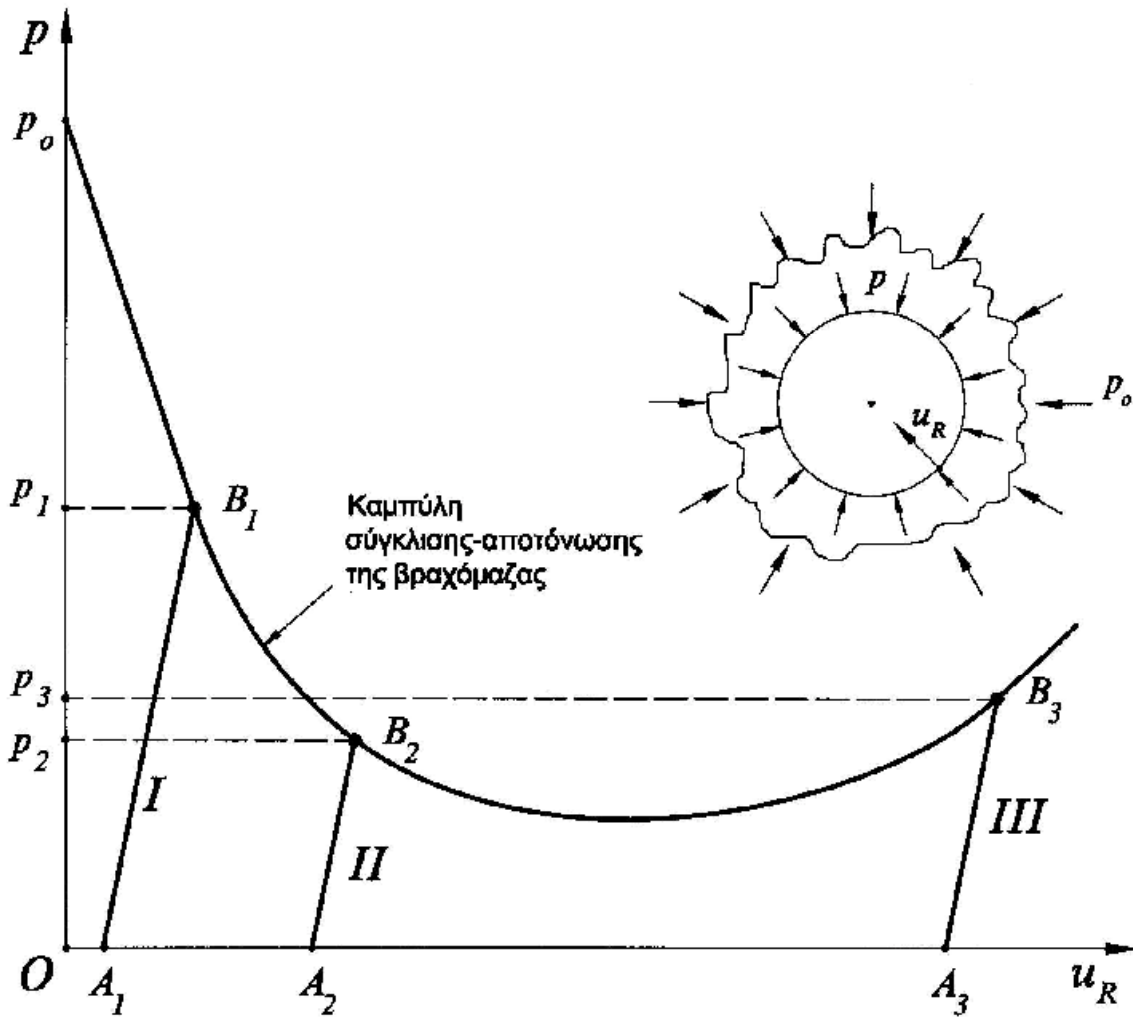
2. Διάνοιξη με προστατευτική ασπίδα (shield) επειδή η άμεση υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας γίνεται μέσω της ασπίδας και όχι με εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή αγκυρίων.

3. Οποιαδήποτε άλλη μέθοδος διάνοιξης κατά την οποία η άμεση υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας γίνεται χωρίς εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή αγκύρια, όπως π.χ. με έγχυτο σκυρόδεμα, προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα, μέταλλο ή άλλο υλικό.

Η συνήθης εφαρμογή της μεθόδου NATM είναι η διάνοιξη της διατομής της σήραγγας σε μια ή περισσότερες φάσεις και η άμεση υποστήριξη του τοιχώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (απλό, ινοπλισμένο, οπλισμένο με χαλύβδινο πλέγμα ή

ενισχυμένο με χαλύβδινες νευρώσεις από ράβδους ή διατομές I) και αγκύρια (παθητικά ή προεντεταμένα). Σημειώνεται ότι η υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας μόνον με αγκύρια χωρίς εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υπάγεται επίσης στην κατηγορία της μεθόδου NATM. Τέλος, κατά τη μέθοδο NATM η ως άνω άμεση υποστήριξη συνήθως ακολουθείται σε μεταγενέστερο χρόνο από την κατασκευή της "τελικής επένδυσης" της σήραγγας η οποία θεωρείται ως φέρον στοιχείο (σε ορισμένες περιπτώσεις δεν κατασκευάζεται τελική επένδυση αλλά η άμεση υποστήριξη σχεδιάζεται ώστε να αναλάβει το σύνολο των φορτίων της περιβάλλουσας βραχώμαζας).

Η ονομασία "New Austrian Tunnelling Method - NATM" εμφανίσθηκε για πρώτη φορά το 1964 σε μια σειρά τριών άρθρων του L. von Rabcewicz στο περιοδικό Water Power. Στα άρθρα αυτά αναφέρεται η κατασκευή μιας σήραγγας στη Βενεζουέλα κατά την περίοδο 1957-58 όπου εφαρμόσθηκε υποστήριξη του τοιχώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και αγκύρια.



Σχήμα 1: Επιρροή του χρόνου τοποθέτησης των μέτρων προσωρινής υποστήριξης στην πίεση της βραχώμαζας επί της υποστήριξης της σήραγγας.

I: πολύ νωρίς. Η πίεση στην άμεση υποστήριξη (p_1) είναι πολύ μεγάλη. II: κανονικός χρόνος κατασκευής της άμεσης υποστήριξης. Η πίεση (p_2) έχει μειωθεί σημαντικά. III: πολύ αργά. Η πίεση (p_3) έχει αυξηθεί λόγω αποδιοργάνωσης (χαλάρωσης της βραχώμαζας, με συνέπεια τον κίνδυνο κατάρρευσης).

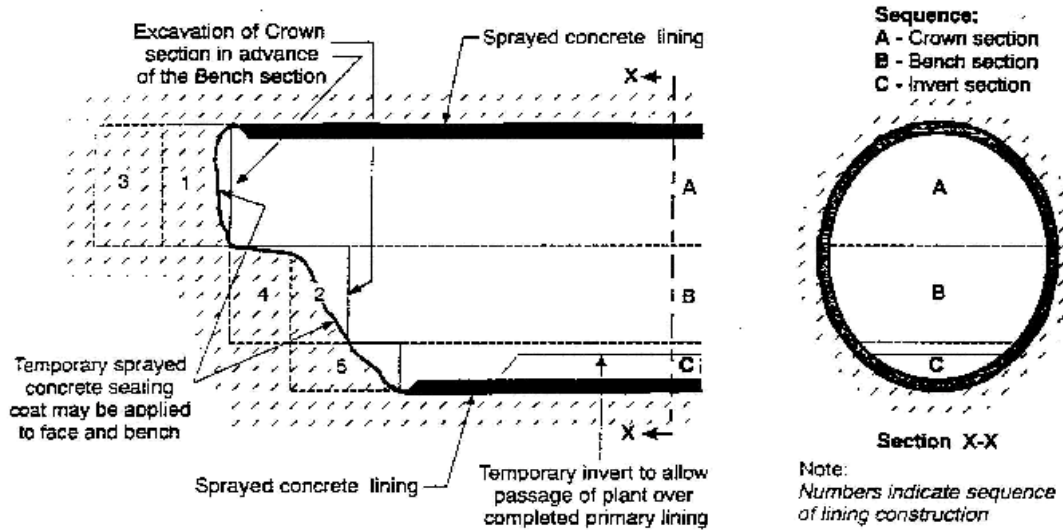
Χαρακτηριστικά της Μεθόδου NATM

Η βασική αρχή της μεθόδου NATM είναι ότι η διάνοιξη της σήραγγας και η κατασκευή της άμεσης υποστήριξης γίνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ενεργοποιηθεί η αντοχή της περιβάλλουσας βραχώμαζας (μέσω της ελεγχόμενης σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας) σε ικανό βαθμό ώστε να μειωθούν αρκετά οι πιέσεις επί της άμεσης υποστήριξης αλλά όχι τόσο ώστε να προκληθεί αποδιοργάνωση της βραχώμαζας με συνέπεια την αύξηση των πιέσεων στην άμεση

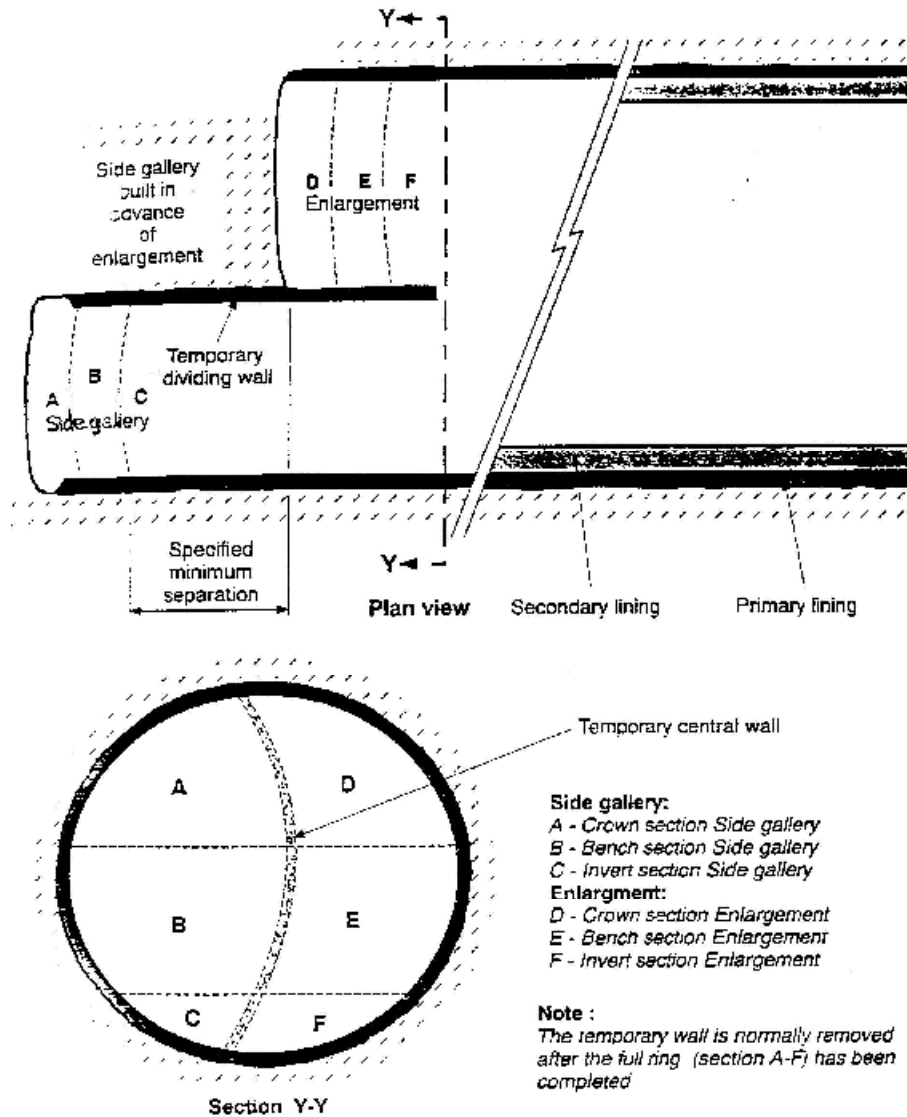
υποστήριξη και τελικώς την κατάρρευση της διατομής της σήραγγας (βλέπε Σχήμα 1). Δεδομένου ότι ένα σημαντικό ποσοστό της σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας συμβαίνει εμπρός από το μέτωπο εκσκαφής (δηλαδή πριν η εκσκαφή φθάσει στη συγκεκριμένη θέση) και επιπλέον ότι η σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας αυξάνει με ταχείς ρυθμούς στην περιοχή του μετώπου εκσκαφής, προκύπτει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η αντοχή της βραχώμαζας έχει ενεργοποιηθεί επαρκώς πολύ κοντά στο μέτωπο της εκσκαφής και συνεπώς η άμεση υποστήριξη θα πρέπει να κατασκευασθεί κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο μέτωπο εκσκαφής.

Η παραπάνω αρχή της μεθόδου NATM εξειδικεύεται ως εξής:

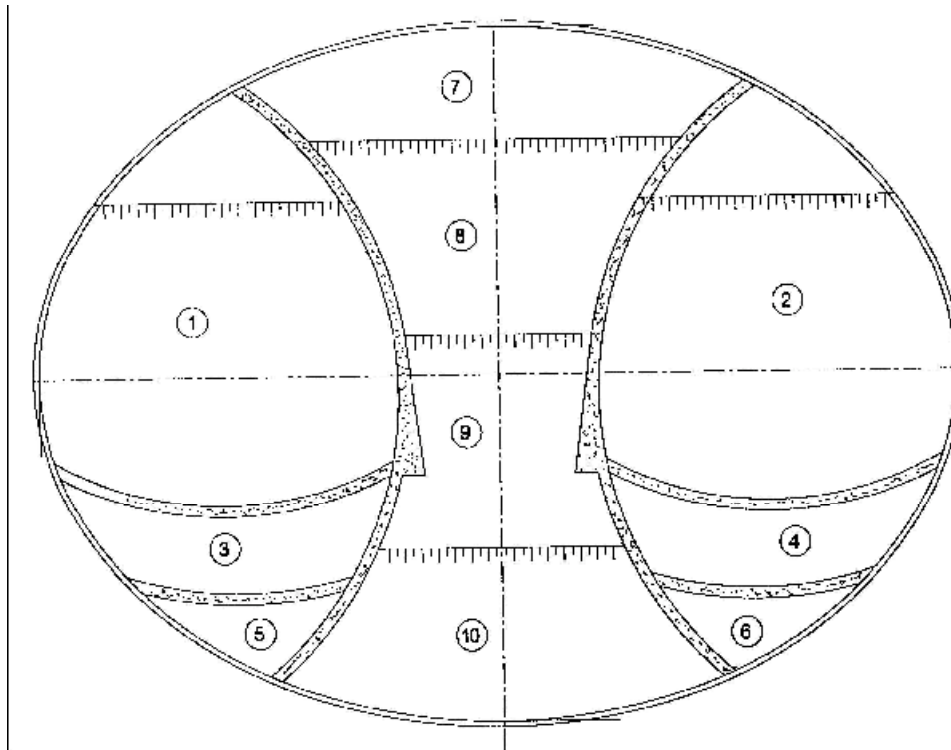
1. Η εκσκαφή της διατομής της σήραγγας συνήθως γίνεται σε περισσότερες της μιας φάσεις. Τυπικές περιπτώσεις φαίνονται στα Σχήματα 2, 3 και 4. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η επιφάνεια του μετώπου της εκσκαφής κάθε φάσης και συνεπώς μειώνεται η συνολική σύγκλιση του τοιχώματος (σε σχέση με την εκσκαφή της διατομής σε μια φάση) και βελτιώνεται η ευστάθεια της διατομής αποφεύγοντας την αποδιοργάνωση της περιβάλλουσας βραχώμαζας.
2. Κατασκευή της άμεσης υποστήριξης της διατομής σε μικρή απόσταση από το μέτωπο της εκσκαφής ώστε να περιορισθεί η περαιτέρω σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας και να αποφευχθεί η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας. Τούτο επιτυγχάνεται με την προώθηση της κάθε φάσης εκσκαφής σε μικρά βήματα της τάξεως των 1-2 μέτρων αναλόγως της ποιότητας της βραχώμαζας. Το μήκος του βήματος εκσκαφής μειώνεται όσο πτωχότερη είναι η ποιότητα της βραχώμαζας (επειδή στις περιπτώσεις αυτές η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας είναι ταχύτερη).



Σχήμα 2: Διάνοξη σήραγγας σε τρεις φάσεις καθ' ύψος (top heading-bench-invert)



Σχήμα 3: Διάνοξη σήραγγας σε έξι φάσεις (δύο κατά πλάτος και τρεις καθ' ύψος)



Σχήμα 4: Διάνοιξη σήραγγας με δυο πλευρικές στοές και κεντρικό πυλώνα

3. Η άμεση υποστήριξη της διατομής θα πρέπει να αναλάβει φορτία κατά το δυνατόν ταχύτερα ώστε να περιορισθεί η περαιτέρω σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας και συνεπώς η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλεονεκτεί ως προς την άποψη αυτή επειδή βρίσκεται σε απόλυτη επαφή με την περιβάλλουσα βραχώμαζα (και συνεπώς η παραμικρή σύγκλιση του τοιχώματος προκαλεί τη φόρτισή του) και επιπλέον έχει μικρό χρόνο πήξεως (μερικές ώρες). Η χρήση αγκυρίων βράχου σε κανονικό κানাβο οπλίζει την περιβάλλουσα βραχώμαζα και συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της λειτουργίας τόξου στη βραχώμαζα. Πράγματι, η τάση της βραχώμαζας να παραμορφωθεί διατμητικά προκαλεί (μέσω της διασταλτικότητας) την ανάπτυξη εφελκυσμού στα αγκύρια και συνεπώς θλίψης στη βραχώμαζα. Η θλίψη της βραχώμαζας αυξάνει την αντοχή της και μειώνει την παραμορφωσιμότητά της λόγω εγκιβωτισμού (λειτουργία ανάλογη με αυτή του σπειροειδούς οπλισμού στα υποστηλώματα).
4. Ολοκλήρωση του δακτυλίου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο σύνολο της διατομής (δηλαδή και στο δάπεδο). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας κλειστός δακτύλιος με πολύ μικρή παραμορφωσιμότητα ώστε να περιορίζονται

οι περαιτέρω συγκλίσεις του τοιχώματος. Η δημιουργία κλειστού δακτυλίου με την ταχεία σκυροδέτηση του δαπέδου (early invert closure) συντελεί τα μέγιστα στη μείωση της σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας και στην ευστάθεια της διατομής. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση βραχόμαζας με καλά μηχανικά χαρακτηριστικά συχνά δεν είναι απαραίτητο να ολοκληρώνεται ο δακτύλιος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, δηλαδή δεν επενδύεται με σκυρόδεμα το δάπεδο της σήραγγας.

5. Στην περίπτωση διάνοιξης σήραγγων σε βραχόμαζα με πολύ πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά ή σε εδαφικούς σχηματισμούς, είναι συνήθης η εμφάνιση φαινομένων αστάθειας του μετώπου της εκσκαφής (face instability). Τα φαινόμενα αυτά προκαλούν αύξηση της σύγκλισης και αποδιοργάνωση της δομής της βραχόμαζας με πιθανή κατάληξη την κατάρρευση της σήραγγας. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να ληφθούν μέτρα βελτίωσης της ευστάθειας του μετώπου, όπως αύξηση του αριθμού των φάσεων εκσκαφής (ώστε να μειωθούν οι διαστάσεις του μετώπου), διαμόρφωση του μετώπου με κλίση ως προς την κατακόρυφο (δηλαδή αφήνοντας έναν εδαφικό τάκο στον πόδα του μετώπου), ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια, ενίσχυση της οροφής με ράβδους (spiles) ή δοκούς προπορείας (forepoling), κατασκευή τσιμεντενέσεων, επένδυση του μετώπου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κλπ.
6. Η πυκνότητα των μέτρων άμεσης υποστήριξης προσαρμόζεται στις επιτόπου συνθήκες. Ειδικότερα, η μέθοδος NATM βασίζεται σε μετρήσεις της συμπεριφοράς του τμήματος της σήραγγας που έχει ήδη διανοιχθεί (όπως μετρήσεις της σύγκλισης του τοιχώματος, της πίεσης της βραχόμαζας στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, της θλιπτικής τάσης στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κλπ). Με τον τρόπο αυτό, οποιαδήποτε απόκλιση από την προηγούμενη συμπεριφορά θα πρέπει να αξιολογείται και να ερμηνεύεται, στη συνέχεια δε, να αντιμετωπίζεται με κατάλληλη προσαρμογή των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

Ως εκ της φύσεως της μεθόδου, ο σχεδιασμός της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας θα πρέπει να είναι ευπροσάρμοστος στις επιτόπου συνθήκες. Για το σκοπό αυτό ο σχεδιασμός γίνεται ως εξής:

1. Με βάση τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών η βραχώμαζα που αναμένεται να συναντηθεί κατά μήκος της σήραγγας κατατάσσεται σε 3-5 κατηγορίες (με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά). Οι κατηγορίες αυτές συνήθως βασίζονται στα γνωστά συστήματα κατατάξεως (RMR, GSI, Q).
2. Μορφώνονται 3-5 τυπικές διατομές διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας οι οποίες διαφέρουν ως προς το είδος των μέτρων υποστήριξης (π.χ. εάν διαθέτουν ενίσχυση με χαλύβδινα πλαίσια) και την πυκνότητά τους (π.χ. διάσταση του κανάβου των αγκυριών ή πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος). Οι τυπικές διατομές μπορεί να διαφέρουν και ως προς τον αριθμό των φάσεων εκσκαφής. Κατά τη μόρφωση των διατομών λαμβάνεται υπόψη ότι θα πρέπει να είναι κατασκευαστικά δυνατή η αλλαγή της διατομής της σήραγγας από τον ένα τύπο στον άλλο με σχετική ευχέρεια.
3. Διατυπώνεται ένα σύνολο κριτηρίων με βάση τα οποία θα είναι δυνατή η επιλογή της εφαρμοστέας τυπικής διατομής κατά την κατασκευή της σήραγγας. Τα κριτήρια αυτά συνήθως βασίζονται σε ένα συνδυασμό παραγόντων όπως η ποιότητα της βραχώμαζας, το πάχος των υπερκειμένων γαιών, ο προσανατολισμός των ασυνεχειών της βραχώμαζας, τα αποτελέσματα των μετρήσεων συμπεριφοράς του έργου σε προηγούμενες διατομές ή σε προηγούμενη φάση εκσκαφής στη συγκεκριμένη θέση κλπ.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου NATM σε σχέση με τις εναλλακτικές μεθόδους (διάνοιξη με TBM ή ασπίδα) είναι τα εξής:

1. Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβαλλόμενες γεωτεχνικές συνθήκες.
2. Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβολές της γεωμετρίας της διατομής και στη διάνοιξη μή-κυκλικών διατομών.
3. Περιλαμβάνει μηχανικό εξοπλισμό σχετικώς μικρού κόστους και συνεπώς πλεονεκτεί οικονομικά σε σήραγγες μικρού μήκους.
4. Επιτρέπει ευκολότερη στεγάνωση της σήραγγας με συνθετική μεμβράνη (η οποία συνήθως τοποθετείται μεταξύ της άμεσης και της τελικής επένδυσης).

Φάσεις εκσκαφής

Η εκσκαφή σηράγγων με τη μέθοδο NATM συνήθως γίνεται σε περισσότερες της μιας φάσεις. Τα κυριότερα συστήματα εκσκαφής είναι:

1. Εκσκαφή μετώπου-βαθμίδας. Η εκσκαφή της σήραγγας γίνεται από πάνω προς τα κάτω. Η πρώτη φάση εκσκαφής μπορεί να εκσκαφεί και σε περισσότερες υποφάσεις κατά το πλάτος της σήραγγας. Στην περίπτωση αυτή η πρώτη φάση ουσιαστικά αποτελεί σήραγγα-πιλότο που χρησιμεύει και για τη διερεύνηση των συνθηκών που αναμένεται να συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.
2. Εκσκαφή με πλευρικές στοές. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε σήραγγες μεγάλου εύρους σε βραχώμαζες με σχετικώς πτωχά χαρακτηριστικά ή στις περιπτώσεις όπου είναι κρίσιμος ο περιορισμός της σύγκλισης του τοιχώματος (π.χ. σε αστικές περιοχές). Περιλαμβάνει την υποδιαίρεση της διατομής κατά το πλάτος και διάνοιξη πρώτα της μιας πλευράς και στη συνέχεια της άλλης πλευράς. Σε ιδιαίτερες δύσκολες συνθήκες η μέθοδος μπορεί να περιλάβει δυο πλευρικές στοές και ενδιάμεσο πυλώνα. Στην περίπτωση αυτή πρώτα διανοίγονται οι πλευρικές στοές και στο τέλος διανοίγεται ο κεντρικός πυλώνας.

Παρακολούθηση της συμπεριφοράς σηράγγων

Η επιτυχής διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη σηράγγων με τη μέθοδο NATM βασίζεται σε σημαντικό βαθμό στη συστηματική παρακολούθηση της συμπεριφοράς της σήραγγας και στη συνεχή προσαρμογή των χαρακτηριστικών της διάνοιξης και υποστήριξης με βάση τα αποτελέσματα της παρακολούθησης (π.χ. τροποποίηση του βήματος εκσκαφής και της διαδικασίας τοποθέτησης των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, πύκνωση ή αραίωση των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, τροποποίηση του πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τροποποίηση του μήκους των αγκυρίων, προσθήκη αγκυρίων σε χαρακτηριστικές θέσεις κλπ). Η παρακολούθηση της συμπεριφοράς της σήραγγας γίνεται μέσω συστηματικών μετρήσεων και κατάλληλης αξιολόγησής των.

Κατά τη διάνοιξη και υποστήριξη σηράγγων συνήθως μετρούνται τα εξής:

1. Μετακινήσεις: του τοιχώματος της σήραγγας, της βραχώμαζας που περιβάλλει τη σήραγγα και της επιφάνειας του εδάφους.

2. Πιέσεις: της βραχώμαζας στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, υδατικές πιέσεις στο έδαφος που περιβάλλει τη σήραγγα.
3. Δυνάμεις: εφελκυσμός στα αγκύρια, θλίψη/κάμψη στα χαλύβδινα πλαίσια.
4. Παροχή διηθήσεων υπογείων υδάτων.

Στα επόμενα περιγράφονται συνοπτικά οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις ανωτέρω μετρήσεις. Σημειώνεται ότι το είδος των μετρήσεων, οι θέσεις τοποθέτησης των οργάνων μέτρησης, η συχνότητα των μετρήσεων, ο τρόπος της αξιολόγησής τους, τα αποδεκτά όρια των μετρήσεων και, τέλος, οι ενέργειες που θα πρέπει να αναλαμβάνονται σε περίπτωση που οι μετρήσεις υπερβούν τα αποδεκτά όρια θα πρέπει να αποτελούν αντικείμενο ειδικής μελέτης. Δεν είναι σπάνια η περίπτωση που οι μετρήσεις γίνονται μεν αλλά δεν αξιολογούνται ή δεν είναι γνωστά τα μέγιστα αποδεκτά όρια ή, τέλος, δεν έχουν αποφασισθεί οι ενέργειες σε περίπτωση υπέρβασης των αποδεκτών ορίων.

Μετρήσεις των μετακινήσεων

- 1) Μετακινήσεις του τοιχώματος της σήραγγας :
 - i. Τοπογραφική αποτύπωση της μετακίνησης σε τρεις άξονες. Αμέσως μετά την εκσκαφή της σήραγγας τοποθετούνται στο τοίχωμα (με κατάλληλα βλήτρα) οπτικοί ανακλαστήρες. Οι συντεταγμένες στο χώρο των ανακλαστήρων μετρούνται σε τακτά διαστήματα με τοπογραφικό όργανο. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να παρακολουθείται η χρονική εξέλιξη της μετακίνησης ενός σημείου του τοιχώματος της σήραγγας ή η σχετική απόσταση μεταξύ δυο σημείων του τοιχώματος. Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από την απόσταση σκόπευσης, την ακρίβεια του οργάνου αλλά και άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία του αέρα και η παρουσία καυσαερίων στη σήραγγα. Η συνήθης ακρίβεια τέτοιων μετρήσεων είναι 2-4mm.
 - ii. Χωροσταθμική υψομετρική αποτύπωση. Με τοπογραφικό όργανο (χωροβάτη) μετράται το υψόμετρο στόχων που τοποθετούνται στο δάπεδο και τις παρειές της σήραγγας. Η συνήθης ακρίβεια των μετρήσεων αυτών είναι 1-2mm.

- iii. Μέτρηση της απόστασης μεταξύ δυο σημείων στο τοίχωμα της σήραγγας με μεταλλική μετροταινία. Η ακρίβεια των μετρήσεων είναι της τάξεως του 0.5mm.

2) Μετακινήσεις της βραχόμαζας :

- i. Εκτασιόμετρα ράβδου τοποθετούμενα εντός γεωτρήσεων. Εντός γεώτρησης τοποθετούνται μεταλλικές ράβδοι των οποίων το ένα άκρο πακτώνεται εντός της γεώτρησης (με κάποιο σύστημα αγκύρωσης) και το άλλο άκρο προεξέχει ελαφρώς από το στόμιο της γεώτρησης. Στην ίδια γεώτρηση μπορούν να τοποθετηθούν περισσότερες της μιας ράβδοι που πακτώνονται σε διάφορα βάθη. Με το όργανο αυτό μετράται η σχετική μετακίνηση του σημείου πακτώσεως της ράβδου ως προς το στόμιο της γεώτρησης (δηλαδή ως προς το τοίχωμα της σήραγγας, εφόσον οι γεωτρήσεις γίνονται από το εσωτερικό της σήραγγας).
- ii. Μαγνητικά εκτασιόμετρα τοποθετούμενα εντός γεωτρήσεων. Εντός γεώτρησης τοποθετείται πλαστικός σωλήνας ο οποίος φέρει μεταλλικούς δακτυλίους σε τακτά διαστήματα (π.χ. ανά 0.50m). Ο σωλήνας πακτώνεται εντός της γεωτρήσεως με τσιμεντένεμα. Κατά τη μέτρηση, εισάγεται στο σωλήνα μια βολίδα η οποία με μαγνητική μέθοδο μετρά την απόσταση μεταξύ των δακτυλίων. Η σχετική μετακίνηση των δακτυλίων δίνει την παραμόρφωση της βραχόμαζας αφού οι δακτύλιοι παρακολουθούν τη μετακίνηση της βραχόμαζας.
- iii. Ολισθαίνοντα εκτασιόμετρα. Εντός γεώτρησης τοποθετείται ειδικός πλαστικός σωλήνας ο οποίος σε τακτά διαστήματα φέρει μεταλλικούς δακτυλίους κατάλληλου σχήματος. Ο σωλήνας πακτώνεται εντός της γεώτρησης με τσιμεντένεμα. Κατά τη μέτρηση εισάγεται στο σωλήνα μεταλλικό στέλεχος που ολισθαίνει κατά μήκος του σωλήνα και σταματά (κλειδώνει) στις θέσεις των μεταλλικών δακτυλίων. Με τον τρόπο αυτό μετράται η σχετική απόσταση μεταξύ των δακτυλίων με μεγάλη ακρίβεια (της τάξεως του 0.01mm). Η σχετική μετακίνηση των δακτυλίων δίνει την παραμόρφωση της βραχόμαζας αφού οι δακτύλιοι παρακολουθούν τη μετακίνηση της βραχόμαζας.
- iv. Αποκλισιόμετρα. Εντός γεώτρησης τοποθετείται (και πακτώνεται με

τσιμεντένεμα) ειδικός πλαστικός σωλήνας. Κατά τη μέτρηση εισάγεται εντός του σωλήνα ειδική βολίδα η οποία εφαρμόζει ακριβώς και ολισθαίνει κατά μήκος του σωλήνα. Η βολίδα διαθέτει ένα ηλεκτρονικό σύστημα (ηλεκτρονικό εκκρεμές) με το οποίο καταγράφεται η απόκλιση από την κατακόρυφο της βολίδας σε κάθε θέση. Με ολοκλήρωση των αποκλίσεων μπορεί να υπολογισθεί η μετακίνηση του σωλήνα σε διεύθυνση εγκάρσια προς τον άξονά του. Τα αποκλισιόμετρα συνήθως τοποθετούνται από την επιφάνεια του εδάφους σε κατακόρυφη διεύθυνση και μετρώνται οι οριζόντιες αποκλίσεις του σωλήνα με την πάροδο του χρόνου.

3) Μετακινήσεις (βυθίσεις) της επιφάνειας του εδάφους :

Οι βυθίσεις (καθιζήσεις) της επιφάνειας του εδάφους λόγω της κατασκευής υπογείων έργων μπορούν να μετρηθούν με τα εξής όργανα:

- i. Με χωροσταθμική υψομετρική αποτύπωση με χρήση χωροβάτη.
- ii. Με οριζοντίως διατεταγμένα αποκλισιόμετρα. Με τα όργανα αυτά μετράται η απόκλιση από την οριζόντια διεύθυνση σε διάφορα σημεία μιας πρακτικώς οριζόντιας γραμμής (π.χ. κατά μήκος του δαπέδου ενός κτιρίου). Με ολοκλήρωση των αποκλίσεων μπορεί να υπολογισθούν οι βυθίσεις των σημείων της αρχικώς οριζόντιας γραμμής.
- iii. Με όργανα μέτρησης του ανοίγματος ρωγμών. Τέτοια όργανα τοποθετούνται π.χ. στη μεσοτοιχία γειτονικών κτιρίων με σκοπό να μετρηθεί η σχετική απομάκρυνσή τους.

Μετρήσεις των πιέσεων

- 1) Οι εδαφικές πιέσεις στην επένδυση της σήραγγας μπορούν να μετρηθούν με κύτταρα πίεσεως που τοποθετούνται στη διεπιφάνεια κατά την κατασκευή της επένδυσης.
- 2) Οι υδατικές πιέσεις στο έδαφος γύρω από μια σήραγγα μπορούν να μετρηθούν με πιεζόμετρα. Τα πιεζόμετρα είναι διαφόρων τύπων: υδραυλικά, ηλεκτρικά ή πνευματικά.

Μετρήσεις δυνάμεων

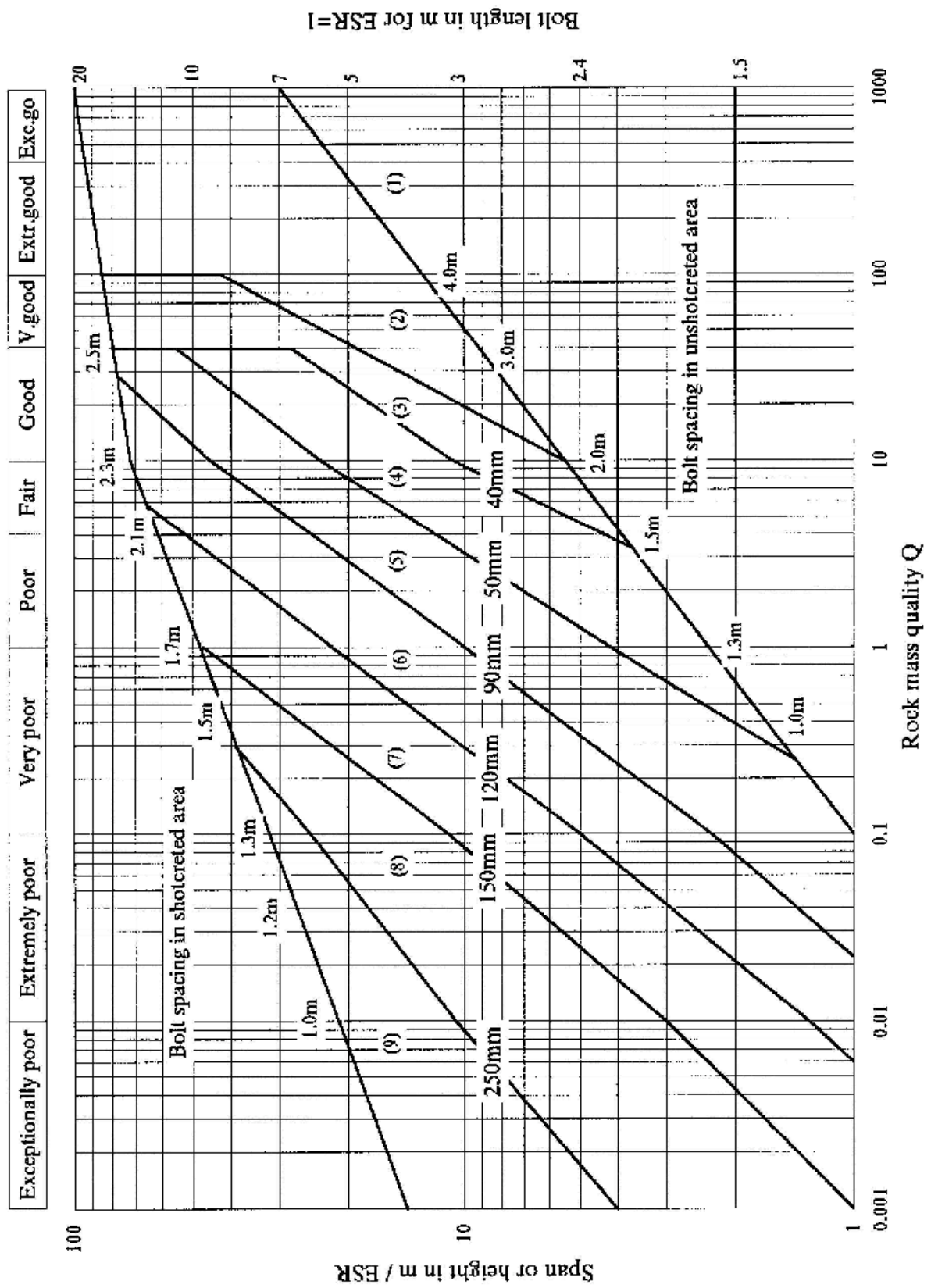
Φορτία εφελκόμενων ή θλιβόμενων στοιχείων (π.χ. αγκύρια, χαλύβδινα πλαίσια κλπ) μπορούν να μετρηθούν με την τοποθέτηση ηλεκτρομηκυσιομέτρων (strain gauges) ή μετρητών φορτίου κατά την κατασκευή των φορτιζόμενων στοιχείων. Στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η μέτρηση του φορτίου σε ένα φορτιζόμενο στοιχείο στο οποίο δεν έχει τοποθετηθεί εκ των προτέρων σύστημα μέτρησης, η συνηθέστερη μέθοδος είναι η μέθοδος της αποφόρτισης με δειγματοληψία.

Κατά τη μέθοδο αυτή ανοίγεται μια μικρή οπή στο φορτιζόμενο στοιχείο, τοποθετείται ένα σύστημα τριών ηλεκτρομηκυσιομέτρων τα οποία στη συνέχεια πακτώνονται εντός της οπής με εποξειδική ρητίνη. Στη συνέχεια, αφαιρείται ένα αρκετά μεγάλο τμήμα του φορτιζόμενου στοιχείου που περιλαμβάνει και τα ηλεκτρομηκυσιομέτρα. Κατά την αφαίρεση το στοιχείο αποφορτίζεται και τα ηλεκτρομηκυσιομέτρα φορτίζονται με φορτίο ίσο και αντίθετο με το φορτίο του στοιχείου πριν αφαιρεθεί.

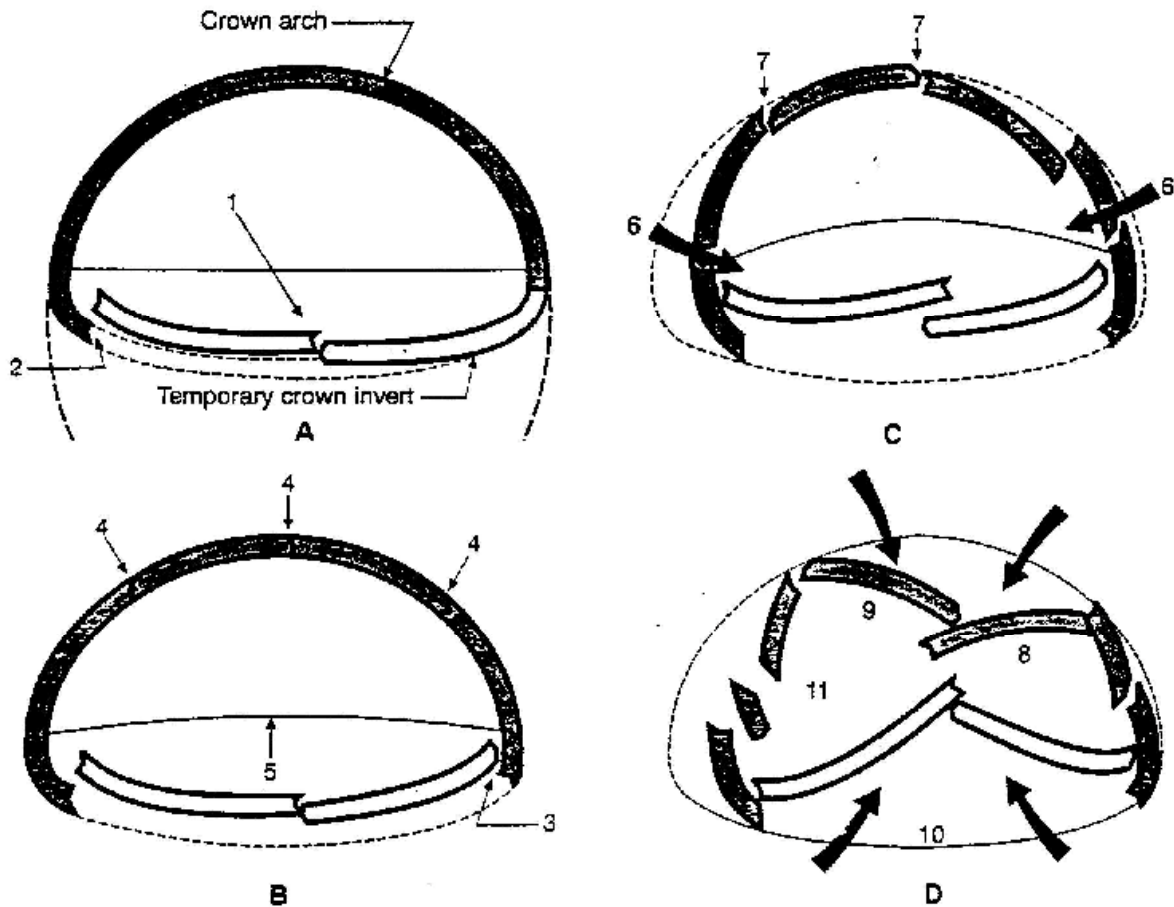
Μετρήσεις παροχών

Η μέτρηση υδατικών παροχών εντός της σήραγγας γίνεται με παροχόμετρα ή με σύστημα ελεγχόμενης υπερχειλίσης.





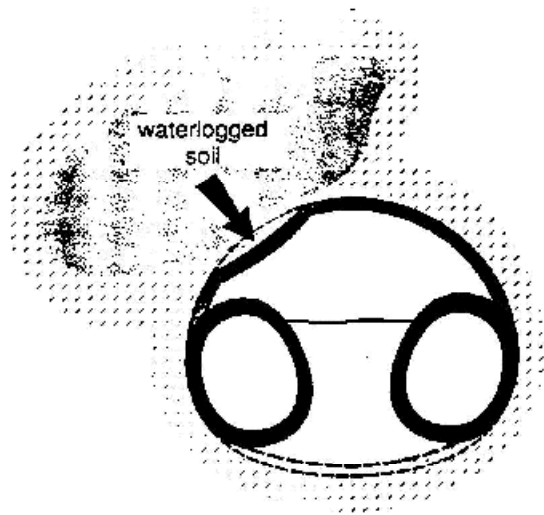
Σχήμα 5: Εκτίμηση των μέτρων άμεισης υποστήριξης κατά το σύστημα Q (NGI)



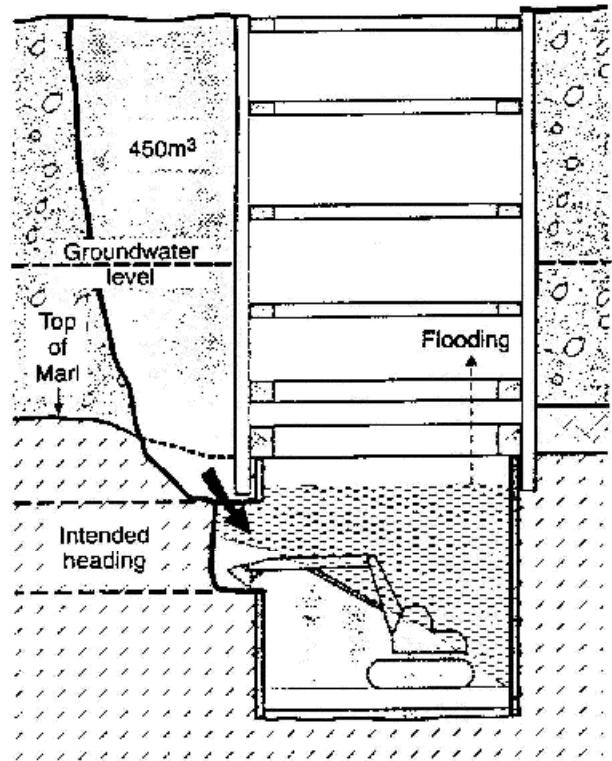
- A.** 1. Overstressing of the temporary inverted arch to the crown section.
 2. Shear failure of the temporary invert to the crown section west.
- B.** 3. Shear failure of the temporary invert to the crown section east.
 4. Shear and bending cracks in the crown lining.
 5. Heaving of the crown invert
- C.** 6. Horizontal movement of the crown footings.
 7. Opening of cracks in crown arch.
- D.** 8. Collapse of the eastern sidewall.
 9. Collapse of the western sidewall.
 10. Arching up of the tunnel invert.
 11. Fragmented elements of the crown.

Incident at Landrucken tunnel, Germany
(after John, Wogan & Heissel, 1987)

Σχήμα 6: Τύποι αστοχίας σηράγγων



Incident at Krieburg tunnel, Germany.
(after Lechnitz & Schlitt, 1987)



Incident at Munich, Germany
(after Weber, 1987)

Σχήμα 7: Τύποι αστοχίας σηράγγων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΝΤΕ
αμεση υποστηριξη σηραγγων

1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Η ανάλυση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης μιας σήραγγας έχει τους εξής σκοπούς:

1. Να ελέγξει ότι η διατομή της σήραγγας σε κάθε φάση εκσκαφής είναι ευσταθής, δηλαδή ότι το μέτωπο της εκσκαφής είναι ευσταθές και ότι τα μέτρα άμεσης υποστήριξης μπορούν να αναλάβουν με επαρκή ασφάλεια τα φορτία της βραχόμαζας.

2. Να ελέγξει ότι οι συγκλίσεις του τοιχώματος της σήραγγας, της περιβάλλουσας βραχόμαζας και (εφόσον απαιτείται) της επιφάνειας του εδάφους είναι εντός των αποδεκτών ορίων. Τα όρια αυτά καθορίζονται από τις ανοχές των δομημάτων που επηρεάζονται από την κατασκευή της σήραγγας και από την απαίτηση να αποφευχθεί η υπερβολική χαλάρωση της περιβάλλουσας βραχόμαζας αλλά και ταυτοχρόνως να ενεργοποιηθεί η αντοχή της βραχόμαζας σε ικανοποιητικό βαθμό.

3. Να προσδιορίσει τη διαδικασία εκσκαφής (αριθμός και διαστάσεις των φάσεων εκσκαφής και μέγιστο βήμα προχώρησης) και το σύστημα άμεσης υποστήριξης (είδος και πυκνότητα μέτρων υποστήριξης, πρόγραμμα τοποθέτησης κλπ) τα οποία συνδυάζουν ικανοποιητική ασφάλεια με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

Κατά τη διάνοιξη σηράγγων με τη μέθοδο NATM, η διαδικασία εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης έχει σκοπό να επιτρέψει την ελεγχόμενη σύγκλιση της βραχόμαζας προς το εσωτερικό της σήραγγας ώστε να αναπτυχθεί φαινόμενο θόλου, δηλαδή θλιπτική ένταση (σθ) της βραχόμαζας κατά την περιφέρεια της σήραγγας, και με τον τρόπο αυτό να μειωθεί η πίεση στην άμεση υποστήριξη, δεδομένου ότι η πίεση της βραχόμαζας στην άμεση υποστήριξη της σήραγγας δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένη αλλά εξαρτάται από τον τρόπο εκσκαφής και υποστήριξης. Τυπικά, όσο πιο γρήγορα τοποθετείται η άμεση υποστήριξη και όσο πιο ανένδοτη είναι, τόσο μεγαλύτερα φορτία αναλαμβάνει. Αντιθέτως, όσο περισσότερο ενδόσιμη είναι η άμεση υποστήριξη και όσο αργότερα τοποθετείται τόσο μικρότερα φορτία αναλαμβάνει υπό την προϋπόθεση ότι η καθυστέρηση στην τοποθέτηση της άμεσης υποστήριξης δεν θα προκαλέσει υπερβολική χαλάρωση και αποδιοργάνωση της βραχόμαζας (οπότε θα αυξηθούν σημαντικά τα φορτία της άμεσης υποστήριξης).

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, η ανάλυση της άμεσης υποστήριξης δεν μπορεί να

γίνει με κάποια συμβατικά φορτία επειδή τα φορτία αυτά δεν εξαρτώνται μόνον από τα χαρακτηριστικά της βραχόμαζας αλλά και από τον τρόπο διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας. Συνεπώς, οι διάφορες μέθοδοι εκτίμησης των φορτίων της βραχόμαζας στην επένδυση σηράγγων (μέθοδος Bieniawski, Terzaghi, Protodyakonov, NGI κλπ) δίνουν πολύ διαφορετικά αποτελέσματα, επειδή βασίζονται σε παραδοχές περί του τρόπου διάνοιξης και υποστήριξης της σήραγγας οι οποίες διαφέρουν από μέθοδο σε μέθοδο. Τέλος, σημειώνεται ότι οι περισσότερες από τις μεθόδους αυτές έχουν αναπτυχθεί πριν από την εκτεταμένη εφαρμογή των σύγχρονων μεθόδων διάνοιξης και υποστήριξης σηράγγων και συνεπώς οι παραδοχές τους διαφέρουν σημαντικά από τις σύγχρονες συνθήκες διάνοιξης σηράγγων. Κατά συνέπεια, μια αξιόπιστη ανάλυση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης σηράγγων θα πρέπει να προσομοιώνει την πλήρη ακολουθία των φάσεων διάνοιξης και υποστήριξης, δηλαδή την αλληλεπίδραση μεταξύ των μέτρων υποστήριξης και της περιβάλλουσας βραχόμαζας. Ειδικότερα, θα πρέπει να προσομοιώνονται τα εξής:

1. Η σύγκλιση της βραχόμαζας πριν από την τοποθέτηση των μέτρων άμεσης υποστήριξης της σήραγγας. Η σύγκλιση αυτή συμβαίνει αφενός μεν πριν το μέτωπο εκσκαφής φθάσει στη συγκεκριμένη θέση αφετέρου δε στο διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της εκσκαφής και της τοποθέτησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης. Κατά τη διδιάστατη ανάλυση σηράγγων (δηλαδή την ανάλυση σε επίπεδο κάθετα στον άξονα της σήραγγας) τα ανωτέρω μπορούν να προσομοιωθούν είτε μέσω του συντελεστή αποτόνωσης των τάσεων (λ) που προσδιορίζεται από τις καμπύλες Panet είτε μέσω μιας ισοδύναμης απομείωσης του μέτρου ελαστικότητας.
2. Η βαθμιαία ενεργοποίηση των μέτρων άμεσης υποστήριξης, όπως π.χ. η βαθμιαία αύξηση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, η βαθμιαία αύξηση της συνάφειας των αγκυρίων πλήρους πάκτωσης με τσιμεντένεμα, η τυχόν ατελής επαφή των χαλύβδινων πλαισίων με τη βραχόμαζα κλπ.

2. ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

Με τον όρο “Μέτρα Άμεσης Υποστήριξης” γίνεται αναφορά σε όλα εκείνα τα μέτρα, που πρέπει να ληφθούν κατά την διάρκεια της εκσκαφής ή αμέσως μετά από αυτή, και τα οποία θα επιτρέψουν να εκσκαφεί η διατομή, σύμφωνα με τις προβλέψεις της οριστικής μελέτης, των προδιαγραφών και των σχεδίων. Επί πλέον, τα μέτρα άμεσης υποστήριξης εμποδίζουν την πιθανή κατάρρευση της βραχομάζας ή την εκδήλωση παραμορφώσεων, που δεν είναι αποδεκτές, πριν ολοκληρωθεί η κατασκευή της τελικής επένδυσης. Ακόμα, τα μέτρα άμεσης υποστήριξης προστατεύουν από κινδύνους καταστροφών τις κατασκευές και εξασφαλίζουν το εργαζόμενο προσωπικό από τον κίνδυνο ατυχημάτων γενικά.

Παρακάτω αναφέρονται τα μέτρα άμεσης υποστήριξης, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της σήραγγας, ανάλογα με τη διατομή αυτής, την κατηγορία του πετρώματος και τις λοιπές τοπικές συνθήκες :

- (1) Ηλώσεις και απλά βλήτρα βράχου.
- (2) Εκτοξευμένο σκυρόδεμα (ινοπλισμένο με χαλύβδινες ίνες ή μη)
- (3) Μεταλλικό πλέγμα ή γαλβανισμένο συρματόπλεγμα.
- (4) Χαλύβδινα πλαίσια.
- (5) Μεταλλικά δικτυωτά πλαίσια.
- (6) Μεταλλικά ελάσματα, επίπεδα ή πτυχωτά, διάτρητα ή μη.
- (7) Προτοποθετούμενα ελάσματα ή ράβδοι ή δοκοί προπορειας (forepoling).
- (8) Στοιχεία έγχυτου ή προκατασκευασμένου σκυροδέματος.
- (9) Προενίσχυση πετρώματος (ενέσεις σταθεροποίησης) κλπ.

Έτσι καλύπτεται η εκτέλεση του συνόλου των εργασιών, σε συσχετισμό με τις εργασίες εκσκαφής, που απαιτούνται για την ασφαλή υποστήριξη των εκσκαφών κατά τη διάρκεια της διάνοιξης της σήραγγας και συμπεριλαμβάνει την παροχή του συνόλου των μηχανημάτων και του εξοπλισμού, του εργατικού δυναμικού, όλων των απαιτούμενων υλικών και κάθε άλλης εργασίας, που απαιτείται, σύμφωνα με τα σχέδια.

2.1 Επιλογή μέσων άμεσης υποστήριξης

Οι λεπτομέρειες υποστήριξης και σταθεροποίησης της διατομής της σήραγγας θα ποικίλλουν, κατά περίπτωση πετρώματος μέσα στο οποίο γίνεται η διάνοιξη. Τα μέτρα υποστήριξης καθορίζονται στην εγκεκριμένη οριστική μελέτη του έργου για κάθε κατηγορία γεωυλικών και κάθε διατομή σήραγγας.

Τα μέσα άμεσης υποστήριξης ευρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την κατηγορία πετρώματος, στην οποία κατατάσσεται το κάθε τμήμα της σήραγγας, ανάλογα με τη διατομή αυτής και ανάλογα προς τις τοπικές συνθήκες, σύμφωνα με την οριστική μελέτη, λαμβανομένης υπόψη της διαδικασίας που αναφέρεται στους όρους δημοπράτησης του έργου.

2.2 Τρόπος, φάσεις και χρόνος εφαρμογής των μέσων άμεσης υποστήριξης στις διάφορες κατηγορίες πετρωμάτων

Η συμπεριφορά της βραχομάζας στο μέτωπο και πίσω από το μέτωπο απαιτεί, σχεδόν πάντοτε, ταχείες επεμβάσεις για τη σταθεροποίησή της. Εξ άλλου είναι σαφές ότι ο κάθε τύπος διατομής επιβάλλει ιδιαίτερο τρόπο τοποθέτησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης. Προκειμένου π.χ. για βράχο καλής ποιότητας και για να αυξηθεί ο ρυθμός προόδου της εκσκαφής, δεν είναι απαραίτητο να εκτελεσθούν όλες οι εργασίες υποστήριξης κοντά στο μέτωπο. Αντίθετα, προκειμένου για βράχο κακής ποιότητας, θα χρειασθεί να συμπληρωθεί, το συντομότερο δυνατό, ολόκληρη η διατομή ακόμη και με ανεστραμμένο τόξο πυθμένα. Οι περιπτώσεις, δηλαδή, ευστάθειας της βραχομάζας επηρεάζουν τον ρυθμό τοποθέτησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης, καθώς επίσης και το είδος και τη μορφή των μέτρων που θα εφαρμοσθούν.

2.3 Βασικά μέτρα άμεσης υποστήριξης

Εκτοξευμένο Σκυρόδεμα - Αγκύρια Βράχου

Για όλες τις κατηγορίες πετρωμάτων, βασικά μέτρα άμεσης υποστήριξης είναι το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και οι ήλοι/ αγκύρια βράχου, διαφόρων κατηγοριών, καθώς και τα απλά βλήτρα. Στην περιοχή του μετώπου το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα τοποθετείται αμέσως μετά την εκσκαφή, πολλές φορές κατά την διάρκεια της εκσκαφής και πάντως σύγχρονα με την αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής, σε μια

λεπτή στρώση, ενδεικτικού πάχους 3 έως 5 cm. Η άμεση τοποθέτηση του εκτοξευομένου σκυροδέματος έχει σκοπό να περιορίσει τις μετακινήσεις της βραχομάζας και να επιμηκύνει το χρόνο αυτοϋποστήριξης του πετρώματος μετά την εκσκαφή.

Μετά την ολοκλήρωση της απομάκρυνσης των προϊόντων της εκσκαφής, ουσιαστικά αρχίζει η φάση λήψης των μέτρων άμεσης υποστήριξης, που χρονικά δεν πρέπει να διαφέρει από την προηγούμενη και εφαρμόζεται η πλήρης σειρά των μέτρων άμεσης υποστήριξης, δηλαδή στρώση εκτοξευομένου σκυροδέματος, συνολικού πάχους σύμφωνα με την οριστική μελέτη, μη ινοπλισμένου, ή/και ινοπλισμένου με χαλύβδινες ίνες ή/ και οπλισμένου με μεταλλικό πλέγμα, σύμφωνα με την οριστική μελέτη. Συμπληρώνεται, επίσης, και ο αριθμός των αγκυρίων που προβλέπεται από την οριστική μελέτη. Ολοκληρώνεται, έτσι, η κατασκευή των μέτρων άμεσης υποστήριξης, που προβλέπει η εγκεκριμένη μελέτη, μέσα σε ελάχιστο χρόνο από την εκσκαφή.

Εκτοξευμένο Σκυρόδεμα - Μεταλλικά Πλαίσια

Στην περίπτωση που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν μεταλλικά πλαίσια αμέσως μετά την εκσκαφή, τοποθετείται στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ενδεικτικού πάχους 3 έως 5cm, για να προλάβει την έντονη αποτόνωση της βραχομάζας και ακολουθεί, αμέσως μετά, η τοποθέτηση του χαλύβδινου πλαισίου, το οποίο πρέπει να σφηνώνεται στην επιφάνεια της πρώτης στρώσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είτε με προκατασκευασμένους τάκους από σκυρόδεμα, είτε με μεταλλικές σφήνες, έτσι ώστε να αποφεύγεται κάθε σοβαρή κίνηση της βραχομάζας. Στη διάρκεια σφήνωσης του χαλύβδινου πλαισίου τοποθετείται και το μεταλλικό πλέγμα (εφόσον προβλέπεται από την εγκεκριμένη μελέτη), ώστε μετά να είναι εύκολη η τοποθέτηση της οριστικής στρώσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Οι εργασίες που μένουν για την δεύτερη φάση είναι η συμπλήρωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο στατικό του πάχος και η καλή σφήνωση του πλαισίου στην περιοχή της θεμελίωσής του, καθώς και η κατά μήκος σύνδεσή του με διαμηκείς συνδέσμους με τα προηγούμενα πλαίσια.

Στην περίπτωση που η διάνοιξη των διατομών γίνεται σε δύο φάσεις (άνω και κάτω τμήμα), είναι προφανές ότι οι ανωτέρω οδηγίες εφαρμόζονται και στις δύο φάσεις κατασκευής των μέτρων άμεσης υποστήριξης. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να

δίδεται στην υποστήριξη του θόλου της διατομής.

Η εφαρμογή των μέτρων άμεσης υποστήριξης του κάτω τμήματος θα εξαρτηθεί, κυρίως, από την οριστική μελέτη και τις επί τόπου συνθήκες, δηλαδή αν θα ακολουθήσει άμεσα το άνω τμήμα ή πολύ αργότερα. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να τονισθεί ότι πρέπει να καταβληθεί ιδιαίτερη προσοχή στη σύνδεση των χαλύβδινων πλαισίων του άνω τμήματος, τα οποία συνεχίζονται και στο κάτω τμήμα.

Διαφορετική επίσης είναι και η περίπτωση κατηγορίας πετρωμάτων στην οποία έχει εκτιμηθεί ότι πρέπει να κατασκευασθεί ανεστραμμένο τόξο πυθμένα. Στην περίπτωση αυτή η εκσκαφή, η άμεση υποσύλωση και η κατασκευή του ανεστραμμένου τόξου πυθμένα πρέπει να ολοκληρώνεται άμεσα, προκειμένου να επιτευχθεί η συνολική λειτουργία του στατικού δακτυλίου της άμεσης υποστήριξης, ενώ η κατασκευή του πυθμένα με ανεστραμμένο θόλο (invert) θα πρέπει να γίνει στις επόμενες δύο φάσεις.

3. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

Σε ορισμένη απόσταση από το μέτωπο, γίνεται δεκτό ότι έχει επιβληθεί το σύνολο των αναμενόμενων γεωστατικών φορτίων και έχουν γίνει φανερές, τυχόν ενδεχόμενες αδυναμίες και ανεπάρκεια των έργων υποστήριξης. Ως εκ τούτου, στην περιοχή αυτή, είναι δυνατόν να απαιτηθεί η εκτέλεση εργασιών ενίσχυσης της άμεσης υποστήριξης. Οι εργασίες αυτές είναι:

1. Συμπληρωματικές στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος, για ενίσχυση της άμεσης υποστήριξης, αν αυτό προβλέπεται από την εγκεκριμένη οριστική μελέτη εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης ή αν προκύπτει από την επανεκτίμηση των στοιχείων της βραχομάζας που γίνεται κατά τη φάση εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης αυτής.
2. Ενίσχυση και πύκνωση των αγκυρίων, εφ' όσον αυτό προκύπτει από τις μετρήσεις των τάσεων λειτουργίας τους ή/ και την εκτίμηση της συμπεριφοράς της βραχομάζας.
3. Ενίσχυση της θεμελίωσης των χαλύβδινων πλαισίων κατά την ολοκλήρωση της Β' Φάσης των εκσκαφών, εφ' όσον προβλέπεται κατασκευή δοκού

έδρασης τους από σκυρόδεμα κλπ. Αύξηση, ενδεχομένως, των διαμήκων ράβδων στήριξής τους, τοποθέτηση πλαισίων σε ενδιάμεσες θέσεις ή αγκύρωση των ίδιων των τοποθετημένων πλαισίων, αν αυτό απαιτηθεί από τη συμπεριφορά της βραχομάζας.

4. Αποκαταστάσεις των τυχόν αστοχιών των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

3.1 Προενίσχυση πετρώματος ή και προήγηση στοιχείων άμεσης υποστήριξης

Στις περιπτώσεις που θα συναντηθούν κατηγορίες ασθενών πετρωμάτων, που παρουσιάζουν μικρό χρόνο αυτοϋποστήριξης, ενδέχεται να απαιτηθεί, η ενίσχυση του θόλου της εκσκαφής με ορισμένα συστήματα που προχωρούν εμπρός από την κυρίως διάνοιξη όπως π.χ.

1. Προενίσχυση με εμπιγνυόμενους ήλους με τσιμεντένεμα ή όχι

Έμπιξη ήλων σε οπές, που διανοίγονται αμέσως πριν την εκσκαφή, είτε με ώθηση με μηχανικά μέσα, σε διάταξη που να σχηματίζεται μια κωνοειδής επιφάνεια, ομπρέλα υπό την προστασία της οποίας γίνονται αρκετά βήματα προχώρησης της εκσκαφής της σήραγγας με ασφάλεια. Οι εμπιγνυόμενοι ήλοι, μπορεί να περιβάλλονται με τσιμεντένεμα είτε όχι, ανάλογα των τοπικών συνθηκών.

2. Χαλύβδινοι Δοκοί Προπορείας (FOREPOLING)

Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται, σύμφωνα με τη μελέτη ή/και τις εντολές της Υπηρεσίας και περιλαμβάνει τη χρήση μεταλλικών δοκών προπορείας (σιδηροσωλήνες τούμπο ή χαλύβδινες δοκοί διαφόρων διατομών), που τοποθετούνται είτε σε οπές, που διανοίγονται αμέσως πριν από την εκσκαφή, είτε με ώθηση με μηχανικά μέσα, σε διάταξη που να σχηματίζεται μία κωνοειδής επιφάνεια, υπό την προστασία της οποίας γίνονται αρκετά βήματα προχώρησης της εκσκαφής της σήραγγας με ασφάλεια. Πριν εξαντληθεί το μήκος της “ομπρέλας”, αρχίζει να τοποθετείται η επόμενη «ομπρέλα» κ.ο.κ. Έτσι, οι εργασίες στη σήραγγα εκτελούνται υπό τη συνεχή προστασία της “ομπρέλας”.



3. Στοιχεία Εγχύτου ή Προκατασκευασμένου Σκυροδέματος

4. Προενίσχυση Πετρώματος

Η εργασία αυτή εκτελείται, ύστερα από τις εκτιμήσεις της γεωτεχνικής μελέτης, κυρίως με τσιμεντενέσεις σταθεροποίησης του πετρώματος.

5. Αγκύρια υαλονήματος (fiberglass) ενίσχυσης του μετώπου

Τοποθέτηση αγκυρίων υαλονήματος (fiberglass) για την ενίσχυση του μετώπου εκσκαφής εμποτισμένων από τσιμεντένεμα. Τα αγκύρια αυτού του τύπου δίνουν την δυνατότητα ενίσχυσης της βραχώμαζας του μετώπου με την εύκολη κοπή των αγκυρίων κατά την εκσκαφή.

3.2 Ελάχιστα μέσα άμεσης υποστήριξης

Για λόγους προστασίας του πετρώματος από χαλαρώσεις και διαβρώσεις, αλλά και για λόγους στοιχειώδους προστασίας του προσωπικού, τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που αναφέρονται παρακάτω είναι τα ελάχιστα. Οι ελάχιστες αυτές

ποσότητες τοποθετούνται οσοδήποτε καλή ποιότητα πετρώματος και αν διαπιστωθεί. Οι ελάχιστες ποσότητες προσδιορίζονται παρακάτω, πρώτον, σε εκείνες που σε κανένα μέρος της σήραγγας δεν θα υπάρχει λιγότερη υποστήριξη, και δεύτερον, σε εκείνες που θα τοποθετηθούν, κατά μέσο όρο, σε όλο το μήκος των σηράγγων.

1. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (μη ινοπλισμένο):

- Στην οροφή της εκσκαφής, σε τόξο μήκους 10m, για έργα πλάτους καταστρώματος μέχρι 10m (ή αναλογικά μεγαλύτερο για έργα μεγαλύτερου πλάτους), συμμετρικό ως προς την κλείδα, ελάχιστου πάχους 0,05m
- Στις υπόλοιπες παρειές, πλην του δαπέδου, ελάχιστου πάχους 0,03m.

2. Πλέγμα οπλισμού / Ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα:

- Για την περίπτωση εφαρμογής μη ινοπλισμένου σκυροδέματος, στην οροφή της εκσκαφής, σε τόξο μήκους 10m, για έργα πλάτους καταστρώματος μέχρι 10m (ή αναλογικά μεγαλύτερο για έργα μεγαλύτερου πλάτους), συμμετρικό ως προς την κλείδα, μεταλλικό χαλύβδινο πλέγμα, βάρους τουλάχιστον 1,5 kg/m².
- Για την περίπτωση εφαρμογής ινοπλισμένου (με χαλύβδινες ίνες) εκτοξευόμενου σκυροδέματος, μπορεί να παραλείπεται η εφαρμογή μεταλλικού χαλύβδινου πλέγματος.

3. Ηλώσεις με ράβδους οπλισμού St IV διαμέτρου Φ 25 mm:

Στην οροφή της εκσκαφής, σε τόξο μήκους 10m, για έργα πλάτους καταστρώματος μέχρι 10m (ή αναλογικά μεγαλύτερο για έργα μεγαλύτερου πλάτους), συμμετρικό ως προς την κλείδα (εφ' όσον στη συγκεκριμένη θέση της σήραγγας δεν τοποθετούνται μεταλλικά πλαίσια), τουλάχιστον μια ήλωση ελάχιστου μήκους 2,0m, ανά 4m² επιφανείας περιμέτρου εκσκαφής.

4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

Στη διάρκεια της κατασκευής της σήραγγας, πρέπει να πραγματοποιηθούν έλεγχοι και μετρήσεις. Οι μετρήσεις αυτές θα δώσουν στοιχεία για την προσαρμογή του συστήματος υποστήριξης στις συνθήκες της βραχομάζας που θα διαπιστωθούν κατά τη διάνοιξη. Τέλος, θα δώσουν μέσα παρακολούθησης του έργου στη φάση της λειτουργίας του.

Όταν χρησιμοποιούνται τεχνικές εύκαμπτης υποστήριξης, τα αποτελέσματα των μετρήσεων στη φάση της κατασκευής δίνουν στοιχεία για την προσαρμογή της αντιστήριξης της σήραγγας στις διαπιστούμενες συνθήκες της βραχομάζας. Οι δραστηριότητες αυτές, που περιλαμβάνουν πρόγραμμα παρακολούθησης κατά την εκσκαφή, την κατασκευή και τη λειτουργία της σήραγγας, διαιρούνται στις παρακάτω κύριες κατηγορίες:

1. Όργανα εγκαθιστάμενα κατά τη διάρκεια της κατασκευής, για λειτουργική ασφάλεια και για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς της εκσκαφής και της άμεσης υποστήριξης.
2. Έλεγχος των υλικών και των κατασκευαστικών στοιχείων, που χρησιμοποιούνται και της ποιότητας των έργων που πραγματοποιούνται.
3. Όργανα, που τοποθετούνται στην τελική επένδυση και τα στόμια, προκειμένου να εξακριβωθεί η λειτουργία της υποστήριξης και να ελέγχεται η απόδοση του αποστραγγιστικού συστήματος για την εξασφάλιση της παρακολούθησης της συμπεριφοράς της σήραγγας κατά τη λειτουργία της.
4. Όργανα προειδοποίησης για τη λήψη διορθωτικών μέτρων.

Οι δραστηριότητες των τελευταίων δύο κατηγοριών αφορούν κυρίως στην παρακολούθηση της κατασκευής και της συμπεριφοράς της σήραγγας μετά την παράδοσή της σε χρήση και, για το λόγο αυτό, γίνονται κυρίως κατ' εντολή του εργοδότη. Υπάρχει, βέβαια, μεγάλη επικάλυψη ενδιαφέροντος, διότι στη σύγχρονη πρακτική κατασκευής σηράγγων υπεισέρχεται στη διαδικασία της μελέτης και της κατασκευής η συμπεριφορά των υλικών και του τρόπου της εκσκαφής.

4.1 Μετρήσεις κατά τη διάνοιξη και άμεση υποστήριξη

Η παρακολούθηση της εκσκαφής, καθώς προχωρεί η διάνοιξη, είναι απαραίτητο στοιχείο για την ασφάλεια της κατασκευής και για τη μελέτη. Ο κύριος σκοπός της είναι να προσδιορίσει την επάρκεια ή όχι της υποστήριξης και τους ρυθμούς προχώρησης της εκσκαφής και της εφαρμογής της επένδυσης. Τα κυριότερα μέσα για αυτό το σκοπό περιλαμβάνουν τη μέτρηση της μετακίνησης, τόσο στα τοιχώματα όσο και μέσα στο περιβάλλον πέτρωμα, με μάρτυρες παρακολούθησης των μετακινήσεων των τοιχωμάτων και με επιμηκυνσιόμετρα.

Για να προσδιορισθεί κατά προσέγγιση το μέγεθος των μετακινήσεων, που αναμένονται σε μια σήραγγα, γίνονται υπολογισμοί των παραμορφώσεων με “συνοριακά στοιχεία” για τα τμήματα της σήραγγας που είναι αντιπροσωπευτικά των εδαφικών συνθηκών που θα συναντηθούν. Τα αποτελέσματα καταγράφονται σε σχέδια σαν καμπύλες ίσης μετακίνησης. Αυτές αντιστοιχούν σε γραμμική άμεση συμπεριφορά του υλικού χωρίς κανένα παρεμπόδιση από την υποστήριξη. Δεν αποτελούν το ελάχιστο μέτρο της παραμόρφωσης, γιατί έχουν βγει με συνολικά μέτρα παραμόρφωσης, όπου έχουν περιληφθεί διορθώσεις για να ληφθεί υπ’ όψη η υπάρχουσα κατάσταση της βραχομάζας, αλλά ούτε περιλαμβάνουν ερπυσμό ή πλαστική συμπεριφορά στο δακτύλιο “διαρροής” του χαλαρωμένου υλικού.

Οι μετακινήσεις δείχνουν ότι χρειάζονται πλήρεις δακτύλιοι μέτρησης της σύγκλισης συνήθους ακριβείας (ακρίβεια χιλιοστού) και ότι το βαθύτερο άκρο του επιμηκυνσιομέτρου (μηδενικό σημείο αναφοράς) θα πρέπει να τοποθετηθεί σε βάθος περίπου μιας διαμέτρου σήραγγας από το τοίχωμα της σήραγγας. Η διάταξη δακτυλίου για την παρακολούθηση των μετακινήσεων είναι, ενδεικτικά, η εξής:

Πλήρεις δακτύλιοι μετρήσεων τοποθετούνται ανά 10 m και σε άσχημα εδάφη σε μικρότερες αποστάσεις, μέχρι 50m. Πρέπει να τοποθετηθούν το συντομότερο δυνατό μετά την εκσκαφή και τουλάχιστον μέσα σε μισή διάμετρο, σε εσοχή και προστατευμένα από τυχαία ζημιά. Οι κεφαλές, που είναι στο θόλο και στο ανώτερο τμήμα των πλευρικών τοιχωμάτων, θα τοποθετηθούν στην προήγηση εκσκαφής της οροφής, και οι κεφαλές που είναι στο κατώτερο τμήμα των πλευρικών τοιχωμάτων θα τοποθετηθούν στον αναβαθμό. Όλες οι αποστάσεις μεταξύ των κεφαλών θα πρέπει να μετρούνται καθημερινά για να επιτρέψουν την εκτίμηση της αλληλεπίδρασης της υποστήριξης και τον προγραμματισμό του ρυθμού προχώρησης.

Σε επιλεγμένες διατομές, θα τοποθετηθούν τρία (3) τριπλά επιμηκυνσιόμετρα,

ένα στην κλείδα και ανά ένα στο άνω μέρος των πλευρών προς το τοίχωμα (σε κλειστές διατομές με ανεστραμμένο τόξο χρειάζονται πέντε επιμηκυσσιόμετρα).

Τα μήκη των ράβδων σε διατομή συγκοινωνιακών έργων είναι συνήθως 4 m, 8m και 12m. Οι κεφαλές πρέπει να είναι εξ' ολοκλήρου σε εσοχή και προστατευμένες. Είναι χρήσιμο να χρησιμοποιηθούν επιμηκυσσιόμετρα με σύστημα μέτρησης από απόσταση (τηλεχειρισμό), για να αποφευχθεί η δυσχέρεια προσέγγισης του θόλου και για να επεκταθεί η λειτουργία των επιμηκυσσιόμετρων, με τη σφράγιση τους μέσα στη μόνιμη επένδυση. Αρχικά, θα πρέπει οι αναγνώσεις να γίνονται κάθε μέρα, ώσπου το μέγεθος των μετακινήσεων να πλησιάσει, ασυμπτωτικά, μια ορισμένη μικρή τιμή.

Εν πάσει περιπτώσει, πάντως, η παρακολούθηση πρέπει να συνεχισθεί έως ότου το μέτωπο εκσκαφής της σήραγγας (ή του αναβαθμού) θα έχει προχωρήσει πέντε διαμέτρους (περίπου 50 m).

Σε πολύ ασθενές πέτρωμα δύναται να χρησιμοποιηθούν άλλες μέθοδοι, βασιζόμενες σε ηλεκτρονικά μηκυσσιόμετρα (strain gauges), στερεωμένα πάνω σε βλήτρα ή σε μεταλλικά τόξα.

Ηλεκτρονικά μηκυσσιόμετρα πρέπει να προβλεφθούν σε ορισμένα μεταλλικά πλαίσια, για να μετρηθεί η ένταση της καταπόνησής τους. Αυτά τα μηκυσσιόμετρα, συνήθως, τοποθετούνται σε ομάδες των πέντε τεμαχίων στο ίδιο τόξο και θα προβλέπονται, ενδεικτικά, τέτοιες ομάδες ανά 300m.

Σποραδικά, σε όλο το μήκος της σήραγγας πρέπει να γίνουν μετρήσεις της ικανότητας ή και της έντασης των αγκυριών, οι οποίες είναι ανεξάρτητες από τους σποραδικούς δειγματοληπτικούς ελέγχους, που πρέπει να γίνονται κατά διαστήματα σε παλαιότερα αγκύρια. Τέλος, για διασταύρωση των άλλων μετρήσεων, χρειάζεται να γίνεται χωροσταθμικός έλεγχος σημείων της σήραγγας. Τα σημεία αυτά πρέπει να συμπίπτουν με τις ακίδες σύγκλισης.

5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ

Ο έλεγχος των εδαφικών συνθηκών κατά τη φάση της διάνοιξης της σήραγγας αποσκοπεί, αφενός μεν στην επιβεβαίωση των παραδοχών που έχουν γίνει στην οριστική μελέτη αφετέρου δε στην πλήρη τεκμηρίωση της πραγματικής κατάστασης της βραχομάζας, που χρειάζονται για τη μελλοντική παρακολούθηση τόσο της σήραγγας, όσο και του συνολικού αποστραγγιστικού συστήματος αυτής. Δεδομένου ότι η οριστική μελέτη της τελικής επένδυσης έχει γίνει, θα πρέπει να καθορισθεί και αντίστοιχο πρόγραμμα μετρήσεων.

Αναμένεται ότι ένα τέτοιο πρόγραμμα θα περιλαμβάνει την εκτέλεση των παρακάτω, οι οποίες δοκιμές δεν είναι δεσμευτικές.

α. Τακτική δειγματοληψία και εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές.

β. Δοκιμές φόρτισης πλάκας σε δοκιμαστικά πλευρικά ανοίγματα.

γ. Δοκιμές πλακοειδούς (επίπεδου) γρύλου στα τοιχώματα της σήραγγας.

δ. Δοκιμές προσδιορισμού χαρακτηριστικών που αναφέρονται παρακάτω (πίεση νερού κλπ.).

Η τελική επένδυση θα υπόκειται σε χρόνια εξελισσόμενες επιδράσεις, που είναι προτιμότερο να καθορισθούν στη διάρκεια της κατασκευής, παρά να βασίζεται κανείς σε νομικές διαδικασίες, αν τα προβλήματα εμφανισθούν μετά την παράδοση του έργου:

α. Οι πιέσεις του νερού. Πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για τη μέτρηση της πίεσης του νερού πριν και κατά τη διάνοιξη, ώστε να είναι δυνατός ο καθορισμός της απομένουσας πίεσης νερού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό.

β. Η πίεση διόγκωσης του εδάφους. Πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για να εκτιμηθεί το μέγεθος και η επίδραση της όποιας πίεσης διόγκωσης πάνω στο συνδυασμό της τελικής επένδυση και υποστήριξης.

γ. Η παρουσία συστατικών επιβλαβών ή διαβρωτικών στοιχείων στο υπόγειο νερό ή οι ασυνήθιστες θερμοκρασιακές συνθήκες. Τα στοιχεία αυτά δύνανται να επηρεάσουν την ποιότητα του σκυροδέματος ή των άλλων υλικών.

Θεωρείται ότι οι παραπάνω παράγοντες είναι δυνατό να προσδιοριστούν εύκολα με χρήση πιεζομετρικών γεωτρήσεων (εξωτερικά και από μέσα από τη σήραγγα) και με δειγματοληψία. Η δοκιμασία για τις πιέσεις διόγκωσης, πέρα από τις εργαστηριακές δοκιμές, δύνανται να εκτελεστεί καλύτερα σε ένα πειραματικό θάλαμο,

με άκαμπτη επένδυση, και εξοπλισμό με όργανα, που θα κατασκευασθεί αμέσως μόλις συναντηθεί έδαφος με δυναμικό διόγκωσης. Σε ακραία περίπτωση, το πρόγραμμα της κατασκευής θα πρέπει να δεσμευθεί ώστε να επιτρέψει να ληφθούν υπ' όψη στη μελέτη επένδυσης περίπου μισού έτους αποτελέσματα μετρήσεων.

5.1 Ποιοτικός έλεγχος υλικών

Ο σκοπός της παρακολούθησης της συμπεριφοράς των υλικών αφορά δύο κατηγορίες:

- α. Εφαρμογή ποιοτικού ελέγχου στα έργα.
- β. Διαπίστωση της συμπεριφοράς των υλικών, που χρησιμοποιούνται, ώστε να ελέγχεται η σχέση της μελέτης με την κατασκευή, εφ' όσον κριθεί απαραίτητο.

Οι δοκιμές για τον έλεγχο της μελέτης ενδεικτικά είναι:

- α. Δοκιμές τάνυσης και χαλάρωσης των ηλώσεων.
- β. Δοκιμές φορτίου επιμήκυνσης για ηλώσεις και βλήτρα.
- γ. Συνάφεια ηλώσεως και ρητίνης ή ενέματος.
- δ. Δοκιμές προσδιορισμού μέτρου ελαστικότητας εκτοξευόμενου σκυροδέματος, όπως παραπάνω.
- ε. Δοκιμές θραύσης και προσδιορισμού μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος, όπως παραπάνω.
- στ. Παρακολούθηση ορισμένων μεταλλικών πλαισίων με ηλεκτρονικά μηχανοσκόπια.
- ζ. Αποτελέσματα παρακολούθησης της εκσκαφής, όπως παραπάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΞΙ
Βασικά μέτρα υποστήριξης

1. ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

1.1 Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Ως “εκτοξευόμενο σκυρόδεμα” (shotcrete ή gunite ή sprayed concrete) ορίζεται το σκυρόδεμα που διαστρώνεται πάνω σε μία επιφάνεια με εκτόξευσή του από ακροφύσιο, ώστε να σχηματίζει στρώση σκυροδέματος με συνάφεια πάνω στην εν λόγω επιφάνεια.

Είναι το κυριότερο μέσο υποστήριξης στις σύγχρονες κατασκευές σηράγγων. Παρασκευάζεται με τη μέθοδο της ξηρής ή υγρής ανάμιξης, μεταφέρεται και εκτοξεύεται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα προς την επιφάνεια της οροσειράς, όπου προσκολλάται, συμπυκνώνεται και σκληραίνει. Λόγω της μικρής διαμέτρου των κόκκων των αδρανών του, κατατάσσεται, ως προς τις ιδιότητές του, στα κονιάματα. Με πρόσθετες ουσίες μπορούν οι ιδιότητές του να προσαρμοσθούν στις εκάστοτε απαιτήσεις, όσον αφορά την αρχική αντοχή και πρόσφυση, και κατά κανόνα, χρησιμοποιούνται επιταχυντές σκλήρυνσης, προκειμένου να αυξηθεί η πρώιμη αντοχή του. Το ε.σ. καθιστά δυνατή την υποστήριξη της διατομής αμέσως μετά τη διάνοιξη, επιταχύνοντας μάλιστα βέλτιστη συνεργασία με τον ορεινό όγκο.

Η χρήση του, παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία και μπορεί εύκολα να προσαρμοσθεί σε εναλλασσόμενες απαιτήσεις, ακόμη και σε τμηματική εκσκαφή οποιοδήποτε μεγέθους. Λόγω του μικρού του πάχους η υποστήριξη με ε.σ. έχει κατ' αρχήν μια μικρή αντοχή σε κάμψη και λόγω της υψηλής ικανότητας ερπυσμού του φρέσκου σκυροδέματος μπορεί να παρακολουθήσει χωρίς ρωγμές μεγαλύτερες παραμορφώσεις. Το ε.σ. χρησιμοποιείται κυρίως για προσωρινή υποστήριξη, για σφράγιση, για οριακή ενίσχυση της οροσειράς, για εξομάλυνση της εκσκαπτόμενης διατομής και για στεγανοποίηση, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και για την οριστική υποστήριξη. Το ερώτημα του κατά πόσον συμμετέχει στην παραλαβή φορτίων μπορεί να απαντηθεί με το ότι ακόμη και σε μια σφράγιση (με πάχος στρώματος < 5 cm) η φέρουσα ικανότητα είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη, επειδή η οριακή ενίσχυση κλείνει ταυτόχρονα τα διάκενα και εμποδίζει τη δημιουργία μικρών ρωγμών, ενεργοποιώντας έτσι τη δημιουργία θόλου.

Το ε.σ. χρησιμοποιείται άοπλο, οπλισμένο με χαλύβδινο πλέγμα, με αγκύρωση καθώς και με χαλύβδινες ίνες. Αν χρησιμοποιηθεί σαν κατασκευαστικό μπετόν με συγκεκριμένη αντοχή θα πρέπει να γίνει πάχους 15-40cm.

ΞΗΡΑ ΑΝΑΜΙΞΗ	ΥΓΡΑ ΑΝΑΜΙΞΗ
Υψηλή πρόσφυση	Μικρότερη πρόσφυση
Χαμηλό κόστος εξοπλισμού	Υψηλό κόστος εξοπλισμού
Μεγάλη αναπήδηση υλικού	Μικρότερη αναπήδηση υλικού
Μικρή έκταση εργασιών /ημέρα	Μεγαλύτερη έκταση εργασιών /ημέρα
Επιτυχία υψηλών αντοχών	Μικρότερες αντοχές
Μεγάλη παραγωγή σκόνης	Μικρότερη παραγωγή σκόνης
Ανεπαρκής έλεγχος της ποσότητας νερού ανάμιξης.	Ακριβείς έλεγχος της ποσότητας νερού ανάμιξης

1. Ανάμιξη

Τα αδρανή υλικά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ζυγίζονται με ακρίβεια πριν από την ανάμιξη. Στην περίπτωση ξηρής ανάμιξης, τα αδρανή αναμιγνύονται πλήρως, χωρίς την προσθήκη νερού και, πριν την εναπόθεσή τους στον εξοπλισμό διάστρωσης, και στην περίπτωση υγρής ανάμιξης σύμφωνα με την έγκριση της Υπηρεσίας. Το τσιμέντο προστίθεται όχι νωρίτερα της μίας ώρας από την ώρα διάστρωσης, και μίγματα που δεν επιστρώνονται εντός μίας ώρας από την προσθήκη του τσιμέντου απορρίπτονται. Η προσθήκη των ινών συνήθως γίνεται στα παρασκευαστήρια. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, προστίθενται στο αυτοκίνητο μεταφοράς σκυροδέματος, αλλά αναμιγνύονται επί επαρκή χρόνο για την επίτευξη της απαραίτητης ομοιογένειας.

Η αναλογία του προσμίκτου ταχείας πήξης μετράται επακριβώς, ώστε να συμφωνεί με την Μελέτη Σύνθεσης, ενώ τα πρόσμικτα θα προστίθενται στους κατάλληλους χρόνους πριν από την διάστρωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

2. Προετοιμασία της επιφάνειας εφαρμογής

Όταν πρόκειται να εφαρμοσθεί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε επιφάνειες που προέκυψαν από εκσκαφή, αυτές προετοιμάζονται με ένα ελάχιστο ξεσκάρωμα των χαλαρών υλικών, κατά τις οδηγίες της Υπηρεσίας. Οι επιφάνειες που αποκαλύπτονται, καθαρίζονται τελείως με αέρα και νερό υπό πίεση ή με άλλα μέσα,

για να αφαιρεθούν όλα τα ίχνη σκόνης, λάσπης, λαδιού, χαλαρών κομματιών, υλικών αναπήδησης ή χαλαρού βράχου καθώς και οποιοδήποτε άλλο επιβλαβές υλικό. Όπου υπάρχουν διαρροές νερού από τον βράχο, πάνω στον οποίο πρόκειται να διαστρωθεί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, και η ροή του νερού δεν είναι δυνατό να σταματήσει μόνο με την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, το νερό απομακρύνεται από την περιοχή με έμφραξη της φλέβας ή εκτρέπεται με σωλήνες, συλλεκτήρες ή άλλα εγκεκριμένα μέσα, έτσι ώστε το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα να μείνει ανεπηρέαστο από την δράση του νερού λόγω διήθησης, λόγω υδροστατικής πίεσης ή λόγω διάβρωσης. Όλες οι επιφάνειες πρέπει να είναι υγρές, καθαρές και απαλλαγμένες υλικών αναπήδησης κατά τον χρόνο επίστρωσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

3. Εφαρμογή

Το ε.σ. εκτοξεύεται από κάτω προς τα πάνω. Ολόκληρη η διατομή θα πρέπει να είναι ένα ομοιόμορφο, πυκνό και μονολιθικό κατασκεύασμα. Σε σταθερά πετρώματα επιφέρεται, ως επί τον πλείστον, ένα λεπτό στρώμα ε.σ. για τη σφράγιση της επιφάνειας της οροσειράς (πάχους 3 έως 5 cm). Σε λιγότερο σταθερά πετρώματα επιφέρεται το ε.σ. με απλή ή διπλή στρώση οπλισμού, συνήθως πλέγμα, αλλά και σε συνδυασμό με χαλύβδινα πλαίσια.

Η οικονομικότητα του ε.σ. εξαρτάται έντονα από την αναπήδηση του, η οποία καθορίζεται κυρίως με την απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια τη γωνία πρόσπτωσης, τη συσκευή εκτόξευσης, το χειριστή, το είδος του πετρώματος, την πίεση του πεπιεσμένου αέρα, το μίγμα, τον επιταχυντή σκλήρυνσης και άλλους παράγοντες. Το υλικό αναπηδάει δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί για εκτόξευση ή για την παραγωγή σκυροδέματος χωρίς προηγούμενη κατεργασία.

Η βέλτιστη απόσταση του ακροφυσίου είναι 1 έως 1,5m. Η βέλτιστη γωνία πρόσπτωσης ανέρχεται σε 90°, δηλαδή κάθετα προς την επιφάνεια. Ο πολύς οπλισμός και ιδιαίτερα η διάταξη του οπλισμού σε πολλαπλές στρώσεις, η πυκνή διάταξη των τόξων αντιστήριξης δυσχεραίνουν την προσκόλληση του ε.σ. και αυξάνουν την αναπήδηση.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη σωστή εκτόξευσή του, στα σίδερα του οπλισμού, επειδή η προστασία έναντι διάβρωσης του μπορεί να επιτευχθεί μόνο με πλήρη κάλυψη του με μπετόν. Με την εμπειρία του χειριστή και συνδυάζοντας την

κάθετη και την πλάγια πρόσπτωση του υλικού μπορεί να επιτευχθεί πλήρης κάλυψη του οπλισμού και παράλληλα η αναπήδηση να κρατηθεί σε χαμηλά επίπεδα.



Η διάρκεια διάστρωσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, σε σχέση με τον κάθε κύκλο προχώρησης της εκσκαφής της σήραγγας, εξαρτάται από τις αποκαλυπτόμενες συνθήκες του γεωυλικού. Οι επιφάνειες του γεωυλικού εξετάζονται αμέσως μετά την διάνοιξη, ή την ανατίναξη, και τις εργασίες απομάκρυνσης χαλαρών τεμαχίων, και εάν απαιτείται, ακολουθεί άμεση επικάλυψη των επιφανειών με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, έτσι ώστε η διάστρωσή του να εκτελείται άμεσα και πάντα όχι αργότερα από 4 ώρες μετά από την διάνοιξη ή την ανατίναξη και, σε κάθε περίπτωση, πριν από την διάτρηση για τον επόμενο κύκλο εκσκαφής.

Όπου αναμένονται πολύ φτωχές συνθήκες γεωυλικού, απαιτείται να βρίσκεται διαθέσιμος ο εξοπλισμός παραγωγής και εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος πριν την διάνοιξη ή την ανατίναξη, έτσι ώστε το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα να είναι δυνατό να επιστρωθεί με ελάχιστη καθυστέρηση.

Τυχόν υπάρχων οπλισμός (πλαίσια, πλέγματα, ράβδοι οπλισμού) πρέπει να περιβάλλεται πλήρως με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η ελάχιστη αποδεκτή επικάλυψη

είναι 15 mm από επιφάνεια βράχου και 25 mm από την τελική επιφάνεια του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και πρέπει να λαμβάνεται κάθε μέριμνα και φροντίδα κατά την διάστρωση ώστε να μην παραμένουν κενά πίσω από τον οπλισμό. Τέλος, αναπτύσσονται διαδικασίες λειτουργίας και εργασίες ώστε να εξασφαλιστεί:

α. Ελάχιστη αναπήδηση, για να αποφεύγεται η δημιουργία εγκλεισμάτων (φωλεών) από υλικά αναπήδησης στο περατωμένο σκυρόδεμα.

β. Μόρφωση όσο το δυνατό πιο ομαλής τελικής επιφάνειας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, για να είναι δυνατή η ασφαλής τοποθέτηση των υλικών υδατοστεγάνωσης (γεωϋφασμα, μεμβράνη). Για την εκπλήρωση της απαίτησης αυτής, χρησιμοποιείται, για την τελευταία, προς το εσωτερικό της σήραγγας, στρώση αποκλειστικά λεπτόκοκκο αδρανές (0-6 mm).

γ. Αποφυγή δημιουργίας κοιλοτήτων και φωλεών μέσα στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και κενών πίσω από τον οπλισμό.

δ. Ελάχιστος αριθμός ρωγμών από συρρίκνωση λόγω πήξης του σκυροδέματος.

ε. Καλή πρόσφυση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στον βράχο ή σε άλλη επιφάνεια.

στ. Ποιότητα εκτοξευόμενου σκυροδέματος με την μέγιστη δυνατή αντίσταση σε παγετό (όπου απαιτείται).

Η ροή του υλικού στο ακροφύσιο είναι συνεχής και ομοιόμορφη και ο ρυθμός εφαρμογής του πάνω σε οποιαδήποτε επιφάνεια είναι επίσης ομοιόμορφος. Εξέχοντα χαλαρά υλικά, φωλεές άμμου, υγρές περιοχές ή άλλα ελαττώματα πρέπει να αφαιρούνται και να αποκαθίστανται.

Οι ποσότητες του εκτοξευόμενου σκυροδέματος που εκτοξεύονται από το ακροφύσιο, καθορίζονται με βάση το μέσο πάχος εκτοξευόμενου σκυροδέματος, που παρουσιάζεται στα σχέδια, αφού μετρηθεί σωστά η αναπήδηση. Εφόσον έχουν καθιερωθεί οι διαδικασίες για την διάστρωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, οι επόμενες εργασίες διεξάγονται ανάλογα.

Όταν απαιτείται, το πάχος της στρώσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε οποιαδήποτε περιοχή, θα ελέγχεται είτε με την διείσδυση ράβδου, αμέσως μετά την περάτωση της εφαρμογής του, είτε με τοποθέτηση καρφιών γνωστού μήκους στον βράχο πριν από την εφαρμογή, είτε με οποιοδήποτε άλλο, εγκεκριμένο μέσο, όπως λήψη διατομών πριν και μετά την διάστρωση, λήψη πυρήνων βάσει καννάβου κ.λπ.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εφαρμόζεται σε διαδοχικές στρώσεις και κάθε

στρώση δομείται με διάφορες διαδρομές του ακροφυσίου πάνω από την επιφάνεια εργασίας, σε μία ενιαία συνεχή εργασία. Όταν η ροή από το ακροφύσιο είναι ασυνεχής για οποιαδήποτε αιτία, ο χειριστής πρέπει να απομακρύνει το ακροφύσιο από την επιφάνεια εργασίας, μέχρις ότου η ροή ξαναγίνει συνεχής.

Η απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια εργασίας κυμαίνεται από 0,5 m μέχρι 1,5 m αλλά, εν πάση περιπτώσει, όχι πάνω από 2,0 m. Το ακροφύσιο τοποθετείται γενικά κάθετα προς την επιφάνεια εφαρμογής, ενώ στην περίπτωση εφαρμογής εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάνω σε επιφάνεια με πλέγμα, το ακροφύσιο τοποθετείται πιο κοντά στην επιφάνεια και υπό μικρή γωνία ως προς την κάθετο στην επιφάνεια, ώστε να γίνεται ευκολότερη η ενσωμάτωση του πλέγματος και η απομάκρυνση του υλικού αναπήδησης. Μεγάλες αποστάσεις του ακροφυσίου ή λοξή διάταξη του μειώνει την ποιότητα του σκυροδέματος και αυξάνει την αναπήδηση.

Όταν το συνολικό πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος υπερβαίνει τα 8cm, τοποθετείται το πλέγμα περίπου στο μέσο της στρώσης, και αγκυρώνεται στην προηγούμενη στρώση με αγκύρια στερέωσης πλέγματος ή γίνεται διάστρωση σε δύο διακριτές υποφάσεις.

Σε περίπτωση εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε κατακόρυφες ή μεγάλων κλίσεων επιφάνειες, εκτός του θόλου της σήραγγας, η εφαρμογή αρχίζει στο χαμηλότερο σημείο και η στρώση του σκυροδέματος εκτόξευσης δομείται σε οριζόντιες ζώνες, από κάτω προς τα πάνω, μέχρις ότου καλυφθεί ολόκληρη η επιφάνεια.

Τα άκρα των περιοχών του εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάνω στα οποία δεν πρόκειται να εφαρμοσθεί περαιτέρω εκτοξευόμενο σκυροδέμα, μορφώνονται ώστε να σχηματίζουν καθαρές κανονικές γραμμές και με κλίση 45° προς τις παρακείμενες επιφάνειες.

Το μέγιστο πάχος κάθε στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος συνεχούς διάστρωσης δεν υπερβαίνει τα 10cm, εκτός αν χρησιμοποιηθούν κατάλληλα πρόσμικτα. Εάν απαιτείται μεγαλύτερο συνολικό πάχος, αυτό επιτυγχάνεται με την διάστρωση αλληπάληλων στρώσεων, η καθεμία των οποίων έχει πάχος μικρότερο ή ίσο των 10cm. Η κάθε στρώση θα εφαρμόζεται μόνο όταν η υποκείμενη στρώση έχει σκληρυνθεί και, σε κάθε περίπτωση, δεν θα γίνεται πολύ αργότερα (πάνω από 12 ώρες) από την προηγούμενη εκτός εάν ληφθούν ειδικά μέτρα καθαρισμού και ύγρυνσης της έτοιμης επιφάνειας ή και άλλα μέτρα βελτίωσης της συνάφειας των

στρώσεων.

4. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με ίνες (ινοπλισμένο)

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με ίνες (fiber reinforced shotcrete), το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά στις υπόγειες εκσκαφές, είναι ουσιαστικά το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, στο οποίο έχει ενσωματωθεί κατά την διάρκεια της ανάμιξης μια συγκεκριμένη ποσότητα ινών.

Συνήθως οι ίνες που χρησιμοποιούνται είναι από χάλυβα προπυλένιο ή γυαλί αλλά συνηθέστερα χρησιμοποιούνται οι ίνες χάλυβα. Οι ίνες στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αυξάνουν την παραμόρφωση του υλικού κατά την αστοχία, περιορίζουν τη ρηγμάτωση και δίνουν μια μικρή αύξηση στην εφελκυστική του αντοχή.

Συνηθέστερα χρησιμοποιούνται οι ίνες χάλυβα. Το μήκος τους κυμαίνεται από 12-50mm. Οι μικρότερες αναμιγνύονται και εκτοξεύονται ευκολότερα και παρουσιάζουν μικρότερα ποσοστά αναπήδησης. Οι μεγαλύτερες προσδίδουν στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και περιορίζουν τη ρηγμάτωση. Συνήθως χρησιμοποιούνται ίνες μεταξύ 25-30mm και ποτέ μεγαλύτερες από 50mm. Η ελάχιστη περιεκτικότητα χαλύβδινων ινών είναι τουλάχιστον 30 kg/m³.

Επιβάλλεται να φυλάγονται σε σφραγισμένα και ξηρά κιβώτια για να αποφεύγεται η διάβρωση.

Η ανάμιξη ινών στο σκυρόδεμα πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία “σβώλων”. Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ίνες, εξασφαλίζει, με δοκιμές που θα γίνουν επί τόπου των έργων, πριν την έναρξη των σχετικών εργασιών, την απρόσκοπτη λειτουργία και την συνεχή εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, χωρίς διακοπές οι οποίες οφείλονται στις χαλύβδινες ίνες.

5. Αναπήδηση

Τα υλικά της αναπήδησης αφαιρούνται και απομακρύνονται πριν εφαρμοσθεί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε οποιαδήποτε παρακείμενη επιφάνεια και απορρίπτονται, όπως απαιτείται, σε περιοχή απόθεσης υλικών και καλύπτονται με προϊόντα εκσκαφών, πάχους τουλάχιστον ενός μέτρου.

Επίσης, λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα ώστε τα υλικά αναπήδησης να μη συσσωρεύονται στην συμβολή των τοίχων και δαπέδων και καταβάλλεται κάθε

προσπάθεια, ώστε η αναπήδηση να περιορίζεται στο ελάχιστο.

6. Αρμοί κατασκευής

Οι κατασκευαστικοί αρμοί και οι αρμοί διακοπής της εργασίας, έχουν κλίση 45ο περίπου ως προς την παρακείμενη επιφάνεια του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με καθαρή, κανονική ακμή. Πριν από την διάστρωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην παρακείμενη επιφάνεια, το κεκλιμένο τμήμα και το παρακείμενο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υφίστανται κατάλληλη προετοιμασία.

7. Τελικές διεργασίες

Αμέσως μετά αυτό που ακολουθεί είναι η επένδυση, η στεγανοποίηση της σήραγγας και η αποστράγγιση και τέλος ακολουθεί ο αερισμός και ο τεχνικός φωτισμός της σήραγγας.



1.2 **Αγκύρια βράχου**

Τα αγκύρια βράχου διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

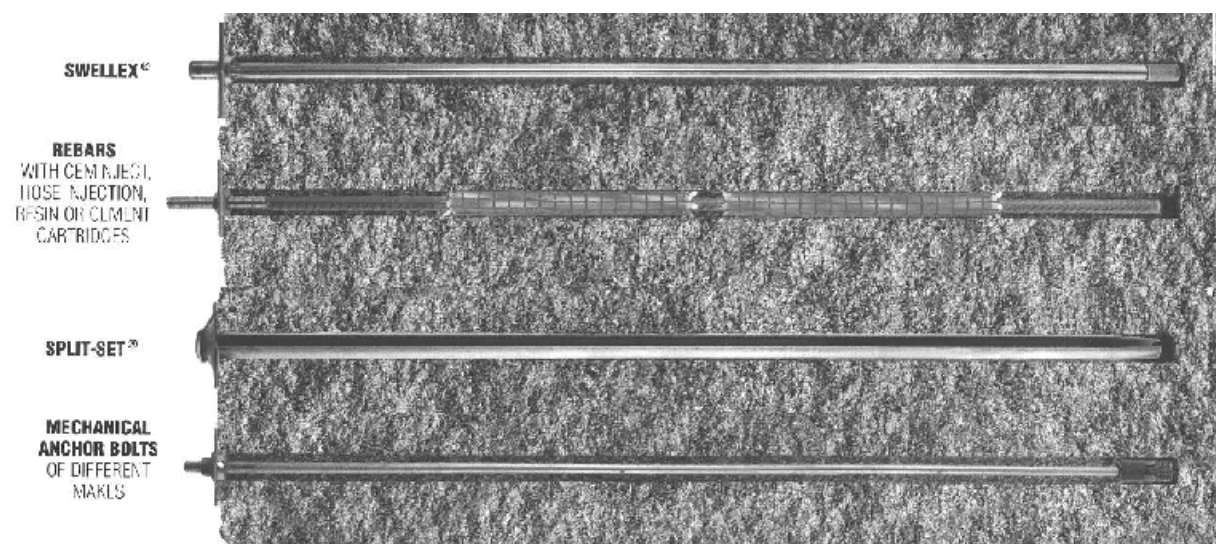
(α) Προεντεταμένα αγκύρια, που αποτελούνται από χαλύβδινους τένοντες (strands) και βασίζονται στην ενεργητική φόρτιση της βραχομάζας λόγω της προέντασης.

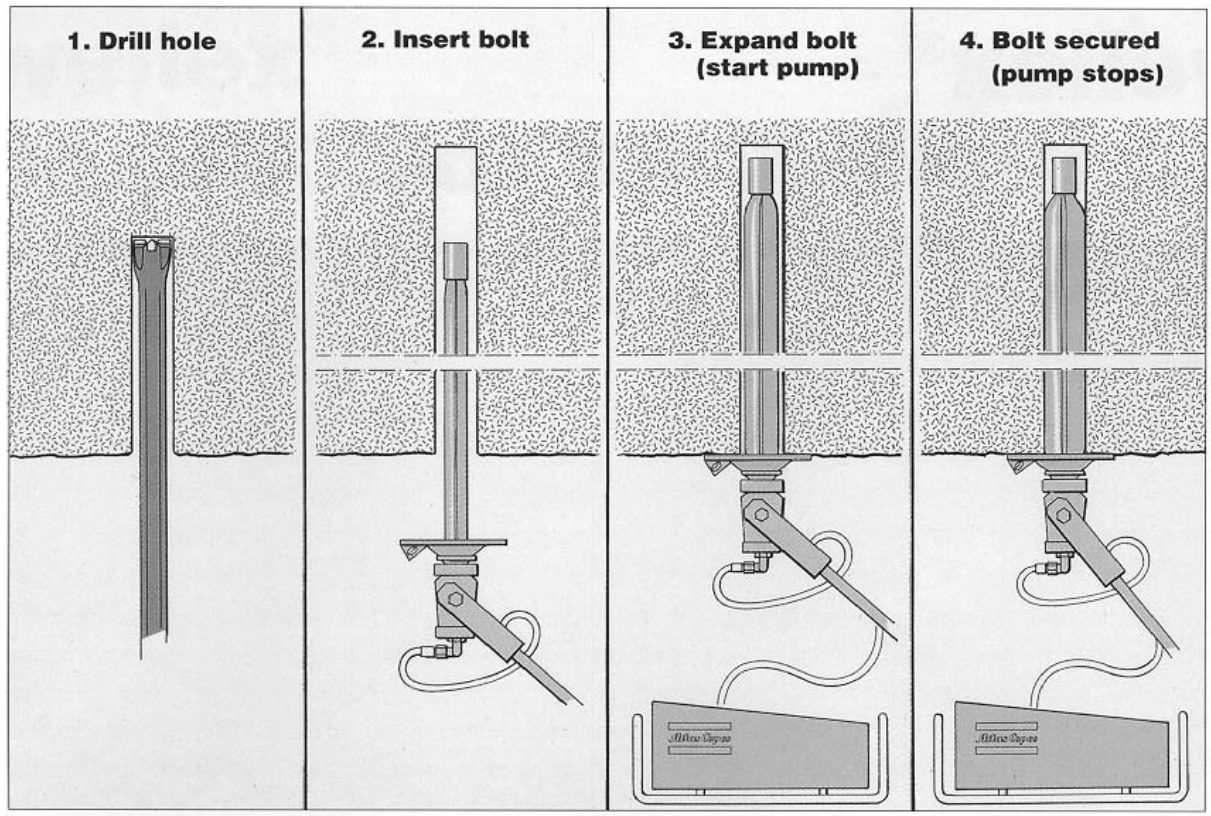
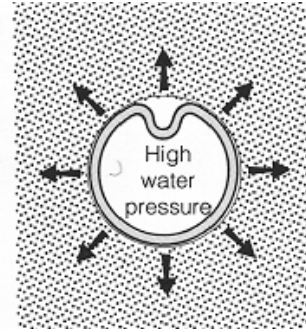
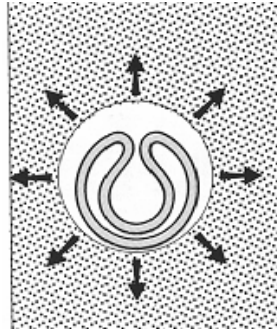
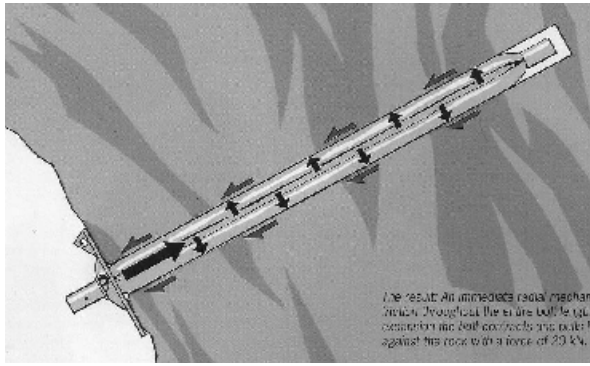
(β) Παθητικά αγκύρια των οποίων η λειτουργία βασίζεται στη φόρτισή τους λόγω της παραμόρφωσης της βραχόμαζας.

Τα παθητικά αγκύρια διακρίνονται σε αγκύρια συνεχούς πρόσφυσης και πρόσφυσης άκρου. Τα αγκύρια πρόσφυσης άκρου είναι συνήθως τύπου διαστελόμενης κεφαλής. Στα αγκύρια συνεχούς πρόσφυσης ανήκουν οι εξής τύποι:

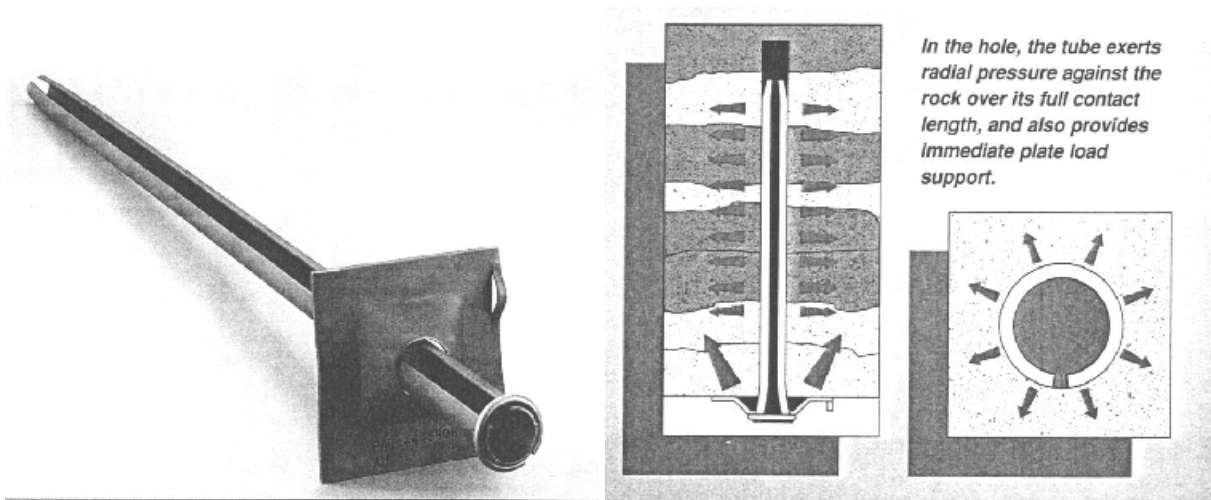
(α) Οι ηλώσεις βράχου που αποτελούνται από μια χαλύβδινη ράβδο (τυπικά ράβδο οπλισμού StIV διαμέτρου 20-25mm) η οποία τοποθετείται εντός οπής στη βραχόμαζα (διαμέτρου 38-50mm) που πληρούται με ένεμα (τσιμεντένεμα ή ένεμα συνθετικής ρητίνης). Οι ηλώσεις αυτές είναι συνήθως προσωρινές (δηλαδή έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής) μπορούν όμως να λειτουργήσουν και ως μόνιμες με κατάλληλη προστασία από τη διάβρωση.

(β) Οι ηλώσεις χωρίς ενεμάτωση τύπου Swellex ή τύπου Split-Set. Οι ηλώσεις αυτές αποτελούνται από κοίλη μεταλλική διατομή και αποκτούν συνεχή πρόσφυση με τη βραχόμαζα με εισπίεση νερού στο εσωτερικό της διατομής που προκαλεί τη διόγκωσή της. Λόγω έλλειψης προστασίας από τη διάβρωση αλλά και λόγω της λεπτότοιχης διατομής τα αγκύρια αυτά έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι αναλαμβάνουν φορτία πολύ γρήγορα επειδή δεν απαιτούν την πήξη του ενέματος για την επίτευξη πρόσφυσης με την περιβάλλουσα βραχόμαζα.





Αγκύρια τύπου Swellex (100 kN) (Atlas Copco)



Αγκύρια τύπου Split Set (100 kN) (Ingersoll-Rand)

1.3 Χαλύβδινες νευρώσεις

Οι χαλύβδινες νευρώσεις λειτουργούν κυρίως ως οπλισμός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητάς του αλλά και για τη βελτίωση της δυνατότητας ανάληψης φορτίων. Οι χαλύβδινες νευρώσεις τοποθετούνται κατά τη διατομή της σήραγγας και είναι των εξής τύπων:

1. Τυποποιημένες διατομές, συνήθως πλατύπελμες HEB100-160.
2. Δικτυωτά πλαίσια (lattice girders) που αποτελούνται από ράβδους οπλισμού και συνδετήρες με τη μορφή χωροδικτύωματος.
3. Συστοιχίες χαλύβδινων ράβδων οπλισμού (π.χ. 4-6 ράβδοι Φ28 σε παράλληλη διάταξη συνδεδεμένες με εγκάρσιους συνδετήρες σε αποστάσεις της τάξεως του μέτρου).



Φωτογραφία από σήραγγα Καλλιδρόμου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΠΤΑ

τελική επένδυση

ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ

Στις περισσότερες περιπτώσεις η άμεση υποστήριξη της σήραγγας ακολουθείται από την κατασκευή της τελικής επένδυσης η οποία αναλαμβάνει μέρος (ή το σύνολο) των φορτίων της περιβάλλουσας βραζόμαζας. Η τελική επένδυση συνήθως κατασκευάζεται μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης του συνόλου του μήκους της σήραγγας αλλά οπωσδήποτε αφού η σήραγγα ισορροπήσει με την άμεση υποστήριξη, δηλαδή αφού πρακτικώς μηδενισθούν οι ρυθμοί εξέλιξης των μετακινήσεων, εντάσεων κλπ. Η τελική επένδυση συνήθως σχεδιάζεται για να αναλάβει τα εξής φορτία:

1. Το φορτίο των προσωρινών αγκυρίων (σε βραχόμαζα με έντονα ερπυστική συμπεριφορά, ή πιθανότητα διάβρωσης των αγκυρίων)
2. Το φορτίο των χαλύβδινων πλαισίων σε περίπτωση που έχουν ανεπαρκή επικάλυψη και μπορούν να διαβρωθούν
3. Το φορτίο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε περίπτωση που έχει έντονο ερπυσμό (π.χ. λόγω των προσμίκτων)
4. Μέρος του φορτίου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ώστε το απομένον φορτίο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφαλείας μονίμου έργου (κατά την άμεση υποστήριξη της σήραγγας το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να λειτουργεί με μειωμένο συντελεστή ασφαλείας)
5. Τυχόν αυξημένα μακροχρόνια φορτία της βραχόμαζας λόγω ερπυσμού
6. Τυχόν υδατικές πιέσεις λόγω πλημμελούς αποστράγγισης ή απρόβλεπτης απόφραξης του συστήματος αποστράγγισης
7. Τυχόν φορτία από μελλοντικές κατασκευές που φορτίζουν τη σήραγγα
8. Τυχόν σεισμική επιφόρτιση της σήραγγας

Συνήθως θεωρείται ότι τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης παύουν να αναλαμβάνουν φορτία με την πάροδο του χρόνου μετά την κατασκευή της τελικής επένδυσης, επειδή:

1. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα της προσωρινής υποστήριξης έχει μεγαλύτερο ερπυσμό από το έγχυτο σκυρόδεμα της τελικής επένδυσης
2. Τα χαλύβδινα πλαίσια συνήθως δεν έχουν την απαραίτητη επικάλυψη και διαβρώνονται

3. Τα αγκύρια διαβρώνονται και έρπουν λόγω παρεμπόδισης της μετακίνησης της κεφαλής τους

Αρχές σχεδιασμού της τελικής επένδυσης σήραγγων :

1. Η τελική επένδυση αναλαμβάνει μέρος (ή το σύνολο) των φορτίων της περιβάλλουσας βραζόμαζας (συνήθως θεωρείται ότι η προσωρινή υποστήριξη καθίσταται ανενεργή στην μόνιμη κατάσταση της σήραγγας)

2. Η τελική επένδυση συνήθως κατασκευάζεται μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης του συνόλου του μήκους της σήραγγας αλλά οπωσδήποτε αφού η σήραγγα ισοροπήσει με την άμεση υποστήριξη

Μέτρα μόνιμης επένδυσης

Οι διακεκριμένες φάσεις εργασίας κατά τη διάρκεια της μόνιμης επένδυσης είναι:

- α. Στεγάνωση και αποστράγγιση
- β. Τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού
- γ. Σκυροδέτηση

Στεγάνωση - αποστράγγιση

Μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής και προσωρινής υποστύλωσης των Σηράγγων κατασκευάζεται η θεμελίωση του φορέα της μόνιμης επένδυσης και τα πέδιλα. Πάνω στα πέδιλα τοποθετούνται σιδηροτροχιές για την κύλιση των φορείων τοποθέτησης της μεμβράνης και του οπλισμού καθώς και για την κύλιση του μεταλλοτύπου.

Στη συνέχεια τοποθετούνται στη βάση αριστερά και δεξιά της διατομής σωλήνες PVC Φ200, το γεωύφασμα και η μεμβράνη στεγάνωσης πάνω στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.



Φωτογραφία από σήραγγα Καλλιδρόμου

Σιδηρός οπλισμός

Οι εργασίες για την τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού περιλαμβάνουν την τοποθέτηση των ράβδων οπλισμού. Το πλέγμα των διαμήκων και εγκάρσιων ράβδων είναι στο μεγαλύτερο μέρος του αυτοφερόμενο, ενώ οι ράβδοι του θόλου αναρτούνται από ειδικά αγκύρια ανάρτησης οπλισμού στερεωμένα στη μεμβράνη. Χρησιμοποιείται, επίσης, επαρκής αριθμός αποστατών ώστε να εξασφαλιστεί κατά τη σκυροδέτηση η προβλεπόμενη επικάλυψη του οπλισμού (5cm).

Σκυροδέτηση



Η σκυροδέτηση των θεμελίων δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα διότι ο όγκος της εργασίας είναι μικρός και το επίπεδο εργασίας χαμηλό. Η σκυροδέτηση του θόλου γίνεται με μεταλλότυπο ολομέτωπης φάσης.

Στο θόλο των Σηράγγων και σε απόσταση 3.00μ μεταξύ τους τοποθετούνται αναμονές από σωλήνες PVC Φ50 μέσω των οποίων πραγματοποιούνται οι τσιμεντενέσεις επαφής. Οι εργασίες ολοκληρώνονται με την κατασκευή των δευτερογενών σκυροδεμάτων για τη διέλευση των καλωδίων, και την κατασκευή ρείθρου σχισμής για την αποστράγγιση των υδάτων του οδοστρώματος.



Μεταλλότυπος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΚΤΩ
γενική περιγραφή του έργου

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΔΙΠΛΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

1.1 Οριζοντιογραφία & κατά μήκος τομή

Η υπό κατασκευή σιδηροδρομική γραμμή υψηλών ταχυτήτων (Σ.Γ.Υ.Τ). εκτείνεται στο τμήμα από το Σ.Σ. Τιθορέας έως τη Χ.Θ. 19+000 μεταξύ Τιθορέας - Δομοκού.

Η αρχή της χάραξης τοποθετείται στο κτίριο επιβατών του Σ.Σ. Τιθορέας, παρά τη Χ.Θ. 166+300 (υφιστάμενης Σιδηροδρομικής Γραμμής) η οποία ταυτίζεται με την Χ.Θ. 0+051,69 της μελέτης.

Οι εργασίες που θα λαβουν χώρα στην περιοχή του Σ.Σ. Τιθορέας, γίνονται προκειμένου το επίχωμα της Σ.Γ.Υ.Τ. να προσαρμοσθεί στο επίχωμα της υφιστάμενης.

Η χάραξη βρίσκεται σε ευθυγραμμία για μήκος 2,678 km ώστε ο Σ. Σταθμός να αναπτυχθεί σε ευθύγραμμο τμήμα. Για μήκος 944m από την αρχή ακολουθεί την πορεία της υφιστάμενης Σιδηροδρομικής Γραμμής σε αξονική απόσταση 2,10m απ' αυτήν και εν συνεχεία την «εγκαταλείπει» καθώς η υφιστάμενη στρέφεται Δυτικά ενώ η Σ.Γ.Υ.Τ. κατευθύνεται προς το Καλλίδρομο.

Από την Χ.Θ. 0+994 συναρμόζεται για μήκος 273m με την κατά μήκος κλίση 2,24‰ της υφιστάμενης Σιδηροδρομικής Γραμμής. Η διαφορά μεταξύ της ερυθράς αυτής και της υποδομής ελήφθη 0,70m σύμφωνα με την τυπική διατομή. Από την Χ.Θ. 1+318,69 συνεχίζει την ανοδική κατά μήκος κλίση με 11,57‰ έως την Χ.Θ. 1+836,69.

Στην συνέχεια με ερυθρά 6,41‰ που προέκυψε από την ανάγκη διέλευσης του διευθετημένου Βοιωτικού Κηφισού γεφυρώνει αυτόν μεταξύ Χ.Θ. 1+888,79 και 1+962,79 με γέφυρα λοξού ολικού ανοίγματος 74,00m (21,00 + 32,00 + 21,00). Με την διευθέτηση αυτή επιτυγχάνεται η ευθυγράμμιση του Βοιωτικού Κηφισού Ποταμού στην διασταύρωση του με την Σ.Γ.Υ.Τ.

Από την Χ.Θ. 2+451,69 η χάραξη ανέρχεται με την μέγιστη κατά μήκος κλίση 13,98‰ έως και την είσοδο της σήραγγας παρουσιάζοντας αρχικά, επί ικανού μήκους, επίχωμα μεγίστου ύψους 10,3m. Από την Χ.Θ. 2+678 η χάραξη στρέφεται βόρεια με οριζοντιογραφική καμπύλη $R=3.000m$. Από την θέση αυτή οι άξονες των

δύο Σιδηροδρομικών Γραμμών πορεύονται ανεξάρτητα διατηρώντας όμως μεταξύ τους αξονική απόσταση 4,50m για ικανό μήκος.

Στη Χ.Θ. 2+848,40 του άξονα της Σ.Γ.Υ.Τ., ενώ είναι σε υψηλό επίχωμα διασταυρώνεται με την χάραξη του αγωγού φυσικού αερίου, όπου έχει προβλεφθεί κατάλληλο τεχνικό για την γεφύρωση του. Μεταξύ Χ.Θ. 3+171,69 και 3+291,69 προβλέπεται γέφυρα συνολικού ανοίγματος 120m (2 X 35,00 + 2 X 25,00).

Η χάραξη στρέφεται Βόρεια με καμπύλη ακτίνας $R=3.000m$ και ακολουθεί πορεία σχεδόν παράλληλη με την οδό προς τον οικισμό Μόδι.

Από τη Χ.Θ. 2+651,69 αρχίζει η οριζοντιογραφική απομάκρυνση του αριστερού κλάδου της Σ.Γ.Υ.Τ. βαθμιαία, ο οποίος διαγράφοντας την καμπύλη $R=3.300m$ εισέρχεται στη σήραγγα έχοντας αξονική απόσταση από τον δεξιό κλάδο περί τα 28,78m. Περί τη Χ.Θ. 4+280 αρχίζει η πορεία της χάραξης σε όρυγμα έως τα στόμια των δύο σηράγγων.

Στη συνέχεια από Χ.Θ. 5+536,69 η ερυθρά κατέρχεται για 8,805km με κλίση 6‰. Η χάραξη εισέρχεται σε δύο σήραγγες (μία για κάθε κλάδο της Σ.Γ.Υ.Τ.) παρά τη Χ.Θ. 5+137,00, περίπου, του κεντρικού άξονα, με υψόμετρο ερυθράς 203,65m. Τα στόμια εισόδου των σηράγγων βρίσκονται Νότιο - Ανατολικά του οικισμού Μόδι και διαμορφώνονται με Cut & Cover μήκους 50,00m περίπου. Τα στόμια εξόδου των σηράγγων στη Χ.Θ. 14+397 του κεντρικού άξονα βρίσκονται μεταξύ των οικισμών Ρεγγινίου και Καλλιδρόμου και Νότια του οικισμού Κόμνινα με υψόμετρο ερυθράς 156,25m.

Στην έξοδο των δύο σηράγγων προβλέπονται τεχνικά (Cover & Cut) μήκους 172m και 174,20m για τον δεξιό και αριστερό κλάδο αντίστοιχα. Η επιμήκυνση των δύο κλάδων των Cut & Cover προέκυψε από την ανάγκη διευθέτησης του υφισταμένου ρέματος στην φυσική του ροή και για την καλύτερη αντιστήριξη των πρανών των ορυγμάτων. Στην περιοχή των Cover & Cut έχει κατασκευασθεί υδατογέφυρα, για τη διευθέτηση του ρέματος του Αγίου Ιωάννου.

Στη συνέχεια από τη Χ.Θ. 14+341,69 η ερυθρά κατέρχεται με κλίση 13,99‰ και πέραν της Χ.Θ. 19+000. Η χάραξη από την έξοδο της σήραγγας έως τα Κόμνινα είναι σε όρυγμα. Ακολουθεί πορεία Βόρειο - Ανατολική και παράλληλη σχεδόν με το ρέμα Αγ. Ιωάννου, στρεφόμενη δεξιά με καμπύλη $R= 4.000m$ για να παρακάμψει τον οικισμό Κόμνινα από Ανατολάς, διερχόμενη εκτός των ορίων του οικισμού. Η χάραξη εξερχόμενη των σηράγγων έχει απόσταση περί τα 30m μεταξύ των δύο αξόνων. Η σύγκλιση των δύο αξόνων σε αξονική απόσταση 4,50m επιτυγχάνεται βαθμιαία,

εφαρμόζοντας εφαπτόμενη στην οριζοντιογραφική καμπύλη της κορυφής K2, η οποία τέμνει την ευθυγραμμία του αριστερού κλάδου πλησίον της εξόδου της σήραγγας με καμπύλη $R = 6.000m$. Ο δεξιός κλάδος από την είσοδο της σήραγγας ακολουθεί τον κεντρικό άξονα χιλιομέτρησης σε αξονική απόσταση 2,25m.

Στην περιοχή, που έχουν συγκλίνει οι δύο κλάδοι, προβλέπεται, λόγω του μεγάλου και υψηλού ορύγματος, Cut & Cover από την Χ.Θ. 15+895,05 έως την Χ.Θ. 16+123,05 για μήκος 228m. Υπεράνω του Cut & Cover θα διέλθει η κάθετη οδός Κ.Ο.2α στη Χ.Θ. 15+951,69 της Σ.Γ.Υ.Τ.

Για την αντιμετώπιση μεγάλων ορυγμάτων προβλέπονται κατά τόπους τοίχοι αντιστήριξης στο όρυγμα και μετά τη στέψη αυτών εκσκαφή ορύγματος.

Η αποστράγγιση και αποχέτευση της ανάντη της σιδηροδρομικής χαράξεως περιοχής επιτυγχάνεται με τάφρο σε θέσεις που προβλέπονται οχετοί. Οι θέσεις αυτές επιλέχθηκαν από το μικρό ύψος ορύγματος η δε απορροή των υδάτων προς το ρέμα Αγ. Ιωάννη επιτυγχάνεται με διάνοιξη μικρού μήκους τάφρου στην κατάντη περιοχή της σιδηροδρομικής χάραξης.

Στη συνέχεια η χάραξη στρέφεται αριστερά με οριζοντιογραφική καμπύλη $R=3.000m$ με πορεία Βόρεια διερχόμενη πλησίον του ορίου της Κόμνινας και διασταυρώνεται με το ρέμα του Αγ. Ιωάννη και με την οδό, που συνδέει τον οικισμό με τη Νέα Εθνική Οδό (Ν.Ε.Ο.) με μεγάλο ύψος ερυθράς.

Για την διέλευση των ανωτέρω στην περιοχή της Κόμνινας προβλέπεται γεφύρωση συνολικού ανοίγματος 305m (8 X 35 + 2 X 12,50) από τη Χ.Θ. 17+064,19 έως τη Χ.Θ. 17+369,19, η οποία έχει σχεδόν ολοκληρωθεί.

Η χάραξη κατόπιν στρεφόμενη δεξιά με οριζοντιογραφική καμπύλη $R= 3.000m$ ακολουθεί πορεία παράλληλη με την οδό που συνδέει την Κόμνινα με την Ν.Ε.Ο. Δυτικά του ρέματος Πλατανιά. Με την ίδια κλίση ερυθράς διέρχεται με εναλλαγές ορυγμάτων επιχωμάτων έως τη Χ.Θ. 19+000.

Στην Χ.Θ. 18+445,10 προβλέπεται Κάτω Διάβαση (Κ.Δ.) της Κ.Ο.3. με γέφυρα ανοίγματος 7,0m, η οποία έχει σχεδόν ολοκληρωθεί. Στο ως άνω τμήμα προβλέπονται δύο τεχνικά Cut & Cover. Το πρώτο τεχνικό από Χ.Θ. 17+895,69 έως Χ.Θ. 18+047,69 μήκους 152m (συμπεριλαμβανομένων και των στομιών), το οποίο έχει ήδη κατασκευασθεί και το δεύτερο τεχνικό από Χ.Θ. 18+119,69 έως Χ.Θ. 18+371,69 μήκους 252m (συμπεριλαμβανομένων των στομιών).

Από την γέφυρα των 305m (Κόμνινα) έως το τέλος της παρούσας εργολαβίας προβλέπονται στις ροές οχετοί, ο σχεδιασμός των οποίων δίνει την δυνατότητα

επικοινωνίας της αποκοπτόμενης περιοχής και είναι κυρίως διαστάσεων 2,00 X 2,00m.

Από την Χ.Θ. 17+715 έως την Χ.Θ. 17+780 προβλέπεται τριγωνική επενδεδυμένη τάφρος.

1.2 Τυπική διατομή διπλής σιδηροδρομικής γραμμής

Η διατομή της Σ.Γ.Υ.Τ. για ταχύτητα 250km/h έχει αξονική απόσταση 4,50m. Σε απόσταση 6,55m εκατέρωθεν του άξονα χάραξης προβλέπεται θέση στύλων ηλεκτροκίνησης. Το πλάτος του καταστρώματος της υποδομής είναι 13,30 m. Εκατέρωθεν του άξονα, σε κατάλληλη απόσταση, προβλέπεται περίφραξη της γραμμής σε υποδειγμένες θέσεις.

1.3 Στοιχεία και θέση του έργου

Η σήραγγα του Καλλίδρομου διανοίγεται στον ορεινό όγκο του Καλλίδρομου στους νομούς Βοιωτίας και Φθιώτιδας και έχει διεύθυνση άξονα B5°A.

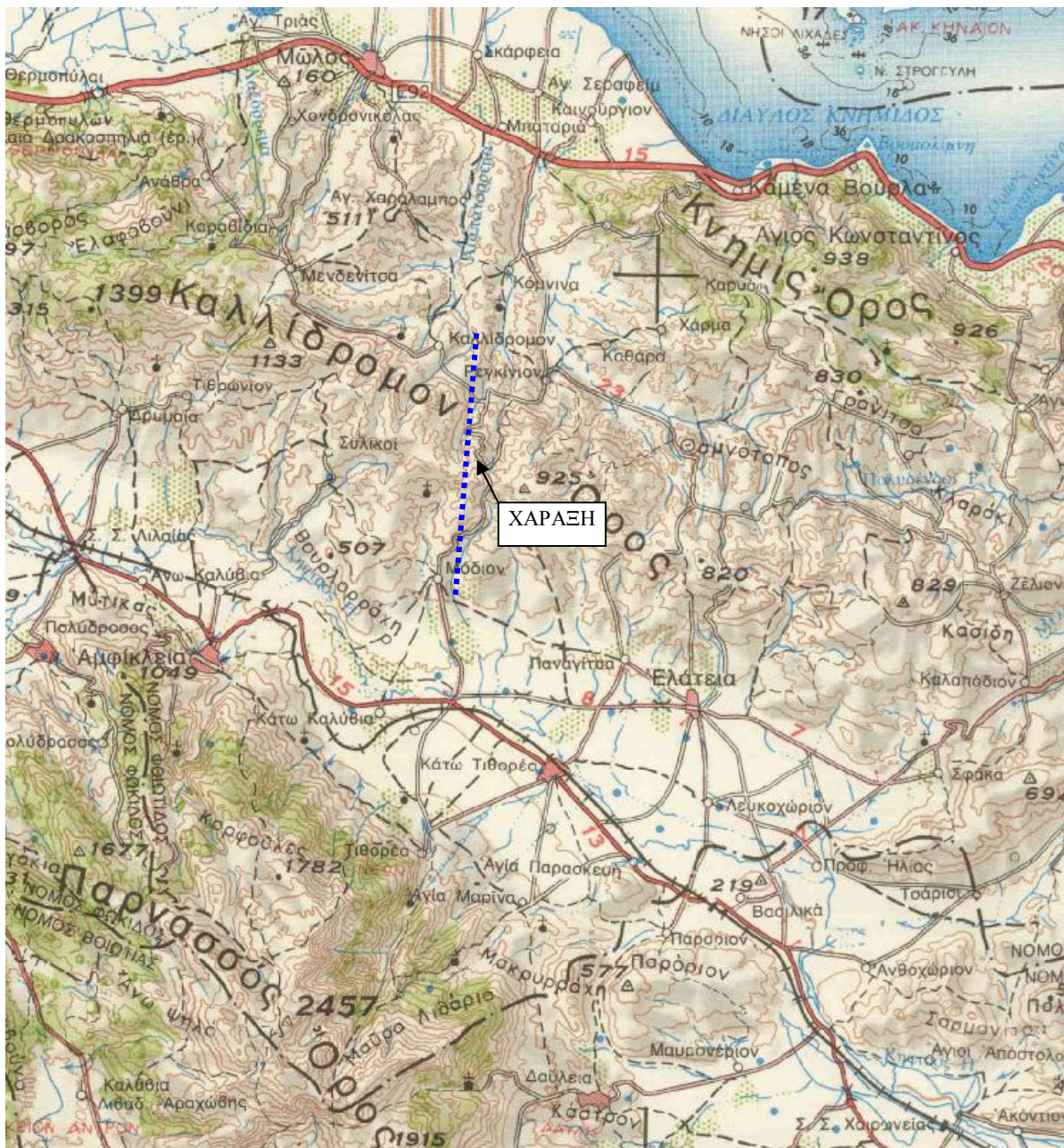
Το Νότιο στόμιο της σήραγγας βρίσκεται σε απόσταση 2 km περίπου ανατολικά από το χωριό Μόδι και το Βόρειο στόμιο βρίσκεται σε απόσταση 1.5 km περίπου δυτικά από το χωριό Ρεγκίνι.

Στη συνέχεια δίδονται τα βασικά στοιχεία του έργου.

Πιν. 1 Στοιχεία σηράγγων

	ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ
Αρχή Cut and Cover	5+146.44	5+153.32
Χ.Θ. Στομίου Εισόδου	5+187.21	5+194.85
Χ.Θ. Στομίου Εξόδου	14+222.38	14+231.29
Τέλος Cut and Cover	14+320.38	14+371.29
Μήκος υπόγειου έργου (m)	9 173.94	9 217.97
Πέρασ εκσκαφής από Στόμιο Εισόδου	6+625.00	6+566.00
Πέρασ εκσκαφής από Στόμιο Εξόδου	12+632.70	12+788.90
Μήκος υπολειπόμενου τμήματος (m)	6 007.7	6 222.9

Στο σχήμα (Σχ. 1) που ακολουθεί, δίδεται απόσπασμα από τοπογραφικό διάγραμμα 1:250.000 της Γ.Υ.Σ., με τη θέση της χάραξης του έργου.



Σχ. 1 Θέση της χάραξης του έργου και ευρύτερη περιοχή (Φύλλο Χαλκίδα κλ.1:250.000 Γ.Υ.Σ.).

2. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΟΥ

Το πάρον έργο, αφορά στις υπολειπόμενες εργασίες για την ολοκλήρωση της σήραγγας Καλλιδρομου, των υπολειπομένων χωματουργικών και τεχνικών έργων απαραίτητων για την κατασκευή της υποδομής της Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής Υψηλών Ταχυτήτων (Σ.Γ.Υ.Τ.) Τιθορέας – Λειανοκλαδίου στο τμήμα από τον Σιδηροδρομικό Σταθμό Τιθορέας (Σ.Σ. Τιθορέας) Χ.Θ. 0+000 έως την Χ.Θ. 19+000 και την αποκατάσταση του οδικού δικτύου.

Αναλυτικότερα οι εργασίες που θα εκτελεστούν είναι οι παρακάτω:

- α. Στο τμήμα από Χ.Θ. 0+000 – Χ.Θ. 5+137 (είσοδος της σήραγγας, χιλιομετρική θέση αυτής ως προς τον κεντρικό άξονα χάραξης) - απαιτείται η ολοκλήρωση των χωματουργικών εργασιών κατασκευής της υποδομής της Σ.Γ.Υ.Τ. σε όρυγμα και επίχωμα, η κατασκευή μεγάλων και μικρών τεχνικών έργων, που δεν κατασκευάστηκαν στο παρελθόν, η αποκατάσταση του αποκοπτόμενου τοπικού οδικού δικτύου, με το οδικό δίκτυο παραλλήλων προς την Σ.Γ.Υ.Τ. δρόμων, η κατασκευή δικτύου ομβρίων υδάτων και, τέλος, όλων των εργασιών, που είναι απαραίτητες για την πλήρη κατασκευή των έργων όπως αυτές προβλέπονται από τις εγκεκριμένες Οριστικές Μελέτες.
- β. Στο τμήμα από Χ.Θ 5+137 έως Χ.Θ 14+397 - προβλέπεται ολοκλήρωση των εργασιών για την κατασκευή δύο σηράγγων μονής σιδηροδρομικής γραμμής συνολικού μήκους 18.520,50m, καθώς και των συνδετήριων σηράγγων. Για τον λόγο αυτό απαιτείται η διάνοιξη και η κατασκευή της τελικής επένδυσης του κεντρικού τμήματος των δύο σηράγγων μήκους 12.230m, περίπου, (6.222,50 m στον αριστερό και 6.007,50 m στον δεξιό κλάδο), από Χ.Θ. 6+627,03 έως Χ.Θ. 12+634,53 (ως προς τον κεντρικό άξονα). Οι δύο σήραγγες Καλλιδρομου είναι δύο παράλληλες σήραγγες, διατομής μονής σιδηροδρομική γραμμής, συνολικού μήκους 18.071,61m (δεξιός κ αριστερός κλάδος).
- γ. Στο τμήμα από Χ.Θ. 14+397,00 (έξοδος σήραγγας, χιλιομετρική θέση αυτής ως προς τον κεντρικό άξονα) έως τη Χ.Θ. 17+064,00 - προβλέπεται η κατασκευή της υποδομής της Σ.Γ.Υ.Τ. με πλάτος καταστρώματος 13,30m, σε όρυγμα και επίχωμα, στην οποία εκτός από τις χωματουργικές εργασίες περιλαμβάνονται η επέκταση των Cut & Cover εξόδου και συγκεκριμένα του δεξιού κλάδου (από την Χ.Θ. 14+323,17 έως 14+395,17) μήκους 72m και του αριστερού (από Χ.Θ. 14+369,49 έως 14+405,49) μήκους 36m. Επίσης στο εν λόγω τμήμα

περιλαμβάνεται η κατασκευή πασσαλότοιχων αντιστήριξης των πρανών των ορυγμάτων σε διάφορες θέσεις καθώς και η κατασκευή τεχνικού Cut & Cover για διατομή διπλής σιδηροδρομικής γραμμής, μεταξύ των Χ.Θ. 15+895,05 έως Χ.Θ. 16+123,05, μήκους 228m. Τέλος, η κατασκευή του παράπλευρου και κάθετου τοπικού οδικού δικτύου με την κατασκευή των απαραίτητων μικρών τεχνικών έργων (οχετών) και την κατασκευή του αντίστοιχου δικτύου απορροής ομβρίων υδάτων.

- δ. Στο τμήμα από Χ.Θ. 17+064 έως Χ.Θ. 19+000 – προβλέπεται η εκτέλεση των υπολειπόμενων χωματουργικών εργασιών τόσο της Σ.Γ.Υ.Τ. όσο και του τοπικού οδικού δικτύου, οι οποίες δεν έχουν ολοκληρωθεί, καθώς και ενός Cut & Cover στη Χ.Θ. 18+119,66 έως χ.θ. 18+371,69, μήκους 252m. Η κατασκευή των υπολοίπων τεχνικών έργων (γεφυρών και Cut & Cover), που προβλέπονται από την οριστική μελέτη στο συγκεκριμένο τμήμα έχουν σχεδόν ολοκληρωθεί.

3. ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

3.1 Γενική περιγραφή

Η σήραγγα Καλλιδρόμου αποτελεί τμήμα της χάραξης για την διέλευση της Νέας Διπλής Σιδηροδρομικής Γραμμής Υψηλών Ταχυτήτων (Σ.Γ.Υ.Τ.) στην περιοχή του νομού Φθιώτιδας.

Η σήραγγα Καλλιδρόμου αποτελείται από δύο κλάδους - δύο περίπου παράλληλες σήραγγες μήκους 9.260 m, μία για κάθε κλάδο της Σιδηροδρομικής Γραμμής - και έχει συνολικό μήκος 18.520,50m (υπόγεια εκσκαφή 18.071,61m, Cut & Cover εισόδου 101,90m και Cut & Cover εξόδου 346,99m).

Ο δεξιός κλάδος (κατά την φορά της χιλιόμετρησης) ξεκινά από τη Χ.Θ. 5+135,67 έως τη Χ.Θ. 14+395,17 και έχει μήκος 9.259,50m. Τα τμήματα μήκους 51,54 m στην είσοδο του δεξιού κλάδου και 172,79 m στην έξοδο του έχουν κατασκευαστεί μερικώς με τη μέθοδο Cover & Cut. Το υπόλοιπο τμήμα από Χ.Θ. 5+187,21 έως Χ.Θ. 14+222,38 (μήκους 9.035,17m) κατασκευάζεται με υπόγεια εκσκαφή.

Ο αριστερός κλάδος της σήραγγας αρχίζει στη Χ.Θ. 5+144,99 και ολοκληρώνεται στη Χ.Θ. 14+405,49, διαθέτει μήκος 9.261,0 m, εκ των οποίων 50,36m στην αρχή και 174,20m στο τέλος του έχουν κατασκευαστεί μερικώς με την

μέθοδο Cut & Cover και το υπόλοιπο από Χ.Θ. 5+194,85 έως Χ.Θ. 14+231,29 μήκους 9.036,44m κατασκευάζεται με υπόγεια εκσκαφή.

Η απόσταση μεταξύ των αξόνων των δύο κλάδων της σήραγγας κυμαίνεται από 35m έως και 65m για κατασκευαστικούς λόγους. Μεταξύ των δυο σηράγγων κάθε 500m κατασκευάζονται εγκάρσιες συνδετήριες σήραγγες.

Τοπικά, εάν οι συνδετήριες σήραγγες βρίσκονται σε πολύ χαλαρές βραχώδεις μάζες με μικρή έκταση, όπως ζώνες διάτμησης, η θέση και η απόσταση των συνδετήριων σηράγγων προσαρμόζεται ελαφρά έτσι ώστε οι συνδετήριες σήραγγες να τοποθετούνται σε καλύτερες βραχώδεις μάζες.

Η διατομή της κάθε σήραγγας έχει ελεύθερο πλάτος 8,90m και ελεύθερο ύψος 9,20m. Το ελεύθερο ύψος πάνω από το άνω άκρο της σιδηροτροχιάς είναι 7,60m. Προβλέπεται η εφαρμογή σταθερής επιδομής. Σε κάθε πλευρά της διατομής της σήραγγας, κάτω από τα πεζοδρόμια, τοποθετούνται οι αγωγοί διέλευσης καλωδίων. Κάτω από το φρεάτιο των καλωδίων, πλευρικά της σήραγγας, τοποθετείται αγωγός πυρόσβεσης ο οποίος έχει σημεία κρουών (tapping points) κάθε 50m. Στο κάτω μέρος των φρεατίων καλωδιώσεων και από τις δύο πλευρές της σήραγγας κατασκευάζονται συλλεκτήριοι αγωγοί αποχέτευσης οι οποίοι συνδέονται με σωλήνες αποστράγγισης κάθε 50m μέσω επίπεδων φρεατίων ελέγχου και διοχετεύουν τα ύδατα στις εξόδους της σήραγγας.

Ανά αποστάσεις 25m προβλέπονται εσοχές ασφαλείας (καταφύγια προσωπικού), οι οποίες εναλλάσσονται δεξιά και αριστερά της σήραγγας. Αυτές αποτελούν χώρους στους οποίους θα βρίσκονται τα φρεάτια ελέγχου της αποχέτευσης, τα φρεάτια καλωδιώσεων και οι πυροσβεστικές φωλιές.

Κατά το παρελθόν, έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες διάνοιξης, προσωρινής αντιστήριξης και κατασκευής μόνιμης επένδυσης σε κάθε κλάδο της σήραγγας τόσο από το Νότιο μέτωπο (είσοδος σήραγγας) όσο και από το Βόρειο μέτωπο (έξοδος σήραγγας) σε μήκος περίπου 1.261m ήτοι 5.046,61m. Σε ένα επιπλέον μήκος των 109,41m του αριστερού, κατά την χιλιομέτρηση, κλάδου καθώς και 177,03m του δεξιού κλάδου από την Νότια είσοδο της σήραγγας έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες διάνοιξης και προσωρινής αντιστήριξης. Αντίστοιχα σε τμήμα μήκους 180,59m του αριστερού, κατά την χιλιομέτρηση, κλάδου καθώς και τμήμα μήκους 327,97m του δεξιού κλάδου από την Βόρεια έξοδο της σήραγγας επίσης έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες διάνοιξης και προσωρινής αντιστήριξης.

Τα εναπομείναντα τμήματα της σήραγγας θα διανοιχτούν με τη μέθοδο NATM σύμφωνα με την εγκεκριμένη Μελέτη σήραγγας. Ανάλογα με τις συνθήκες της βραχομάζας προβλέπεται να γίνει η διάνοιξη από το θόλο, είτε με ολομέτωπη εκσκαφή, είτε με τμηματική κατασκευή. Η σήραγγα θα αποτελείται από ανοιχτή διατομή όπου το πέτρωμα στο οποίο διανοίγεται είναι ασβεστόλιθος και από κλειστή διατομή στα υπόλοιπα τμήματα της σήραγγας. Σε ορισμένα τμήματα της σήραγγας προβλέπεται ελεγχόμενης παραμόρφωσης υποστήριξη για την παραλαβή των συγκλίσεων. Ένα μέρος των εργασιών εκσκαφής θα πραγματοποιηθεί με χρήση εκσκαφέα ενώ το υπόλοιπο θα γίνει με χρήση εκρηκτικών. Τα μέτρα υποστήριξης, που προβλέπονται είναι η χρήση αγκυρίων, χαλύβδινων δοκών και του εκτοξευμένου σκυροδέματος. Σε ορισμένα τμήματα της σήραγγας θα πραγματοποιηθεί, επιπροσθέτως, προσωρινή στήριξη μετώπου και πρόσθετα μέτρα υποστήριξης όπως ηλώσεις και σωλήνες προπορείας (forepoling). Στα κεντρικά τμήματα της σήραγγας θα πραγματοποιηθούν προπορευόμενες διερευνητικές γεωτρήσεις με σκοπό τον εντοπισμό των ζωνών με πολύ χαμηλή αντοχή της βραχομάζας. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής, θα λειτουργεί εκτεταμένο πρόγραμμα παρακολούθησης σε συνδυασμό με back-analysis, με στόχο τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων για την ορθή επιλογή των κατάλληλων μεθόδων εκσκαφής και υποστήριξης. Το πρόγραμμα παρακολούθησης περιλαμβάνει μετρήσεις συγκλίσεων σε συνδυασμό με την υψομετρία, μετρήσεις επιμηκύνσεων, αντοχής αγκυρίων (anchor load cells) και μετρήσεις τάσεων. Ταυτόχρονα θα πραγματοποιούνται μετρήσεις της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στις διατηρούμενες υπάρχουσες γεωτρήσεις σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής.

Η σήραγγα θα διανοιχτεί από τέσσερα μέτωπα ταυτόχρονα. Και οι δύο κλάδοι της σήραγγας θα διανοιχτούν ταυτόχρονα από το Βόρειο και το Νότιο μέτωπο αυτής. Αρχικώς θα διανοιχτούν και θα υποστηριχθούν, εκ νέου, μέρος των ήδη διανοιχθέντων τμημάτων, που παρέμειναν με προσωρινή αντιστήριξη (όπως έχει προαναφερθεί) και τα οποία (τμήματα) έχουν επανεπιχωθεί για λόγους ασφαλείας. Η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής καθώς και των υλικών και μηχανημάτων θα γίνεται μέσω των εγκαρσίων συνδετήριων σηράγγων. Για τον περιορισμό του χρόνου κατασκευής, το οπλισμένο σκυρόδεμα της εσωτερικής επένδυσης θα κατασκευασθεί σε συγκεκριμένη απόσταση επόμενης φάσης παράλληλα με την διάνοιξη του μετώπου, και η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής καθώς και των υλικών και

μηχανημάτων θα γίνεται μέσω των εγκαρσίων συνδετήριων σήραγγων. Για να αποφευχθούν πολύπλευρες εργασίες, στις συνδετήριες σήραγγες θα πρέπει να κατασκευαστούν διαβάσεις για οχήματα. Τα τμήματα της σήραγγας, όπου η εσωτερική επένδυση είναι σκυροδετημένη, είναι προσπελάσιμα.

Η εκσκαφή και η διάνοιξη του μετώπου θα σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποφευχθούν αντίξοες καταστάσεις στο έδαφος που περικλείει το άνοιγμα και να μειώνεται η χαλάρωση του εδάφους εξαιτίας της εκσκαφής.

Μετά τη διάνοιξη της σήραγγας θα ολοκληρωθούν και οι εργασίες εγκαταστάσεων όπως αγωγοί αποχέτευσης και καλωδιώσεων κλπ.

Στις εισόδους και εξόδους των σήραγγων προβλέπονται τεχνικά αεροδυναμικής προστασίας μήκους 12,50m έκαστο, που εξυπηρετούν τη σταδιακή διαφοροποίηση της πίεσης του αέρα γύρω από τους συρμούς κατά την είσοδο και έξοδό τους από τις σήραγγες λόγω μεγάλων ταχυτήτων.

Ήδη έχουν διανοιχθεί, με υπόγεια εκσκαφή, τμήματα σήραγγας μήκους 5.841,61m εκ των οποίων 2.809,54m από την είσοδο της σήραγγας και 3.032,07m από την έξοδο της σήραγγας. Αναλυτικότερα, στην είσοδο της σήραγγας, και πιο συγκεκριμένα, στον δεξιό κλάδο από Χ.Θ. 5+187,21 ÷ 6+625,20, δηλαδή μήκους 1.437,99m, ενώ στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 5+194,85 ÷ 6+566,40 μήκους 1.37155m, καθώς επίσης, στην έξοδο της σήραγγας, στον δεξιό κλάδο, από Χ.Θ. 14+222,38 ÷ 12+632,70 μήκους 1.589,68m, ενώ στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 14+231,29 ÷ 12+788,90 μήκους 1.444,39m.

Επίσης, έχει κατασκευασθεί μόνιμη επένδυση στα τμήματα της σήραγγας, που έχουν ήδη διανοιχθεί. Αναλυτικότερα, στην είσοδο της σήραγγας, και όσον αφορά στον δεξιό κλάδο, από Χ.Θ. 5+187,21 ÷ 6+448,17 μήκους 1.260,96m, ενώ στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 5+194,85 ÷ 6+456,99 μήκους 1.262,14m, καθώς επίσης, στην έξοδο της σήραγγας, στον δεξιό κλάδο από Χ.Θ. 14+222,38 ÷ 12+960,67 μήκους 1.261,71m ενώ στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 14+231,29 ÷ 12+969,49 μήκους 1.261,80m.

Τα προβλεπόμενα από την Οριστική Μελέτη του έργου τεχνικά τύπου Cover & Cut, τόσο στο Νότιο όσο και στο Βόρειο μέτωπο της σήραγγας του Καλλιδρόμου, έχουν κατασκευασθεί κατά το μεγαλύτερο μήκος τους. Πρόκειται για τα τμήματα που βρίσκονται στον δεξιό κλάδο της εισόδου, από Χ.Θ. 5+148,17 ÷ 5+187,21 μήκους

39,04 και στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 5+156,99 ÷ 5+194,85 μήκους 37,86m, όσον αφορά στην είσοδο της σήραγγας, και όσον αφορά στην έξοδο της, στον δεξιό κλάδο, από Χ.Θ. 14+222,38 ÷ 14+323,17 μήκους 100,79m και στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 14+231,29 ÷ 14+369,49 μήκους 138,20m.

Τέλος έχουν διανοιχθεί έξι συνδετήριες στοές, εκ των οποίων, οι τρεις από το Νότιο μέτωπο και οι υπόλοιπες τρεις από το Βόρειο μέτωπο, οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 500 μέτρα και κατασκευάζονται για λόγους ασφαλείας και απαιτήσεων των μηχανολογικών εγκαταστάσεων.

3.2 Σειρά κατασκευής

Η κατασκευή θα διεξαχθεί ταυτόχρονα από την βόρεια και την νότια πλευρά και στις δύο σήραγγες. Ωστόσο, πρέπει να θεωρηθούν κάποιοι περιορισμοί.

Στην νότια πλευρά, το τμήμα της δεξιάς σήραγγας με άκαμπτη αντιστήριξη, θα πρέπει να ολοκληρωθεί πριν την έναρξη των εργασιών εκσκαφής της αριστερής σήραγγας με αντιστήριξη ελεγχόμενης παραμόρφωσης (ενδοτική αντιστήριξη) . Αν η έναρξη της κατασκευής γίνει και στις δύο σήραγγες την ίδια χρονική στιγμή δεν υπάρχουν περιορισμοί.

Στην βόρεια πλευρά, η έναρξη της κατασκευής στις δύο σήραγγες μπορεί να γίνει την ίδια χρονική στιγμή και ταυτοχρόνως. Ωστόσο, είναι δυνατόν να απαιτηθεί ενίσχυση της αντιστήριξης της δεξιάς σήραγγας μεταξύ των Χ.Θ. 12+961 και Χ.Θ. 12+687 με «δακτύλιους εκτοξευόμενου σκυροδέματος», όταν διεξαχθεί ταυτόχρονη εκσκαφή και αντιστήριξη στο αντίστοιχο τμήμα της αριστερής σήραγγας.

Για να εξοικονομηθεί χρόνος κατασκευής, η εσωτερική επένδυση θα τοποθετηθεί παράλληλα με την εκσκαφή και την αντιστήριξη των σηράγγων. Στο τμήμα της σήραγγας, όπου μόλις τοποθετήθηκε η εσωτερική επένδυση, η αποκομιδή απορριμμάτων και η μεταφορά των υλικών κατασκευής θα γίνει μέσω των συνδετήριων σηράγγων και της γειτονικής σήραγγας.

Η εσωτερική επένδυση θα τοποθετηθεί το συντομότερο δυνατόν, και στις δύο πλευρές (βόρεια και νότια), όταν η εκσκαφή και η αντιστήριξη έχουν φτάσει στην επόμενη συνδετήρια σήραγγα, των δύο σηράγγων και έχει γίνει εκσκαφή της συνδετήριας σήραγγας. Η εκσκαφή της συνδετήριας σήραγγας θα ξεκινήσει όταν η σήραγγα φτάσει την αντίστοιχη θέση.

Για να είναι εφικτή η τοποθέτηση της εσωτερικής επένδυσης παράλληλα με την εκσκαφή και την αντιστήριξη σε όλα τα μέτωπα, θα πρέπει να είναι διαθέσιμα στο εργοτάξιο το αργότερο 3 μήνες μετά την έναρξη της κατασκευής, 4 jumbos ξυλότυπου για την κύρια σήραγγα και 2 jumbos ξυλότυπου για τις συνδετήριες σήραγγες.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΝΕΑ

γεωλογική μελέτη

1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ

Γενικές Γεωλογικές Συνθήκες

1.1 Γεωμορφολογία

Γενικά

Το Καλλίδρομο αποτελεί έναν επιμήκη ορεινό όγκο μέσης διεύθυνσης ΔΒΔ - ΑΝΑ, με μήκος περί τα 30 χλμ. Το μέγιστο υψόμετρο είναι 1399 m (κορυφή Σταυρός), κοντά στη δυτική άκρη του όρους.

Τα βόρεια πρηνή του Καλλίδρομου είναι ιδιαίτερα απότομα και το γεγονός αυτό αποδίδεται στη δραστηριότητα της ομώνυμης ρηξιγενούς ζώνης, αλλά και στην παρουσία ανθεκτικών στη διάβρωση ανθρακικών πετρωμάτων. Σε όλο το μέτωπο παρουσιάζεται σημαντική κατά βάθος διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών και αποθέσεων που δομούν την περιοχή.

Τα νότια πρηνή του εμφανίζουν πολύ μικρότερες κλίσεις και αισθητά μικρότερη κατά βάθος διάβρωση των ρευμάτων.

Στον επιμήκη αυτόν όγκο, οι επιφάνειες ισοπέδωσης διατάσσονται ως επί το πλείστον, κλιμακωτά, με τα μεγαλύτερα υψόμετρα να παρατηρούνται στο δυτικό άκρο του όρους. Από τα δυτικά προς τα ανατολικά, η κατάσταση έχει ως εξής: στο δυτικό τμήμα υπάρχει μια ομάδα επιφανείας ισοπέδωσης στα 1300 m. Το σύνολο αυτών των επιφανειών ισοπέδωσης αναπτύσσονται στα ανθρακικά πετρώματα της Υποπελαγονικής. Προχωρώντας ανατολικότερα τα υψόμετρα σταδιακά μειώνονται στα 700-800 m, έως την περιοχή νότια του χωριού Καλλίδρομο, όπου ρέουν δύο παράλληλοι χείμαρροι, το Σαλαντζόρρεμα και το Φοντανόρρεμα. Αμέσως ανατολικότερα αυτών, το υψόμετρο των επιφανειών ισοπέδωσης αυξάνεται στα 900-1000m, για να αρχίσει εκ νέου να μειώνεται έως το γεωγραφικό πλάτος του Ζελίου, στις ανατολικές υπώρειες του Καλλίδρομου, στα 600-700 m. Η σταδιακή αυτή μείωση του υψομέτρου των επιφανειών ισοπέδωσης συμφωνεί και με τη μείωση του υψομέτρου της επαφής οφιολίθων - ανθρακικών και αποδίδεται κατά κύριο λόγο στη γεωλογική και τεκτονική δομή (αλπική και μεταλπική).

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Στην περιοχή μελέτης το μέγιστο υψόμετρο φθάνει τα 925 m (ύψωμα Παλιολιάς), ενώ η κορυφογραμμή αναπτύσσεται με μια ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνση σε ένα μέσο υψόμετρο 800 m.

Το ανάγλυφο σε ολόκληρη την περιοχή (κλίση πρηνών και ρέματα) διαφοροποιείται ακολουθώντας κυρίως τη γεωλογική και τεκτονική δομή.

Οι τιμές των κλίσεων των πρηνών σε περιοχές που απαντούν μεταλλικά ιζήματα κυμαίνεται από 10-25%. Στις εμφανίσεις οφιολίθων, κλπ. σχηματισμών του καλύμματος, η μέση τιμή είναι λίγο αυξημένη και οι κλίσεις κυμαίνονται μεταξύ 10-40%. Στα ανθρακικά πετρώματα η διασπορά των τιμών είναι μεγάλη και περιλαμβάνει όλο το εύρος τιμών κλίσεων, με τιμές που στο βόρειο πρηνές ξεπερνούν το 55%.

Η μέση κλίση πρηνών, προς βορρά και νότο, είναι 40%, με αύξηση έως και 50% προς τα ρέματα και μείωση μέχρι και 30% προς τις κορυφές.

Στις βόρειες κυρίως απολήξεις των ορεινών όγκων που δομούνται σχεδόν εξολοκλήρου από ανθρακικά πετρώματα, τα πρηνή διαμορφώνουν κλιμακωτή διάταξη, με παρουσία μικρού πλάτους επιφανειών μικρής μορφολογικής κλίσης (30-50%) και μεγάλες κλίσεις πρηνών που φθάνουν το 160%. Η γεωμορφολογική αυτή εικόνα έχει άμεση σχέση με την εντατική ρηξιγενή τεκτονική που αναπτύσσεται στην περιοχή αυτή.

Στους μεταλλικούς σχηματισμούς, όπου το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται με μονόκλονους κυρίως κλάδους, οι κλίσεις πρηνών διαφοροποιούνται σημαντικά στο βόρειο και νότιο πρηνές των ορεινών όγκων.

Στο βόρειο πρηνές (περιοχή Ρεγγίνιου) και πρόβουνους – λόφους οι γεωμορφές είναι περισσότερο συμπαγείς με κλίσεις που κυμαίνονται από 18-35%. Η μείωση της κλίσης γίνεται κατά την απομάκρυνση από τον ορεινό όγκο.

Στο νότιο πρηνές (περιοχή Μόδι) παρουσιάζεται κατά κύριο λόγο μια μονοκλινική ανάπτυξη, με γεωμορφές που είναι περισσότερο διάλυσης και κλίσεις πρηνών που κυμαίνονται από 10-22%. Η μείωση της κλίσης γίνεται κατά την απομάκρυνση από τον ορεινό όγκο.

Η ορεινή περιοχή ενδιαφέροντος, όπως προαναφέρθηκε, αποστραγγίζεται μέσα από ένα πυκνό δενδριτικού τύπου δίκτυο κλάδων μικρής τάξης (μέχρι και 4^{ης}) προς τα νότια και προς τα βόρεια, με υδροκρίτη στα 800 m.

Η αποστράγγιση στο βόρειο τμήμα γίνεται από ένα σύστημα κύριων ρευμάτων που συμβάλλουν στον ποταμό Βοάγριο.

Στο νότιο τμήμα η αποστράγγιση στην μεν περιοχή του Μόδι γίνεται από κύρια ρέματα διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ, στην δε υπόλοιπη ανατολικότερα περιοχή με πολλά μικρότερα ρέματα και ικανή επιφανειακή διακίνηση. Όλα αυτά τα ρέματα παρουσιάζουν σημαντική διασπορά και συμβάλλουν στον Κηφισό ποταμό.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής ενδιαφέροντος ψηφιοποιήθηκε και υπολογίστηκαν στατιστικά η διεύθυνση (συχνότητα) και το μήκος (πυκνότητα) ανάπτυξής του (Σχ. 2).

Στο Σχ. 3 φαίνεται ότι τα ρέματα από πλευράς διεύθυνσης συχνότητας ανάπτυξης ακολουθούν τέσσερις κύριες διευθύνσεις που ιεραρχούνται από πλευράς συχνότητας εμφάνισης σε:

- (α) 360° - 15° , το 18%
- (β) 30° - 40° , το 7,5%
- (γ) 50° - 60° , το 7%
- (δ) 90° - 100° , το 7%

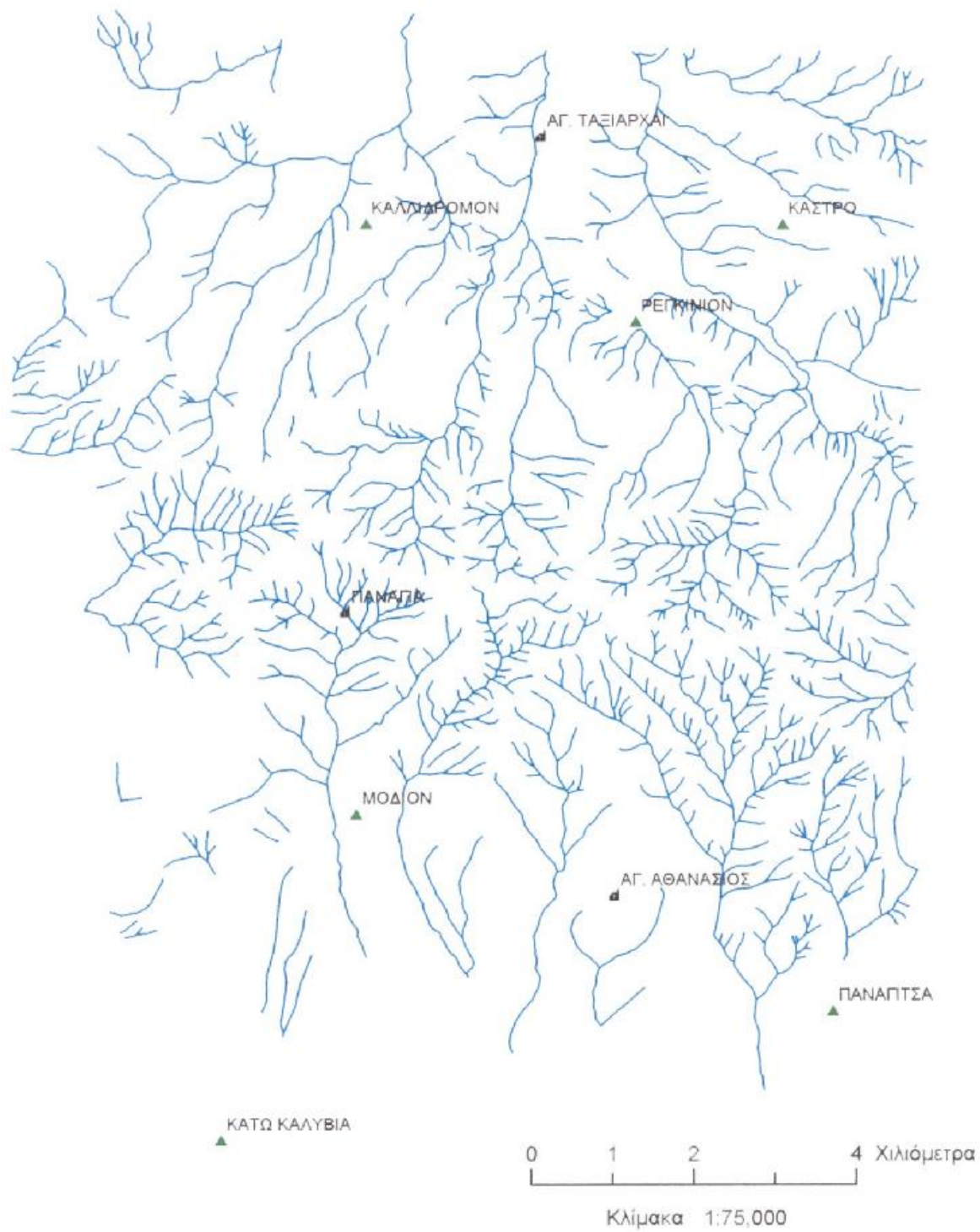
Το υπόλοιπο ποσοστό διαχέεται προς όλες τις διευθύνσεις παρουσιάζοντας όμως τη μέγιστη ροπή προς τα ΒΑ/κά, με μέσο όρο στις 76° .

Στο Σχ. 4 φαίνεται ότι από πλευράς μήκους (πυκνότητα) ακολουθούν ιεραρχικά τις διευθύνσεις:

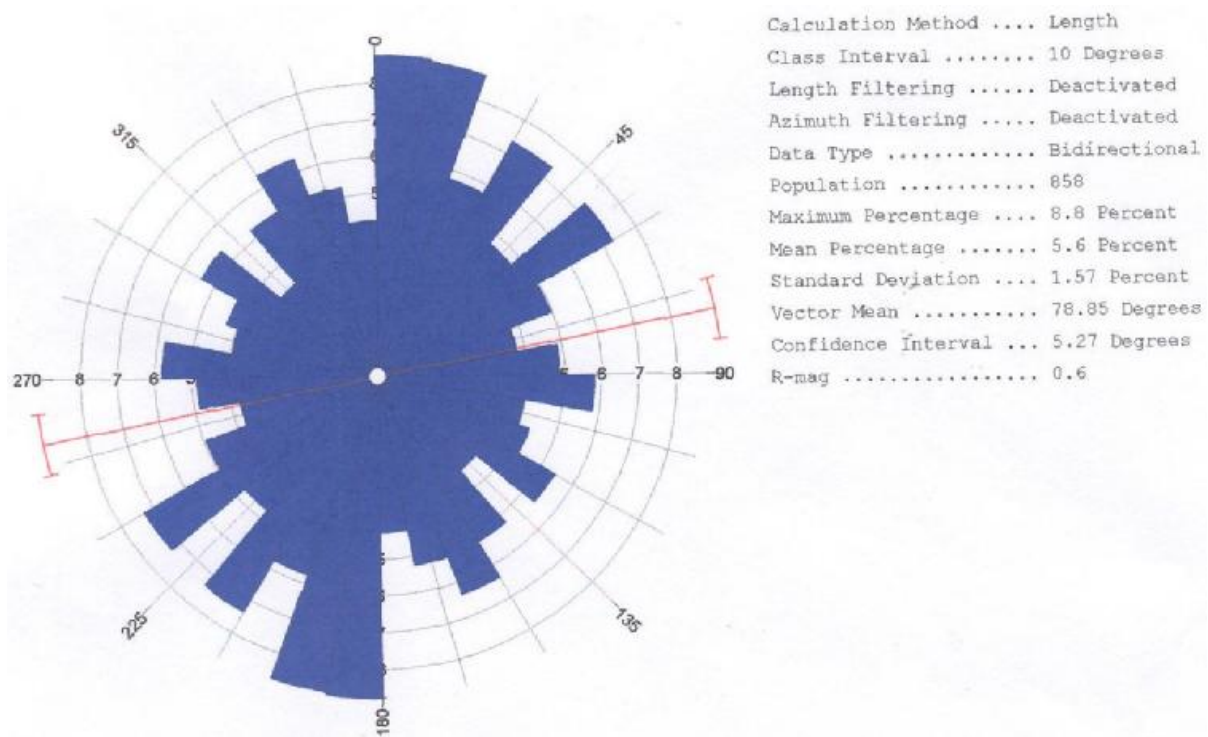
- (α) 360° - 15° , το 18%
- (β) 30° - 40° , το 7,5%
- (γ) 50° - 60° , το 7,5%
- (δ) 80° - 100° , το 10%

Το υπόλοιπο ποσοστό διαχέεται προς όλες τις διευθύνσεις παρουσιάζοντας όπως και το προηγούμενο μέγιστη ροπή προς τα ΒΑ/κά, με μέσο όρο στις 79° .

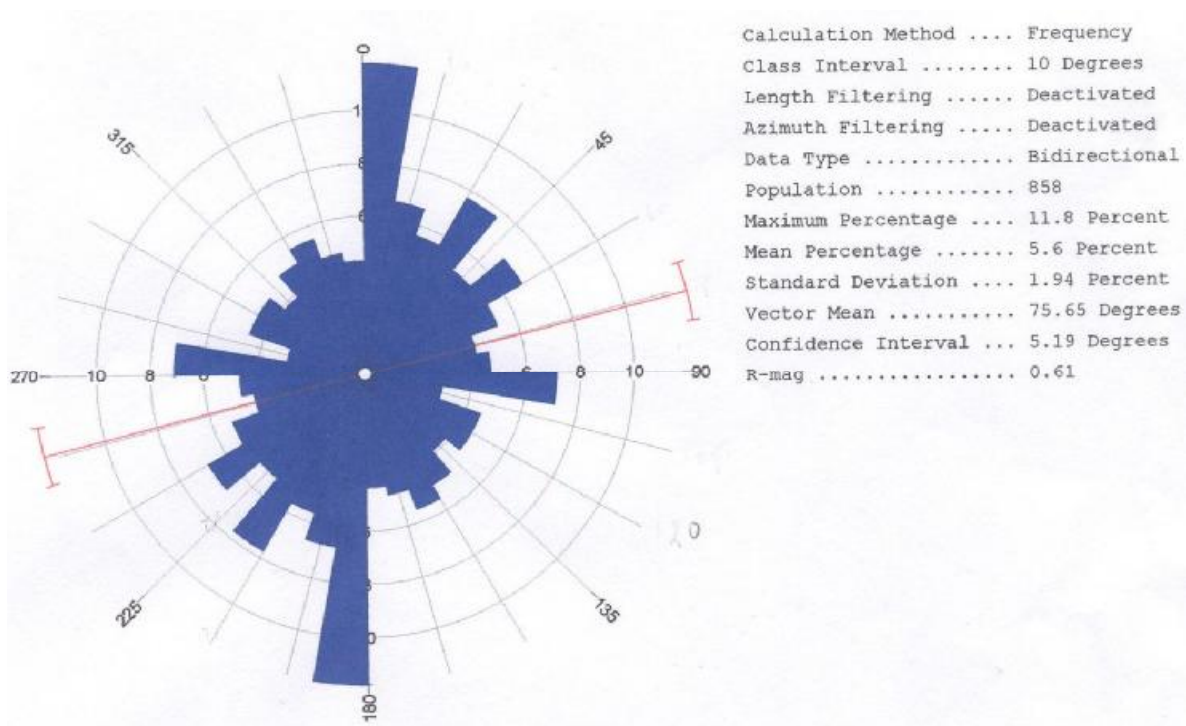
Η σύγκριση των διαγραμμάτων αυτών δείχνει ότι οι κύριες διευθύνσεις ανάπτυξης των ρεμάτων συμβαδίζουν με τις κύριες διευθύνσεις του μήκους τους. Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη γεωλογική και τεκτονική δομή κυρίως των αλπικών σχηματισμών.



Σχ. 2 Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής του Καλλιδρόμου.



Σχ. 3 Ροδοδιάγραμμα διευθύνσεων (συχνότητας) των ρεμάτων στην περιοχή μελέτης.



Σχ. 4 Ροδοδιάγραμμα μήκους (πυκνότητας) των ρεμάτων στην περιοχή μελέτης.

1.2 Λιθοστρωματογραφία

Η γεωλογική δομή και η λιθοστρωματογραφία της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκε με βάση τη γεωλογική χαρτογράφηση της όλης περιοχής σε κλίμακα 1:5.000 και της στενής περιοχής στην είσοδο και έξοδο της σήραγγας του Καλλιδρόμου σε κλίμακα 1:2.000, σε συνδυασμό με τις γεωλογικές μηκοτομές που συντάχθηκαν για τις ανάγκες του έργου.

Στα πλαίσια αυτά χρησιμοποιήθηκε και ο ψηφιακός ορθοφωτοχάρτης της περιοχής ενδιαφέροντος που δημιουργήθηκε, ειδικά για τις ανάγκες του έργου, από πανχρωματικές αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:15.000 του 1997 και ο οποίος βελτιώθηκε με χρήση ειδικού λογισμικού με τρόπο ώστε να φθάσει σε διακριτική ικανότητα το 1m.

Η περιοχή ενδιαφέροντος δομείται στο μεγαλύτερο τμήμα της από αλπικούς σχηματισμούς (-πετρολογικές ενότητες) της Υποπελαγονικής ζώνης, οι οποίοι αποτελούν και το υπόβαθρο της περιοχής και τους υπερκείμενους τους μεταλπικούς σχηματισμούς και αποθέσεις.

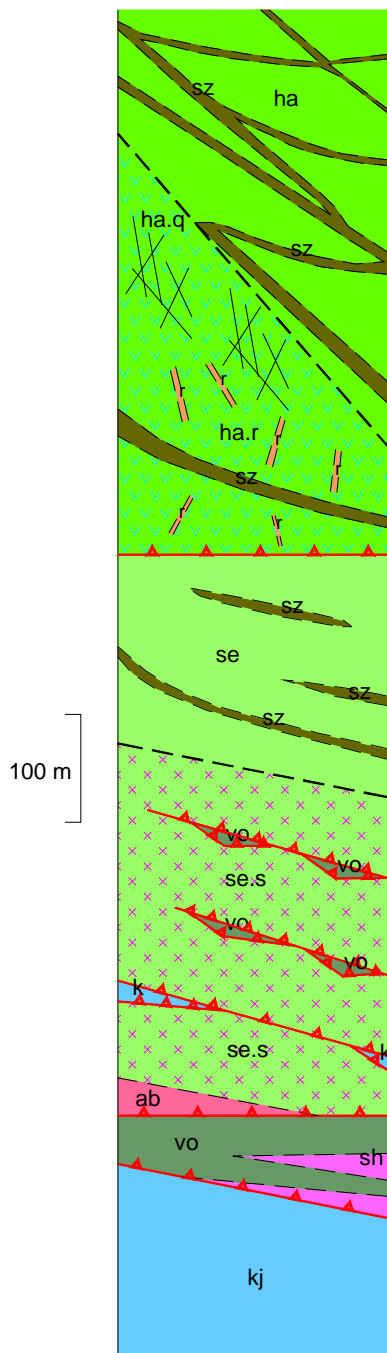
Οι αλπικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής ενδιαφέροντος, δομώντας τον ορεινό όγκο του Καλλιδρόμου.

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί αναπτύσσονται στα βόρεια και νότια πρηνή και πρόβουνους – λόφους του ορεινού όγκου, σε δύο διαφορετικές λεκάνες του Ρεγγινίου (βόρεια) και του Μόδι (νότια). Μικρές μόνο εμφανίσεις τους απαντώνται κατά θέσεις μέσα στον ορεινό όγκο.

Αλπικοί σχηματισμοί

Οι αλπικοί σχηματισμοί στην περιοχή ενδιαφέροντος διακρίνονται από κάτω προς τα επάνω σε τρεις κύριες ενότητες σχηματισμών που είναι (2):

- (α) η ανθρακική ενότητα υποβάθρου (μπλέ περιοχή)
- (β) το τεκτονικό κάλυμμα ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών (κόκκινη περιοχή) και
- (γ) το οφιολιθικό τεκτονικό κάλυμμα (πράσινη περιοχή)



2. Στρωματογραφική στήλη των αλπικών σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή μελέτης.

Οι επάλληλες επωθήσεις και κυρίως αυτή των τεκτονικών καλυμμάτων στο ανθρακικό υπόβαθρο έχει επιφέρει σημαντικές μεταβολές του πάχους των σχηματισμών των καλυμμάτων και κυρίως αυτών των ηφαιστειακών σχηματισμών. Στη συνέχεια αναλύονται εκτενώς, από κάτω προς τα επάνω, τα χαρακτηριστικά των κύριων λιθοστρωματογραφικών σχηματισμών κατά ενότητες.

(α) Ανθρακική ενότητα υποβάθρου

Η ανθρακική ενότητα υποβάθρου δομείται εξ'ολοκλήρου από ανθρακικά πετρώματα, κυρίως ασβεστόλιθους και λιγότερο δολομίτες.

Καταλαμβάνει μεγάλη έκταση στα βόρεια και δυτικά τμήματα του ορεινού τμήματος της περιοχής ενδιαφέροντος, εμφανιζόμενη κατά θέσεις με μορφή τεκτονικού παραθύρου κάτω από τους επωθημένους σχηματισμούς.

Ο κερματισμός των ασβεστολίθων είναι κατά θέσεις έντονος και συνδέεται τόσο με έντονη πτύχωση όσο και με ζώνες εντατικής ρηγματογόνου τεκτονικής. Συχνά μέσα σε αυτούς η έντονη συμπίεστική τεκτονική έχει προκαλέσει επίπεδα τεκτονικών ασυνεχειών (διακλάσεις) και ζώνες ποικίλου πάχους (5 έως και 20m) από λατυποπαγή¹ και σε πολύ περιορισμένη έκταση κατακλασίτες².

Το παχυστρωματώδες των ασβεστολίθων σε συνδυασμό με την τεκτονική καταπόνησή τους καθιστά στη μεγαλύτερη έκταση της εμφάνισής τους δύσκολο τον καθορισμό της στρώσης τους, άρα και της παράταξής τους.

(β) Τεκτονικό κάλυμμα ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών

Το τεκτονικό κάλυμμα ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών απαντάται τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης και βρίσκεται πάντα παρεμβαλλόμενο τεκτονικά μεταξύ της ανθρακικής ενότητας και των επωθημένων σχηματισμών του οφιολιθικού τεκτονικού καλύμματος.

Πρόκειται για αργιλοπυριτικούς σχηματισμούς μέσα στους οποίους παρεμβάλλονται ποικίλου πάχους και έκτασης ηφαιστειακά πετρώματα.

¹ Λατυποπαγές (Breccia). Θραυστιγενή πετρώματα που χαρακτηρίζονται από γωνιώδη κομμάτια μέσα σε λεπτομερέστερο συνδετικό υλικό, χωρίς προσανατολισμό των κομματιών και είναι από ασύνδετα μέχρι και συμπαγή, εκτός από την περίπτωση που είναι πυριτιομένα ή κρυσταλλωμένα (1mm < κομμάτια < 0,5m).

² Κατακλασίτες (Cataclasite). Θραυστιγενή πετρώματα που χαρακτηρίζονται από γωνιώδη κομμάτια μέσα σε λεπτομερέστερο συνδετικό υλικό, χωρίς προσανατολισμό των κομματιών και είναι συνδεδεμένα και ιδιαίτερα σκληρυμένα (0,1mm < κομμάτια < 10mm).

Οι αργιλοπυριτικοί σχηματισμοί αποτελούν ένα σύστημα αργιλικών σχιστολίθων, κερατολίθων και σε πολύ περιορισμένη έκταση ψαμμιτών και μαργαϊκών ασβεστολίθων που εναλλάσσονται μεταξύ τους σε λεπτά στρώματα.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα αντιπροσωπεύονται από βασικές λάβες, βασαλτικής κυρίως σύστασης και παρουσιάζουν τόσο συμπαγή, όσο και μαξιλαροειδή μορφή.

Το πάχος των ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών κυμαίνεται από 40 έως και 100m.

Το σύνολο του σχηματισμού είναι έντονα τεκτονισμένο, πτυχωμένο και κατακερματισμένο δημιουργώντας κατά θέσεις εντατικές τεκτονικές εκλεππύνσεις, πάχους μέχρι και λίγα μέτρα, με παρουσία συμπαγούς μορφής τεκτονικών λατυποπαγών και κατακλασιτών.

(γ) Οφιολιθικό τεκτονικό κάλυμμα

Το οφιολιθικό τεκτονικό κάλυμμα καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής μελέτης, δομώντας σχεδόν εξολοκλήρου το κεντρικό τμήμα του ορεινού όγκου του Καλλίδρομου.

Συνιστούν γενικά μια συγκλινική μορφή μεταξύ του βόρειου και νότιου τμήματος. Σε θέσεις αντικλινικών δομών αναδύονται σε μορφή τεκτονικού παραθύρου τα ανθρακικά πετρώματα του υποβάθρου. Το συνολικό πάχος του καλύμματος φθάνει και τα 900 m.

Κατά την υπαίθρια εργασία το οφιολιθικό κάλυμμα κατέστη δυνατόν να διακριθεί σε τρεις πετρολογικές ενότητες – σχηματισμούς, οι οποίοι από κάτω προς τα επάνω είναι:

(α) Σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s)

(β) Σερπεντινίτες (se)

(γ) Σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες (ha).

Οι σχιστώδεις σερπεντινίτες και οι σερπεντινίτες αποτελούν μια ενιαία μάζα, με συνεχή μείωση προς τα ανώτερα μέλη, της τεκτονικής παραμόρφωσης, στην οποία βρίσκονται οι σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες.

Συχνά στη βάση του οφιολιθικού καλύμματος, απαντώνται αμφιβολιτικά σώματα ποικίλων διαστάσεων, τα οποία και αποτελούν την «αμφιβολιτική σόλα» ή αλλιώς «μεταμορφικό πέλημα».

Στη συνέχεια αναλύονται λεπτομερέστερα από κάτω προς τα επάνω, οι κύριες πετρολογικές ενότητες – σχηματισμοί του οφιολιθικού καλύμματος.

- **Σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s)**

Οι σχιστώδεις σερπεντινίτες αποτελούν μια ανομοιογενή μάζα από πλήρως σερπεντινωμένους και σχιστοποιημένους σερπεντινίτες, που χαρακτηρίζονται από έντονη φυλλώδη δομή.

Η δομή αυτή έχει σχέση με την εντατική τεκτονική παραμόρφωση που αυτή έχει υποστεί, τόσο στο στάδιο της αρχικής τοποθέτησης (ωκεάνιο περιβάλλον), όσο και στο στάδιο της επώθησής τους στους υποκείμενους ανθρακικούς σχηματισμούς.

Συχνά στο εσωτερικό της μάζας τους απαντώνται μικρά σώματα σερπεντινιτών ποικίλων διαστάσεων τα οποία είναι λιγότερο παραμορφωμένα χωρίς έντονη φυλλώδη δομή.

Στο βόρειο τμήμα, το πάχος τους φθάνει και τα 180m, ενώ στο νότιο, όπου έχουν υποστεί και τη μεγαλύτερη ορογενετικού τύπου παραμόρφωση, με συχνότερες εσωτερικές επαναλήψεις, φθάνει και τα 320m.

Στο νότιο τμήμα κατά μήκος τέτοιων ασυνεχειών απαντώνται εγκλωβισμένα φακοειδή σώματα ποικίλων διαστάσεων κρυσταλλικών ασβεστολίθων και ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών.

Λεπτομερής μελέτη των σχηματισμών αυτών έδειξε ότι πέραν της σχιστοποίησης έχουν υποστεί και έντονο κατακερματισμό, τέτοιο που να μπορεί σε πολλές θέσεις να τους χαρακτηρίσει και ως κατακλασίτες.

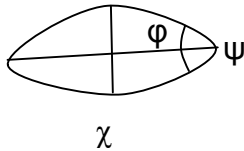
Επίσης, σε ορισμένες θέσεις που δεν ήταν δυνατό να διακριθούν στη χαρτογράφηση εξαιτίας του μικρού πάχους και έκτασης, οι σχιστώδεις σερπεντινίτες παρουσιάζουν ένα χαρακτήρα μίγματος πετρωμάτων διαφορετικής λιθολογικής σύστασης και προέλευσης, από λίγα εκατοστά μέχρι και μερικά μέτρα, που συνδέονται κυρίως με τεκτονικές επαφές, εγκλεισμένα σε μια σχιστοποιημένη θεμελιώδη μάζα. Αυτά συνθέτουν τοπικά την εικόνα μωσαϊκού. Τα πετρώματα που αναγνωρίστηκαν να συμμετέχουν στο μίγμα αυτό, πέραν των σερπεντινιτών, οι οποίοι και επικρατούν είναι αμφιβολίτες, δολερίτες, βασάλτες, ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι και κερατόλιθοι.

- **Σερπεντινίτες (se)**

Οι σερπεντινίτες αποτελούν μια έντονα τεκτονισμένη και πλήρως σερπεντινωμένη υπερβασική μάζα με ποικίλο βαθμό παραμόρφωσης τύπου boudinage, γκριζοπράσινου χρώματος.

Κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση διαπιστώθηκε ότι αυτή υπέρκειται πάντα του σχιστώδους σερπεντινίτη.

Συχνά το όριό τους με τους σχιστώδεις σερπεντινίτες είναι ασαφές, ενώ η ένταση της παραμόρφωσης στην όλη μάζα μειώνεται προς τα ανώτερα μέλη τους. Αυτό διαπιστώνεται με την αύξηση των διαστάσεων του boudinage (άξονες χ , ψ) και την οξεία γωνία που σχηματίζουν (ϕ).



Το μέσο πάχος τους φθάνει τα 200m, ενώ σε πολύ λίγες θέσεις αυτοί απουσιάζουν εξαιτίας τεκτονικής αποσφήνωσής τους μεταξύ σχιστώδους σερπεντινίτη και επωθημένων σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών.

Η όλη δομή τους, παράταξη σχιστότητας και προσανατολισμός μέγιστου άξονα boudinage, ακολουθεί σχεδόν πάντα αυτή της επώθησης του οφιολιθικού τεκτονικού καλύμματος στους υποκείμενους σχηματισμούς.

Σε θέσεις εντονότερης τεκτονικής ορογενετικής παραμόρφωσης, κυρίως στο νότιο τμήμα, αυτοί παρουσιάζουν και εσωτερικές τεκτονικές ασυνέχειες παράλληλης σχεδόν διάταξης με αυτές που διαπιστώθηκαν στους σχιστώδεις σερπεντινίτες.

Κατά μήκος των επιππεύσεων αυτών έχουμε την εμφάνιση εκλεπτυσμένων τεκτονικών παρεμβολών ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών και σχιστώδους σερπεντινίτη.

Στο εσωτερικό τους και με μεγαλύτερη συχνότητα κοντά στην επαφή τους με τους υπερκείμενους σερπεντινωμένους χαρτζβουργίτες απαντώνται ζώνες διάτμησης.

Οι ζώνες αυτές διάτμησης οριοθετούνται παράλληλα ή υποπαράλληλα με την όλη δομή του οφιολιθικού καλύμματος και είναι σχεδόν όλες αποτέλεσμα θραυσιγενούς παραμόρφωσης (brittle).

Χαρακτηρίζονται από έντονη σχιστοποίηση και σε ορισμένες θέσεις και από έντονο κατακερματισμό (μυλωνίτες ή/και κατακλασίτες). Το πάχος τους κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι και 20 m.

- **Σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες (ha)**

Οι σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες καταλαμβάνουν τα ανώτερα μέλη του οφιολιθικού τεκτονικού καλύμματος διαφοροποιημένοι πλήρως από τις υποκείμενες έντονα παραμορφωμένες και εξολοκλήρου σερπεντινωμένες υπερβασικές μάζες στις οποίες και έχουν επωθηθεί.

Πρόκειται για συμπαγή πετρώματα, τα οποία παρουσιάζουν ασαφή σχιστότητα, ενώ ο προσανατολισμός των ορυκτών τους δείχνει γράμμωση (επιμηκυσμένοι κρύσταλλοι) και ασθενή φολίδωση (παράλληλη διάταξη).

Η εσωτερική δομή τους είναι δύσκολο να καθοριστεί, σε ότι αφορά στη διάταξη στο χώρο, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να καθοριστεί μια λιθοστρωματογραφική κατευθυντικότητα τους με την οποία να είναι δυνατόν να γίνει ένας καθορισμός πορείας εξέλιξης από τα κατώτερα προς τα ανώτερα μέλη.

Οι σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες καταλαμβάνουν επιφανειακά τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής μελέτης και το πάχος τους φθάνει και τα 500 m.

Η όλη μάζα του σερπεντινωμένου χαρτζβουργίτη με βάση κυρίως την παρουσία ή όχι φλεβικών συστημάτων να τη διασχίζουν, κατά την γεωλογική χαρτογράφηση κατέστη δυνατόν να διαχωριστεί σε δύο κύριες μάζες των οποίων όμως η επαφή σε πολλές θέσεις ήταν ασαφής.

Η διάταξη της επαφής τους στο χώρο διαφοροποιείται σε σχέση με τις υπόλοιπες κανονικές ή τεκτονικές επαφές μεταξύ των γεωλογικών σχηματισμών κυρίως ως προς τη διάταξή τους στο χώρο.

Αυτή παρουσιάζει γενικά μια ΒΔ/κή έως και Α-Δ ανάπτυξη, η οποία συχνά είναι εγκάρσια των αλπικών δομών και κλίνει πάντα προς τα ΒΑ με μέση τιμή μέτρου κλίσης της 55°.

Ο σερπεντινωμένος χαρτζβουργίτης καταλαμβάνει το βόρειο και ανατολικό τμήμα της όλης μάζας, ενώ ο σερπεντινωμένος χαρτζβουργίτης με φλέβες το ΝΔ/κό τμήμα.

Η σχιστότητα την οποία παρουσιάζουν είναι ασαφής και κατά βάση ασυνεχής και δεν συνδέεται με παρουσία κατακλαστικών ζωνών.

Οι ζώνες διάτμησης που τη διασχίζουν είναι τόσο θραυσιγενείς όσο και θραυσιγενείς – πλαστικές. Το πάχος τους κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι και 30-50 m.

Η συχνότητα εμφάνισής τους είναι μεγαλύτερη κυρίως κοντά στην επαφή τους με τους υποκείμενους σερπεντινίτες και σχιστώδεις σερπεντινίτες.

Οι ζώνες διάτμησης τέμνονται μεταξύ τους δημιουργώντας σε μεγαδομή γενικές συγκλινικές ή αντικλινικές μορφές, καθώς επίσης διαφοροποιούν μεταξύ τους φακοειδείς μορφές μεγάλων διαστάσεων από συμπαγή χαρτζβουργιτική μάζα.

Η μάζα των σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών, η οποία διασχίζεται από φλεβικά συστήματα δεν παρουσιάζει καμιά πετρολογική διαφοροποίηση από αυτήν των σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών, παρά μόνο ένα ελάχιστο μεγαλύτερο βαθμό σερπεντινώσεως και κατά θέσεις υδροθερμικής εξαλλοίωσης.

Οι φλέβες γενικά διακρίνονται σε δύο συστήματα τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τη μορφή εμφάνισης, ως αποτέλεσμα του τρόπου και χρόνου δημιουργίας τους.

Το πρώτο σύστημα φλεβών συνδέεται γενετικά (διεργασίες στον ανώτερο μανδύα) με τους σερπεντινωμένες χαρτζβουργίτες. Πρόκειται για φλέβες ροδιγκιτών ή/και ροδιγκιτωμένων γάββρων.

Το δεύτερο σύστημα φλεβών αφορά υδροθερμικές διεργασίες σε ένα μεταγενέστερο των γαββρικών διεισδύσεων στάδιο, οι οποίες προκαλούν παράλληλα χαρακτηριστική εξαλλοίωση στα υπερβασικά πετρώματα.

- **Αμφιβολίτες (ab)**

Τα αμφιβολιτικά πετρώματα στην περιοχή μελέτης εμφανίζονται πάντοτε σε συγκεκριμένη τεκτονική θέση, στη βάση του οφιολιθικού τεκτονικού καλύμματος. Πρόκειται για ασυνεχείς μάζες, ποικίλου εύρους και πάχους, που κυμαίνεται από 1 έως και 20m.

Τα πετρώματα αυτά εμφανίζονται πτυχωμένα ενώ σε αρκετές περιπτώσεις εντοπίστηκε και κατακλαστικός ιστός, πέραν του λεπιδοβλαστικού, λόγω της έντονης τεκτονικής παραμόρφωσης που έχουν υποστεί οι αμφιβολίτες.

Μεταλπικοί σχηματισμοί

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί απαντώνται κατά κύριο λόγο στο βόρειο και νότιο τμήμα της περιοχής ενδιαφέροντος, όπου και παρουσιάζουν ικανό πάχος υπερκείμενοι ασύμφωνα των αλπικών σχηματισμών.

Με εξαίρεση περιορισμένες εμφανίσεις τους στην ορεινή περιοχή, αυτοί αναπτύσσονται στα χαμηλότερα υψομετρικά τμήματα οριοθετούμενοι με κρασπεδικά ρήγματα ικανού άλματος.

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί διακρίνονται, από κάτω προς τα επάνω σε:

(α) Σχηματισμούς Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου

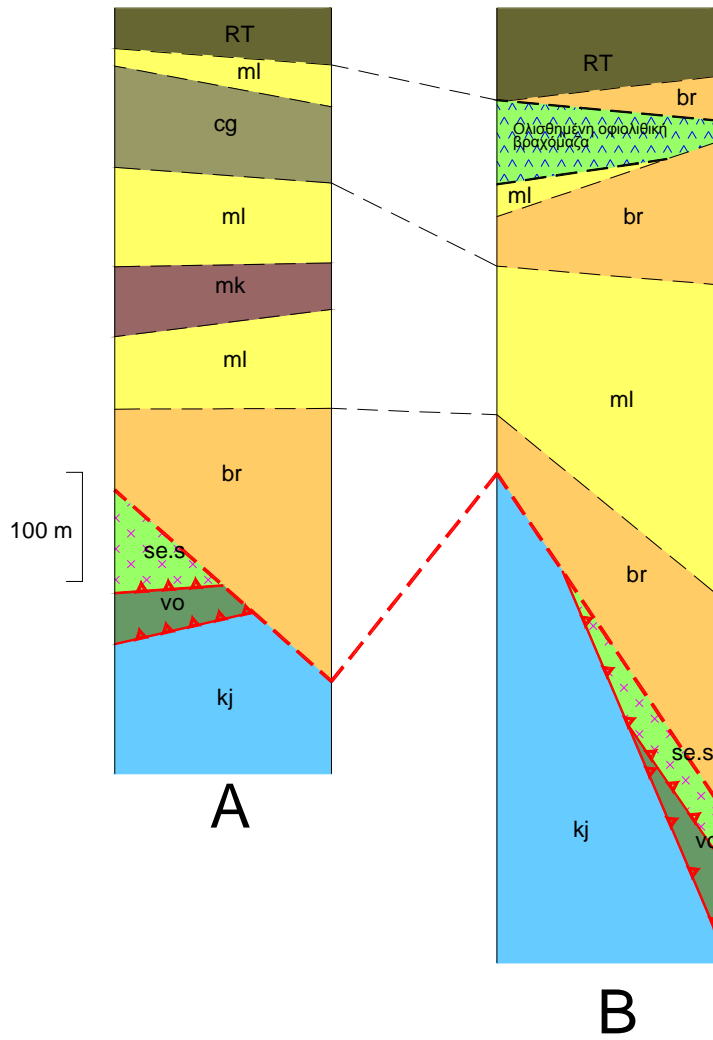
(β) Σχηματισμούς και αποθέσεις Ανωτέρου Πλειστοκαίνου – Ολοκαίνου.

Οι σχηματισμοί του Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου αποτελούν κυρίως κλαστικά και λιγότερο βιοχημικά – χημικά ιζήματα ποταμοχερσαίας και λιμναίας προέλευσης. Σχηματίστηκαν σε περιβάλλον συντεκτονικής βάθυνσης των μεταλπικών λεκανών, γεγονός το οποίο μπορεί να αιτιολογηθεί από την έλλειψη σταθερότητας στη σύστασή τους, τόσο κατά την στρωματογραφική, όσο και κατά την πλευρική τους εξέλιξη.

Αποτέλεσμα αυτού είναι οι συχνές πλευρικές μεταβάσεις και η εντατική αυχομείωση του πάχους των σχηματισμών από περιοχή σε περιοχή.

Παράλληλα, οι σχηματισμοί αυτοί, ενώ δημιουργήθηκαν την ίδια γεωλογικά χρονική περίοδο, παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις, που οφείλονται κυρίως στις διαφορετικές νεοτεκτονικές συνθήκες, οι οποίες επικρατούσαν στα βόρεια και νότια κρασπεδικά τμήματα του Καλλιδρόμου.

Στη συνέχεια οι σχηματισμοί αυτοί αναλύονται με λεπτομέρεια, με αντίστοιχη σύγκριση των διαφοροποιήσεων που υπάρχουν μεταξύ βόρειου (Ρεγγίνιο) και νότιου (Μόδι) τμήματος της περιοχής μελέτης (Σχήμα 3).



3. Στρωματογραφική στήλη των μεταλλικών σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή μελέτης.

(α) Σχηματισμοί Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου

- **Κροκαλολατυποπαγή (br)**

Καταλαμβάνουν ικανή έκταση της περιοχής μελέτης υπερκείμενοι κατά το πλείστον σχηματισμών του αλπικού υποβάθρου. Εξαιρέση αποτελούν στη βόρεια πλευρά του Καλλιδρόμου και ειδικότερα στην περιοχή Ρεγγινίου και δυτικά, όπου και υπέρκεινται αργιλομαργαϊκών σχηματισμών.

Η διττή αυτή στρωματογραφική θέση τους μπορεί να οφείλεται σε εντατικές πλευρικές μεταβάσεις σε ένα ανήσυχο τεκτονικά περιβάλλον ή σε μεγάλη ολίσθηση των κροκαλολατυποπαγών, στο βόρειο τμήμα, εξαιτίας εντατικής ρηξιγενούς τεκτονικής, κατά το χρόνο ιζηματογένεσης των αργιλομαργαϊκών σχηματισμών.

Πρόκειται για σχετικά συνεκτικό σχηματισμό από ποικίλου μεγέθους κυρίως όμως αδρομερείς, κροκάλες και λατύπες, η σύσταση των οποίων εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο δημιουργήθηκαν. Σε ασβεστολιθικά περιβάλλοντα αυτές είναι κυρίως ανθρακικές, ενώ σε οφιολιθικά αυτές είναι κερατολιθικές, βασαλτικές, χαρτζβουργιτικές και λιγότερο σερπεντινιτικές. Παρουσιάζονται σχετικά συγκολλημένα με λεπτομερέστερο κλαστικό υλικό, κυρίως άμμο και άργιλο. Παρουσιάζουν σε μεγάλο βαθμό ικανοποιητική διάταξη, με παρουσία καλά εκπεφρασμένης κατά θέσεις στρώσης, ενώ δεν παρουσιάζουν ικανοποιητικό βαθμό διαβάθμισης.

Οι σχηματισμοί αυτοί παλαιογεωγραφικά φαίνεται να αποτίθενται σε χώρους τεκτονικών βυθισμάτων. Για το λόγο αυτό και στις θέσεις αυτές εμφανίζουν μεγάλη έκταση και ορατό πάχος που φθάνει και τα 250m.

- **Αργιλομαργαϊκός σχηματισμός (ml)**

Καταλαμβάνει ικανή έκταση του νότιου τμήματος, περιοχή Μόδι, υπερκείμενο των προαναφερθέντων κροκαλολατυποπαγών.

Σε λίγες θέσεις όπου κατέστη δυνατή η παρατήρηση διαπιστώθηκε ότι αυτοί υπέρκεινται με δυσυμφωνία ή/και στρωματογραφική ασυμφωνία των κροκαλολατυποπαγών.

Πρόκειται για λιμναίες έως και λιμνοελώδεις εναλλαγές που συνίστανται από αργίλους, ιλύες και μάργες με φακούς και ενδιαστρώσεις άμμων, χαλίκων και

σπανιότερα κροκαλοπαγών. Στο σχηματισμό αυτό απαντώνται επίσης λεπτές ενδιαστρώσεις οργανικού υλικού καθώς και ασβεστιτικά συγκρίματα.

Στο βόρειο τμήμα οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από ηρεμότερη ιζηματογένεση και παρουσιάζουν σχετική ομοιογένεια, με σαφείς στρώσεις και εναλλαγές υλικού.

Στο νότιο τμήμα ο αργιλομαργαϊκός σχηματισμός είναι περισσότερο ανομοιογενής, με συχνές εναλλαγές υλικού τόσο πλευρικά, όσο και στρωματογραφικά.

Αναγκαία συνθήκη αύξησης της δημιουργίας ζωνών διάτμησης είναι η παραμόρφωση του υλικού. Η περίπτωση της διάτμησης παράλληλα ή υποπαράλληλα με τη στρώση έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση ολισθήσεων.

Στους αργιλομαργαϊκούς σχηματισμούς τόσο στο βόρειο, όσο και στο νότιο τμήμα παρεμβάλλεται ορίζοντας από συμπαγή ασβεστιτική μάζα, πλούσια σε λιμναία απολιθώματα.

Το συνολικό πάχος του αργιλομαργαϊκού σχηματισμού μαζί με τον ορίζοντα της ασβεστιτικής μάργας φθάνει τα 260 m. Το πάχος αυτό μειώνεται αισθητά προς τα νότια εξαιτίας ολισθήσεων του επάνω στο ασβεστολιθικό αλπικό υπόβαθρο, αλλά και ολισθήσεων του υπερκείμενου κροκαλοπαγούς του Μόδι.

- **Ασβεστιτική μάργα (mk)**

Παρεμβάλλεται ως ορίζοντας μέσα στην αργιλομαργαϊκή σειρά. Κατά θέσεις σε αυτήν απαντώνται λεπτές ενδιαστρώσεις οργανικού υλικού. Το πάχος της φθάνει και τα 60m.

Σε όλες τις θέσεις στο νότιο τμήμα διαπιστώθηκε ότι στη βάση των ασβεστιτικών μαργών απαντάται μια ζώνη διάτμησης, πάχους μέχρι και 0,50 m, η οποία οφείλεται σε συνεχή αργή ολίσθησή της στους υποκείμενους αργιλομαργαϊκούς σχηματισμούς.

Χαρακτηριστικό αυτού αποτελούν και οι μορφές επιφανειακής διάλυσης και η σε βάθος αποσφήνωσης του μαργαϊκού ορίζοντα, στην προς τα νότια επιφανειακή ανάπτυξή του.

- **Ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή – λατυποπαγή (cg)**

Πρόκειται για έναν ιδιότυπο βραχώδη έως ισχυρά συνεκτικό σχηματισμό, ο οποίος κλείνει προς τα επάνω τους αργιλομαργαϊκούς σχηματισμούς.

Απαντάται μόνο στην περιοχή Μόδι καταλαμβάνοντας τα υψηλότερα τμήματα του λοφώδους αναγλύφου. Υπολειμματικές μορφές του με μορφή ρακών απαντώνται διάσπαρτες σε ολόκληρη την περιοχή αυτή. Η υψηλότερη υψομετρική θέση παρατηρείται λίγο μετά το Μόδι στο δρόμο προς το Ρεγγίνιο.

Πρόκειται για ισχυρά συγκολλημένα, με ασβεστιτικό κυρίως υλικό, μονόμικτα ασβεστολιθικής σύστασης κροκαλοατυπποπαγή, με ποικίλου μεγέθους κροκάλες και λατύπες. Ο σχηματισμός αυτός δεν παρουσιάζει στο σύνολό του καμία σχεδόν διάταξη και διαβάθμιση του αδροκλαστικού υλικού, ενώ κυρίως στη βάση του απαντώνται μεγάλα γωνιώδη τεμάχια και ογκόλιθοι ασβεστολίθων.

Η μελέτη της βάσης του σχηματισμού αυτού ως προς τους υποκείμενους αργιλομαργαϊκούς έδειξε ότι σε όλη την έκταση εμφάνισης οι υποκείμενοι αργιλομαργαϊκοί σχηματισμοί έχουν υποστεί εντατική διάτμηση. Η εμφανιζόμενη ζώνη διάτμησης, έχει πάχος που κατά θέσεις υπερβαίνει και το 1m.

Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό και με την ιδιότυπη σύσταση των κροκαλοπαγών Μόδι, ως προς τους περιβάλλοντες ιζηματογενείς σχηματισμούς, συνηγορεί στο ότι μια μεγάλη ολίσθησή του από τα ΒΔ/κά, όπου και εμφανίζονται σχεδόν αποκλειστικά ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, δεν μπορεί να αποκλειστεί.

Στο βόρειο τμήμα του Καλλίδρομου δεν έχουν παρατηρηθεί παρόμοιοι σχηματισμοί.

Η μελέτη της βάσης της ολισθημένης μάζας έδειξε παρουσία ιζηματογενών χαρακτηριστικών ρών με παρουσία αργιλομαργαϊκού υλικού και κροκαλοπαγών, πάχους μέχρι και 10m, γεγονός που συνηγορεί στην άποψη μιας συνιζηματογενούς ολίσθησης.

(β) Σχηματισμοί και αποθέσεις Ανωτέρου Πλειστοκαίνου – Ολοκαίνου

Οι σχηματισμοί και αποθέσεις του Ανωτέρου Πλειστοκαίνου – Ολοκαίνου υπέρκεινται ασύμφωνα των προαναφερθέντων σχηματισμών και είναι καθαρά χερσαίας προέλευσης.

Με βάση τα στοιχεία της γεωλογικής χαρτογράφησης που έγινε για τις ανάγκες του έργου αυτού, οι σχηματισμοί αυτοί διακρίθηκαν ανάλογα των ιζηματογενών τους χαρακτηριστικών και της παλαιογεωγραφικής τους θέσης σε:

(α) Αποθέσεις αναβαθμίδων, ποταμοχερσαίας φάσης στο βόρειο τμήμα και χερσαίας στο νότιο. Περιοχές ήπιας μορφολογίας σε άμεση σχέση με την τεκτονική.

(β) Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων, εκτεταμένοι στα βόρεια κράσπεδα του Καλλιδρόμου, απουσιάζουν σχεδόν εξολοκλήρου στο νότιο τμήμα, ενώ περιορισμένης έκτασης εμφανίσεις τους απαντώνται στην ορεινή μάζα του Καλλιδρόμου.

(γ) Αλλουβιακές αποθέσεις, ως εδαφικό κάλυμμα, αποθέσεις κοίτης χειμάρων και υλικά διάβρωσης, απαντώνται διάσπαρτες σε όλη την περιοχή μελέτης.

- **Αποθέσεις αναβαθμίδων (RT)**

Στο βόρειο τμήμα αυτές αποτελούνται από συνεκτικά κροκαλοπαγή με ερυθροχώματα, χειμαρρώδους προέλευσης. Οι κροκάλες τους είναι ασβεστολιθικές, κερατολιθικές και οφιολιθικές, ενώ διαπιστώθηκαν και παρεμβολές από αδρομερείς ψαμμίτες και ψηφιδοκροκαλοπαγή με σταυρωτή στρώση καθώς και ερυθροχώματα.

Συχνά η συνέχεια των σχηματισμών αυτών διακόπτεται από παρεμβολές ασβεστολιθικών ογκολίθων, οι οποίοι κατά θέσεις παίρνουν έκταση και πάχος.

Οι σχηματισμοί αυτοί είναι ημισυνεκτικοί έως και συνεκτικοί.

Στο νότιο τμήμα οι αποθέσεις αναβαθμίδων εκφράζονται από την παρουσία ικανού πάχους ιζηματογενούς καλύμματος το οποίο έχει προέλθει από εντατική διάβρωση των προϋπαρχόντων σχηματισμών του Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου. Η συμμετοχή αδροκλαστικών υλικών στους σχηματισμούς αυτούς είναι σημαντικά μικρότερη έναντι του βόρειου τμήματος.

- **Πλευρικά κορήματα – κώνοι κορημάτων (SC)**

Στην περιοχή μελέτης απαντούν σε πολλές θέσεις χερσογενείς αποθέσεις κορηματικού τύπου, η παρουσία των οποίων, στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, ακολουθεί ρηξιγενείς ζώνες. Γι' αυτό το λόγο, έγινε προσπάθεια να χαρτογραφηθούν και να διαχωριστούν από τις υπόλοιπες χερσαίες αποθέσεις.

Τα πλευρικά κορήματα του βόρειου περιθωρίου του ορεινού όγκου του Καλλιδρόμου, αποτελούν ένα «κολουβιακό κάλυμμα», το οποίο και ιχνηθετεί τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη. Στη σύστασή τους κυριαρχούν τα ανθρακικά πετρώματα, ενώ η απόθεση, η κροκαλομετρία, ο βαθμός συνεκτικότητας, και γενικά όλοι οι χαρακτήρες τους είναι στο μέγιστο ποσοστό τεκτονικά ελεγχόμενοι. Το πάχος τους είναι πολύ μεγάλο, ενώ βρίσκονται υπό καθεστώς διάβρωσης.

Πλευρικά κορήματα και κώννοι κορημάτων απαντώνται επίσης, σε μικρή έκταση, σε πολλές θέσεις μορφολογικών βυθισμάτων της ορεινής περιοχής του Καλλιδρόμου.

- **Αλλουβιακές αποθέσεις (AL)**

Πρόκειται για σύγχρονα χαλαρής δομής υλικά απόθεσης, αργιλικής κυρίως σύστασης με διάσπαρτες ή και σε μικροενστρώσεις ασβεστολιθικές και οφιολιθικές κροκαλολατύπες, καστανέρυθρου χρώματος. Απαντώνται σε θέσεις μικρής μορφολογικής κλίσης, εσωτερικές λεκάνες και παροχειμάρριες περιοχές.

1.3 Τεκτονική Δομή

Η τεκτονική μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά το στάδιο της γεωλογικής χαρτογράφησης με μεγάλο αριθμό μετρήσεων και παρατηρήσεων που αφορούσαν τόσο μορφοτεκτονικά, όσο και τεκτονικά χαρακτηριστικά των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την περιοχή ενδιαφέροντος. Η τεκτονική ανάλυση που ακολουθεί αναφέρεται σε μετρήσεις και παρατηρήσεις που έγιναν σε όλους και κατά κύριο λόγο στους αλπικούς σχηματισμούς που δομούν τον ορεινό όγκο του Καλλιδρόμου. Οι αναφορές γίνονται κατά γεωλογικό σχηματισμό με στοιχεία που έχουν προκύψει τόσο από μετρήσεις, όσο και από γεωλογικές αποτυπώσεις κατά το στάδιο της γεωλογικής χαρτογράφησης. Τα τεκτονικά στοιχεία αυτά αφορούν διεύθυνση και κλίση στρωμάτων ή σχιστότητας, γεωμετρικά στοιχεία πτυχών, διευθύνσεις και κλίσεις επωθήσεων, επιπτεύσεων, ζωνών διάτμησης, διακλάσεων και ρηγμάτων που αναγνωρίστηκαν κατά το πλείστον στους αλπικούς σχηματισμούς.

Επίσης, αναφέρονται και οι κύριες επιφάνειες που ακολουθούν οι φλέβες στους σερπεντινωμένους χαρτζβουργίτες. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στη συνέχεια αποτελούν αποτέλεσμα στατιστικής επεξεργασίας όλων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κυρίως κατά το στάδιο της γεωλογικής χαρτογράφησης.

Πιν. 2 Πίνακας γενικών τεκτονικών δεδομένων ευρείας κλίμακας στην περιοχή μελέτης

Γεωλογικός σχηματισμός	Αλπικοί σχηματισμοί					Μεταλπικοί σχηματισμοί
	Ανθρακική ενότητα υποβάθρου**	Ηφαιστειο-ϊζηματογενής σχηματισμός	Σχιστώδης σερπεντινίτες	Σερπεντινίτες	Σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες	
Διεύθυνση και κλίση*	025°/45°, 225°/40°	015°/40° 195°/40° 100°/45° 280°/45°	020°/40° 195°/40°	020°/45° 195°/40°	015°/40° 195°/40° 095°/45° 275°/45°	190°/15° 190°/20°
Αξονικό επίπεδο πτυχής	030°/60°	-	-	-	-	-
Διεύθυνση άξονα πτυχής	120°-300°	-	-	-	-	-
Ζώνη διάτμησης	-	-	-	020°/45° 195°/40°	015°/40° 195°/40° 120°/45° 300°/45°	-
Επώθηση στους ασβεστόλιθους	-	010°/45° 190°/45°	-	-	-	-

Γεωλογικός σχηματισμός	Αλπικοί σχηματισμοί					Μεταλλικοί σχηματισμοί
	Ανθρακική ενότητα υποβάθρου**	Ηφαιστειο-ϊζηματογενής σχηματισμός	Σχιστώδης σερπεντινίτες	Σερπεντινίτες	Σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες	
Επώθηση χαρτζβουργιτών	-	-	-	-	-	-
Εσωτερικές τεκτονικές ασυνέχειες (εφιππεύσεις)	-	-	020°/40° 195°/40°	-	-	-
Διακλάσεις	130°/65° 030°/60° 210°/60° 100°/55° 280°/55° 310°/65°	-	-	-	030°/70° 070°/60° 130°/75° 170°/75° 210°/45° 280°/55° 330°/60°	-
Φλέβες	-	-	-	-	010°/60° 080°/50° 300°/60° 040°/45° 130°/70°	-

Γεωλογικός σηματισμός	Αλπικοί σχηματισμοί					Μεταλλικοί σηματισμοί
	Ανθρακική ενότητα υποβάθρου**	Ηφαιστειο- ϊζηματογενής σηματισμός	Σχιστώδης σερπεντινίτες	Σερπεντινίτες	Σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες	
					180°/40° 210°/55°	
Ρήγματα	040°/68°	040°/68°	040°/68°	040°/68°	040°/68°	005°/70° 185°/70°
	220°/68°	220°/68°	220°/68°	220°/68°	220°/68°	
	120°/70°	120°/70°	120°/70°	120°/70°	120°/70°	
	300°/70°	300°/70°	300°/70°	300°/70°	300°/70°	
	005°/70°	005°/70°	005°/70°	005°/70°	005°/70°	
	185°/70°	185°/70°	185°/70°	185°/70°	185°/70°	

* στρώματος, κύριας διάρρηξης, σχιστότητας, ** μέσες τιμές

(α) Ανθρακική ενότητα υποβάθρου

Η ανθρακική ενότητα υποβάθρου στην μεγαλύτερη έκτασή της δεν παρουσιάζει εμφανή στρώση εξαιτίας της φύσης των ανθρακικών πετρωμάτων που είναι κατά το πλείστον παχυστρωματώδη και της τεκτονικής τους καταπόνησης. Η τελευταία, συχνά δημιουργεί ασυνεχή επίπεδα σχιστότητας και θέσεις έντονης συμπίεστικής τεκτονικής παραμόρφωσης. Από τις λίγες μετρήσεις που συλλέχθηκαν, όλες στο βόρειο τμήμα της περιοχής, η στρώση τους αναπτύσσεται σε δύο κύριες διευθύνσεις με στοιχεία που είναι 220° - $230^{\circ}/30^{\circ}$ - 50° και 020° - $030^{\circ}/40^{\circ}$ - 50° .

Τα ανθρακικά πετρώματα, σε λίγες πάλι θέσεις του βόρειου τμήματος, διαπιστώθηκε ότι είναι έντονα πτυχωμένα σε μεσοσκοπικό επίπεδο με κλειστές κεκλιμένες πτυχές των οποίων το αξονικό επίπεδο έχει στοιχεία 020° - $040^{\circ}/60^{\circ}$. Τα σκέλη των πτυχών σε μέσο όρο παρουσιάζουν κλίση από 30° έως και 50° .

Σε μακροσκοπικό επίπεδο (χαρτογραφικό) αυτοί φαίνεται να είναι έντονα πτυχωμένοι, δημιουργώντας κατά θέσεις μορφές τεκτονικών παραθύρων μέσα στους επωθημένους σχηματισμούς. Οι κύριοι άξονες πτύχωσης ακολουθούν διευθύνσεις από 100° - 280° έως 140° - 320° με μέση διεύθυνση 110° - 300° . Οι διευθύνσεις αυτές συγκρίνονται με αυτές του μεσοσκοπικού επιπέδου.

Η παρατηρούμενη συχνά αλλαγή της διεύθυνσης του άξονα πτύχωσης οφείλεται σε κάμψεις και όχι σε περισσότερα από ένα συστήματα πτύχωσης. Οι άξονες των μεγα-πτυχών παρουσιάζουν βυθίσεις από 10° - 25° εξαιτίας διατμητικής παραμόρφωσης.

Η παραπάνω ανάλυση δείχνει ότι τα ανθρακικά πετρώματα παραμορφώθηκαν σε ορογενετική φάση με μέγιστη ώθηση συμπίεσης από τα BBA έως BA/κά.

(β) Τεκτονικό κάλυμμα ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών

Ο σχηματισμός αυτός και κυρίως οι κερατόλιθοι είναι έντονα πτυχωμένοι έως στολιδωμένοι και κερματισμένοι. Σε αυτούς το μόνο που μπορούσε να μετρηθεί ήταν η σχιστότητα.

Οι ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί έχουν υποστεί γενικά μια εντατική παραμόρφωση συμπίεσης διεύθυνσης BBA/κής, η οποία σχεδόν παραλληλίζεται με τη διεύθυνση επώθησής τους στην ανθρακική ενότητα υποβάθρου.

(γ) Σχιστώδεις σερπεντινίτες

Οι μετρήσεις της σχιστότητας των σχιστωδών σερπεντινιτών, μετά από στατιστική επεξεργασία όλων των μετρήσεων, έδειξε ότι ακολουθούν τις παρακάτω κύριες διευθύνσεις με στοιχεία:

(α) 350° - $050^{\circ}/30^{\circ}$ - 45°

(β) 160° - $230^{\circ}/30^{\circ}$ - 45°

Οι εσωτερικές επιππεύσεις και γενικά ανάστροφες τεκτονικές επιφάνειες ακολουθούν με ελάχιστες μικρές αποκλίσεις τη σχιστότητα.

(δ) Σερπεντινίτες

Οι σερπεντινίτες είναι παραμορφωμένοι σε τύπο boudinage και εμφανίζει μόνο κατά θέσεις σχιστότητα, η οποία με βάση τις μετρήσεις που έγιναν ακολουθεί πάντα αυτή του υποκείμενου σχιστώδους σερπεντινίτη. Την ίδια παράταξη ακολουθούν και οι ζώνες διάτμησης.

Γενικά, η διεύθυνση του μέγιστου άξονα των boudinage ακολουθεί την κατεύθυνση της σχιστότητας.

Αυτοί παρουσιάζουν σημαντική μείωση της παραμόρφωσής τους προς τα ανώτερα μέλη, γεγονός που εκφράζεται με αύξηση της οξείας γωνίας των boudinage. Παράλληλα, μειώνεται και η αναλογία στη σχέση μεταξύ των αξόνων χ (μέγιστος) και ψ (ελάχιστος).

Η γωνία ϕ στους σερπεντινίτες κυμαίνεται μεταξύ 20° και 60° , με αναλογία $\chi:\psi$ 5:1 έως 2:1, αντίστοιχα.

(ε) Σερπεντινιωμένοι χαρτζβουργίτες

Οι σερπεντινιωμένοι χαρτζβουργίτες δεν παρουσιάζουν εμφανή σχιστότητα, αλλά ένα κύριο ασυνεχές επίπεδο διάρρηξης.

Οι φλέβες στους σερπεντινιωμένους χαρτζβουργίτες ακολουθούν κύριες διευθύνσεις οι οποίες ουσιαστικά αντιστοιχούν σε διακλάσεις και επιφάνειες διάτμησης:

(στ) Ρήγματα

Η τεκτονική ανάλυση των ρηγμάτων της περιοχής μελέτης βασίστηκε κατά κύριο λόγο σε επιτόπου παρατηρήσεις και μετρήσεις που έγιναν στα πλαίσια της γεωλογικής χαρτογράφησης. Βοηθητικά χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα του δορυφόρου Landsat 7.

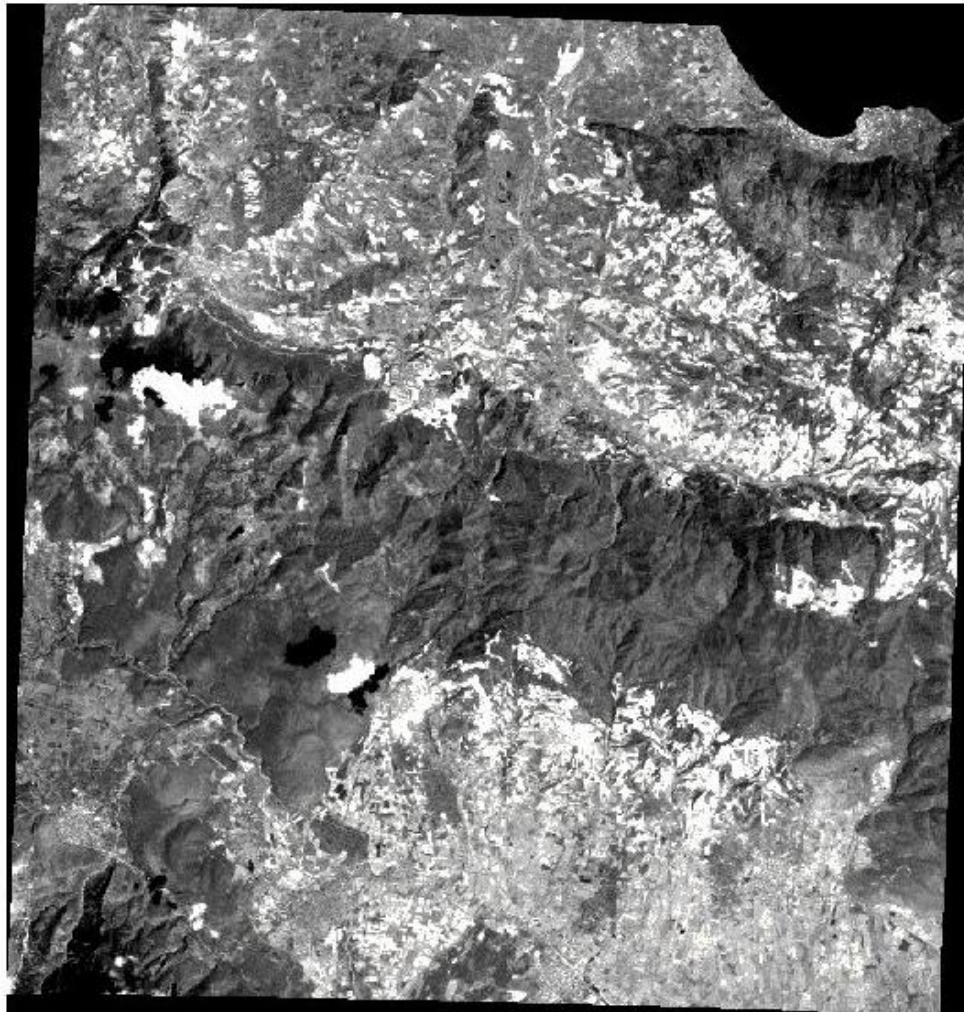
Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκε η παγχρωματική εικόνα με γεωαναφορά και προσανατολισμό ως προς το βορρά, στην οποία εφαρμόστηκε ραδιομετρική και γεωμετρική διόρθωση. Η χωρική διακριτική της ικανότητα είναι 14 m (1).

Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος διαμορφώνεται από τρεις ομάδες κύριων συστημάτων ρηγμάτων ή/και ρηξιγενών ζωνών:

Ομάδα 1: Η ομάδα 1 αντιπροσωπεύει ρήγματα μέγιστης κλίσης 030° - $050^{\circ}/60^{\circ}$ - 75° και 210° - $230^{\circ}/60^{\circ}$ - 75° . Πρόκειται για κανονικά έως και πλαγιοκανονικά ρήγματα με αριστερόστροφο ή δεξιόστροφο χαρακτήρα και με γωνία ολίσθησης μεγαλύτερη των 65° .

Ομάδα 2: Η ομάδα 2 αντιπροσωπεύει ρήγματα μέγιστης κλίσης 110° - $130^{\circ}/60^{\circ}$ - 80° και 290° - $310^{\circ}/60^{\circ}$ - 80° . Πρόκειται για κανονικά έως και πλαγιοκανονικά ρήγματα με αριστερόστροφο ή δεξιόστροφο χαρακτήρα και με γωνία ολίσθησης 50° - 65° .

Ομάδα 3: Η ομάδα 3 αντιπροσωπεύει ρήγματα μέγιστης κλίσης 350° - $020^{\circ}/60^{\circ}$ - 80° και 170° - $200^{\circ}/60^{\circ}$ - 80° . Πρόκειται κυρίως για κανονικά ρήγματα παράλληλα με την ανάπτυξη των μεταλπικών λεκανών. Τα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ δημιουργούν συχνά στα βόρεια κράσπεδα του ορεινού όγκου του Καλλιδρόμου ρηξιγενείς ζώνες. Ως ρηξιγενής ζώνη νοείται ο χώρος μέσα στον οποίο συνυπάρχουν περισσότερα του ενός κυρίως υποπαράλληλα μικρότερα ρήγματα. Το πλάτος μιας ρηξιγενούς ζώνης μπορεί να κυμαίνεται από 100 μέχρι και 500m.



1 Παγχρωματική εικόνα (με γεωαναφορά και προσανατολισμό ως προς το βορρά) του δορυφόρου Landsat 7, στην οποία έχει εφαρμοστεί ραδιομετρική και γεωμετρική διόρθωση. Η χωρική διακριτική ικανότητά της είναι 14 m.

Τα ρήγματα των ομάδων 1 και 2 εμφανίζονται σχεδόν αποκλειστικά να θίγουν σχηματισμούς του αλπικού υποβάθρου.

Τα ρήγματα της ομάδας 2 έχουν λειτουργήσει αρχικά ως ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης κατά το στάδιο της καλυμματικής ορογενετικής τεκτονικής και στη συνέχεια επαναλειτούργησαν κυρίως κατά τα πρώτα στάδια της μεταλπικής περιόδου, όπου μαζί με τα ρήγματα της ομάδας 1 άρχισαν να διαμορφώνουν γεωμορφολογικά την περιοχή σε υβώματα και λεκάνες.

Τα ρήγματα της ομάδας 3 θεωρούνται τα νεώτερα, έχουν θίξει τόσο τους αλπικούς, όσο και τους μεταλπικούς σχηματισμούς.

1.4 Νεοτεκτονική

Η περιοχή του Καλλιδρόμου αποτελεί μορφοτεκτονικά ένα σημαντικό ύβωμα, ΔΒΔ-ΑΝΑ (Β75°Δ) διεύθυνσης, μέσου απόλυτου υψομέτρου 800 m, το οποίο διαχωρίζει τη λεκάνη του Σπερχειού στα βόρεια από τη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού στα νότια.

Η λεκάνη του Σπερχειού αποτελεί μια συνεχή στενή λεκάνη ΔΒΔ-ΑΝΑ (Β80°Δ) διεύθυνσης, η οποία ουσιαστικά αποτελεί τη χερσαία επέκταση του Μαλιακού και του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου. Το μορφολογικό της ανάγλυφο είναι ήπιο, με ελαφρά κλίση νότια και αναπτύσσεται σε ένα μέσο απόλυτο υψόμετρο 50m.

Με βάση γεωφυσικά δεδομένα το υπόβαθρό της στα ανατολικά περιθώρια έχει μια μετατόπιση της τάξης των 800m, ενώ στη νότια πλευρά της αυτή φθάνει και τα 1.000m (Marinos & Rondoyanni, 1998).

Η λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού αποτελεί μια ασυνεχή λεκάνη, η οποία συχνά διακόπτεται από εμφανίσεις του αλπικού υποβάθρου. Η μέση διεύθυνση ανάπτυξής της είναι ΔΒΔ-ΑΝΑ (Β60°Δ) και το μέσο απόλυτο υψόμετρό της, τουλάχιστον στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος είναι στα 150m.

Σε άξονα Β-Ν η ευρύτερη περιοχή της περιοχής μελέτης παρουσιάζει χαρακτηριστική κλιμακωτή μορφοτεκτονική διάταξη, με ύβωμα τον ορεινό όγκο του Καλλιδρόμου και βυθίσματα προς βορά τη λεκάνη Ρεγγινίου και προς νότο τη λεκάνη Μόδι.

Η μορφολογική αυτή διαφοροποίηση, κατά όλους τους ερευνητές, οφείλεται σε μεγάλης κλίμακας κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις που οφείλονται σε έντονη μεταλπική ρηγματογόνο δραστηριότητα, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της κλιμακωτής μορφοτεκτονικής διάταξης και τελικά τη δημιουργία του Μαλιακού – Β. Ευβοϊκού κόλπου.

Το βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης οριοθετείται από χαρακτηριστική ρηξιγενή ζώνη.

Η ζώνη αυτή αποτελεί τμήμα της γνωστής ρηξιγενούς ζώνης του Καλλιδρόμου, διεύθυνσης Α-Δ ($\pm 15^\circ$), η οποία για μήκος 36 τουλάχιστον χιλιομέτρων αποτελεί το κρασπεδικό όριο μεταξύ αλπικών και μεταλπικών σχηματισμών, στο βόρειο τμήμα του όρους.

Στο μεγαλύτερο μήκος του κεντρικού τμήματός του έχει δημιουργήσει εντυπωσιακό ορεινό μέτωπο με απότομα πρηνή και όπου η λιθολογία το επιτρέπει, με έντονη κατά βάθος διάβρωση των ρεμάτων που ρέουν εγκάρσια προς αυτή.

Συχνά τα πρηνή του ορεινού όγκου, κατά μήκος της ρηξιγενούς αυτής γωνίας καλύπτονται από αρκετής έκτασης και πάχους πλευρικά κορήματα. Τη ρηξιγενή ζώνη του Καλλιδρόμου ακολουθεί η λεκάνη του Ρεγγινίου, η οποία παρουσιάζει ίδια διεύθυνση ανάπτυξης με αυτή του Καλλιδρόμου και αναπτύσσεται σε ένα μέσο απόλυτο υψόμετρο 150 m. Η λεκάνη αυτή προς τα βόρεια με την παρουσία της ρηξιγενούς ζώνης των Καμένων Βούρλων μεταπίπτει στη λεκάνη του Σπερχειού.

Η λεκάνη Ρεγγινίου μέσου πλάτους 7.500 m παρουσιάζει έντονο μορφολογικό ανάγλυφο εξαιτίας τόσο της γεωλογικής δομής της (εναλλαγές κροκαλολατυποπαγών και αργιλομαργαϊκών σχηματισμών), όσο και της επίδρασης νεοτεκτονικών ρηγμάτων γενικής διεύθυνσης Α-Δ, τα οποία και δημιουργούν μια εσωτερική κλιμακωτή διάταξη αθροιστικών μορφοτεκτονικών μεταπτώσεων της τάξης των 200m (από τα 300m απόλυτο υψόμετρο στα 100m). Η μέση μορφολογική κλίση της είναι περίπου 5%.

Στο νότιο τμήμα του όρους Καλλιδρόμο η κλιμακωτή διάταξη αρχίζει ουσιαστικά με δύο κρασπεδικά ρήγματα ΒΑ/κής ($B60^{\circ}A$) και ΒΔ/κής ($B60^{\circ}D$) διεύθυνσης, τα οποία εκδηλώνονται σε μέσο απόλυτο υψόμετρο 600m. Τα ρήγματα αυτά βυθίζουν την περιοχή προς τα νότια, οριοθετώντας παράλληλα τη λεκάνη του Μόδι. Με βάση υπαίθριες παρατηρήσεις η ορατή βαθμίδα του ΒΔ/κού ρήγματος δεν ξεπερνάει τα 20m.

Η λεκάνη Μόδι αποτελεί μια μορφοτεκτονική κλιμακωτή μονοκλινική δομή, η οποία βυθίζει διαδοχικά την περιοχή από το απόλυτο υψόμετρο 600 m στα 150 m, όπου και διακόπτεται από τη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού.

Η μέση μορφολογική κλίση της περιοχής της λεκάνης Μόδι είναι 22%. Χαρακτηριστικό αποτελεί το ότι η κλίση αυτή ταυτίζεται με τη μέση κλίση των σχηματισμών του Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου.

Η λεκάνη στο σύνολό της παρουσιάζει μια τοξοειδή μορφή, με αναλογία μέγιστου άξονα (χορδή τόξου) ανάπτυξης, του οποίου η διεύθυνση είναι παράλληλη με αυτή του όρους Καλλιδρόμο, ως προς τον κάθετο άξονα (ακτίνα) 4,5:1. Ανατολικά και δυτικά οριοθετείται από αλπικούς σχηματισμούς με ρήγματα ΒΑ/κής και ΒΔ/κής διεύθυνσης.

Με βάση λεπτομερή έρευνα που πραγματοποιήθηκε με στόχο την ταξινόμηση των ρηγμάτων από πλευράς ενεργότητας και σημαντικότητας αυτά ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες με βάση τους ακόλουθους χαρακτηρισμούς:

Σεισμικά ενεργά, αυτά που συνδέονται με σεισμικά επίκεντρα.

Ενεργά, αυτά που έχουν δραστηριοποιηθεί κατά το διάστημα Α. Πλειστόκαινο έως σήμερα.

Πιθανά ενεργά, αυτά που έχουν δραστηριοποιηθεί κατά το διάστημα Α. Πλειόκαινο έως Α. Πλειστόκαινο.

Ανενεργά, παλαιότερης ηλικίας δραστηριοποίηση

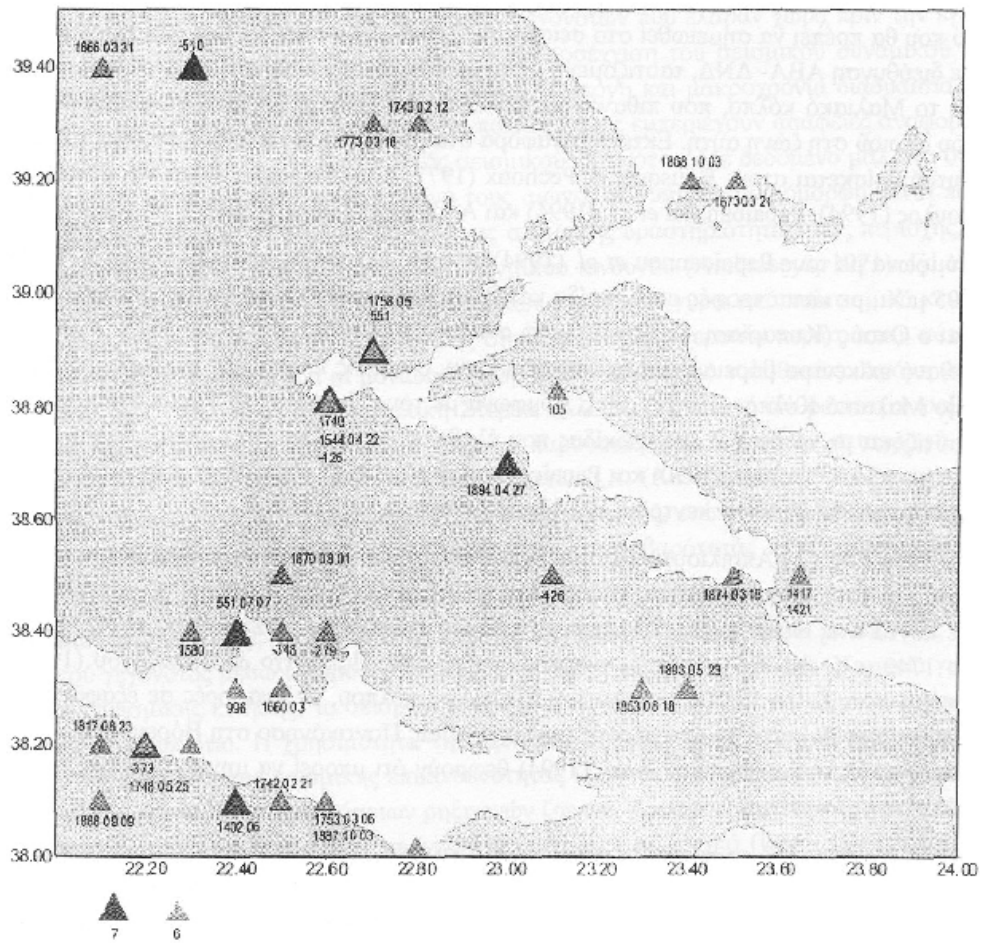
1.5 Σεισμικότητα – Σεισμική επικινδυνότητα

Σεισμικότητα

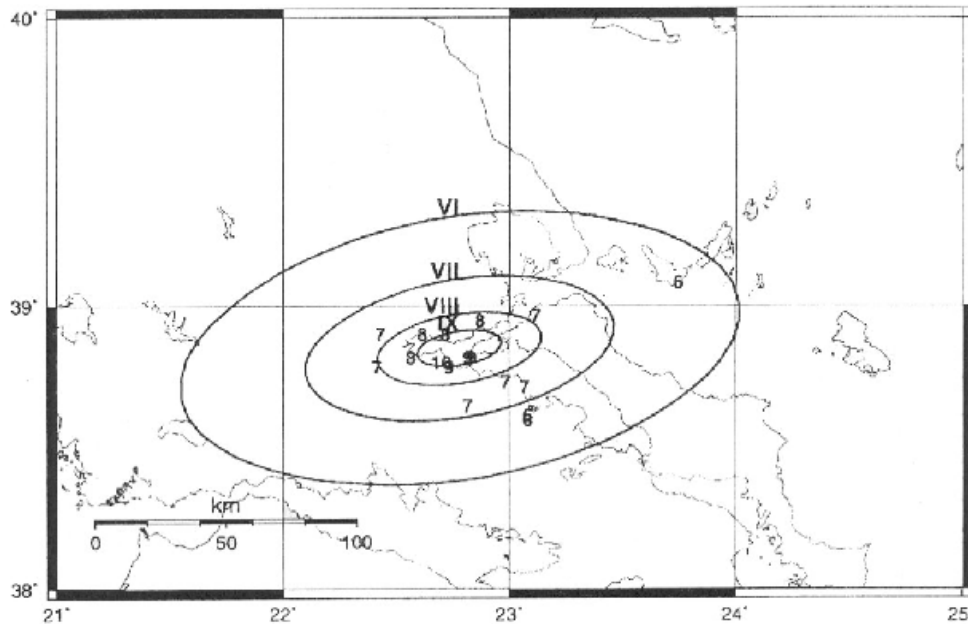
Ιστορική σεισμικότητα

Με την ιστορική σεισμικότητα της περιοχής έχουν καταπιαστεί πολλοί ερευνητές, οι περισσότεροι ορμώμενοι από τους δύο καταστροφικούς σεισμούς του Απριλίου 1894. Οι Lemeille (1977), Bousquet & Pechoux (1977), Rondogianni-Tsiambaou (1984), Stiros (1988), Stiros et al. (1992) Παπαζάχος & Παπαζάχου (1989), Ambraseys & Jackson (1990) Αγγελίδης (1992), Ambraseys (1996), Papaioannou et al. (1994), Makropoulos & Kouskouna (1994), Papadimitriou et al. (1994), Μακρόπουλος (1994), έχουν αναλύσει και ερμηνεύσει τα υπάρχοντα στοιχεία σχετικά με τη σεισμικότητα της περιοχής, η οποία συνοψιζόμενη έχει ως εξής:

Ο πρώτος μεγάλος σεισμός ($M=7$) που έχει καταγραφεί έγινε το καλοκαίρι του 426 π.Χ, με επίκεντρο την περιοχή της Σκάρφειας. Είχε πιθανά προηγηθεί σεισμός το 427 π.Χ. (Ambraseys, 1996) (Σχήμα 2). Ήταν ιδιαίτερα καταστροφικός, κύρια στους οικισμούς πέριξ του Μαλιακού κόλπου, ενώ προκάλεσε, μεταξύ άλλων αλλεπάλληλα παλιρροιακά κύματα και αλλαγή στην κοίτη του Σπερχειού ποταμού. Ισόσειστες του γεγονότος αυτού υπάρχουν στον κατάλογο του Sieberg (1932), και στο νέο κατάλογο ισόσειστων των Papazachos et al. (1997) (Σχήμα 3).



2 Κατανομή επικέντρων ιστορικής σεισμικότητας για την κεντρο-ανατολική Στερεά Ελλάδα. Στοιχεία από Παπαζάχο & Παπαζάχου (1996). Αναγράφεται το έτος, ο μήνας και η ημερομηνία (εεεε-μμ-ηη). Με αρνητικό πρόσημο αναγράφονται οι χρονολογίες π.Χ.



3 Χάρτης ισοσειστών για το σεισμό του 426 π.Χ. (από Parazachos et al., 1997).

Το 105 μ.Χ. σύμφωνα με τους Παραϊοαννου et al. (1994) σεισμός έπληξε τη Λοκρίδα και τη Β. Εύβοια, με καταστροφές σε Λοκρίδα και Β. Εύβοια -φέρονται να καταστράφηκαν οι Ωρεοί και ο Οπούς (Κυπαρίσσι Αταλάντης) ενώ αναφέρεται και άλλος ένας το 551 μ.Χ (M=7.0) με πιθανό επίκεντρο βόρεια του Μαλιακού κόλπου, ο οποίος προκάλεσε και παλιρροιακό κύμα στο Μαλιακό Κόλπο. Ο τελευταίος, σύμφωνα με τους Παπαζάχο & Παπαζάχου (1989), πιθανόν να ταυτίζεται με το σεισμό της Φωκίδας που έλαβε χώρα το ίδιο έτος, αλλά σύμφωνα με τους Ambraseys & Jackson (1990) και Παραϊοαννου et al. (1994) πρόκειται για έναν από τρεις σεισμούς που έπληξαν την κεντρική Ελλάδα το διάστημα 551-552 μ.Χ.

Το 1544 μ.Χ (22 Απριλίου) ο σεισμός που έλαβε χώρα κατέστρεψε τη Λαμία και την Υπάτη (αναφέρεται επίσης ως κατεστραμμένη και η Ναύπακτος), και το επίκεντρό του τοποθετήθηκε κοντά στις Θερμοπύλες. Άλλος ένας σεισμός αναφέρεται με επίκεντρο κοντά στη Λαμία το 1740 μ.Χ (M=6.5). Επίσης, αναφέρεται από τους Παπαζάχο & Παπαζάχου (1989) ένας ακόμη σεισμός το 1758 στο χώρο του Μαλιακού κόλπου, με αναφορές σε εξαφάνιση τριών μικρών νησίδων και βύθιση μέρους της τοποθεσίας Ποντικόνησο στη Βόρεια Εύβοια. Το γεγονός αυτό, οι Παραϊοαννου et al. (1994) θεωρούν ότι μπορεί να μην αντιστοιχεί σε σεισμό, αλλά σε κατολίσθηση.

Όπως φαίνεται από τα προαναφερθέντα, αλλά και από την επισκόπηση του χάρτη της ιστορικής σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής λίγα είναι τα σεισμικά γεγονότα που φέρονται να έχουν καταγραφεί στην περιοχή μελέτης.

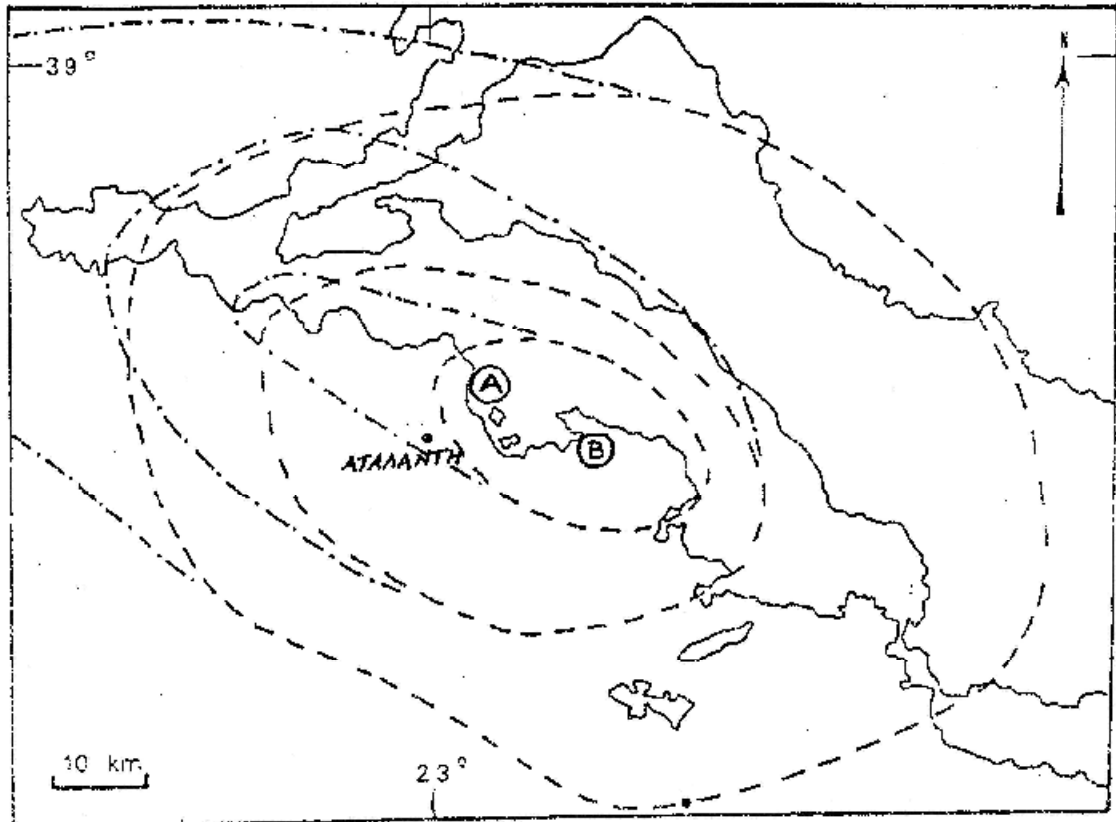
Οι σεισμοί του Απριλίου 1894

Πρόκειται για δύο από τους μεγαλύτερους επιφανειακούς σεισμούς που έχουν πλήξει την Ελληνική επικράτεια, με εκατοντάδες νεκρούς και χιλιάδες ερειπωμένα κτίσματα. Συνέβησαν στις 20 και 27 Απριλίου του 1894, και θεωρείται ότι ο πρώτος (M=6.7) ήταν ο κύριος προσεισμός του δεύτερου (M=7.0) (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 1989).

Στο Σχήμα 4 απεικονίζονται στην ευρύτερη περιοχή οι ισόσειστες καμπύλες και τα επίκεντρα των σεισμών της 20^{ης} και 27^{ης} Απριλίου του 1894.

Οι πρώτες λεπτομερείς καταγραφές υπάρχουν στους Papavasiliou (1894), Μητσόπουλο (1895) και Philippson (1894), ενώ ο Lemeille (1977) συνέλεξε όλες τις υπάρχουσες μαρτυρίες, και βιβλιογραφικές αναφορές στην προσπάθειά του να προσδιορίσει το «ρήγμα της Αταλάντης». Σε μεταγενέστερες εργασίες έγινε απόπειρα σύνθεσης των καταγραφών, σεισμοτεκτονικής ερμηνείας και προσδιορισμού της ρηξιγενούς ζώνης που ήταν υπαίτια για τους σεισμούς αυτούς καθώς και εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής (Rondoyianni - Tsiambaou, 1984, Stiros & Rondoyianni, 1985, Ambraseys & Jackson, 1990, Makropoulos & Kouskouna, 1994, Αγγελίδης 1992, Μακρόπουλος, 1994).

Ο σεισμός της 20^{ης} Απριλίου είχε επίκεντρο N=38° 6' E=23° 2' και μέγεθος 6,7 R, ενώ ο σεισμός της 27^{ης} Απριλίου είχε επίκεντρο N=38° 7' E=23° 1' και μέγεθος 6,9 R. Το μήκος του "ρήγματος" αυτού δεν έχει ξεκαθαριστεί πλήρως, με εκτιμήσεις που κυμαίνονται μεταξύ 34 (Ganas, 1997) και 60 χλμ. (Lemeille, 1977, Αγγελίδης 1992, κ.ά.).



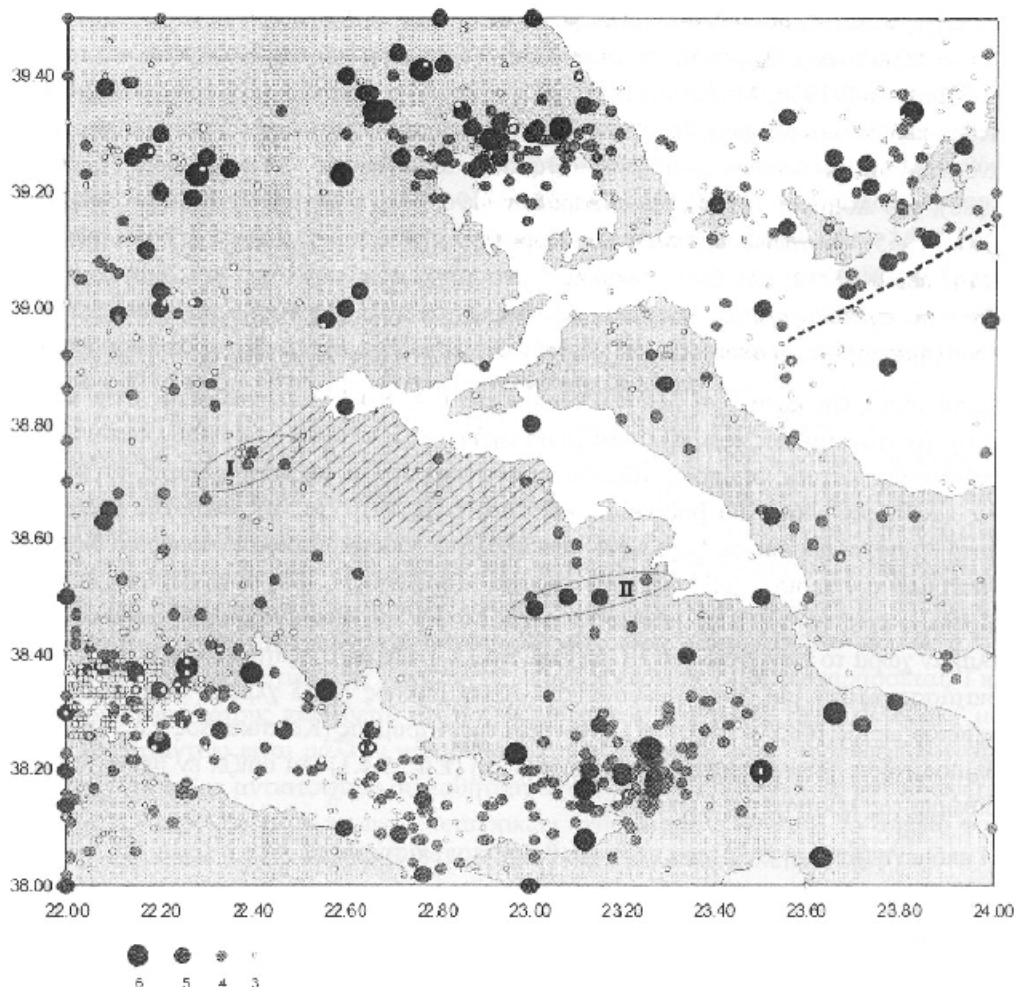
4 Ισόσειστες καμπύλες και επίκεντρα των σεισμών της 20^{ης} "Α" και 27^{ης} "Β" Απριλίου του 1894 (Skouphos, 1894).

(1) Καταστραμμένες πόλεις (2) Εισβολή θάλασσας (3) Όρια μεγαλύτερων καταστροφών (4) Πόλεις που επηρέασαν (5) Ζώνη μέσης επίδρασης (6) Ζώνη μικρής επίδρασης (Bousquet, 1976).

Η σεισμικότητα του 20^{ου} αιώνα

Για τη μελέτη της κατανομής των επικέντρων των σεισμών του 20^{ου} αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο δημοσιευμένος κατάλογος των Makropoulos et al. (1989), που καλύπτει το διάστημα 1900-1987, για μεγέθη $M > 4$, ενώ για τη μεταγενέστερη χρονική περίοδο (μέχρι και το 1997) χρησιμοποιήθηκαν τα μηνιαία δελτία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου. Από τα τελευταία χρησιμοποιήθηκαν οι σεισμοί με μεγέθη $M > 3$, ώστε να μην υπάρχει πολύ μεγάλο σφάλμα εντοπισμού.

Σε γενικές γραμμές, η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής, όπως αυτή έχει καταγραφεί από τα σεισμολογικά δίκτυα, είναι σχετικά χαμηλή (5.5) με μόνο δύο σεισμούς μεγέθους $5 < M < 6$ (και κανένας $M > 6$) τα τελευταία 100 χρόνια, και οι δύο στο θαλάσσιο χώρο του Μαλιακού και του Βόρειου Ευβοϊκού (6/2/1916, $M=5.5$, $h=14$ & 22/1/1928, $M=5.1$, $h=12$).



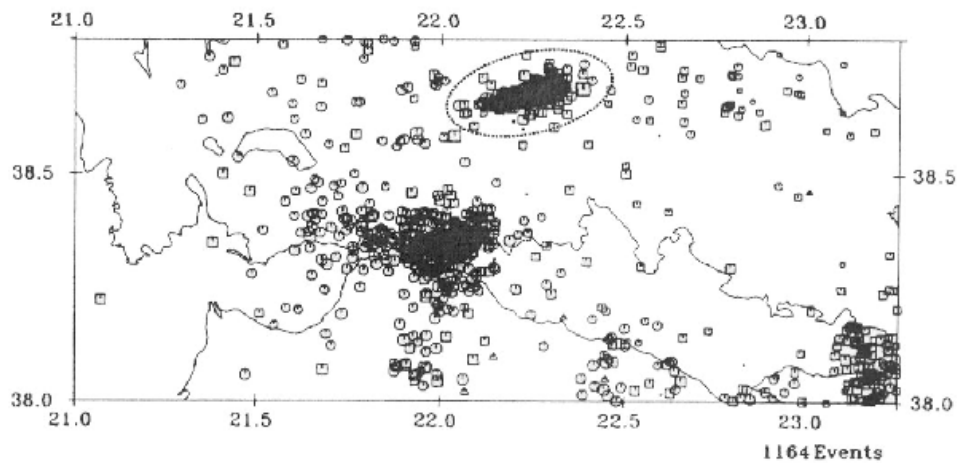
5 Κατανομή επικέντρων στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας για τα έτη 1990-1997. Στοιχεία από Μακροπούλος et al. (1989) και τα δελτία του Αστεροσκοπείου Αθηνών. Με σκίαση η ευρύτερη περιοχή μελέτης. I: η ζώνη που δραστηριοποιήθηκε κατά τη σεισμική ακολουθία του 1983, II: η ζώνη που δραστηριοποιήθηκε το Νοέμβριο του 1974. Με διακεκομμένη γραμμή είναι το νοητό όριο της συγκέντρωσης επικέντρων στις Σποράδες.

Η σεισμική ακολουθία του 1983

Πρόκειται για σεισμική διέγερση της περιοχής Θερμοπυλών - Μπράλου - Ελευθεροχωρίου (Παύλιανης) που διάρκεσε περίπου έξι μήνες, από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Αποτελεί ουσιαστικά τη μόνη αξιοσημείωτη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής μελέτης τον 20^ο αιώνα.

Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε σχετική έξαρση τους μήνες Απρίλιο και Σεπτέμβριο, με χαμηλότερο επίπεδο στους ενδιάμεσους. Σύμφωνα με τους υπάρχοντες καταλόγους (NOA, και USGS PDE) τα μεγέθη των σεισμών ήταν μεταξύ 3.1 και 4.3 (Ms). Ανάλυση αυτής της σηνοσειράς έγινε από τους Burton et al. (1995), που χρησιμοποίησαν τα δεδομένα από τα δίκτυα VOLNET και PATNET. Από τα 400

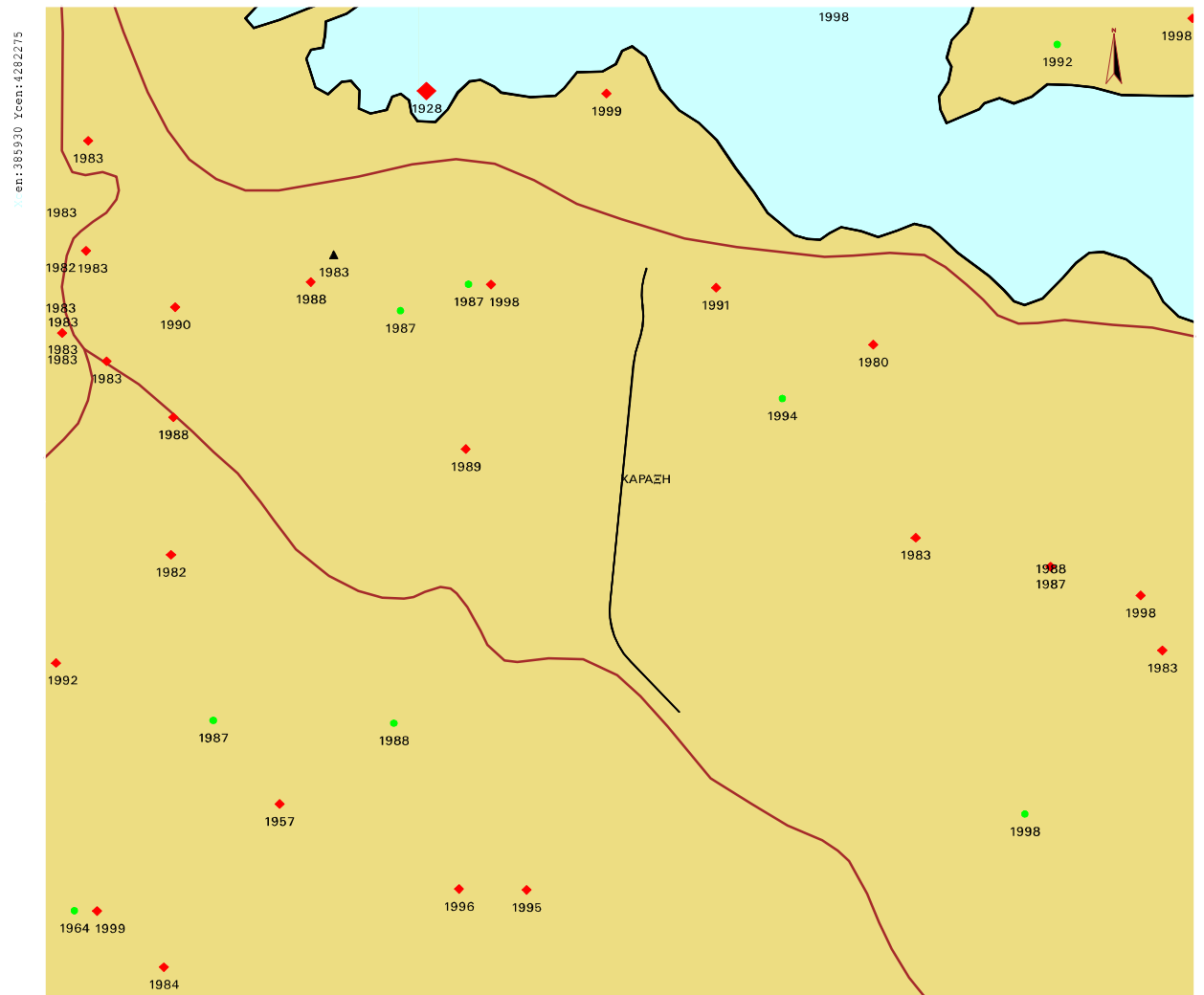
περίπου γεγονότα που εντάχθηκαν στην ακολουθία το μεγαλύτερο είχε μέγεθος $M_L=4.6$. Η κατανομή των εστιών οδήγησε τους ανωτέρω ερευνητές στον καθορισμό μιας κατακόρυφης ζώνης (μέγιστο βάθος 25 χλμ.) διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ και μήκους 55 χλμ. (66).



6 Η σεισμικότητα των ετών 1983-1984 στη Στερεά Ελλάδα, όπως καταγράφηκε από τα δίκτυα Volnet και Patnet. Τροποποιημένο από Burton et al. (1995). Σε έλλειψη βρίσκονται τα επίκεντρα της σεισμικής ακολουθίας Απριλίου – Σεπτεμβρίου 1983, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Συμπερασματικά, αυτό που θα πρέπει να υπογραμμιστεί είναι η σχετικά χαμηλή σεισμικότητα της περιοχής μελέτης, και παράλληλα η ύπαρξη μεγάλων καταστροφικών σεισμικών γεγονότων σε αραιά χρονικά διαστήματα.

Στο 7 δίνεται η κατανομή των σεισμικών επικέντρων με μέγεθος μεγαλύτερο των 3 R που έχουν καταγραφεί στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος από το 1901 έως 2000, όπως παρουσιάζονται στους καταλόγους του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Επίσης σημειώνονται τα επίκεντρα των ιστορικών σεισμών που έχουν γίνει στην περιοχή μελέτης όπως επίσης παρουσιάζονται στους καταλόγους του Πανεπιστημίου Αθηνών.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΜΕΓΕΘΟΣ				ΒΑΘΟΣ (km)
◆	◆	◆	◆	< 30
●	●	●	●	30 ≤ d < 60
▲	▲	▲	▲	≥ 60
M ≤ 5.0	5.0 < M ≤ 6.0	6.0 < M ≤ 7.0	7.0 < M ≤ 8.0	

Οι μη συμπαγείς συμβολισμοί αναφέρονται σε σεισμούς πριν το 1900.

ΖΩΝΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ κατά Ε.Α.Κ. 2000

- I
- II
- III
- IV

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:250000

7 Κατανομή σεισμικών επικέντρων μεγέθους > 3 βαθμών της κλίμακας Richter. (Κατάλογος Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, από 1901)

Σεισμική Επικινδυνότητα

Στην ευρύτερη περιοχή του έργου υπάρχουν οι ενεργές σεισμικές εστίες του Β. Ευβοϊκού και του Μαλιακού, με σημαντικότερη εκδήλωση τη ρηξιγενή ζώνη της Αταλάντης, όπου το αναμενόμενο μέγεθος είναι της τάξεως των 7R. Χαρακτηριστικό της ζώνης αυτής είναι ότι εμφανίζει παροξυσμό μετά από μακρές περιόδους ηρεμίας.

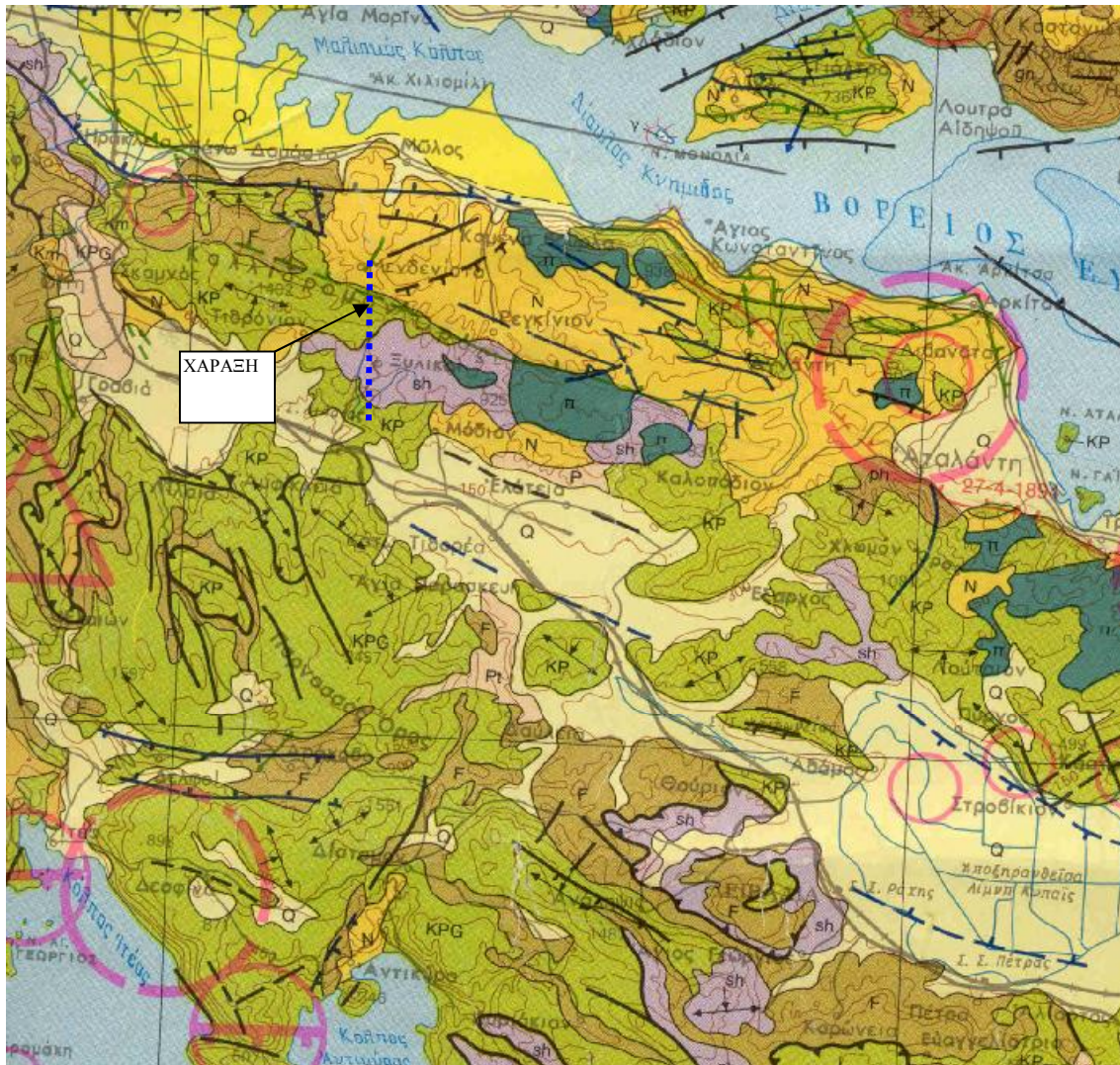
Στο Σεισμοτεκτονικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1989), στον ευρύτερο χώρο της περιοχής ενδιαφέροντος απεικονίζονται σεισμικά επίκεντρα τα οποία αντιστοιχούν, με βάση το υπόμνημά του, σε σεισμούς που έλαβαν χώρα πριν από το 1900 μ.Χ. και είχαν ένταση μεταξύ 7,0 και 8,3 R και σε σεισμούς που έλαβαν χώρα μεταξύ 1950 - 1986 μ.Χ. και είχαν ένταση μεταξύ 5,0 και 5,4 R (8).

Με βάση τον χάρτη αυτό, η περιοχή εντάσσεται στην κατηγορία Χ (μεγαλύτερη) μέγιστων εντάσεων, που παρατηρήθηκαν στον ελλαδικό χώρο την περίοδο 1700 - 1981 μ.Χ..

Το μέγιστο μέγεθος σεισμού που αναμένεται τα επόμενα 100 χρόνια είναι 7 R, ενώ η τιμή της μέγιστης αναμενόμενης επιτάχυνσης είναι 160 cm/sec^2 (Σεισμοτεκτονικός χάρτης, ΙΓΜΕ 1989).

Με βάση όλα όσα προαναφέρθηκαν γίνεται φανερό ότι η περιοχή ενδιαφέροντος βρίσκεται στην ακτίνα υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας.

Ένα από τα πλέον τεκτονικά ενδιαφέροντα της ευρύτερης περιοχής, πέραν βέβαια του ρήγματος της Αταλάντης, που μπορεί να συνδεθεί με μια ισχυρή σεισμική δραστηριότητα είναι το ρήγμα των Καμένων Βούρλων. Αυτό εκφράζεται στην επιφάνεια με κατοπτρική επιφάνεια, έχει μήκος 25-30 km, διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ με μεγάλο βύθισμα και αποτελεί τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης Αρκίτσας – Καμένα Βούρλα – Ηράκλεια.



8 Απόσπασμα Σεισμοτεκτονικού χάρτη Ελλάδος, κλίμακας 1:500.000, με την ευρύτερη περιοχή του χώρου του έργου στην οποία απεικονίζονται τα ρήγματα και τα σεισμικά επίκεντρα (ΙΓΜΕ, 1989).

ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ * DATE * ΔΟΜΕΣ STRUCTURES	ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΧΡΟΝΟΙ - HISTORIC TIME (Σεσμικές διαρρήξεις - Earthquake ruptures)	ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ - ΟΛΟΚΑΙΝΟ MIDDLE PLEISTOCENE - HOLOCENE	ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ - ΚΑΤΩΤ. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ PLIOCENE - LOWER PLEISTOCENE	ΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΗ ΗΛΙΚΙΑ UNDETERMINED AGE
Ρήγμα και πιθανή προέκτασή του Fault and its probable extension				
Ρήγμα κανονικό (οδόντωση προς το τέμαχος που κατέρχεται) Normal fault (dentation towards the downthrown segment)				
Ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης Strike - slip fault				
Ρήγμα ανάστροφο (οδόντωση προς το τέμαχος που ανέρχεται) Reverse fault (dentation towards the upthrown segment)				
Άξονας εφελκυσμού Axis of extension				
Άξονας συμπίεσης Axis of compression				
Τεκτονική επαφή Tectonic contact				
Επιώθηση ή εφιπτεύση Overthrust or upthrust				
Φαινόμενα ρευστοποίησης Liquefaction phenomena				

* Η ηλικία αφορά την τελευταία γνωστή δράση του ρήγματος
- The age refers to the last known activity of the fault.

Από τη στατιστική επεξεργασία όλων των σεισμών που εκδηλώθηκαν στην περιοχή, προκύπτει ότι ο σεισμικός κίνδυνος εκφρασμένος σε χρόνους επανάληψης είναι πολύ υψηλός.

Συγκεκριμένα, στην περιοχή μελέτης και σε έκταση μιας τετραγωνικής μοίρας αναμένεται:

1 σεισμός μεγέθους 5R κάθε 3 χρόνια.

1 σεισμός μεγέθους 5,5R κάθε 4-5 χρόνια.

1 σεισμός μεγέθους 6R κάθε 9-11 χρόνια.

1 σεισμός μεγέθους 6,5R κάθε 43 χρόνια.

Η μεγαλύτερη ένταση που έχει παρατηρηθεί στην περιοχή από το 1800 μέχρι σήμερα φθάνει τους X βαθμούς της κλίμακας Mercalli-Sieberg και έχει υπολογιστεί ότι το μεγαλύτερο μέγεθος σεισμού που είναι δυνατόν να συμβεί είναι της τάξης του 6,9 της κλίμακας Richter. Σύμφωνα με το χάρτη ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας που περιέχεται στον ΕΑΚ, 2000 η χάραξη διέρχεται αποκλειστικά από τη ζώνη III. Η εδαφική επιτάχυνση για τη ζώνη αυτή είναι $\alpha = 0.24g$. Ειδικότερα οι πλησιέστερες πόλεις στην περιοχή ενδιαφέροντος κατατάσσονται στις παρακάτω ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας με βάση τον ΕΑΚ.

Λαμία : Ζώνη III

Λειβαδιά : Ζώνη III

Άμφισσα : Ζώνη III

2. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

2.1 Αξιολόγηση Γεωτεχνικών Ερευνών

Στα πλαίσια της οριστικής γεωλογικής μελέτης του υπολειπόμενου τμήματος της σήραγγας Καλλιδρόμου έγινε συγκέντρωση, καταγραφή και αξιολόγηση όλων των ερευνητικών γεωτρήσεων, που έχουν εκτελεσθεί στην περιοχή του έργου.

Συνολικά αξιολογήθηκαν 19 ερευνητικές γεωτρήσεις.

Από αυτές οι 13 ερευνητικές γεωτρήσεις αφορούν σε παλαιότερες φάσεις μελέτης και είναι οι σειρές Κί και ΒΤί. Για τις γεωτρήσεις αυτές τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία για την τεχνικογεωλογική αξιολόγηση ήταν τα μητρώα των γεωτρήσεων και οι φωτογραφίες της δειγματοληψίας.

Πρόσφατα, εκτελέσθηκαν 6 ερευνητικές γεωτρήσεις, η σειρά ΚΤί. Οι γεωτρήσεις αυτές περιγράφηκαν συστηματικά και αξιολογήθηκαν από την μελετητική ομάδα με επί τόπου επισκέψεις στο έργο.

Στον 0 που ακολουθεί, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της τεχνικογεωλογικής αξιολόγησης των ερευνών όλων των φάσεων.

Τεχνικογεωλογική αξιολόγηση γεωτρήσεων

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
	BT-1	250.10	0	30	RT	ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΔΩΝ	
			30	55.45	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
	BT-2	288.13	0	5.1	RT	ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΔΩΝ	
			5.1	20.7	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
			20.7	85	cg	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ ΚΑΙ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	
			85	105	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
	BT-3	376.40	0	90.7	cg	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ ΚΑΙ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 138.70 m
			90.7	201	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
	BT-3A	462.25	0	6	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 225.20 m
			6	60	cg	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ ΚΑΙ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	
			60	111	mk	ΑΣΒΕΣΤΙΤΙΚΕΣ ΜΑΡΓΕΣ	
			111	185	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
			185	275	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	
	BT-4	489.80	0	55	mk	ΑΣΒΕΣΤΙΤΙΚΕΣ ΜΑΡΓΕΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 253.20 m
			55	159	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
			159	180	br	ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	
			180	256.5	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	
			256.5	257.4	kj.f	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ)	
			257.4	315	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
	ΒΤ-4Α	616.80	0	7.6	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
			7.6	56	mk	ΑΣΒΕΣΤΙΤΙΚΕΣ ΜΑΡΓΕΣ	
			56	94	br	ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	
			94	110.7	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
	BT-4B	630.00	0	250	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 400.40 m
			250	403.5	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			403.5	405	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			405	411	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			411	413.5	vo	ΒΑΣΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ	
			413.5	416.75	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			416.75	417.6	vo	ΒΑΣΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ	
			417.6	420.1	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			420.1	451.0	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
	BT-5	461.20	0	13.5	AL	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 249.70 m
			13.5	21	vo	ΒΑΣΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ	
			21	310.1	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	
	BT-5A	520.51	0	40	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 305.40 m
			40	276	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			276	281	sh	ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ	
			281	354.5	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	
	BT-6	312.20	0	109.9	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 110.00m
			109.9	170	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
	BT-7	267.70	0	125.1	br	ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	
	BT-8	198.70	0	55.4	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
	K-1	335.00	0	24	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 100.00 m
			24	52	cg	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ ΚΑΙ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	
			52	119.8	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
			119.8	149.7	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ	

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
						ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	
	ΚΤ-1	447.61	0	57.5	cg	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ ΚΑΙ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 192.70 m
			57.5	123	mk	ΑΣΒΕΣΤΙΤΙΚΕΣ ΜΑΡΓΕΣ	
			123	182.8	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
			182.8	192.7	kj.f	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ)	
			192	260.1	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
	ΚΤ-2	546.37	0	24.5	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 295.50 m
			24.5	66	br	ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	
			66	122	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			122	132	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			132	315	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			315	316.6	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			316.6	327.7	vo	ΒΑΣΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ	
			327.7	341.7	sh	ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ	
			341.7	360.1	kj	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	
	ΚΤ-3	635.62	0	117.5	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 411.30 m
			117.5	120.6	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			120.6	172.2	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			172.2	176.8	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			176.8	185	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			185	192	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			192	202	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			202	212	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			212	288	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			288	292	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			292	398	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			398	414.8	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			414.8	425.6	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			425.6	437.5	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			437.5	439.5	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			439.5	441.1	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
441.1	442.7	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ				

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
			442.7	461.9	vo	ΒΑΣΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ	
			461.9	463.6	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			463.6	464.7	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			464.7	466.3	se.s	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
	ΚΤ-4	628.60	0	224	ha	ΧΑΡΤΖΟΥΡΓΙΤΕΣ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 412.40 m
			224	227	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			227	234	ha	ΧΑΡΤΖΟΥΡΓΙΤΕΣ	
			234	237	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			237	242	ha	ΧΑΡΤΖΟΥΡΓΙΤΕΣ	
			242	250	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			250	260	ha	ΧΑΡΤΖΟΥΡΓΙΤΕΣ	
			260	267	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			267	270	ha	ΧΑΡΤΖΟΥΡΓΙΤΕΣ	
			270	417.1	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			417.1	419	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			419	422	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			422	431	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			431	435.9	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			435.9	444.5	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			444.5	452.6	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
			452.6	455.2	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			455.2	460	se	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
	ΚΤ-5	690.00	0	102.3	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 428.65m
			102.3	112.2	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ) (ΖΩΝΗ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ)	
			112.2	168.3	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			168.3	174.9	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			174.9	191.4	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			191.4	207.3	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			207.3	224.4	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			224.4	231	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			231	247.5	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			247.5	250.8	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			250.8	310.5	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			310.5	313.8	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			313.8	428.6	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			428.6	433	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			433	435.5	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			435.5	445.5	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			445.5	461.5	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			461.5	462.2	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			462.2	476.2	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ)	
			476.2	477.2	sz	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
			477.2	479.1	ha.r	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ	

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΑΠΟ	ΕΩΣ			
						ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ΜΕ ΦΛΕΒΙΔΙΑ ΡΟΔΙΓΚΙΤΗ) ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	
	KT-6	391.21	0	65.6	cg	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ ΚΑΙ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	ΑΡΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 177.50 m
			65.6	211.3	ml	ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
			211.3	278.1	br	ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	

2.2 Τεχνικογεωλογικές Ενότητες

Στην παράγραφο αυτή, σχολιάζεται η φυσικομηχανική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών, οι οποίοι έχουν ομαδοποιηθεί σε τεχνικογεωλογικές ενότητες. Η ομαδοποίηση αυτή γίνεται σύμφωνα με τεχνικογεωλογικά κριτήρια λαμβάνοντας υπόψη τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις υπαίθρου και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής και βραχομηχανικής.

Τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά που σχολιάζονται ανά τεχνικογεωλογική ενότητα είναι η ανομοιομορφία, η επιδεκτικότητα σε χαλάρωση και διάβρωση, η διαπερατότητα, η εκτιμώμενη εκσκαψιμότητα και αναμενόμενη καταλληλότητα των υλικών και η σεισμική επικυνδυνότητα, σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ενδεικτικά και γι' αυτό δίνονται κατά περίπτωση εύρη τιμών ή κατηγοριών.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στους μεταλλικούς σχηματισμούς, οι οποίοι έχουν κυρίως κοκκώδη χαρακτηριστικά (K1, K2...) και στους αλπικούς σχηματισμούς (A1, A2...), οι οποίοι χαρακτηρίζονται κυρίως ως μέσο ασυνεχειών. Συγκεντρωτικά τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών παρουσιάζονται στον Πιν. 3.

Η ταξινόμηση σε τεχνικογεωλογικές ενότητες γίνεται κατά αύξουσα σειρά από αυτές με πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά προς αυτές με καλά.

Πιν. 3 Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά σχηματισμών

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	ΕΥΚΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ	ΕΚΣΚΑΨΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ
1	2	3	4	5	6	7	8
I. ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ							
ΑΡΓΙΛΟΜΑΡΓΑΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ml (K1)	III	IV	A4/A5	Γ2/Γ3	E0	B
ΑΣΒΕΣΤΙΤΙΚΕΣ ΜΑΡΓΕΣ	mk (K2)	III	III	A4	Γ3	E0	B
ΚΡΟΚΑΛΟΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΣ	br (K3)	IV	III	K3/A4	Γ3/B4	E0/E1	B
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ - ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ	cg (K4)	III	II	K2/K3	Γ3/B4	E1/E2	B
II. ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ							
ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ - ΥΠΕΡΒΑΣΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	sz (A1)	III	III	Π3/A4	Γ3	E0	B
ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	se.s (A2)	III	III	A4/A5	Γ3/B4	E1/E2	A
ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ	vo (A3)	III	III	A4/A5	Γ3/B4	E1/E2	A
ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ	sh (A4)	III	II	A4/A5	B4	E2	A
ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ	se (A5)	II	II	K3/A4	B4	E3/4	A
ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ	ha, ha.r, ha.c (A6)	II	I	K3	B5	E3/4	A
ΙΟΥΡΑΣΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	kj (A7)	I	I	K1/K2	B5	E3/4	A

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

3, I	ΜΙΚΡΗ	5 1	$10^{-3} \leq k$	ΥΨΗΛΗ	Π: ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟ	
4,				(m/sec)		
II	ΜΕΤΡΙΑ	2	$10^{-5} \leq k < 10^{-3}$	ΜΕΤΡΙΑ	Κ: ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΙ ΡΩΓΜΑΤΩΜΕΝΟ ΜΕΣΟ	
III	ΜΕΓΑΛΗ	3	$10^{-7} \leq k < 10^{-5}$	ΧΑΜΗΛΗ	Α: ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	
IV	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	4	$10^{-9} \leq k < 10^{-7}$	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ		
		5	$k < 10^{-9}$	ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ		
6 G1	ΧΕΙΡΟΝΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ					7 E0 ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΟ
G2	ΕΥΚΟΛΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ (ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ)				ΓΛΙΟΗΜΙΒΡΑΧΟΣ	E1 ΑΠΟΔΕΚΤΟ
G3	ΔΥΣΚΟΛΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ (ΠΡΟΩΘΗΤΗΡΑΣ)					E2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ
B4	ΔΥΣΚΟΛΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΗ ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ					E3/4 ΕΠΙΛΕΚΤΟ
B5	ΕΚΡΗΚΤΙΚΑ				ΒΡΑΧΟΣ	
						8 ΕΑΚ, 2000

ΣΗΜ: ΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΙ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Μεταλπικοί σχηματισμοί

Ενότητα Κ1

- **Αργιλομαργαϊκός Σχηματισμός (ml)**

Πρόκειται για σχηματισμό μεγάλης ανομοιομορφίας, ο οποίος συνίσταται κυρίως από εναλλαγές ενστρώσεων στιφρών μπλε-γκρι σχιστοποιημένων αργίλων, οι οποίες περιέχει κατά θέσεις υπόλευκα ασβεστιτικά συγκρίμματα και ενστρώσεων στιφρών σκούρων καστανών αργίλων. Επίσης συναντώνται φακοί και ενστρώσεις μέσο έως χονδρόκοκκης άμμου μέσου πάχους από 0.20 – 2.00 m περίπου. Ο σχηματισμός σπανιότερα περιέχει φακοειδείς ενστρώσεις κροκαλοπαγών. Στη βάση του παρατηρούνται ενδιαστρώσεις οργανικού υλικού.

Κοκκομετρικά ο σχηματισμός κατά το μεγαλύτερο μέρος του χαρακτηρίζεται ως ισχνή (CL) και παχιά (CH) άργιλος, ενώ οι αμμώδεις ενστρώσεις ως ιλυώδης (SM) και αργιλώδης (SC) άμμος. Κατά θέσεις έχουν χαρακτηριστεί ενστρώσεις ως αργιλοαμμώδης ιλύς (ML). Παρουσιάζει μέση έως υψηλή πλαστικότητα και υψηλή τάση διόγκωσης.

Στον σχηματισμό αυτό έγινε η αστοχία στο Δεξιό Κλάδο του Νότιου Μετώπου, όπου στο τμήμα από Χ.Θ. 6+500 έως την σημερινή θέση Χ.Θ. 6+625 εκδηλώθηκαν θραύσεις του προσωρινού ανεστραμμένου τόξου, ανυψώσεις δαπέδου έως 1.2 m και έντονες συγκλίσεις έως 70 cm.

Κατά την διάνοιξη της σήραγγας χαρτογραφήθηκαν στο αργιλικό τμήμα χαρακτηριστικές επιφάνειες με γραμμές ολίσθησης, ζώνες διάτμησης και αποστρογγυλεμένες μορφές συγκριμάτων ασβεστίτη. Κυρίαρχη φορά των επιφανειών διάτμησης στην περιοχή αυτή είναι γενικά προς Νότο.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι οι αστοχίες αυτές, τα αίτια των οποίων έχουν αναλυτικά διερευνηθεί κατά το παρελθόν οφείλουν την εκδήλωσή τους σε συνδυαστικούς παράγοντες όπως είναι:

- α) η παρουσία εντατικού πεδίου τάσεων λόγω της ενεργού τεκτονικής στην ευρύτερη περιοχή,
- β) η επιδεκτικότητα του υλικού αυτού σε παραμορφώσεις και
- γ) η παρουσία νερού (ενδεχομένως και εγκλωβισμένου) στις αμμώδεις ενστρώσεις μέσα στην αργιλική μάζα.

Κύριες μορφές αναμενόμενων αστοχιών μπορεί να είναι καταπτώσεις, όταν συναντώνται στην οροφή, υπερεκσκαφές και άμεση εμφάνιση συγκλίσεων, όταν γίνεται απότομη εκτόνωση νερού. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν διατηρηθούν με τις αγκυρώσεις φακοί αμμώδους υλικού με εγκλωβισμένο νερό.

Για την διάνοιξη της σήραγγας στο σχηματισμό αυτό συνίστανται η χρήση δοκών προπορείας βαρέως τύπου, μικρό βήμα πρόσχωσης και άμεση τοποθέτηση ισχυρών μέτρων προσωρινής αντιστήριξης.

Ενότητα K2

- **Ασβεστιτικές μάργες (mk)**

Αποτελούν συμπαγή σχηματισμό, κιτρινόλευκου χρώματος με παρουσία κατά θέσεις οργανικών ενστρώσεων.

Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται κυρίως ως αργιλώδης άμμος (SC) αλλά και ισχνή άργιλος έως αργιλώδης ιλύς (CL-ML).

Τοπικά έχει χαρακτηριστεί και ως παχιά άργιλος (CH).

Οι ασβεστιτικές μάργες θρύπτονται σχετικά εύκολα, όπως φαίνεται και σε πρηνή αγροτικού δρόμου. Δεν αναμένονται όμως προβλήματα αστάθειας, όταν συναντώνται σε πλήρη διατομή. Τοπικές αστοχίες μπορεί να εκδηλωθούν με την

μορφή καταπτώσεων στην περίπτωση κατά την οποία ο σχηματισμός συναντάται στην οροφή της σήραγγας και παρουσιάζει μικρό πάχος λόγω αποσφήνωσης μέσα στον αργιλομαργαϊό σχηματισμό.

Είναι αναμενόμενη εμφάνιση υγρασίας στην διεπιφάνεια με τις αργίλους.

Ενότητα Κ3

- **Κροκαλολατυποπαγές (br)**

Πρόκειται για συνεκτικά κροκαλολατυποπαγή, τα οποία συνίστανται από κροκάλες και λατύπες οφιολιθικής και ασβεστολιθικής προέλευσης. Συχνή είναι η παρουσία καστανέρυθρων αργιλικών ενστρώσεων ή φακών στη μάζα του σχηματισμού, πάχους 0.5 m έως 2 m περίπου. Σπανιότερα συναντώνται άμμοι και χάλικες.

Κοκκομετρικά τα αδρομερή μέρη χαρακτηρίζονται κυρίως ως αργιλώδεις έως ιλυώδεις χάλικες (GC-GM) και ως αργιλώδεις έως ιλυώδεις άμμοι (SC-SM), ενώ τα λεπτομερή μέρη κυρίως ως ισχνή άργιλος (CL). Τοπικά συναντάται και παχιά άργιλος (CH).

Κύριο χαρακτηριστικό του σχηματισμού, που παίζει σημαντικό ρόλο στις συνθήκες ευστάθειας του μετώπου, είναι η πολύ μεγάλη ανομοιομορφία που παρουσιάζει με την συχνή εναλλαγή σχετικά συνεκτικών – ημιδιαπερατών και σχετικά χαλαρών – αδιαπέρατων υλικών. Οι συνθήκες αυτές ευνοούν την περιορισμένη κυκλοφορία νερού στα πλέον αδρομερή τμήματα και είναι αναμενόμενη η παρουσία σταγόνων έως μικρής ροής στην διεπιφάνεια.

Επίσης είναι πιθανές διογκώσεις στα αργιλικά μέλη.

Για την διάνοιξη της σήραγγας στο σχηματισμό αυτό συνίσταται η χρήση δοκών προπορείας ελαφρού τύπου (spilling) και άμεση τοποθέτηση των μέτρων προσωρινής υποστήλωσης.

Ενότητα Κ4

- **Ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή – λατυποπαγή (cg)**

Πρόκειται για σχετικά συνεκτικό σχηματισμό με κυμαινόμενο βαθμό συγκόλλησης που συνίσταται από ασβεστολιθικές κροκάλες και κυρίως λατύπες σε ασβεστοαργιλικό έως ασβεστομαργαϊκό συνδετικό υλικό.

Συχνή είναι η παρουσία ογκόλιθων, οι οποίοι παρουσιάζουν βραχώδη χαρακτήρα.

Ο σχηματισμός αυτός δεν αναμένεται να συναντηθεί κατά την διάνοιξη του υπολειπόμενου τμήματος της σήραγγας.

Αλπικοί σχηματισμοί

Ενότητα Α1

- **Ζώνες διάτμησης υπερβασικών πετρωμάτων (sz)**

Αποτελούν υλικά εδαφοποιημένα και ασθενώς επανασυγκολλημένα. Έχουν κυρίως αργιλοαμμώδη σύσταση με θραύσματα και τεμάχια υπερβασικών πετρωμάτων (κυρίως σερπεντινίτη και χαρτζβουργίτη), τοπικά όμως παρατηρήθηκαν και υλικά έντονα αργιλικής σύστασης. Σε δείγματα υλικού ζωνών διάτμησης διαπιστώθηκε παρουσία διογκούμενων αργιλικών ορυκτών (μοντμοριλλονίτης). Αποχωρίζονται εύκολα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη ανομοιομορφία, παρουσιάζουν εδαφικό κυρίως χαρακτήρα και αναμένεται να έχουν πολύ πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά.

Προέρχονται από τις συμπιεστικές τεκτονικές κινήσεις τοποθέτησης του οφιολιθικού καλύμματος και κατά κανόνα ακολουθούν τις κύριες τεκτονικές επαφές κατά την σχιστότητα του πετρώματος.

Το μέσο πάχος τους είναι 2 έως 5 m. Τοπικά αναμένονται και μεγαλύτερα πάχη, τα οποία όμως στο επίπεδο της σήραγγας θα είναι της τάξης των 10-15 m, κυρίως προς την βάση των χαρτζβουργιτών και των σερπεντινιτών. Οι ζώνες αυτές αναμένεται να παρουσιάζουν αυξημένη υγρασία αλλά και κυκλοφορία υπεδαφικών νερών, μικρής αναμενόμενης παροχής λόγω της σχετικά μεγαλύτερης διαπερατότητάς τους.

Για την υπόγεια διάνοιξη των σηράγγων στην ενότητα αυτή, θεωρώντας συμβατικές μεθόδους εκσκαφής, εκτιμάται ότι θα απαιτηθούν αυξημένα μέτρα

προστασίας και αντιστήριξης ανάλογα με το μήκος συνάντησης (π.χ. δοκοί προπορείας, αγκύρια fiberglass στο μέτωπο, μικρό βήμα προχώρησης και άμεση επένδυση της διατομής).

Εκσκάπτονται δύσκολα με μηχανικά μέσα και τα υλικά που προκύπτουν κρίνονται με μακροσκοπικά κριτήρια ακατάλληλα έως οριακά αποδεκτά για χρήση σε επιχώματα.

Ως προς τη σεισμική επικινδυνότητα κατατάσσονται στην κατηγορία εδαφών B, (ΕΑΚ, 2000), ως “Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη”.

Ενότητα A2

- **Σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s)**

Αποτελούν σχηματισμό με έντονη τεκτονική καταπόνηση, παρουσιάζουν χαρακτηριστική φυλλώδη δομή, έχουν γαιοημιβραχώδη χαρακτήρα και έντονη ανομοιομορφία. Συναντώνται στη βάση του οφιολιθικού καλύμματος και αναμένεται να παρουσιάζουν πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά.

Στη βάση τους, συναντώνται κατά θέσεις και εμφανίσεις αμφιβολίτη (ab) με έντονο κατακερματισμό ενώ, συνολικά στη μάζα τους συναντώνται τοπικά και σημαντικού μεγέθους ασβεστολιθικά και ηφαιστειακά (βασαλτικά) τεμάχια που έχουν συμπαρασυρθεί από την καλυμματική τεκτονική.

Λόγω της τεκτονικής καταπόνησης από την τοποθέτηση του καλύμματος, παρουσιάζουν υψηλού βαθμού παραμόρφωση και γενικά διατέμνονται από πολύ πυκνά συστήματα ασυνεχειών όπου, επικρατούν κυρίως τα επίπεδα σχιστότητας με κύρια χαρακτηριστικά τις ολισθηρές, κυματοειδείς επιφάνειες.

Για την υπόγεια διάνοιξη των σηράγγων στην ενότητα αυτή, θεωρώντας συμβατικές μεθόδους εκσκαφής, εκτιμάται ότι θα απαιτηθούν αυξημένα μέτρα προστασίας και αντιστήριξης (π.χ. αγκύρια ή κατά τμήματα δοκοί προπορείας, μικρό έως μέτριο βήμα προχώρησης και άμεση επένδυση της διατομής).

Η εκσκαφή τους γίνεται δύσκολα με μηχανικά μέσα και βοηθητικά χρήση εκρηκτικών για τη χαλάρωση της βραχώμαζας. Τα υλικά που προκύπτουν κρίνονται με μακροσκοπικά κριτήρια αποδεκτά έως κατάλληλα για χρήση σε επιχώματα, με την επιφύλαξη των διογκούμενων αργιλικών ορυκτών που τοπικά περιέχουν.

Αναμένεται να έχουν πολύ χαμηλή έως ασήμαντη διαπερατότητα και γι' αυτό αποτελούν το αδιαπέρατο υπόβαθρο της οφιολιθικής μάζας.

Διευκρινίζεται ότι ο σχηματισμός του σχιστώδη σερπεντινίτη που συναντήθηκε κατά την διάνοιξη του Δεξιού Κλάδου στο Βόρειο μέτωπο, ήταν εξαλλοιωμένος και διατμημένος με απομειωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά λόγω της επίδρασης της ενεργού ρηξιγενούς ζώνης του Καλλιδρόμου.

Ως προς τη σεισμική επικινδυνότητα κατατάσσονται στην κατηγορία εδαφών A, (ΕΑΚ, 2000), ως “Ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος”.

Ενότητα A3

- **Ηφαιστειακά (vo)**

Πρόκειται για σχηματισμό γαιοημιβραχώδη και κατά βάση ανομοιόμορφο, ο οποίος αποτελείται κυρίως από διαβάση, κατά θέσεις με παρεμβολές λεπτών οριζόντων αργιλικών σχιστολίθων και κερατολίθων. Στη μάζα του συναντώνται επίσης και ζώνες με μορφή συγκολλημένου λατυπτοπαγούς, οι οποίες παρουσιάζουν περισσότερο βραχώδη χαρακτήρα.

Παρουσιάζονται γενικά, έντονα τεκτονισμένα και εξαλλοιωμένα με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν κατά κανόνα πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά και τοπικά παρουσία αργίλου. Σε δείγμα ηφαιστειακού λατυπτοπαγούς διαπιστώθηκε παρουσία διογκούμενων αργιλικών ορυκτών (μοντμοριλλονίτης).

Λόγω του τεκτονισμού, παρατηρείται γενικά υψηλού βαθμού κατακερματισμός και διατέμνονται από πυκνά συστήματα ασυνεχειών όπου, επικρατούν κυρίως τα επίπεδα σχιστότητας με κύρια χαρακτηριστικά τις ομαλές, κυματοειδείς επιφάνειες, μικρού όμως σχετικά μήκους.

Η εκσκαφή τους γίνεται δύσκολα με μηχανικά μέσα και βοηθητικά χρήση εκρηκτικών για τη χαλάρωση της βραχόμαζας. Τα υλικά που προκύπτουν κρίνονται με μακροσκοπικά κριτήρια αποδεκτά έως κατάλληλα για χρήση σε επιχώματα, με την επιφύλαξη των διογκούμενων αργιλικών ορυκτών, που τοπικά περιέχουν.

Ως προς τη σεισμική επικινδυνότητα κατατάσσονται στην κατηγορία εδαφών A, (ΕΑΚ, 2000), ως “Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος”.

Ενότητα A4

- **Σχιστοκερατολιθοι (sh)**

Αποτελούν βραχώδη κυρίως σχηματισμό, ο οποίος συνίσταται από λεπτοστρωματώδεις κερατολίθους, αργιλικούς σχιστολίθους και ιλυολίθους, με παρεμβολές ηφαιστειακών. Παρουσιάζει γενικά υψηλή αντοχή, αέριου πετρώματος.

Λόγω του τεκτονισμού, παρατηρούνται γενικά υψηλού βαθμού κατακερματισμός και πυκνά συστήματα ασυνεχειών όπου, επικρατούν κυρίως τα επίπεδα στρώσης με κύρια χαρακτηριστικά τις τραχείες έως ελαφρά τραχείες επιφάνειες και τις ισοκλινείς κατακεκλιμένες πτυχές.

Η εκσκαφή του γίνεται δύσκολα με μηχανικά μέσα και πιθανά θα απαιτηθεί χρήση εκρηκτικών για τη χαλάρωση της βραχώμαζας, κυρίως όπου συναντώνται πιο υγείες στρώσεις κερατολίθου. Τα υλικά που προκύπτουν κρίνονται με βάση μακροσκοπικά κριτήρια κατάλληλα για χρήση σε επιχώματα.

Ως προς τη σεισμική επικινδυνότητα κατατάσσονται στην κατηγορία εδαφών A, (ΕΑΚ, 2000), ως “Βραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος”.

Ενότητα A5

- **Σερπεντινίτες (se)**

Σερπεντινίτες του οφιολιθικού καλύμματος με βραχώδη κυρίως χαρακτήρα, οι οποίοι αναμένεται να παρουσιάζουν γενικά μέτρια μηχανικά χαρακτηριστικά, βελτιωμένα σε σχέση με τους υποκείμενους σχιστώδεις σερπεντινίτες.

Επικρατούν δύο κυρίως συστήματα επίπεδων σχιστότητας, με κύρια χαρακτηριστικά τις ολισθηρές έως ομαλές, κυματοειδείς επιφάνειες και τη μικρή γωνιακή διαφορά μεταξύ τους.

Από τα κύρια αυτά συστήματα, το ένα παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερο μήκος και εμμονή στο χώρο καθώς ακολουθεί τις γενικές τεκτονικές δομές τοποθέτησης του καλύμματος.

Για την υπόγεια διάνοιξη των σηράγγων στην ενότητα αυτή, θεωρώντας συμβατικές μεθόδους εκσκαφής, λόγω των δυσμενών χαρακτηριστικών των

ασυνεχειών, εκτιμάται ότι θα απαιτηθούν αυξημένα μέτρα προστασίας και αντιστήριξης (π.χ. μέτριο βήμα προχώρησης και άμεση επένδυση της διατομής).

Η εκσκαφή τους γίνεται δύσκολα με μηχανικά μέσα και βοηθητικά χρήση εκρηκτικών για τη χαλάρωση της βραχώμαζας. Τα υλικά που προκύπτουν κρίνονται με μακροσκοπικά κριτήρια επίλεκτα για χρήση σε επιχώματα.

Ως προς τη σεισμική επικινδυνότητα κατατάσσονται στην κατηγορία εδαφών A, (ΕΑΚ, 2000), ως “Βραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος”.

Ενότητα Α6

- **Σερπεντινωμένοι χαρτζβουργίτες (ha, ha.r, ha.q)**

Πρόκειται για σχεδόν ομοιογενή χαρτζβουργιτικής σύστασης μάζα με κυμαινόμενο βαθμό серπεντινώσεως κατά κανόνα μικρό έως μέτριο, η οποία αποτελεί βραχώδη σχηματισμό με καλά έως μέτρια μηχανικά χαρακτηριστικά.

Διακρίνονται κατά περιοχές μάζες του σχηματισμού που διασχίζονται από φλέβες ροδιγκίτη-γάββρου (ha.r) ή /και χαλαζία, (κυρίως) ασβεσίτη (ha.q).

Η συμπεριφορά του σχηματισμού σε εκσκαφές και η ευστάθειά του, καθορίζεται αποκλειστικά σχεδόν από την παρουσία των ασυνεχειών που διατέμνουν τη βραχώμαζα με κύριο χαρακτηριστικό τις ομαλές έως ελαφρά τραχείες επιφάνειες και την παρουσία серпεντινίτη, τάλκη και αντιγορίτη σ’ αυτές. Η παρουσία των επιπέδων σχιστότητας είναι πιο αραιή σε σχέση με τους серпεντινίτες, είναι αναμενόμενες όμως σφηνοειδείς αποκολλήσεις.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί η αυξημένη συμμετοχή (μέχρι και 34%) διογκούμενων ορυκτών αργίλου από εξαλλοίωση των φλεβικών συστημάτων.

Η εκσκαφή τους γίνεται αποκλειστικά με χρήση εκρηκτικών και τα υλικά που προκύπτουν κρίνονται με μακροσκοπικά κριτήρια επίλεκτα για χρήση σε επιχώματα.

Παρουσιάζουν δευτερογενές πορώδες λόγω των ασυνεχειών της βραχώμαζας και αναμένεται να έχουν την σχετικά μεγαλύτερη διαπερατότητα στην οφιολιθική μάζα.

Ως προς τη σεισμική επικινδυνότητα κατατάσσονται στην κατηγορία εδαφών A, (ΕΑΚ, 2000), ως “Βραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος”.

Ενότητα A7

- **Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι (kj)**

Μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και τοπικά άστρωτοι ασβεστόλιθοι με βραχώδη χαρακτήρα, υψηλές αντοχές ακέραιου πετρώματος και καλά αναμενόμενα μηχανικά χαρακτηριστικά. Παρουσιάζουν ποικίλο βαθμό κατακερματισμού ανάλογα με την πτύχωση του σχηματισμού και είναι καρστικοί. Στα αξονικά επίπεδα αναμένεται μεγαλύτερος κατακερματισμός.

Η συμπεριφορά του σχηματισμού σε εκσκαφές, καθορίζεται αποκλειστικά από την παρουσία των ασυνεχειών που διατέμνουν τη βραχόμαζα με κύριο χαρακτηριστικό τις πολύ τραχείες επιφάνειες και την παρουσία ασβεστίτη σ' αυτές.

Η παρουσία των επιπέδων στρώσης, παρά την έντονη διακύμανση στο χαρακτήρα (μεσοστρωματώδης έως άστρωτος), είναι κατά κανόνα αραιή με πάχος της τάξης των 0.5 έως 2 m, περίπου.

Η υπόγεια διάνοιξη των σηράγγων στην ενότητα αυτή, θεωρώντας συμβατικές μεθόδους εκσκαφής, εκτιμάται ότι θα γίνει χωρίς ιδιαίτερα τεχνικογεωλογικά προβλήματα που να απαιτούν αυξημένα μέτρα προστασίας και αντιστήριξης.

Στις ζώνες κατακερματισμού ρηγμάτων (kj.f), θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το πυκνότερο δίκτυο ασυνεχειών που διατέμνουν τη βραχόμαζα και τα απομειωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά.

Η εκσκαφή τους γίνεται αποκλειστικά με χρήση εκρηκτικών και τα υλικά που προκύπτουν κρίνονται με μακροσκοπικά κριτήρια επίλεκτα για χρήση σε επιχώματα.

Ως προς τη σεισμική επικινδυνότητα κατατάσσονται στην κατηγορία εδαφών A, (ΕΑΚ, 2000), ως "Βραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος".

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

3.1 Μικροτεκτονική Ανάλυση

Μεθοδολογία

Η παρουσία των διακλάσεων και των άλλων ασυνεχειών των πετρωμάτων, όπως είναι η στρώση, η σχιστότητα, τα ρήγματα κλπ παίζουν σπουδαίο ρόλο στην συμπεριφορά της βραχόμαζας και στην πιθανή εκδήλωση φαινομένων αστάθειας.

Η γνώση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των διαφόρων οικογενειών των ασυνεχειών που εντοπίζονται στη βραχόμαζα, καθώς και η τεχνική περιγραφή των ασυνεχειών αυτών με την χρησιμοποίηση παραμέτρων που προτείνονται από τη Διεθνή Ένωση Βραχομηχανικής (ISRM, Suggested Methods), αποτελούν τη βάση για την εκτίμηση της συμπεριφοράς, τόσο των ίδιων των ασυνεχειών, όσο και της βραχόμαζας.

Σε κάθε θέση μικροτεκτονικής ανάλυσης από τις 10 συνολικά, έγιναν 100 μετρήσεις ασυνεχειών και παράλληλα περιγράφηκαν για κάθε ασυνέχεια τα φυσικά της χαρακτηριστικά.

Οι μετρήσεις των ασυνεχειών περιέλαβαν την κλίση και την κατεύθυνση κλίσης.

Η περιγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών των ασυνεχειών για ταξινομήσεις βραχόμαζας κατά Bieniawski περιλαμβάνει όλα τα παρακάτω στοιχεία και κατηγορίες.

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Είδος ασυνέχειας | 2. Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών του ίδιου |
| B : Στρώση | συστήματος σε cm. |
| F : Ρήγμα | |
| J : Διάκλαση | |
| S : Σχιστότητα | |
| Z : Ζώνη διάτμησης | |

- | | |
|---|--|
| <p>3. Μήκος ασυνέχειας</p> <p>A : < 1 m</p> <p>B : 1 - 3 m</p> <p>C : 3 - 10 m</p> <p>D : 10 - 20 m</p> <p>E : > 20 m</p> | <p>4. Ανοιγμα των τοιχωμάτων της ασυνέχειας</p> <p>0 : καθόλου άνοιγμα</p> <p>1A : < 0, 1 mm</p> <p>1B : 0, 1 - 1 mm</p> <p>2A : 1 - 5 mm</p> <p>2B : > 5 mm</p> |
| <p>5. Τραχύτητα ασυνέχειας</p> <p>VR : Πολύ τραχεία</p> <p>R : Τραχεία</p> <p>SR : Ελαφρά τραχεία</p> <p>SM : Ομαλή</p> <p>SL : Ολισθηρή</p> | <p>6. Υλικό πλήρωσης ασυνέχειας</p> <p>0 : Χωρίς υλικό πλήρωσης</p> <p>H1 : Στιφρό με πάχος < 5 mm</p> <p>H2 : Στιφρό με πάχος > 5 mm</p> <p>S1 : Μαλακό με πάχος < 5 mm</p> <p>S2 : Μαλακό με πάχος > 5 mm</p> |
| <p>7. Συνθήκες αποσάθρωσης</p> <p>UW : Χωρίς αποσάθρωση</p> <p>SW : Μικρή</p> <p>MW : Μέτρια</p> <p>HW : Εντονη</p> <p>D : Ολική</p> | |

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών υπαίθρου έγινε προβολή των πόλων των ασυνεχειών σε τεκτονικό δίκτυο.

Με τη χρήση ειδικού προγράμματος Η/Υ έγινε η στατιστική επεξεργασία των πόλων και "σκιαγραφήθηκαν" οι περιοχές με διαφορετικές πυκνότητες πόλων από όπου προέκυψαν και οι κεντρικοί πόλοι των κυρίων συστημάτων ασυνεχειών, καθώς και τα αντίστοιχα επίπεδά τους.

Η στατιστική επεξεργασία των πόλων των ασυνεχειών έγινε με τη μέθοδο Schmidt (1925).

Για κάθε θέση μικροτεκτονικής ανάλυσης δίνονται:

- Τα δελτία αναγραφής των ασυνεχειών και των φυσικών χαρακτηριστικών τους.
- Τα διαγράμματα προβολής των πόλων.

- Τα διαγράμματα με την στατιστική επεξεργασία των πόλων κατά Schmidt.
- Τα τεκτονικά διαγράμματα για τον έλεγχο των δυνητικών ολισθήσεων με τα κύρια επίπεδα των ασυνεχειών και τη γωνία τριβής των ασυνεχειών.
- Τα διαγράμματα της στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων των ασυνεχειών.

Στη συνέχεια σε κάθε θέση όπου πραγματοποιήθηκε μικροτεκτονική ανάλυση, εξετάστηκε η δυνατότητα που υπάρχει για την εκδήλωση ολισθήσεων.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε αφορά στο έλεγχο των δυνητικών ολισθήσεων που εκδηλώνονται στα τεχνητά πρηνή και αναφέρεται από τους (Hoek - Bray, 1980).

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαραίτητα στοιχεία είναι:

- Τα επίπεδα των κυριότερων συστημάτων ασυνεχειών της βραχώμαζας, όπως προσδιορίζονται με την στατιστική ανάλυση στο δίκτυο Schmidt.
- Η γωνία τριβής των ασυνεχειών, κατά μήκος των οποίων μπορεί να λάβει χώρα η ολίσθηση.
- Ο προσανατολισμός της σήραγγας.

Αξιολόγηση Τεκτονικών Διαγραμμάτων – Έλεγχος Δυνητικών Ολισθήσεων

Θέση: Συντάχθηκαν και αξιολογούνται 10 τεκτονικά διαγράμματα

Λιθολογία: Τα τεκτονικά διαγράμματα ΤΔ-3, ΤΔ-4, ΤΔ-5 και ΤΔ-6 έχουν ληφθεί στο σχηματισμό των χαρτζβουργιτών (ha, ha.r), το τεκτονικό διάγραμμα ΤΔ-2 έχει ληφθεί στο σχηματισμό του σερπεντινίτη (se), το τεκτονικό διάγραμμα ΤΔ-7 έχει ληφθεί στο σχηματισμό του σχιστώδη σερπεντινίτη (se.s), το τεκτονικό διάγραμμα ΤΔ-9 έχει ληφθεί στο σχηματισμό των ηφαιστειακών (vo) και τα τεκτονικά διαγράμματα ΤΔ-1, ΤΔ-8 και ΤΔ-10 έχουν ληφθεί στο σχηματισμό των ασβεστόλιθων.

Γωνία τριβής των ασυνεχειών: Οι χαρακτηριστικές τιμές της γωνίας τριβής των ασυνεχειών που ελήφθησαν για τον έλεγχο δυνητικών ολισθήσεων φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πιν. 4 Χαρακτηριστικές τιμές γωνίας τριβής ασυνεχειών

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	φ (°)
Χαρτζβουργίτης (ha, ha.r)	35
Σερπεντινίτης (se)	30
Σχιστώδης σερπεντινίτης (se.s)	15
Ηφαιστειακά (vo)	25
Ασβεστόλιθος (kj)	40

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα κύρια επίπεδα ασυνεχειών που προέκυψαν από τις μετρήσεις, τα φυσικά τους χαρακτηριστικά ανά τεκτονικό διάγραμμα καθώς και ο έλεγχος των δυνητικών ολισθήσεων.

Πιν. 5 Έλεγχος δυνητικών ολισθήσεων

Α/Α	ΘΕΣΗ	ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΚΥΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ							ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ			
					ΜΗΚΟΣ	ΑΝΟΙΓΜΑ	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	ΑΠΟΣΛΟΦΩΣΗ	ΜΟΡΦΗ	JRC	ΟΡΟΦΗ (ROOF)			
												ΣΦΗΝΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (GRAVITY WEDGE)		ΣΦΗΝΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (SLIDING WEDGE)	
ΤΔ-1	Χ.Θ.8+000		ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ (kj)	J1: 60/125	B	1B	VR	0	SW	ST	17	J1/J2/J3		F1/J1/J2	
				J2: 62/335	A	1B	R	0	SW	ST	15	F1/J1/J3		F1/J2/J3	
				J3: 60/255	B	1B	SR	H1	SW	UND	11				
				F1: 80/045	E	0	R	0	SW	UND	13				
				L: 88/275 R: 88/095											
ΤΔ-2	Χ.Θ. 8+500		ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΗΣ (se)	S1: 65/335	C	1B	SL	H1	SW	UND	4	S1/J1/J3		S1/J2/J4	S1/J2/J3
				J1: 65/050	A	1B	SM	H1	SW	UND	5	S1/J3/J4		S1/J1/J2	
				J2: 80/310	A	1B	SM	H1	SW	UND	5	J1/J2/J3		S1/J1/J4	
				J3: 55/172	A	1B	SM	H1	SW	UND	5	J2/J3/J4		J1/J3/J4	
				J4: 62/080	A	1B	SM	H1	SW	UND	5			J1/J2/J4	
				L: 88/275 R: 88/095											
ΤΔ-3	Χ.Θ. 9+400		ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΗΣ (ha.r)	S1: 48/323	D	1B	SL	H1	SW	UND	4	S1/J1/J2		S1/J2/J3	S2/J2/J3
				S2: 35/025	B	1A	SM	H1	SW	UND	7	S1/J1/J4		S1/J3/J4	S1/S2/J1
				J1: 72/095	A	1B	SM	H1	SW	UND	5	S2/J1/J2		S1/S2/J2	S2/J1/J3
				J2: 85/220	A	1B	SM	H1	SW	UND	7	S2/J1/J4		S1/S2/J4	J1/J2/J4

Α/Α	ΘΕΣΗ	ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΚΥΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ						ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ				
					ΜΗΚΟΣ	ΑΝΟΙΓΜΑ	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	ΛΙΠΟΣΛΟΡΟΣΗ	ΜΟΡΦΗ	JRC	ΟΡΟΦΗ (ROOF)			
												ΣΦΗΝΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (GRAVITY WEDGE)		ΣΦΗΝΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (SLIDING WEDGE)	
				J3: 83/282 J4: 55/220 L: 88/275 R: 88/095	A	1B	SM	H1	SW	UND	6	J1/J2/J3		S1/S2/J3	S1/J2/J4
					A	1B	SM	H1	SW	UND	8	J1/J3/J4		S2/J3/J4	S1/J1/J3
														J2/J3/J4	
ΤΔ-4	Χ.Θ. 9+800		ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΗΣ (ha.r)	S1: 32/108 J1: 78/230 J2: 70/330 J3: 83/285 J4: 85/080 L: 88/275 R: 88/095	D	1B	SM	H1	SW	UND	5	S1/J1/J2		J1/J2/J3	
					A	1B	SM	H1	SW	UND	7	S1/J3/J4		J2/J3/J4	
					A	1B	SM	H1	SW	UND	8	J1/J2/J4		S1/J1/J4	
					A	1A	SR	H1	SW	ST	10	J1/J3/J4		S1/J2/J4	
					A	1B	SM	H1	SW	UND	6	S1/J2/J3		S1/J1/J3	

Α/Α	ΘΕΣΗ	ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΚΥΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ							ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ			
					ΜΗΚΟΣ	ΑΝΟΙΓΜΑ	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΥΑΛΙΝΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	ΛΙΠΟΣΛΟΦΩΣΗ	ΜΟΡΦΗ	JRC	ΟΡΟΦΗ (ROOF)			
												ΣΦΗΝΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (GRAVITY WEDGE)		ΣΦΗΝΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (SLIDING WEDGE)	
ΤΑ-5	Χ.θ. 10+200		ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΤΙΤΗΣ (ha)	S1: 55/105 J1: 85/032 J2: 47/305 J3: 70/175 L: 88/275 R: 88/095	D A A A	1B 1B 1B 1B	SM SR SR SR	H1 H1 H1 H1	MW MW MW MW	UND UND UND UND	7 9 11 9	S1/J2/J3 J1/J2/J3		S1/J1/J2	
ΤΑ-6	Χ.θ. 10+600		ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΤΙΤΗΣ (ha)	S1: 70/038 S2: 42/095 J1: 65/220 J2: 65/115 F1: 70/165 L: 88/275 R: 88/095	D B A A D	1B 1B 1B 1B 2A	SL SL SM SL SL	H1 H1 H1 H1 S1	SW SW SW SW SW	UND UND UND UND UND	3 3 4 3 3	S1/J1/F1 S1/J1/J2 S1/S2/J1		F1/J1/J2 F1/S1/J2 S2/F1/J1 S1/S2/F1 S1/S2/J2	F1/S2/J2 S2/J1/J2
ΤΑ-7	Χ.θ. 11+300		ΣΧΙΣΤΩΔΗΣ ΣΕΡΙΠΕΝΤΙΝΙΤΗΣ (se.s)	S1: 40/135 J1: 50/220 J2: 67/332 J3: 47/287 J4: 77/117 L: 88/275 R: 88/095	E A B A A	1B 1B 1B 1B 1B	SL SL SM SL SL	H1 H1 H1 H1 H1	MW MW MW MW MW	UND UND UND UND UND	3 3 8 3 3	J1/J2/J4 S1/J1/J2 J2/J3/J4 S1/J2/J3		S1/J1/J4 S1/J1/J3 J1/J2/J3 S1/J2/J4 S1/J3/J4	
ΤΑ-8	Χ.θ. 11+550		ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ (kj)	J1: 37/200 J2: 75/005 J3: 85/058 J4: 45/320 J5: 70/120 L: 88/275 R: 88/095	B A A A A	2A 1B 2A 1B 2A	VR VR VR VR VR	H1 H1 H1 H1 H1	MW SW SW SW SW	ST ST ST ST ST	17 18 18 17 17	J1/J2/J5 J1/J2/J3 J1/J4/J3 J1/J4/J5		J2/J3/J4 J2/J3/J5 J1/J3/J5 J2/J4/J5 J3/J4/J5	

Α/Α	ΘΕΣΗ	ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΚΥΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ							ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ			
					ΜΗΚΟΣ	ΑΝΟΙΓΜΑ	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	ΛΙΠΟΣΛΟΡΟΣΗ	ΜΟΡΦΗ	JRC	ΟΡΟΦΗ (ROOF)			
												ΣΦΗΝΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (GRAVITY WEDGE)		ΣΦΗΝΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (SLIDING WEDGE)	
ΤΔ-9	Χ.θ. 12+100		ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ (vo)	S1: 30/155	D	1B	SM	H1	MW	UND	7	J1/J2/J3		S1/J2/J3	
				J1: 85/355	A	1B	SR	H1	MW	UND	10	S1/J1/J2		S1/J1/J3	
				J2: 85/250	A	1B	SM	H1	MW	UND	8				
				J3: 85/110	A	1B	SM	H1	M	UND	8				
				L: 88/275 R: 88/095											
ΤΔ-10	Χ.θ. 12+500		ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ (kj)	B1: 50/220	D	1B	VR	H1	SW	ST	19	F1/B1/J3		F1/J2/J3	
				J1: 65/195	A	1B	VR	H1	SW	ST	19	F1/B1/J1		B1/J1/J3	
				J2: 40/002	A	1B	VR	H1	SW	ST	19	B1/J2/J3		F1/J1/J3	
				J3: 75/095	B	1B	VR	H1	SW	ST	17			B1/J1/J2	
				F1: 80/020	E	0	VR	H1	SW	ST	19				
				L: 88/275 R: 88/095											

B: ΣΤΡΩΣΗ S: ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑ J: ΔΙΑΚΛΑΣΗ F: ΡΗΓΜΑ L: ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΠΑΡΕΙΑ R: ΔΕΞΙΑ ΠΑΡΕΙΑ

3.2 Ταξινομήσεις Βραχώμαζας

Γενικά

Για τις ταξινομήσεις βραχώμαζας ακολουθήθηκαν δύο μεθοδολογίες:

- Κατά **RMR** (Bieniawski, 1989 Βελτιωμένη) και
- Κατά **GSI** (Hoek at al, 2002).

Για τις περισσότερες ταξινομήσεις δίδονται εύρη τιμών και όχι μια μοναδιαία βαθμονόμηση.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι η τεχνική σημασία των ταξινομήσεων βραχώμαζας, δηλαδή τα αποτελέσματα που προκύπτουν σχετικά με τη συνοχή, τη γωνία τριβής και το μέτρο ελαστικότητας δεν ενέχουν απαραίτητως θέση παραμέτρων σχεδιασμού.

Στη συνέχεια δίδονται συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά της βραχώμαζας για κάθε επί μέρους σχηματισμό, με διαφορετική εκτιμώμενη συμπεριφορά βραχώμαζας.

- **Χαρτζβουργίτες (ha, ha.r)**

Αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με μέτρια έως καλή αλληλοεμπλοκή, που διατέμενεται από 4 – 6 οικογένειες ασυνεχειών. Οι ασυνέχειες της βραχόμαζας χαρακτηρίζονται κυρίως ομαλές έως ελαφρά τραχείες, κυματοειδείς και ελαφρά αποσαθρωμένες.

Η σχιστότητα, όπου γίνεται εμφανής έχει μεγάλο σχετικά μήκος και η επιφάνεια της ασυνέχειας είναι συνήθως ολισθηρή.

Συνήθως στις επιφάνειες των ασυνεχειών συναντάται σερπεντίνης, τάλκης και αντιγορίτης.

- **Σερπεντινίτες (se)**

Αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με αρκετά αλληλοτεμνόμενα επίπεδα ασυνεχειών, τα οποία δημιουργούν γωνιώδη τέμαχη με μέτρια αλληλοεμπλοκή.

Οι ασυνέχειες της βραχόμαζας χαρακτηρίζονται κυρίως ως ομαλές, κυματοειδείς και ελαφρά αποσαθρωμένες.

Η σχιστότητα αποτελεί κύριο σύστημα με μέτριο σχετικά μήκος και η επιφάνεια της ασυνέχειας είναι συνήθως ολισθηρή. Τοπικά συναντώνται δύο συστήματα σχιστότητας λόγω boudinage. Συνήθως στις επιφάνειες των ασυνεχειών συναντάται σερπεντίνης, τάλκης και αντιγορίτης.

- **Σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s)**

Αποτελούν γαιοημιβραχώδη σχηματισμό με πολλά αλληλοτεμνόμενα επίπεδα, τα οποία δημιουργούν γωνιώδη τεμάχη με κυρίως πτωχή και τοπικά μέτρια αλληλοεμπλοκή.

Οι ασυνέχειες της βραχόμαζας χαρακτηρίζονται κυρίως ως ολισθηρές και τοπικά ομαλές, κυματοειδείς και μέτρια αποσαθρωμένες.

Το επίπεδο της σχιστότητας αποτελεί το κυρίαρχο σύστημα ασυνέχειας και προσδίδει στο σχηματισμό χαρακτηριστική φυλλώδη δομή.

Μέσα στη μάζα του σχηματισμού αναμένονται εγκλωβισμένα τεκτονικά ηφαιστειακά, κερατολιθικά, ασβεστολιθικά σώματα, καλύτερης σχετικά ποιότητας βραχόμαζας.

- **Ηφαιστειακά (vo)**

Αποτελούν ανομοιόμορφο, γενικά γαιοημιβραχώδη σχηματισμό με αρκετά αλληλοτεμνόμενα επίπεδα, τα οποία δημιουργούν γωνιώδη τεμάχια με μέτρια έως πτωχή αλληλοεμπλοκή. Οι ασυνέχειες της βραχώδους χαρακτηρίζονται κυρίως ως ομαλές και τοπικά ελαφρά τραχείες, κυματοειδείς και μέτρια αποσαθρωμένες.

Μέσα στη μάζα του σχηματισμού αναμένονται κερατολιθικά σώματα, καλύτερης σχετικά ποιότητας βραχώδους.

- **Σχιστοκερατόλιθοι (sh)**

Αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με αρκετά αλληλοτεμνόμενα επίπεδα, τα οποία δημιουργούν γωνιώδη τεμάχια με μέτρια έως πτωχή αλληλοεμπλοκή. Οι ασυνέχειες της βραχώδους χαρακτηρίζονται κυρίως ως τραχείες έως ελαφρά τραχείες, κλιμακωτές και ελαφρά αποσαθρωμένες.

- **Ασβεστόλιθοι (kj)**

Αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με 4 – 5 κύρια συστήματα ασυνεχειών με καλή αλληλοεμπλοκή, συνήθως με ασβεστιτικό υλικό. Οι ασυνέχειες της βραχώδους χαρακτηρίζονται ως πολύ τραχείες και τοπικά τραχείες, κλιμακωτές και ελαφρά αποσαθρωμένες.

- **Ζώνες διάτμησης (sz)**

Αποτελούν εδαφοποιημένα, ασθενώς επανασυγκολλημένα και τεκτονικά διατμημένα υλικά. Υπερισχύουν ασυνέχειες πολύ αποσαθρωμένες με γραμμές ολίσθησης και γωνιώδη θραύσματα του πετρώματος.

- **Ζώνες κατακερματισμού ασβεστόλιθων (kj.f)**

Αποτελούν βραχώδη προερχόμενη από κατακερματισμό των ασβεστόλιθων λόγω ρηξιγενούς ή πτυχογόνου τεκτονισμού. Διατέμνεται από πολλά επίπεδα ασυνεχειών με μέτρια έως πτωχή αλληλοεμπλοκή, πολλά γωνιώδη ή/και αποστογγυλεμένα τεμάχια και είναι γενικά μέτρια αποσαθρωμένες.

Κατά RMR

Η Γεωμηχανική Ταξινόμηση Βραχώμαζας γίνεται κατά RMR (Bieniawski, 1989), όπως περιγράφεται στο "Engineering Rock Mass Classifications" (1989) του ίδιου συγγραφέα.

Οι παράμετροι ταξινόμησης του συστήματος RMR και οι παραδοχές που έγιναν είναι οι παρακάτω:

i. **Αντοχή συμπαγούς πετρώματος (MPa).** Χρησιμοποιείται η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη (σ_c) ή ο δείκτης σημειακής φόρτισης (I_{s50}). Ως πλέον αντιπροσωπευτική τιμή για το ακέραιο πέτρωμα θεωρείται η τιμή της σημειακής φόρτισης. Για τη βαθμονόμηση της παραμέτρου από το αντίστοιχο διάγραμμα Bieniawski, έγινε προσαρμογή της τιμής αυτής σε τιμή μονοαξονικής θλίψης σύμφωνα με τον τύπο $\sigma_c = 24 \cdot I_{s50}$ (ISRM, κατά BROCH, E. and FRANKLIN J.A., 1972). Οι χαρακτηριστικές τιμές αντοχής ακέραιου πετρώματος προέκυψαν από την στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων όλων των γεωτρήσεων που έχουν εκτελεσθεί για το έργο, σύμφωνα με την τεχνικογεωλογική αξιολόγηση των ερευνητικών γεωτρήσεων. Στις περιπτώσεις, όπου δεν υπήρχε ικανοποιητικό δείγμα από δοκιμές σημειακής φόρτισης ελήφθησαν υπόψη τα αποτελέσματα της μονοαξονικής θλίψης. Οι τιμές αντοχής ακέραιου πετρώματος που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα Πιν. 6, που ακολουθεί. Η βαθμονόμηση της παραμέτρου προκύπτει από το αντίστοιχο διάγραμμα Bieniawski, που δίδεται στο τέλος της παραγράφου.

ii. **Δείκτης ποιότητας βράχου, RQD (%).** Οι τιμές του RQD προκύπτουν από στατιστική επεξεργασία των τιμών των ερευνητικών γεωτρήσεων. Οι τιμές που προκύπτουν παρουσιάζονται επίσης στον πίνακα Πιν. 6 που ακολουθεί. Η βαθμονόμηση της παραμέτρου προκύπτει από το αντίστοιχο διάγραμμα Bieniawski, που δίνεται στο τέλος της παραγράφου.

Πιν. 6 Αντοχή αέριου πετρώματος και RQD

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΑΝΤΟΧΗ	RQD
	(MPa)	%
Χαρτζβουργίτης (ha, ha.r)	55	45
Σερπεντινίτης (se)	41	36
Σχιστώδης σερπεντινίτης (se.s)	19	30
Ηφαιστειακά (vo) (λατυποπαγούς μορφής)	22	58
Σχιστοκερατόλιθοι (sh)	35	25
Ασβεστόλιθος (kj)	68	47
Κατακερματισμένος ασβεστόλιθος (kj.f)	68	7
Ζώνη διάτμησης(sz)	4.5	18

iii. **Απόσταση μεταξύ ασυνεχειών (mm).** Αυτή προέκυψε από τις παρατηρήσεις υπαίθρου κατά τη σύνταξη των τεκτονικών διαγραμμάτων. Η τελική βαθμονόμηση προέκυψε επίσης από το διάγραμμα απόστασης μεταξύ των ασυνεχειών.

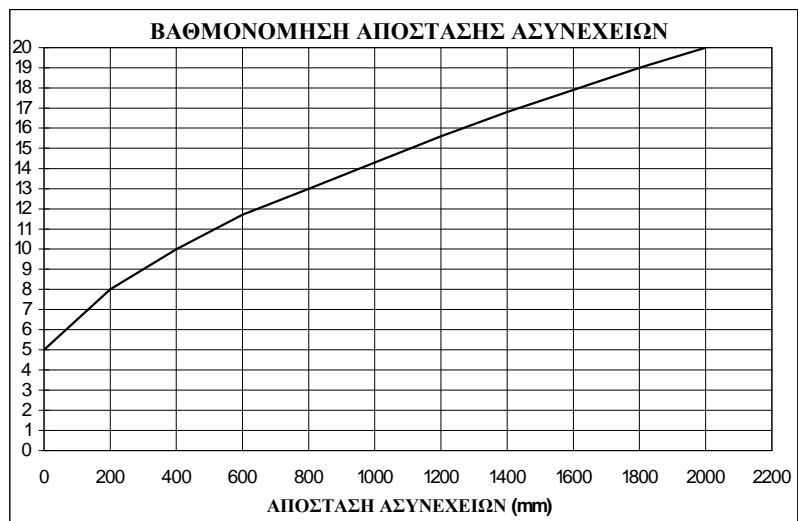
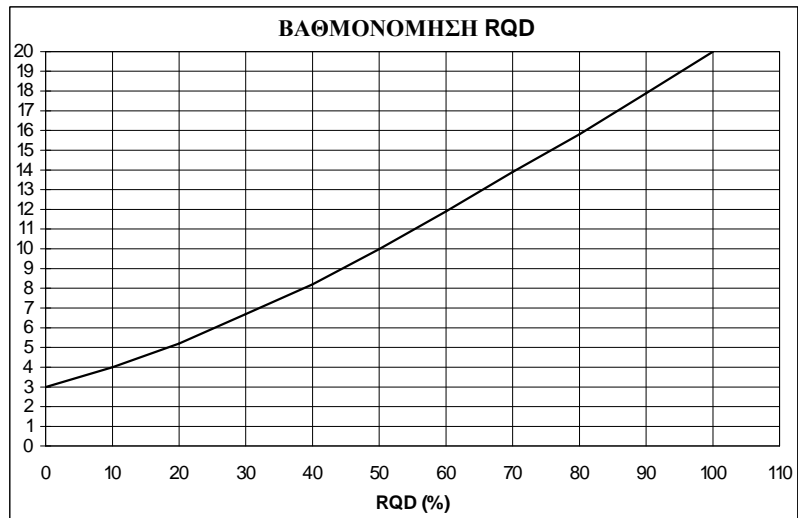
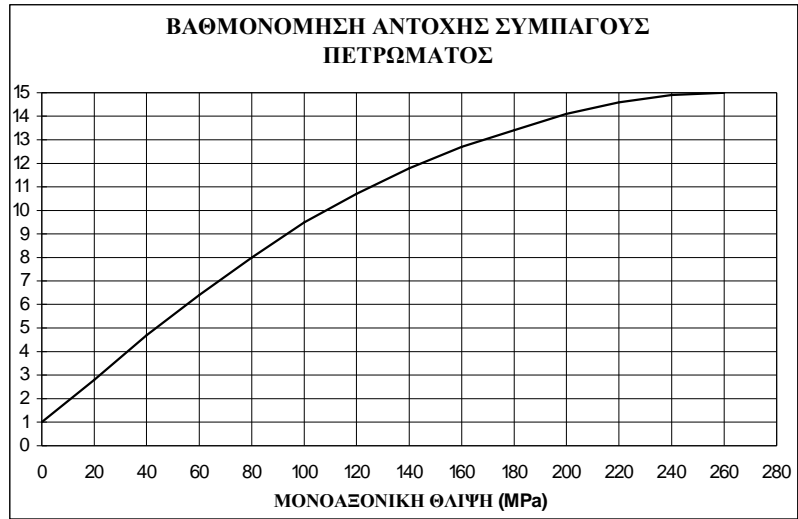
iv. **Κατάσταση ασυνεχειών.** Δίδεται διαφορετική βαθμονόμηση για επιμέρους παραμέτρους όπως είναι το μήκος, το άνοιγμα, η τραχύτητα, το υλικό πλήρωσης και η κατάσταση αποσάθρωσης των ασυνεχειών. Ο χαρακτηρισμός κάθε μιας παραμέτρου προέκυψε όπως και προηγουμένως από τις παρατηρήσεις υπαίθρου και τη σύνταξη των τεκτονικών διαγραμμάτων. Η βαθμονόμηση έγινε από τους αντίστοιχους πίνακες.

v. **Υπόγειο νερό.** Γίνεται εκτίμηση των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών του γεωλογικού σχηματισμού.

Στην περιοχή μελέτης έγιναν 8 ταξινομήσεις βραχόμαζας κατά RMR, αντιπροσωπευτικές των παραπάνω σχηματισμών και της φυσικομηχανικής συμπεριφοράς τους.

Στον πίνακα Πιν. 7 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα ταξινόμησης βραχόμαζας.

Οι τιμές c, φ και E αναφέρονται σε στεγνές συνθήκες βραχόμαζας και ανεξάρτητα απομείωσης λόγω προσανατολισμού των ασυνεχειών.



Πιν. 7 Αποτελέσματα Ταξινόμησης Βραχώμαζας κατά RMR – Προσαρμογή για σήραγγες

Α/Α	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ		ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΟΧΗ C (ΚPa)	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ φ (°)	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ E (GPa)	ΦΟΡΤΙΟ ΥΠΟΣΤΗΛΩΣΗΣ (t/m ²)
		RMR	RMR _{TP}					
TB-1	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ha, ha.r)	52-62	42-49	III ΜΕΤΡΙΑ	200-300	25-35	15.85	12.6
TB-2	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ (se)	50-57	37-44	IV (III) ΠΤΩΧΗ	200-300	25-35	10.00	14.0
TB-3	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ (se.s)	42-48	30-35	IV ΠΤΩΧΗ	200-300	25-35	6.31	15.9
TB-4	ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ (vo)	49-55	36-42	IV (III) ΠΤΩΧΗ	200-300	25-35	9.44	14.3
TB-5	ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ (sh)	57±3	47±3	III ΜΕΤΡΙΑ	200-300	25-35	14.96	12.4
TB-6	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (kj)	59-67	49-57	III ΜΕΤΡΙΑ	300-400	35-45	22.39	10.8
TB-7	ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ (kj.f)	47±3	37±3	IV ΠΤΩΧΗ	200-300	25-35	8.41	14.7
TB-8	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (sz)	26±3	16±3	V ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ	100-200	15-25	2.51	18.9

Κατά G.S.I

Κατά το σύστημα GSI έγιναν 8 ταξινομήσεις βραχόμαζας για τους σχηματισμούς που αναφέρονται παραπάνω. Στον πίνακα που ακολουθεί, δίδονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων βραχόμαζας κατά GSI.

Για τις ανάγκες της ταξινόμησης με βάση την τελευταία αναθεώρηση, οι παράμετροι που απαιτούνται λαμβάνονται αναλυτικά ως εξής:

- Το δυσμενέστερο βάθος σήραγγας για κάθε επί μέρους σχηματισμό.
- Συντελεστής διατάραξης (D), 0 για την εκσκαφή της σήραγγας.

A/A	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	GSI	σ_c (MPa)	m_i	C/σ_c	C (MPa)	ϕ (°)	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ E (MPa)
TG-1	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΖΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ha, ha.r)	45-60	55	20	0.032-0.042	1.786-2.283	42-46	5561-13188
TG-2	ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ (se)	38-52	41	15	0.033-0.041	1.347-1.699	35-39	3209-7184
TG-3	ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ (se.s)	28-38	19	8	0.030-0.037	0.570-0.702	23-25	1229-2185
TG-4	ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ (vo)	35-45	22	13	0.040-0.047	0.873-1.038	29-32	1978-3517
TG-5	ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ (sh)	44-54	35	17	0.033-0.039	1.167-1.373	39-42	4188-7448
TG-6	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (kj)	55-65	68	12	0.025-0.032	1.694-2.194	45-47	10997-19555
TG-7	ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ (kj.f)	25-35	68	9	0.011-0.014	0.766-0.974	33-37	1955-3477
TG-8	ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (sz)	15-25	4.5	7	0.052-0.070	0.235-0.316	10-12	283-503

Πιν. 8 Αποτελέσματα ταξινόμησης
βραχώμαζας κατά GSI-
εφαρμογή για σήραγγες

4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι αναμενόμενες τεχνικογεωλογικές συνθήκες κατά την διάνοιξη του υπολειπόμενου τμήματος της σήραγγας. Ο σχολιασμός γίνεται για τον Δεξιό Κλάδο

Τμήμα από Χ.Θ. 6+625 έως Χ.Θ. 7+080

Λιθολογία: Το τμήμα αυτό διανοίγεται κατά το μεγαλύτερο μέρος στον αργιλομαργαϊκό σχηματισμό (ml), ενώ προς το τέλος αναμένεται να συναντηθούν τα κροκαλολατυποπαγή (br), η επαφή των οποίων με τον υπερκείμενο αργιλομαργαϊκό σχηματισμό (ml) και τους υποκείμενους ασβεστόλιθους (kj) δεν είναι επακριβώς γνωστή. Περί την Χ.Θ. 6+930 αναμένεται να συναντηθεί το πρώτο από τα δύο υποπαράλληλα κύρια ενεργά ρήγματα.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Σε συνέχεια των προβλημάτων που προέκυψαν κατά την διάνοιξη του Δεξιού Κλάδου, αναμένονται αντίστοιχα σε όλο αυτό το τμήμα που θα διανοιγεί στον αργιλομαργαϊκό σχηματισμό. Το εντατικό πεδίο τάσεων που υφίσταται σε μία ζώνη ενεργού τεκτονικής μεταξύ των Χ.Θ. 6+550 ως Χ.Θ. 6+950 περίπου, όπου έχουν εκδηλωθεί εκτεταμένες και σύνθετες παλαιότερες κατολισθητικές και ολισθητικές κινήσεις σε συνδυασμό με την έντονα αργιλική σύσταση (με συμμετοχή μοντοριλλονιτών) του σχηματισμού και την παρουσία νερού υπό πίεση σε αμμώδεις ενστρώσεις ή φακούς, πιθανά και εγκλωβισμένου, δημιουργεί ευνοϊκές προϋποθέσεις για την εκδήλωση διογκώσεων και συγκλίσεων.

Κατά την διάνοιξη της σήραγγας στα κροκαλολατυποπαγή τα προβλήματα απομειώνονται, απαιτούνται όμως ισχυρά μέτρα προσωρινής αντιστήριξης λόγω των συχνών εναλλαγών με αργιλικές ενστρώσεις.

Τμήμα από Χ.Θ. 7+080 έως Χ.Θ. 8+390

Λιθολογία: Η σήραγγα διανοίγεται στο ασβεστολιθικό υπόβαθρο (kj). Περί τη Χ.Θ. 7+150 αναμένεται να συναντηθεί το δεύτερο υποπαράλληλο κύριο ενεργό ρήγμα (No1). Επίσης κύρια ενεργά ρήγματα αναμένονται περί τις Χ.Θ. 7+840 και Χ.Θ. 8+510.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται ως μέτριας ποιότητας βραχώμαζα (RMR = 49-57, κατηγορία III και GSI = 55-65). Τοπικές σφηνοειδείς ολισθήσεις μικρού όγκου είναι αναμενόμενες. Στις ρηξιγενείς ζώνες αναμένεται έντονος κατακερματισμός ή/και τοπικά μωλυνιτώση της βραχώμαζας, η οποία χαρακτηρίζεται ως πτωχής ποιότητας (RMR=34-40, κατηγορία IV και GSI=25-35).

Θα πρέπει απαραίτητως να συνεχισθούν οι μετρήσεις των πιεζομέτρων, προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι η υδροφορία διαμορφώνεται σε στάθμη κάτω από το επίπεδο της ερυθράς.

Τμήμα από Χ.Θ. 8+390 έως Χ.Θ. 8+920

Λιθολογία: Η σήραγγα κατά το μεγαλύτερο μέρος της θα διανοιγεί στους σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s), οι οποίοι, όπως έχει αναφερθεί, έχουν έντονη ανομοιομορφία και μπορούν να περικλείουν στη μάζα τους τοπικά σημαντικού μεγέθους ασβεστολιθικά τεμάχια (k) ή τεμάχια βασικών ηφαιστειακών (vo), η ακριβής θέση των οποίων δεν είναι δυνατό να προσδιορισθεί επακριβώς.

Επίσης στο αρχικό τμήμα αναμένεται να συναντηθούν σχιστοκερατόλιθοι (sh) και ηφαιστειακά (vo).

Κατά θέσεις θα συναντηθούν ζώνες διάτμησης (sz).

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Οι σχιστώδεις σερπεντινίτες χαρακτηρίζονται ως πτωχή ποιότητα βραχώμαζας (RMR=30-35, κατηγορία IV και GSI = 28-38). Αναμένεται να έχουν την πτωχότερη συμπεριφορά στο σύνολο της οφιολιθικής μάζας και γι' αυτό απαιτούν μικρό βήμα προχώρησης και άμεσα μέτρα προσωρινής υποστήριξης. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη λήψη μέτρων για την ευστάθεια του μετώπου, όπου αναμένονται καταπτώσεις λόγω της έντονης σχιστότητας και του φυλλώδους χαρακτήρα του σχηματισμού.

Εφόσον η φορά διάνοιξης της σήραγγας στο τμήμα αυτό, θα είναι από Νότο προς Βορρά, η σχιστότητα θα είναι ευνοϊκά αντίρροπη ως προς το μέτωπο και τα προβλήματα αστάθειας περιορίζονται.

Διηθήσεις νερού πολύ μικρής δυναμικότητας αναμένονται μέσω των σχετικά πιο διαπερατών ζωνών διάτμησης.

Επίσης πιθανά είναι και προβλήματα υπερεκσκαφών.

Τμήμα από Χ.Θ. 8+920 έως Χ.Θ. 9+340

Λιθολογία: Στο τμήμα αυτό κατά το μεγαλύτερο μέρος η σήραγγα θα διανοιγεί στους σερπεντινίτες (se), ενώ τοπικά περί την Χ.Θ. 9+080 αναμένεται τεκτονικά λεπτός σχιστώδης σερπεντινίτης (se.s) και βασικά ηφαιστειακά (vo). Περί την Χ.Θ. 9+150 αναμένεται κύριο ενεργό ρήγμα των περιθώριων της μεταλλικής λεκάνης.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Οι σερπεντινίτες χαρακτηρίζονται κυρίως ως πτωχής ποιότητας βραχώμαζα και τοπικά μέτριας (RMR=37-44, κατηγορία IV έως III και GSI=38-52). Προβλήματα αστάθειας στην οροφή και στις παρειές της σήραγγας αναμένονται κυρίως στις περιπτώσεις συνάντησης δομών τύπου “boudinage”, οπότε μπορούν δυνητικά να εκδηλωθούν σφηνοειδείς ολισθήσεις. Γι’ αυτό απαιτείται μέτριο βήμα προχώρησης και άμεση επένδυση της διατομής με τα μέτρα προσωρινής αντιστήριξης.

Περιορισμένες διηθήσεις νερού αναμένονται διαμέσου των ζωνών διάτμησης και των ρηξιγενών επιφανειών.

Τμήμα από Χ.Θ. 9+340 έως Χ.Θ. 9+740

Λιθολογία: Το τμήμα αυτό αποτελεί μια έντονα τεκτονισμένη ζώνη, από λέπη, όπου θα συναντηθούν οι σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s), βασικά ηφαιστειακά με την μορφή ηφαιστειακού λατυποπαγούς (vo), σερπεντινίτες (se) και σε σημαντικό μήκος σήραγγας ζώνες διάτμησης (sz).

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Το σημαντικότερο πρόβλημα στο τμήμα αυτό είναι η συχνή εναλλαγή διαφορετικής ποιότητας βραχώμαζας με σημαντικότερη τις ζώνες διάτμησης, καθώς και η μικρού μέτρου κλίση των σχηματισμών, άρα και της σχιστότητας. Αυτές χαρακτηρίζονται ως πολύ πτωχής ποιότητας βραχώμαζα (RMR = 13-19, κατηγορία V και GSI = 15-25). Αναμένονται προβλήματα ασταθειών στην οροφή και στις παρειές της σήραγγας και υπερεκσκαφές, ιδιαίτερα με την παρουσία νερού, η κυκλοφορία του οποίου διευκολύνεται δια μέσου των ζωνών αυτών. Επίσης αναμένεται αστάθεια οροφής με την μορφή καταπτώσεων τεμαχών, όταν στην διατομή υπέρκεινται καλύτερης ποιότητας υλικά θα πρέπει ακόμα να ληφθεί υπόψη η παρουσία διογκομένων αργιλικών ορυκτών. Γι’ αυτό απαιτείται μικρό βήμα προχώρησης και άμεση τοποθέτηση των μέτρων προσωρινής υποστήριξης.

Στο τμήμα της σήραγγας που θα διανοιγεί στα ηφαιστειακά λατυποπαγή (vo) σε μήκος της τάξης των 50 m περίπου η βραχώμαζα χαρακτηρίζεται κυρίως ως πτωχή έως μέτρια (RMR = 36-42, κατηγορία IV-III και GSI = 35-45).

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην διάνοιξη του υλικού αυτού, εφόσον έχει διαπιστωθεί η περιεκτικότητά του σε διογκούμενα αργιλικά ορυκτά (μοντμοριλλονίτης).

Τμήμα από Χ.Θ. 9+740 έως Χ.Θ. 10+490

Λιθολογία: Η σήραγγα θα διανοιχθεί σε σερπεντινίτες (se), όπου τοπικά αναμένονται ζώνες διάτμησης (sz) κυρίως προς την επαφή με τους υποκείμενους σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s).

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Για την διάνοιξη της σήραγγας στους σερπεντινίτες ισχύουν όσα έχουν αναφερθεί με τις εξής διαφοροποιήσεις:

α) Η διάνοιξη της σήραγγας από την Χ.Θ. 10+000 και μετά ενδείκνυται κατ' εκτίμηση να γίνει με φορά από Βορρά προς Νότο για να ισχύει η ευνοϊκά αντίρροπη σχιστότητα του πετρώματος σε σχέση με την φορά διάνοιξης.

β) Γενική παρατήρηση είναι ότι οι βραχώμαζες του οφιολιθικού συμπλέγματος στο βόρειο τμήμα παρουσιάζουν σχετικά καλύτερα χαρακτηριστικά λόγω μικρότερης τεκτονικής καταπόνησης σε σύγκριση με το νότιο τμήμα.

Στο τμήμα από Χ.Θ. 9+750 έως Χ.Θ. 10+150 περίπου εκτιμάται ότι συμβαίνει μεγαλύτερη διήθηση νερών λόγω αναμενόμενης διαμόρφωσης στάθμης υδροφόρου ορίζοντα στην υπερκείμενη χαρτζβουργιτική μάζα, εξαιτίας της συγκλινικής δομής του καλύμματος. Η στάθμη αυτή δεν είναι ακόμα επακριβώς γνωστή.

Πάντως εκτιμάται ότι οι παροχές διηθήσεων δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 5 m³/h.

Τμήμα από Χ.Θ. 10+490 έως Χ.Θ. 10+850

Λιθολογία: Η σήραγγα θα διανοιγεί στους σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s). Στο τέλος του τμήματος αναμένεται να συναντηθούν σε πολύ μικρό μήκος της τάξης των 10 m κερατόλιθοι (sh).

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Ισχύουν όσα έχουν αναφερθεί για τους σχιστώδεις σερπεντινίτες

Τμήμα από Χ.Θ. 10+850 έως Χ.Θ. 12+632

Λιθολογία: Στο τμήμα αυτό συναντάται αποκλειστικά το ασβεστολιθικό υπόβαθρο (kj). Στο τέλος του τμήματος συναντώνται κύριο και δευτερεύον ενεργά ρήγματα της ενεργούς ρηξιγενούς ζώνης του Καλλίδρομου.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Οι ασβεστολιθική βραχώμαζα χαρακτηρίζεται ως μέτριας ποιότητας βραχώμαζα ($RMR = 49-57$, κατηγορία III και $GSI = 55-65$). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ασβεστόλιθοι του Βόρειου τμήματος του Καλλιδρόμου, όπως έχει αναφερθεί, παρουσιάζονται εντονότερα τεκτονισμένοι σε σύγκριση με αυτούς του νότιου τμήματος.

Εκτιμάται ότι οι χαμηλές τιμές RQD οφείλονται στον διαχωρισμό των πυρήνων σχεδόν σε οριζόντια επίπεδα λόγω του αξονικού επιπέδου, το οποίο διέτρησε η γεώτρηση. Αναφέρεται δε στη γεωλογική και γεωτεχνική μελέτη για την προμελέτη της σήραγγας, ότι αμέσως μετά τη δειγματοληψία ο δείκτης RQD ήταν υψηλότερος, 30-70% και ότι το φαινόμενο του διαχωρισμού των πυρήνων συνέβη βαθμιαία μερικές ημέρες μετά την δειγματοληψία.

Το γεγονός αυτό υποδεικνύει απελευθέρωση τάσεων της βραχώμαζας και η οποία εκτιμάται ότι θα είναι εντονότερη στο τμήμα μεταξύ Χ.Θ. 11+310 έως Χ.Θ. 11+730 περίπου. Γι' αυτό η βραχώμαζα στο τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται ως πτωχής ποιότητας ($RMR = 34-40$, κατηγορία IV και $GSI = 25-35$).

Στο τμήμα αυτό δεν αναμένονται προβλήματα με υπόγεια νερά παρά μόνο διηθήσεις μέσω των ασυνεχειών του πετρώματος, ιδιαίτερα μετά από έντονες βροχοπτώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑ
κατασκευή σηραγγας

1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

1.1 Τμήματα Σηράγγων, που κατασκευάστηκαν με προηγούμενη Εργολαβία

Με προηγούμενη εργολαβία ήδη έχουν διανοιχθεί, με υπόγεια εκσκαφή, τμήματα σήραγγας μήκους 5.841,61m εκ των οποίων 2.809,54m από την είσοδο της σήραγγας και 3.032,07m από την έξοδο της σήραγγας και συγκεκριμένα:

α. Στην είσοδο της σήραγγας:

Δεξιός κλάδος: από χ.θ. 5+187,21 ÷ 6+625,20 μήκους 1.437,99μ

Αριστερός κλάδος: από χ.θ. 5+194,85 ÷ 6+566,40 μήκους 1.37155μ

β. Στην έξοδο της σήραγγας:

Δεξιός κλάδος: από χ.θ. 14+222,38 ÷ 12+632,70 μήκους 1.589,68μ

Αριστερός κλάδος: από χ.θ. 14+231,29 ÷ 12+788,90 μήκους 1.444,39μ

Έχει κατασκευασθεί μόνιμη επένδυση στα τμήματα της σήραγγας, που έχουν ήδη διανοιχθεί και συγκεκριμένα:

α. Στην είσοδο της σήραγγας:

Δεξιός κλάδος: από χ.θ. 5+187,21 ÷ 6+448,17 μήκους 1.260,96μ

Αριστερός κλάδος: από χ.θ. 5+194,85 ÷ 6+456,99 μήκους 1.262,14μ

β. Στην έξοδο της σήραγγας:

Δεξιός κλάδος: από χ.θ. 14+222,38 ÷ 12+960,67 μήκους 1.261,71μ

Αριστερός κλάδος: από χ.θ. 14+231,29 ÷ 12+969,49 μήκους 1.261,80μ

Τα προβλεπόμενα από την Οριστική Μελέτη του έργου τεχνικά τύπου Cover & Cut, τόσο στο Νότιο όσο και στο Βόρειο μέτωπο της σήραγγας του Καλλιδρόμου, έχουν κατασκευασθεί κατά το μεγαλύτερο μήκος τους. Έτσι:

α. Στην είσοδο της σήραγγας:

Δεξιός κλάδος: από χ.θ. 5+148,17 ÷ 5+187,21 μήκους 39,04μ

Αριστερός κλάδος: από χ.θ. 5+156,99 ÷ 5+194,85 μήκους 37,86μ

β. Στην έξοδο της σήραγγας:

Δεξιός κλάδος: από χ.θ. 14+222,38 ÷ 14+323,17 μήκους 100,79μ

Αριστερός κλάδος: από χ.θ. 14+231,29 ÷ 14+369,49 μήκους 138,20μ

Τέλος έχουν διανοιχθεί έξι (6) συνδετήριες στοές, τρεις (3) από το Νότιο μέτωπο και τρεις (3) από το Βόρειο μέτωπο, οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 500 μέτρα.

1.2 Κατασκευή των τμημάτων της σήραγγας με Cut & Cover

Λόγω εκτεταμένων κατολισθητικών φαινομένων, στην έξοδο της σήραγγας Χ.Θ. 14+350 περίπου, προέκυψε η ανάγκη επέκτασης της σήραγγας με την προσθήκη τμήματος τύπου Cut & Cover, για την ασφαλέστερη αντιμετώπιση του κινδύνου καταπτώσεως των πρανών και καταστροφής της γραμμής. Ως εκ τούτου προβλέπεται η κατασκευή τεχνικού Cut & Cover μήκους 72m στο δεξιό κλάδο και Cut & Cover μήκους 36m στον αριστερό κλάδο των στομίων συμπεριλαμβανομένων.



Για την κατασκευή αυτών απαιτείται η δημιουργία προσωρινών εκσκαφών κατάλληλης γεωμετρίας με την κατασκευή πασσαλότοιχου ($\Phi 80/1,80\text{m}$) ώστε να επιτρέπεται η διενέργεια των απαραίτητων εργασιών κατασκευής της κλειστής διατομής των σηράγγων (τύπου Cut & Cover) από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα, υδατοστεγάνωση αυτών και εν συνεχεία η επανεπίχωση.

Ο φορέας του τεχνικού είναι πεταλοειδούς διατομής, κλειστού τύπου, με ανεστραμμένο τόξο θεμελίωσης. Ο θόλος σχηματίζεται από ημικύκλιο εσωτερικής ακτίνας 4,45m και προβλέπονται αρμοί κατά μήκος ανά 12,00m.



Το μήκος του Cut & Cover εξόδου καθορίσθηκε έτσι ώστε να είναι εφικτή η διαμόρφωση μονίμων πρηνών τόσο κατά μήκος όσο και εγκάρσιως. Τα στόμια των σηράγγων διαμορφώνονται με απότμηση 40° ως προς την οριζόντια.

Πάσσαλοι δι' εκσκαφής (έγχυτοι πάσσαλοι) και κεφαλόδεσμοι

Ορισμοί

- Πάσσαλος: Εύκαμπτο δομικό στοιχείο εντός του εδάφους που αποσκοπεί στην ανάληψη φορτίων.
- Πάσσαλος δι' εκσκαφής: Πάσσαλος του οποίου η κατασκευή περιλαμβάνει αρχικά τη διάνοιξη κατάλληλης οπής εντός του εδάφους (με ή χωρίς την υποστήριξη των τοιχωμάτων της), και στη συνέχεια την πλήρωσή της με άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα.

Μέθοδος Κατασκευής

1. Διάτρηση πασσάλων

Κατά τη διάτρηση της οπής των πασσάλων λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την παρεμπόδιση ανεξέλεγκτης ροής υπογείου ύδατος ή εισροής

ποσοτήτων εδαφικού υλικού εντός της οπής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι αυξημένος κίνδυνος εκδήλωσης των παραπάνω φαινομένων υπάρχει στις περιπτώσεις διάτρησης εντός:

- (α) χαλαρών χονδρόκοκκων (μη συνεκτικών) εδαφών,
- (β) μαλακών λεπτόκοκκων (συνεκτικών) εδαφών,
- (γ) εδαφών με μεταβλητές ιδιότητες.

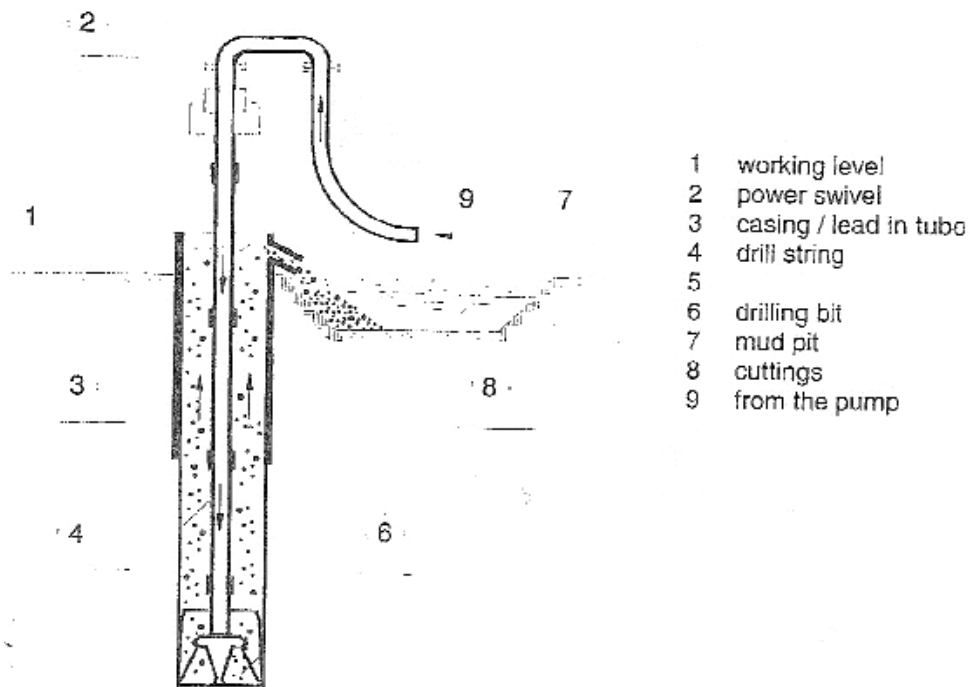
Η αλληλουχία εργασιών κατασκευής των πασσάλων καθορίζεται έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάτρηση κοντά σε πασσάλους που έχουν πρόσφατα σκυροδετηθεί και το σκυρόδεμά τους είναι ακόμα εργάσιμο, ή που δεν έχουν ακόμα σκυροδετηθεί, για την αποφυγή ενδεχομένων ζημιών. Δεν επιτρέπεται η χρήση εκρηκτικών για την απομάκρυνση των όποιων εμποδίων εμφανισθούν κατά τη διάτρηση ή για την υλοποίηση της έμπηξης των πασσάλων εντός του βραχώδους υποβάθρου για την αποφυγή ζημιών σε γειτονικούς πασσάλους ή κατασκευές.

Κατά τον εκτοπισμό εμποδίων της διάτρησης αποφεύγεται κάθε χαλάρωση του εδάφους. Δεν επιτρέπεται η έδραση του πασσάλου πάνω σε εμπόδιο που βρίσκεται πάνω από τον θεωρητικό πυθμένα του πασσάλου και για αυτόν ακριβώς το λόγο μετά την ολοκλήρωση της διάτρησης ο πυθμένας της οπής πρέπει να καθαρισθεί από τα τυχόν χαλαρά υπολείμματα και να ενισχυθεί με κτυπήματα ή δυνητικά να χρησιμοποιηθεί μικρή ποσότητα χαλικιών ή ξηρό μίγμα σκυροδέματος. Τα προϊόντα εκ των διατρήσεων απομακρύνονται και αποτίθενται είτε στην περιοχή του εργοταξίου (για προσωρινή εναπόθεση ή για την κατασκευή επιχωμάτων και επιχωματώσεων), είτε απομακρύνονται σε οιαδήποτε απόσταση από το έργο και θα αποτίθενται σε εγκεκριμένες θέσεις. Εγκαταλειπόμενες οπές διάτρησης πρέπει να γεμίζονται και να συμπυκνώνονται προσεκτικά με κατάλληλα εδαφικά υλικά ή με σκυρόδεμα.

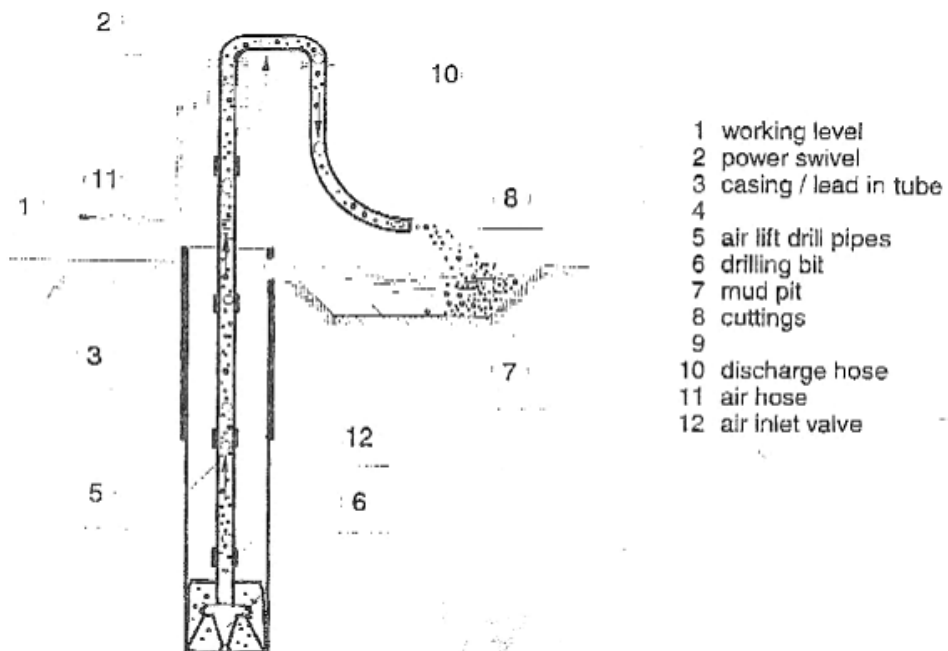
Διατρητικά μηχανήματα και εξαρτήματα

Η μεθοδολογία διάτρησης (δηλ. συνεχής διάτρηση ή μη συνεχής διάτρηση) και ο τύπος των χρησιμοποιούμενων διατρητικών εξαρτημάτων προσαρμόζεται στις επιτόπου εδαφικές συνθήκες και συνθήκες υπογείων υδάτων. Εξαρτήματα για την εκτέλεση συνεχούς διάτρησης είναι π.χ. αρίδες, κρουστικο-διατρητικά εργαλεία τα οποία συνδυάζονται με χρήση μεθόδων εισπίεσης για την απομάκρυνση του εδαφικού υλικού κλπ. (σχήμα 1). Εξαρτήματα για την εκτέλεση μη συνεχούς

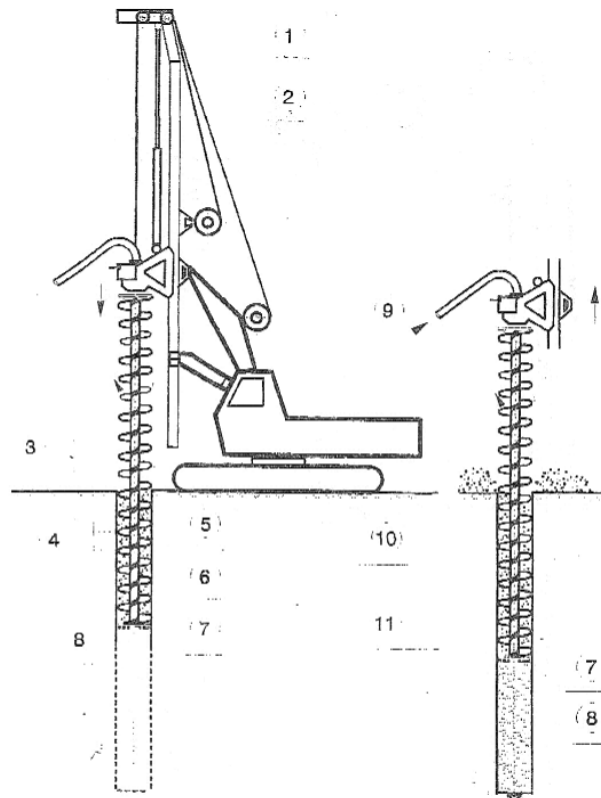
διάτρησης είναι π.χ. αρπάγες, τρυπάνια, διατρητικοί κουβάδες, «βουτιές» κλπ. (σχήμα 2).



Σχήμα 1α. Σύστημα συνεχούς διάτρησης – Φάση εισπίεσης



Σχήμα 1β. Σύστημα συνεχούς διάτρησης – Φάση απομάκρυνση εδαφικού υλικού από την οπή του πασσάλου.



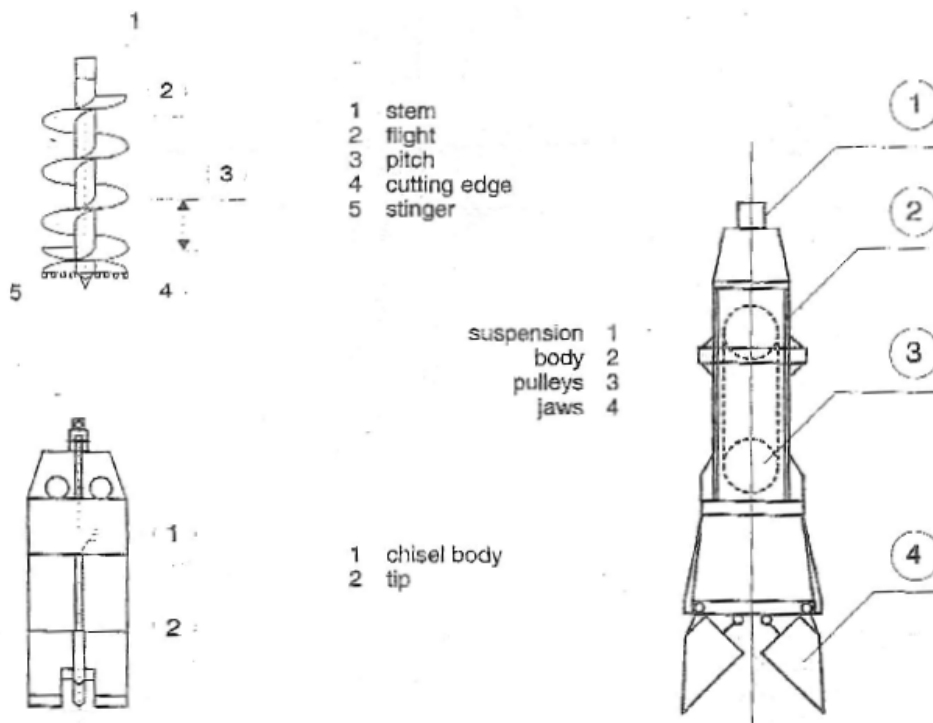
a) Boring

b) Concreting

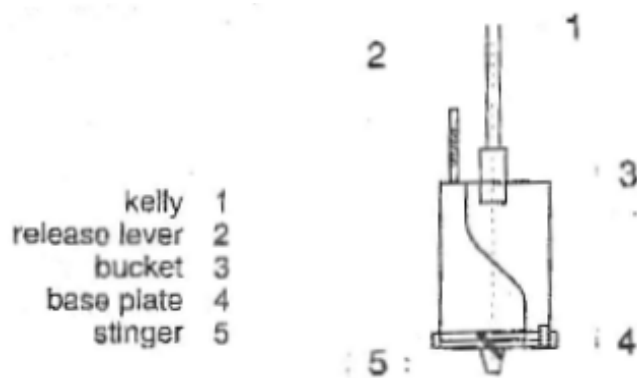
- 1 thrust cylinder
- 2 boom
- 3 working level
- 4 pitch
- 5 spoil
- 6 continuous flight auger

- 7 hollow stem
- 8 bonde
- 9 concrete supply
- 10 spoil
- 11 concrete

Σχήμα 1γ. Σύστημα συνεχούς διάτρησης με τη χρήση συνεχούς διατρητικού ελικοειδούς στελέχους (ή «αρίδας»).



Σχήμα 2α. Διατρητικά εξαρτήματα για μη συνεχή διάτρηση – «Βουτιά», Τρυπάνι, Αρπάγη.



Σχήμα 2β. Διατρητικό εξάρτημα μη συνεχούς διάτρησης – Διατρητικός κουβάς

Η επιλογή των καταλλήλων διατρητικών εξαρτημάτων πρέπει να βασίζεται στο κριτήριο αποφυγής της χαλάρωσης του γεωυλικού έξω από την διάμετρο του πασσάλου και κάτω από το πόδι του. Επειδή τέτοιες χαλαρώσεις συχνά εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου, πρέπει να δίδεται προτίμηση στον εξοπλισμό με τον οποίο επιτυγχάνεται η ταχύτερη διάτρηση και να ελαχιστοποιείται ο χρόνος μεταξύ συμπλήρωσης της διάτρησης και της σκυροδέτησης. Σε περίπτωση που η ευστάθεια των τοιχωμάτων της διάτρησης εξασφαλίζεται με υπερπίεση διατρητικού υγρού, δεν πρέπει αυτή η υπερπίεση να επηρεάζεται σημαντικά από την ανάσυρση του διατρητικού εργαλείου, γιατί αυτό ενεργεί σαν έμβολο κατά την αφαίρεση της συσκευής διάτρησης.

2. Οπλισμός πασσάλων

Οι σιδηροί οπλισμοί των πασσάλων πρέπει να είναι της κατηγορίας χάλυβος, διαμέτρων, διαστάσεων και μορφής όπως ορίζονται στην Μελέτη. Επισημαίνεται ότι ο ελάχιστος διαμήκης οπλισμός θα συνίσταται από τέσσερις (4) ράβδους Φ12.

Είναι ουσιαστικής σημασίας η διατήρηση κάποιας μέγιστης και ελάχιστης απόστασης μεταξύ των ράβδων του διαμήκους οπλισμού των πασσάλων για να μπορεί το σκυρόδεμα που εγχύνεται να καλύψει πλήρως τον κλωβό οπλισμό και να έλθει σε πλήρη επαφή με τις εδαφικές παρειές της οπής. Έτσι το μέγιστο κενό μεταξύ των διαμήκων ράβδων είναι 40cm, ενώ το ελάχιστο είναι 10cm. Για την περίπτωση όπου ο μέγιστος κόκκος αδρανών σκυροδέματος είναι 2cm, το ελάχιστο κενό είναι δυνατόν να μειωθεί στα 8cm.

Η τοποθέτηση ομόκεντρων στρώσεων διαμήκους οπλισμού θα πρέπει να αποφεύγεται όπου αυτό είναι δυνατόν. Ωστόσο στην περίπτωση χρήσης τέτοιων στρώσεων επισημαίνονται τα εξής:

1) Ο μέγιστος αριθμός τους είναι 2.

2) Οι ράβδοι των στρώσεων θα πρέπει να τοποθετούνται ακτινικά η μία πίσω από την άλλη.

3) Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των στρώσεων θα είναι η μέγιστη εκ των παρακάτω τιμών: το διπλάσιο της διαμέτρου της χρησιμοποιούμενης ράβδου οπλισμού ή 1.5 φορά του χρησιμοποιούμενου μεγίστου κόκκου αδρανών σκυροδέματος.

Όσον αφορά στην ελάχιστη απόσταση μεταξύ των στοιχείων εγκαρσίου οπλισμού, αυτή δεν πρέπει να είναι μικρότερη από τις αποστάσεις που δίνονται προηγουμένως για τον κύριο οπλισμό.

Οι οπλισμοί των πασσάλων πρέπει να φυλάσσονται σε τέτοιες συνθήκες, έτσι ώστε κατά τη διαδικασία τοποθέτησης των να είναι καθαροί και χωρίς την επιφανειακή χαλαρή σκωρίωση.

Ο κλωβός του οπλισμού, προκατασκευασμένος σε όλο το μήκος, τοποθετείται αμέσως μετά το τέλος της εκσκαφής. Οι σιδηροί οπλισμοί των πασσάλων πρέπει να εξέχουν πάνω από την οριστική στάθμη των κεφαλών των πασσάλων (μετά την αποκοπή της κεφαλής) τουλάχιστον κατά το μήκος πρόσφυσης των οπλισμών, για την αγκύρωση του κάθε πασσάλου μέσα στον κεφαλόδεσμο. Το πάχος επικάλυψης των οπλισμών με σκυρόδεμα, δεν πρέπει να είναι μικρότερο από:

1) 6cm, για πασσάλους διαμέτρου $D > 0.6m$

2) 5cm, για πασσάλους διαμέτρου $D \leq 0.6m$ εκτός εάν άλλως έχει συμφωνηθεί.

Ωστόσο, το ελάχιστο πάχος επικάλυψης των οπλισμών με σκυρόδεμα είναι δυνατόν να αυξηθεί σε 7.5 εκ. στις ακόλουθες περιπτώσεις:

1) Τοποθέτηση πασσάλου εντός μαλακού εδαφικού σχηματισμού, όπου η οπή έχει διανοιχτεί χωρίς τη χρήση σωλήνωσης.

2) Σκυροδέτηση κάτω από το νερό με μέγιστο κόκκο αδρανών 3.2 cm.

3) Η τοποθέτηση του οπλισμού γίνεται μετά την σκυροδέτηση.

4) Οι επιφάνειες των τοιχωμάτων της οπής είναι ανώμαλες.

3. Σκυροδέτηση πασσάλων

Η σκυροδέτηση του πασσάλου αρχίζει το συντομότερο δυνατό μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής και την τοποθέτηση του οπλισμού, και πριν την έναρξη της σκυροδέτησης ελέγχεται η καθαριότητα της διανοιχθείσης οπής.

Η σκυροδέτηση του πασσάλου γίνεται χωρίς διακοπή με μία συνεχή διάστρωση, απαγορευομένων των αρμών διακοπής. Σε περίπτωση κατ' εξαίρεση μικρής διακοπής της διάστρωσης πρέπει να χρησιμοποιούνται επιβραδυντικά πήξης για να αποφεύγονται βλαπτικές επιδράσεις. Κατά την διάστρωση του σκυροδέματος εξασφαλίζεται ότι η προβλεπόμενη σύνθεση με το προβλεπόμενο εργάσιμο, φτάνει μέχρι τον πυθμένα της διάστρωσης, ότι δεν δημιουργείται απόμιξη ή ρύπανση του σκυροδέματος και ότι η στήλη του σκυροδέματος δεν διακόπτεται και δεν υπάρχουν στενώσεις. Γι' αυτόν τον λόγο πρέπει, ακόμα και σε διατρήσεις εν ξηρώ, να χρησιμοποιηθεί σωλήνας διάστρωσης ή σωλήνας αντλίας που να φτάνει, κατά την έναρξη της διάστρωσης, στον πυθμένα της διάτρησης.



1.3 Τμήματα της σήραγγας που θα κατασκευασθούν με υπόγεια εκσκαφή.

Το υπολειπόμενο, υπό διάνοιξη και προσωρινή αντιστήριξη, τμήμα της σήραγγας είναι 12.230m περίπου, από τα οποία τα 6.007,5m αφορούν στον δεξιό κλάδο και τα 6.222,50m στον αριστερό. Πιο συγκεκριμένα στον δεξιό κλάδο από Χ.Θ. 6+625,20 έως 12+632,70, δηλαδή 6.007,50m, και στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 6+566,40 έως Χ.Θ. 12+788,90, δηλαδή 6.222,50 m.

Το υπολειπόμενο τμήμα της σήραγγας όπου απαιτείται η κατασκευή της μόνιμης επένδυσης, είναι μήκους 13.025 m από τα οποία τα 6.512,50 m αναφέρονται στον δεξιό κλάδο, και τα 6.512,50m στον αριστερό. Πιο συγκεκριμένα στον δεξιό κλάδο, από Χ.Θ. 6+448,17 έως Χ.Θ. 12+960,67 μήκους 6.512,50 m, και στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 6+456,99 έως Χ.Θ. 12+969,49 μήκους 6.512,50 m.

Λόγω των μεγάλων συγκλίσεων που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια εκσκαφής και προσωρινής αντιστήριξης στο Νότιο μέτωπο της σήραγγας, αντικείμενο της νέας εργολαβίας είναι και η εκσκαφή της Β΄ Φάσης μέρους της σήραγγας, με αποκατάσταση και ενίσχυση της Α΄ Φάσης, βάσει εγκεκριμένης Οριστικής Μελέτης, έτσι ώστε να καταστεί ασφαλής η διάνοιξη της με τα μέτρα προσωρινής αντιστήριξης και να είναι δυνατή και η κατασκευή της μόνιμης επένδυσης. Τα συγκεκριμένα τμήματα είναι από Χ.Θ. 6+589,50 έως Χ.Θ. 6+625,20 μήκους 35,70m, στον δεξιό κλάδο, καθώς επίσης από Χ.Θ. 6+519,60 έως 6+566,40 μήκους 46,80m., στον αριστερό κλάδο.

Επίσης, εν μέρει, μέτρα ενίσχυσης και αποκατάστασης της προσωρινής αντιστήριξης θα απαιτηθούν για την κατασκευή της μόνιμης επένδυσης σε διανοιχθέντα τμήματα του Βορείου μετώπου, όπου παρουσιάστηκαν έντονες συγκλίσεις και, για ασφάλεια της σήραγγας, επιχώθηκαν. Τα τμήματα αυτά βρίσκονται στον δεξιό κλάδο από Χ.Θ. 12+960,67 έως 12+632,70 μήκους 327,97m, και στον αριστερό κλάδο από Χ.Θ. 12+969,49 έως 12+788,90 μήκους 180,59m.

1.4 Κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης

Οι κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης εκτιμήθηκαν, για τις διαφορετικές κατηγορίες βραχώμαζας, βάσει των αναλύσεων ευστάθειας για τις διαφορετικές κατηγορίες βραχώμαζας, και την αποδοχή πολύ καλά επεξεργασμένων κατασκευαστικών και βραχομηχανικών προσομοιώσεων.

Έχει προβλεφθεί μεγάλη ποικιλία κατηγοριών εκσκαφής και αντιστήριξης, προκειμένου να αντιμετωπισθεί η αβεβαιότητα των γεωλογικών συνθηκών. Αναμένεται ότι μόνο ένα περιορισμένο πλήθος αυτών των κατηγοριών εκσκαφής και αντιστήριξης θα εφαρμοστεί κατά την κατασκευή.

Οι κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης περιγράφουν:

- τον απαιτούμενο τύπο και την διαστασιολόγηση των αντιστηρίξεων και την ενδεχόμενη χρονική στιγμή τοποθέτησης,
- τα μέτρα αντιμετώπισης της διήθησης του νερού, το μήκος εξόρυξης.

Σε κάθε κατηγορία εκσκαφής και αντιστήριξης ανήκει ο ένας από τους πέντε τύπους εσωτερικής επένδυσης και ένα συγκεκριμένο πάχος εσωτερικής επένδυσης.

Όσον αφορά στον τρόπο εκσκαφής, είναι αναγκαία η εκσκαφή η οποία αποφεύγει την χαλάρωση της βραχώμαζας, την υπερεκσκαφή και τις δονήσεις. Η διάνοιξη με εκσκαφέα πρέπει να προτιμηθεί, για όσο είναι οικονομικά εφικτό.

Εκσκαφή και αντιστήριξη

Τμήματα σήραγγας σε άργιλο

- Αριστερή σήραγγα, ΧΘ 6+519,60 έως ΧΘ 6+566,40

Σε αυτό το τμήμα ο θόλος της σήραγγας έχει ήδη σκαφτεί, και λόγω της αστάθειας που παρουσιάστηκε επανεπιχώθηκε με αμμοχάλικο.

Για το τμήμα αυτό αναπτύχθηκε η κατηγορία εκσκαφής και αντιστήριξης S2.A: έχει προβλεφθεί ολομέτωπη εκσκαφή με μήκος εξόρυξης περίπου 1m ανά βήμα. Σε αυτό το περιβάλλον η υφισταμένη, παραμορφωμένη αντιστήριξη από εκτοξευμένο σκυρόδεμα πρέπει να καθαιρεθεί. Η νέα αντιστήριξη έχει ληφθεί υπόψη ως άκαμπτη και αποτελείται από οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (d~50cm), χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης, χαλύβδινα δικτυώματα, συστηματική αγκύρωση με αγκύρια κοπτικής κεφαλής μήκους 8-12m, ήλοι σε τσιμεντοκονίαμα. Αυτή η αντιστήριξη τοποθετείται πλήρως μετά από κάθε βήμα εξόρυξης.

- Δεξιά σήραγγα, ΧΘ 6+589,50 έως ΧΘ 6+625,20

Αυτό το τμήμα είχε μία τμηματική κατάρρευση μετά την εκσκαφή και αντιστήριξη του θόλου από οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης και αγκύρια. Για το τμήμα αυτό έχει σχεδιαστεί η κατηγορία εκσκαφής και αντιστήριξης S3.A: έχει σχεδιαστεί ολομέτωπη εκσκαφή με μήκος εξόρυξης περίπου 1m. Πριν την εκσκαφή, ένα μέρος του τμήματος που έχει κατάρρευσει θα πρέπει να επιχωθεί και να ενισχυθεί με τσιμεντένεμα μέσω μεγάλων οπών γεώτρησης. Η αντιστήριξη έχει ληφθεί υπόψη ως άκαμπτη και αποτελείται από οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (d~60cm), χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης, χαλύβδινα δικτυώματα, συστηματική αγκύρωση μήκους 12m κοπτικής κεφαλής, και ήλους σε τσιμεντοκονίαμα. Αυτή η αντιστήριξη τοποθετείται πλήρως μετά από κάθε εξόρυξη.

Προβλέπεται μία ομπρέλα μήκους 13m, προπορευόμενων αγκυρίων κοπτικής κεφαλής στην περιφέρεια του θόλου, για να στηριχθεί η περιοχή εργασίας στο προσωρινό μέτωπο. Περαιτέρω, το κατακόρυφο προσωρινό μέτωπο θα πρέπει να στηριχθεί με προπορευόμενα αγκύρια υαλονήματος και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

- Αριστερή σήραγγα, ΧΘ 6+576,40 έως ΧΘ 7+090
- Δεξιά σήραγγα, ΧΘ 6+647,20 έως ΧΘ 7+090

Σε αυτά τα τμήματα θα πρέπει να αναμένεται δυσμενές εκθλιβόμενο έδαφος, όπως ιλυώδης άργιλος και λατυποπαγή. Συνεπώς έχει μελετηθεί αντιστήριξη ενδοτικής παραμόρφωσης σε αυτά τα τμήματα. Συνολικά 21 κατηγορίες εκσκαφών και αντιστηρίξεων έχουν αναπτυχθεί και περιγράφει για αυτά τα τμήματα. Για το τμήμα, μήκους 58 m περίπου, της αριστερής σήραγγας έχουν μελετηθεί οι κατηγορίες εκσκαφών και αντιστηρίξεων T-50b, T-50c, T-50d, T-60b, T-60c, T-60d, T-70a, T-70b και T-70c. Διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (d = 50, 60 και 70cm), το μέγεθος της υπερεκσκαφής και το πλάτος των διαμηκών διακένων. Τα τμήματα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που προκύπτουν από - ή συνορεύουν με- διαμήκη διάκενα στην περιοχή της οροφής, είναι στερεωμένα στο έδαφος με αγκύρια εδάφους μήκους 3m. Η συστηματική αγκύρωση αποτελείται από ειδικά σχεδιασμένα 12m αγκύρια κοπτικής κεφαλής που είναι εξοπλισμένα με ενδοτικές κεφαλές και μερικώς ενδοτικό adhesive stretch. Ο θόλος θα πρέπει να σκάβεται και να στηρίζεται με μήκος εξόρυξης 0,8 - 1,2m. Η ολοκλήρωση του

ανάστροφου θόλου έχει σχεδιαστεί με μέγιστη απόσταση από το μέτωπο 10m. Το μήκος εξόρυξης κατά την εκσκαφή του ανάστροφου θόλου έχει σχεδιαστεί 2,4 - 3,6m. Η αντιστήριξη τοποθετείται πλήρως μετά από κάθε εξόρυξη.

Για την περαιτέρω εκσκαφή των σηράγγων σε ιλυώδη άργιλο μέχρι την ΧΘ 7+020, προβλέπονται κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης Y-45d έως Y-45h και Y-50f έως Y-50h. Η διαφορά έγκειται στο πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ($d=45\text{cm}$ και 50cm), το μέγεθος της υπερεκσκαφής και το πλάτος των διαμηκών διακένων μέσα σε εκτοξευόμενου σκυρόδεμα. Για την στερέωση των τμημάτων από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, συστηματικής αγκύρωσης και μηκών εξόρυξης του θόλου, εφαρμόζονται οι παραπάνω επεξηγήσεις για τις κατηγορίες T- ...

Η τοποθέτηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στον ανάστροφο θόλο θα πρέπει να γίνεται εντός των 15m πίσω από το προσωρινό μέτωπο. Το μήκος εξόρυξης στον ανάστροφο θόλο μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 2,4 - 3,6m. Η αντιστήριξη τοποθετείται πλήρως μετά από κάθε εξόρυξη.



Από τη ΧΘ 7+020 έως τη ΧΘ 7+090 αναμένονται λατυποπαγή και στις δύο σήραγγες. Έχουν μελετηθεί κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης Y-40b έως Y-40e

με πάχος μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος 40cm. Αφού αναμένεται η αντοχή του λατυποπαγούς να είναι μεγαλύτερη εκείνης της αργίλου, έχει επιλεγθεί μέγεθος υπερεκσκαφής και πλάτος διαμηκών διακένων μικρότερα από εκείνα που περιγράφηκαν παραπάνω για κατηγορίες βραχώμαζας σε ιλυώδη άργιλο. Σε σχέση με τα αλλά χαρακτηριστικά εκσκαφής και αντιστήριξης, οι κατηγορίες Y-40b έως Y-40e είναι ίδιες με την παραπάνω περιγραφή κατηγοριών εκσκαφής και αντιστήριξης.

Για όλες τις παραπάνω περιγραφές κατηγοριών εκσκαφής και αντιστήριξης του προσωρινού μετώπου, έχουν μελετηθεί 12m αγκύρια υαλονήματος και ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 5cm. Τα αγκύρια υαλονήματος θα τοποθετούνται ανά 6m και θα αλληλεπικαλύπτονται.

Θα πρέπει να εκτιμηθεί η αναγκαιότητα ειδικής μελέτης για την μετάβαση της αντιστήριξης από άκαμπτη σε ελεγχόμενη παραμόρφωση σε περιοχή ιλυώδους αργίλου στο νότιο μέτωπο, καθώς και για την μεταβατική ζώνη από άκαμπτη αντιστήριξη σε ενδοτική.

Για την αριστερή σήραγγα, η μεταβατική ζώνη εμφανίζει ένα μήκος περίπου 10m (ΧΘ 6+566,40 έως ΧΘ 6+576,40). Σε μήκος περίπου 4m, το πάχος της άκαμπτης αντιστήριξης έχει αυξηθεί σε 1,10m. Σε συνέχεια αυτής της ζώνης, έχει σχεδιαστεί να γίνει μία 6m ενδοτική αντιστήριξη, σύμφωνα με την τροποποιημένη κατηγορία T-60d με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 65cm και σχεδιασμένη υπερεκσκαφή πάχους 25cm.

Στη δεξιά σήραγγα, η μεταβατική ζώνη είναι περίπου 22m (ΧΘ 6+625,20 έως ΧΘ 6+647,20). Σε μήκος πάνω από 4m, όπως στην αριστερή σήραγγα, θα τοποθετηθεί άκαμπτη αντιστήριξη με πάχος 1,10m. Με τα ακόλουθα τρία τμήματα, το κάθε ένα μήκους 6m, θα επιτευχθεί η κλιμακωτή μετάβαση σε κατηγορία Y-45g εκσκαφής και αντιστήριξης, με λίγο διαφορετικές ενδοτικές αντιστηρίξεις. Σε αυτήν την ζώνη, το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος μειώνεται από 65cm σε 55cm και 50cm αντίστοιχα, ενώ η σχεδιασμένη υπερεκσκαφή αυξάνεται από 25cm σε 50 και 70 αντίστοιχα.

Τρόπος εκσκαφής: Εκτιμάται ότι η άργιλος θα μπορεί να σκαφθεί με εκσκαφέα, όμως μπορεί να απαιτηθεί, να γίνει προρηγμάτωση προκειμένου να γίνει χαλάρωση της βραχώμαζας. Το ίδιο ισχύει και για τα λατυποπαγή.

Τμήματα της σήραγγας σε ασβεστόλιθο

- Αριστερή και δεξιά σήραγγα, ΧΘ 7+090 έως ΧΘ 8+385 και ΧΘ 10+860 έως ΧΘ 12+687

Συνολικά 17 κατηγορίες εκσκαφών και αντιστηρίξεων έχουν αναπτυχθεί για τα τμήματα της σήραγγας σε ασβεστόλιθο.

Οι κατηγορίες 8-3-1, 8-3-2, 8-4-1 και 8-4-2 περιγράφουν ολομέτωπη εκσκαφή με ανατίναξη με αστήριχτο οριζόντιο ανάστροφο θόλο. Αυτές οι κατηγορίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για ζώνες, όπου ο ασβεστόλιθος είναι υγιής και μη έως μόνο ελάχιστα διακλασμένος. Έχει μελετηθεί μήκος εξόρυξης των 3m και 4m. Στην περίπτωση των κατηγοριών 8-3-1 και 8-3-2 μπορεί να τοποθετηθεί σε σταθερή απόσταση πίσω από το προσωρινό μέτωπο, αντιστήριξη πάχους 5 - 10cm εκτοξευόμενου σκυροδέματος και ένα αγκύριο ανά 4m². Για τις κατηγορίες 8-4-1 και 8-4-2, θα πρέπει να τοποθετηθεί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 10 - 20cm και ένα αγκύριο ανά 4m² αμέσως πίσω από το προσωρινό μέτωπο.

Για κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης B-3A-1, 8-3A-2, 8-4A-1 έως 8-4A-5, 8-5A-1 και -2, 8-6A-1 και -2 και 8-7A-1 και -2, προβλέπεται προπορευόμενη εκσκαφή θόλου με αστήριχτο ανοιχτό ανάστροφο θόλο. Η εκσκαφή της παρειάς και του ανάστροφου θόλου μπορεί να ακολουθήσει εκείνη του θόλου σε κάθε απόσταση. Οι παραπάνω αναφερόμενες κατηγορίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μήκος εξόρυξης του θόλου (1,0 - 4,0m) και το μήκος εξόρυξης του ανάστροφου θόλου (2,0 - 8,0m), το πάχος του μανδύα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (5 - 30cm), την ένταση της συστηματικής αγκύρωσης όπως και ως προς την εφαρμογή των προπορευόμενων ήλων και της αντιστήριξης του μετώπου. Για τις κατηγορίες B-5A-1 και B-5A-2 έχει μελετηθεί μία επιπλέον αντιστήριξη μετώπου από προπορευόμενα αγκύρια υαλονήματος εγκιβωτισμένα σε κονίαμα. Οι κατηγορίες B-6A-1 και B-6A-2 περιέχουν προπορευόμενους ήλους στην περιφέρεια του θόλου εγκιβωτισμένους σε κονίαμα. Για τις κατηγορίες B-7A-1 και B-7A-2 προβλέπονται αγκύρια μετώπου και ήλοι την ίδια χρονική στιγμή.

Για τις κατηγορίες B-6A- ... και B-7A- ... , έχουν μελετηθεί χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης σε διαστήματα ίσα με το μήκος εξόρυξης επιπλέον των άλλων μέτρων αντιστήριξης. Η αντιστήριξη θα πρέπει να τοποθετείται ακολουθώντας κάθε εξόρυξη. Μόνο για τις κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης 3-A ... επιτρέπεται η αντιστήριξη να τοποθετείται με κάποια καθυστέρηση, η οποία υπολογίζεται περίπου σε 1 μήκος εξόρυξης πίσω από το μέτωπο.

- 1 ΘΕΡΗΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΙΣΑΦΗΞΗ
ΕΜΒΛΩΝ = 91,85 m²
- 2 ΓΕΩΦΩΣΙΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ
ΜΗΝΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗ = 24,60 m
- 3 ΜΕΜΒΡΑΝΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ
ΜΗΝΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗ = 24,60 m
- 4 ΣΤΡΩΣΗ ΓΥΝΙΤΕ
ΕΜΒΛΩΝ ΔΙΑΤΟΜΗ = 6,45 m²
ΓΥΝΙΤΕ ΜΕΤΩΧΟΥ = 66,11 m² = 4,62 m²
ΣΥΝΟΛΟ = 6,45 + 4,62 = 11,07 m²
- 5 ΣΤΡΩΣΗ ΔΟΜΗΘΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΣΣΕ 0,63 m²
ΜΗΝΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗ = 26,02 m² = 55 = 51,57 m²
ΒΑΡΟΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ = 51,57 * 0,63 = 187,19 kg
- 6 ΕΞΟΜΑΛΥΝΤΗ ΣΤΡΩΣΗ ΓΥΝΙΤΕ
ΕΜΒΛΩΝ = 23,31 m² / μμ.
- 7 ΔΟΧΟΣ ΗΕΒ 100 (20,40 kg/m³)
ΒΑΡΟΣ ΠΛΑΤΩΟΥ Μ.Μ. = (20,561) * (5,30) * (20,40) = 473,48 kg/m

ΑΓΥΡΙΑ ΣΗΜ = 6,2 tpu / μμ.
ΑΓΥΡΙΑ ΣΗΜ = 6,2 tpu / μμ.

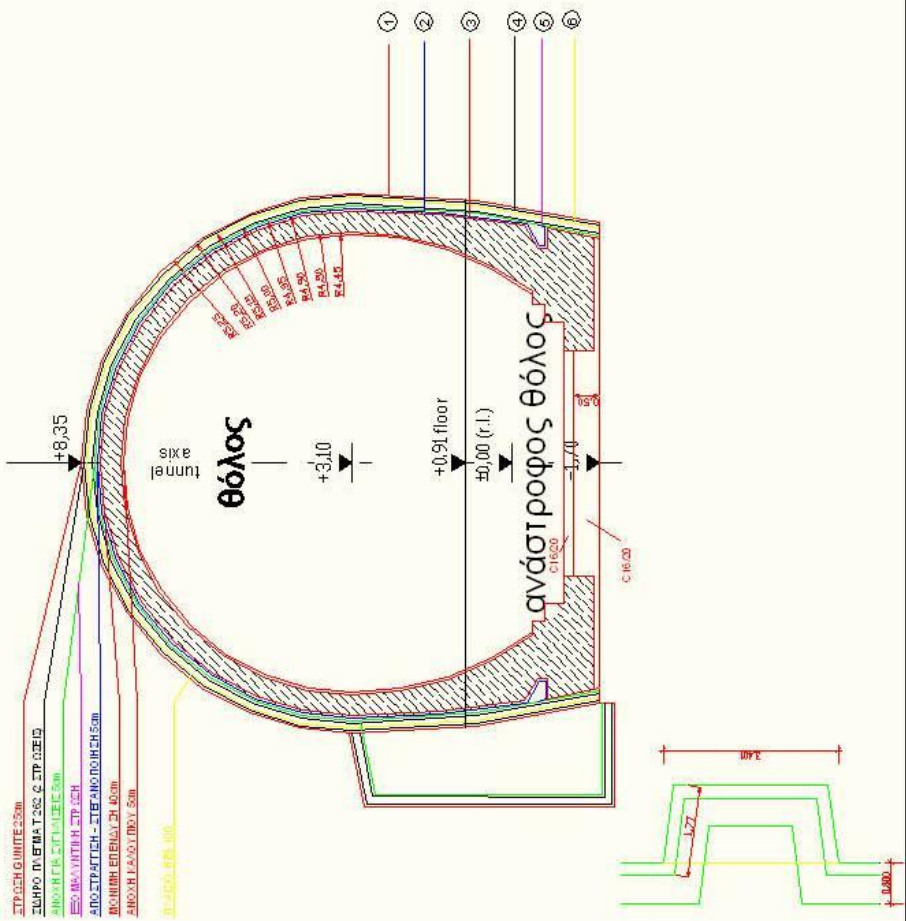
ΠΛΗΚΤΕΜΗΝΕ ΕΠΕΛΥΣΗ = 40 m
ΟΠΙΟΣ ΤΕΜΗΝΕ ΕΠΕΛΥΣΗ = 18,47 * 1,02 = 23,87 m² / μμ. / μμ.
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΛΥΣΗΣ C16/20 = 2,53 m² / μμ. / μμ. * 2,53 * 12,5 = 32,88 m² / μμ. / μμ.
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΛΥΣΗΣ C20/25 = 0,57 m² / μμ. / μμ. * 0,57 * 12,5 = 7,13 m² / μμ. / μμ.

ΕΣΟΔΗ
ΑΓΥΡΙΑ ΣΗΜ = 9 tpu / μμ.
ΘΕΡΗΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΙΣΑΦΗΞΗΣ, ΟΠΙΟΣ = 8,25 m² * 3,4 m = 27,98 m³

ΣΤΡΩΣΗ ΔΟΜΗΘΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΣΣΕ 0,63 m²
ΕΜΒΛΩΝ = 6,12 * 4 * 2573,4 + 6,22 * 2 * 2 = 69,72 m²
ΒΑΡΟΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ = 69,72 * 0,63 = 23,98 kg / μμ. / μμ.

ΚΑΘΑΡΙΣΤΗ ΓΥΝΙΤΕ
ΟΠΙΟΣ = 0,23 m² * 3,4 m = 0,85 m³

ΕΞΟΜΑΛΥΝΤΗ ΣΤΡΩΣΗ ΓΥΝΙΤΕ
ΕΜΒΛΩΝ = 7,5 m² * 3,4 m * 2,57 * 2 = 49,40 m³
ΟΠΙΟΣ = 1,96 * 3,4 * 2,57 = 24,09 m³ / μμ.



ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΙΑΡΟΜΟΥ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β-7Α-1 (ΑΣΒΕΣΤΟΜΑΙΟΣ)	
ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΙΑΡΟΜΟΥ B-7A-1	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΙΑΡΟΜΟΥ B-7A-1
ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΙΑΡΟΜΟΥ	

Οι κατηγορίες B-3A ... και B-4A ... προβλέπονται για υγιή και μόνο ελάχιστα διακλασμένο ασβεστόλιθο. Οι κατηγορίες B-5A- ... , B-6A- ... και B-7A- ... προβλέπονται για περιοχές, όπου ο βράχος είναι πιο έντονα διακλασμένος και χαλαρωμένος ή τοπικά χαμηλής αντοχής.

Τρόπος εκσκαφής: η εκσκαφή θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με προρηγμάτωση.

Τμήματα της σήραγγας σε σερπεντίνη και σχιστώδη σερπεντίνη

- Αριστερή και δεξιά σήραγγα, ΧΘ 8+385 έως ΧΘ 8+925 και ΧΘ 10+480 έως ΧΘ 10+860

Σε αυτό το τμήμα αναμένεται σχιστώδης σερπεντίνης.

Για τα τμήματα της σήραγγας που βρίσκονται σε εκθλιβόμενες συνθήκες βραχώμαζας (διατμητικές ζώνες, δυσμενείς παράμετροι, χαρακτηριστικές παράμετροι με δυσμενή προσανατολισμό της σχιστότητας), αναπτύχθηκαν συνολικά 11 κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης . Για τις κατηγορίες γ -40a έως γ -40g και τις κατηγορίες γ -50a έως γ -50d έχει μελετηθεί πάχος μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος 40 cm και 50 cm αντίστοιχα. Άλλες διαφορές μεταξύ των κατηγοριών είναι το πάχος της υπερεκσκαφής και το πλάτος των διαμηκών διακένων. Τα τμήματα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην οροφή της σήραγγας, χωρισμένα από τα διαμήκη διάκενα έχουν μελετηθεί να καρφωθούν στο έδαφος με 3 μέτρων αγκύρια. Για την συστηματική αγκύρωση, έχουν προβλεφθεί ειδικά 12m ενδοτικά αγκύρια, όπως περιγράφεται παραπάνω. Ο θόλος έχει μελετηθεί να σκαφτεί και να στηριχθεί ανά τμήματα μήκους 0,8 - 1,2m. Η αντιστήριξη κατά μήκος του ανάστροφου θόλου θα πρέπει να τοποθετηθεί όχι πέραν των 15m από το προσωρινό μέτωπο. Το μήκος εξόρυξης του ανάστροφου θόλου μπορεί να υπολογιστεί σε 2,4 - 3,6m. Η αντιστήριξη τοποθετείται μετά από κάθε εξόρυξη. Και οι 9 κατηγορίες προβλέπουν αντιστήριξη του προσωρινού μετώπου, αποτελούμενη από 12m αγκύρια υαλονήματος εγκιβωτισμένα σε κονίαμα και ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Τα αγκύρια υαλονήματος τοποθετούνται ανά 6m και αλληλεπικαλύπτονται.



Για περιοχές σχιστώδους σερπεντίνη με μεγάλη αντοχή (ευμενείς παράμετροι, χαρακτηριστικές παράμετροι), έχει μελετηθεί άκαμπτη αντιστήριξη με οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και αγκύρια. Τέσσερις κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης έχουν μελετηθεί. Εδώ προτείνονται οι κατηγορίες A-5A- 1, A-5A-2 και A-7A-1, A-7A-2 με προπορευόμενη εκσκαφή θόλου με ανοικτό ανάστροφο θόλο και εκσκαφή της παρειάς και του ανάστροφου θόλου στα 2 - 4m πίσω από το προσωρινό μέτωπο. Το μήκος εξόρυξης για το θόλο είναι 1 m και για τον ανάστροφο θόλο 2m. Το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος κυμαίνεται μεταξύ των 35cm και 60cm. Σε όλες αυτές τις κατηγορίες αντιστήριξης του προσωρινού μετώπου προβλέπονται 10 έως 30 αγκύρια υαλονήματος μήκους 12m και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 7cm. Για κατηγορίες A-7A-1 και A-7A-2 και ανάλογα με τις συναντώμενες συνθήκες χρησιμοποιούνται ήλοι εγκιβωτισμένοι σε τσιμεντοκονίαμα σαν προπορευόμενη αντιστήριξη στην περιφέρεια του θόλου. Η αντιστήριξη τοποθετείται αμέσως μετά την εξόρυξη για όλες τις κατηγορίες.

- Αριστερή και δεξιά σήραγγα, ΧΘ 8+925 έως ΧΘ 9+330 και ΧΘ 9+740 έως ΧΘ 10+480

Κατά μήκος αυτού του τμήματος, πρέπει να σκαφτεί ο σερπεντίνης. Για αυτές τις ζώνες, στις οποίες είναι εφικτή η άκαμπτη αντιστήριξη, αναπτύχθηκε ένα σύνολο

14 κατηγοριών εκσκαφής και αντιστήριξης. Οι κατηγορίες A-4A-1, A-4A-2, A-5A-4, A-5A-5, A-6A-1, A-6A-2, A-7 A-4 και A-7 A-5 προτείνονται με μία προπορευόμενη εκσκαφή του θόλου και ανοιχτού ανάστροφου θόλου. Η εκσκαφή της παρειάς και του ανάστροφου θόλου, ανάλογα με τα αποτελέσματα της παρακολούθησης, μπορεί να ακολουθήσει τον θόλο σε απόσταση περίπου 50 - 100m.

Οι κατηγορίες A-5A-1 έως A-5A-3, A-7A-1 έως A-7A-3 σχεδιάστηκαν με προπορευόμενη εκσκαφή του θόλου με ένα ανοιχτό ανάστροφο θόλο και εκσκαφή της παρειάς και του ανάστροφου θόλου στα 2 - 4m πίσω από το προσωρινό μέτωπο. Αυτές οι κατηγορίες θα πρέπει να εφαρμοστούν σε περισσότερο διακλαστές και αδύναμες ζώνες. Το μήκος εξόρυξης μπορεί να κυμανθεί μεταξύ 1m και 2m, εξαρτάται από την αντοχή της βραχώμαζας. Η διαφορά μεταξύ αυτών των κατηγοριών, προκύπτει κυρίως από την διαφορά του πάχους της αντιστήριξης από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ($d=20-60\text{cm}$), από το ποσοστό του οπλισμού και της αγκύρωσης και από τις προπορευόμενες, ή όχι, ηλώσεις ή αγκύρια, στο μέτωπο που θα κατασκευασθούν.

Για κατηγορίες τις A-5A-1 έως A-5A-5, προβλέπεται να τοποθετηθεί ανά 6m αντιστήριξη του μετώπου από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 7cm και 10-30 αγκύρια υαλονήματος μήκους 12m. Οι κατηγορίες A-6A-1 και A-6A-2 περιλαμβάνουν προπορευόμενη αντιστήριξη από ήλους κατά μήκος της οροφής που εξαρτάται από τις συναντώμενες συνθήκες. Στις κατηγορίες A-7 A-1 έως A-7 A-5 όπως και στις κατηγορίες A-5A-1 έως A-5A-5, προβλέπεται επί πλέον αντιστήριξη του μετώπου με προπορευόμενη ήλωση.

Σε περιοχές συνθλιβόμενου βράχου, μελετήθηκε η εφαρμογή των κατηγοριών Y-50b έως Y-50d, όπως έχει περιγραφεί, για διάνοιξη σε συνθλιβόμενο σχιστώδη σερπεντίνη. Η αντιστήριξη τοποθετείται μετά την εξόρυξη, για όλες τις κατηγορίες.

- Αριστερή και δεξιά σήραγγα, Χ.Θ 9+330 έως ΧΘ 9+740

Αυτό το τμήμα υπολογίζεται να είναι πολύ ανώμαλο και εξασθενημένο και λόγω των υψηλών υπερκείμενων εδαφών είναι συνθλιβόμενο (δυσμενείς παράμετροι, διατμητικές ζώνες). Προβλέπεται αντιστήριξη ελεγχόμενης παραμόρφωσης σύμφωνα με τις παραπάνω περιγραφές για κατηγορίες Y-40θ έως Y-40g και Y-50c έως Y-50d.

Θα πρέπει να εκτιμηθεί η αναγκαιότητα ειδικής μελέτης της μετάβασης της κατηγορίας εκσκαφής και αντιστήριξης, σε σερπεντίνη και σχιστώδες σερπεντίνη,

από άκαμπτη σε ενδοτική. Για λόγους ευστάθειας, έχει μελετηθεί να αυξηθεί το πάχος της άκαμπτης αντιστήριξης σε 80 cm κατά μήκος των 5 τελευταίων εξορύξεων (περίπου 4 - 6m), πριν γίνει μία τέτοια αλλαγή. Επίσης προβλέπονται χαλύβδινα δικτυώματα αντιστήριξης για ενίσχυση.

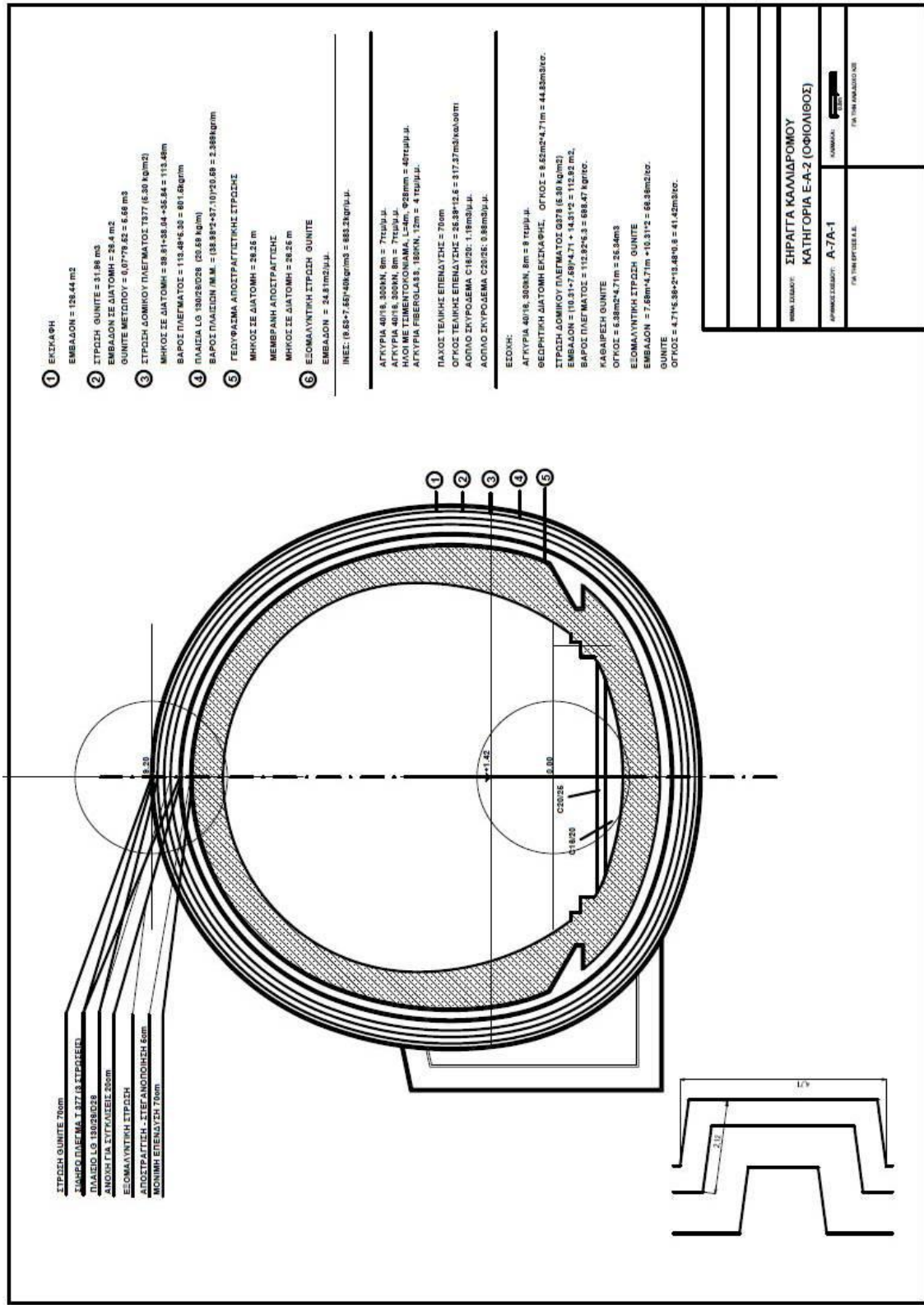
Τρόπος εκσκαφής: Ο σερπεντίνης και ο σχιστώδης σερπεντίνης αναμένεται να εκσκαφτούν ως επί το πλείστο με ανατίναξη. Μόνο στις ζώνες διάτμησης και τοπικά σε πολύ διαβρωμένες ζώνες στο se.s, η εκσκαφή αναμένεται να είναι δυνατή με εκσκαφέα σε συνδυασμό με ανατίναξη για χαλάρωση της βραχώμαζας. Το ίδιο ισχύει για το πολύ διατμημένο se.s στο βορρά.

Τμήματα της σήραγγας σε οφιόλιθο στο βόρειο μέτωπο

- Αριστερή, ΧΘ 12+697 έως ΧΘ 12+840,10
- Δεξιά σήραγγα ΧΘ 12+686,20 έως ΧΘ 12+720,50

Από ΧΘ 12+686,20 έως ΧΘ 12+720,50 στην δεξιά σήραγγα και ΧΘ 12+788,90 έως ΧΘ 12+840,10, ο θόλος έχει ήδη σκαφτεί. Στην αριστερή σήραγγα, η αντιστήριξη του θόλου που έχει ήδη κατασκευαστεί, θα πρέπει να ενισχυθεί με επιπλέον στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος και οπλισμό. Στην δεξιά σήραγγα, δεν προβλέπεται καμία ενίσχυση της υφιστάμενης αντιστήριξης του θόλου. Η εκσκαφή της παρειάς και του ανάστροφου θόλου μελετήθηκε με μήκος εξόρυξης 2m και στις δύο σήραγγες. Η αντιστήριξη αποτελείται από μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 35 έως 45cm. Στα τοιχώματα προβλέπονται πρόσθετα χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια ΗΕΒ 140 και αγκύρια κοπτικής κεφαλής.

Από ΧΘ 12+697,00 έως ΧΘ 12+788,90 στην αριστερή σήραγγα, γίνεται ολομέτωπη διάνοιξη. Προβλέπεται προπορευόμενη εκσκαφή του θόλου και της παρειάς με ανοιχτό ανάστροφο θόλο και μήκος εξόρυξης 1m. Η εκσκαφή του ανάστροφου θόλου ακολουθεί σε απόσταση 0 έως 2m και έχει μελετηθεί μήκος εξόρυξης 2m. Η αντιστήριξη αποτελείται από μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 50cm, αγκύρια κοπτικής κεφαλής και χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια ΗΕΒ 140. Το προσωρινό μέτωπο έχει αντιστήριξη από αγκύρια υαλονήματος. Η αντιστήριξη τοποθετείται αμέσως μετά την εκσκαφή.



- 1 ΕΚΣΚΑΦΗ
ΕΜΒΛΙΣΜΟΣ = 128.44 m²
- 2 ΣΤΡΩΣΗ ΟΥΝΙΤΕ = 31.98 m²
ΕΜΒΛΙΣΜΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΟΜΗ = 26.4 m²
ΟΥΝΙΤΕ ΜΕΤΡΩΠΟΥ = 0,0779.52 = 6.68 m³
- 3 ΣΤΡΩΣΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ T377 (6.30 kg/m²)
ΜΗΚΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΟΜΗ = 38.81+38.04 +35.84 = 112.69m
ΒΑΡΟΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ = 113.48*6.30 = 601.6kg/m²
- 4 ΠΛΑΣΤΙΔΑ LG 190/25/208 (20.59 kg/m²)
ΒΑΡΟΣ ΠΛΑΣΤΙΔΩΝ Π.Μ.Μ. = (13.89*2+47.10)*20.59 = 2.389kg/m²
- 5 ΓΕΩΘΡΑΣΜΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ
ΜΗΚΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΟΜΗ = 28.25 m
ΜΕΜΒΡΑΝΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΣ
ΜΗΚΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΟΜΗ = 28.25 m
- 6 ΕΣΟΜΑΛΥΝΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ ΟΥΝΙΤΕ
ΕΜΒΛΙΣΜΟΣ = 24.91m²μ.μ.

ΙΝΕΣ: (8.83+7.66)*408kg/m³ = 683.2kg/μ.μ.

ΑΓΓΥΡΙΑ 40/16, 303KN, 8m = 7kg/μ.μ.
ΑΓΓΥΡΙΑ 40/16, 303KN, 8m = 7kg/μ.μ.
ΚΙΟΙ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑ, L=4m, Φ28mm = 40kg/μ.μ.
ΑΓΓΥΡΙΑ FIBERGLASS, 180KN, 12m = 4 kg/μ.μ.

ΠΛΑΧΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ = 70cm
ΟΓΚΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ = 25.28*12.6 = 317.37m³κΟΛΟΥΗΤΗ
ΑΟΛΙΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ C18/20: 1.18m³μ.μ.
ΑΟΛΙΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ C20/25: 0.88m³μ.μ.

ΕΣΟΔΗ:
ΑΓΓΥΡΙΑ 40/16, 303KN, 8m = 8 kg/μ.μ.
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ, ΟΓΚΟΣ = 6.52m²*4.71m = 44.53m³κΟ.

ΣΤΡΩΣΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ G378 (6.30 kg/m²)
ΕΜΒΛΙΣΜΟΣ = (10.31+7.69)*4.71 + 14.51*2 = 112.82 m²
ΒΑΡΟΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ = 112.82*6.3 = 688.47 kg/m².
ΚΑΘΑΡΕΤΗ ΟΥΝΙΤΕ
ΟΓΚΟΣ = 6.88m²*4.71m = 32.54m³
ΕΣΟΜΑΛΥΝΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ ΟΥΝΙΤΕ
ΕΜΒΛΙΣΜΟΣ = 7.68m²*4.71m + 10.31*2 = 68.38m²κΟ.
ΟΥΝΙΤΕ
ΟΓΚΟΣ = 4.71*5.38*2+13.48*0.8 = 41.42m³κΟ.

ΣΗΡΑΓΓΙΑ ΚΑΛΙΔΑΡΟΜΟΥ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Ε-Α-2 (ΟΦΙΟΛΙΘΟΣ)	
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: A-7A-1	ΚΑΝΟΝΙΚΑ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ	

GUNITE 70cm, + ΙΝΕΣ μετώπου και ίνες σε 35cm περιμετρικά με LG 130

Τρόπος εκσκαφής: Η εκσκαφή σε στρώματα σχιστόλιθου, κερατόλιθου και βασικών ηφαιστειακών αναμένεται να γίνει με εκρηκτικά.

Συνδετήριες σήραγγες

Αναπτύχθηκαν κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης για τις συνδετήριες σήραγγες σύμφωνα με αυτές των κύριων σηράγγων. Αυτές οι κατηγορίες παρουσιάζονται και εξηγούνται σε 5 σχέδια και με τους αντίστοιχους πίνακες τους.

Οι κατηγορίες ΟΑ-4Α-1, ΟΑ-5Α-2, ΟΑ-6Α-1 και ΟΑ-7Α-2 θα εφαρμοστούν, όταν γίνεται διάνοιξη θόλου με προπορευόμενη εκσκαφή με αστήριχτο ανάστροφο θόλο. Οι κατηγορίες αυτές προβλέπονται για τις περιοχές, όπου ο ανάστροφος θόλος σκάβεται σε καλό βράχο.

Η εκσκαφή των εγκάρσιων σηράγγων, σε λιγότερο ευνοϊκές συνθήκες βράχου, διεξάγεται σύμφωνα με τις κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης ΟΑ-5Α-1 και ΟΑ-7Α-1. Το απαιτούμενο μήκος εξόρυξης του θόλου υπολογίζεται σε 1 m και 2 m αντίστοιχα. Η αντιστήριξη που απαιτείται έχει μελετηθεί σύμφωνα με την άκαμπτη αντιστήριξη για τις αντίστοιχες κύριες σήραγγες.



Για συνδετήριες σήραγγες σε συνθλιβόμενο βράχο, προβλέπονται κατηγορίες εκσκαφής ΥΟ-40b έως ΥΟ-40d, ΥΟ-50b και ΥΟ-50c. Αυτές οι κατηγορίες αποτελούνται από μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος ελεγχόμενης παραμόρφωσης πάχους 40 cm και 50 cm με διαμήκη διάκενα και μία συστηματική παράταξη των ενδοτικών αγκυρίων. Το μήκος εξόρυξης του θόλου υπολογίζεται σε

0,8 - 1,2m. Τα απαιτούμενα μέτρα αντιστήριξης αντιστοιχούν με αυτά της κύριας σήραγγας σε εκθλιβόμενο έδαφος. Εναλλακτικά, μπορεί να εξεταστεί η περίπτωση να μετακινηθεί η αντίστοιχη συνδετήρια σήραγγα σε τμήματα με πιο ευμενείς γεωλογικές συνθήκες. Αυτό είναι προτιμότερο, όταν η ζώνες συνθλιβόμενου βράχου έχουν περιορισμένο μήκος, όπως αναμένεται εν μέρη στον σερπεντίνη και στον σχιστώδη σερπεντίνη.

Οι συνδετήριες σήραγγες σε ασβεστόλιθο έχουν μελετηθεί με διατομή σχήματος πετάλου και με αστήριχτο ανάστροφο θόλο. Έχει μελετηθεί ολομέτωπη διάνοιξη με μήκος εξόρυξης 1 m και 2 m αντίστοιχα. Για τις επιλεγμένες κατηγορίες OB-4-1, OB-4-2, OB-6-1 και OB-7- 1, προβλέπεται μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 cm έως 30 cm. Τα άλλα μέτρα αντιστήριξης αντιστοιχούν με αυτά των κύριων σηράγγων.

Εσοχές

Όπως ήδη αναφέρθηκε, σε τακτά διαστήματα προβλέπονται εσοχές για διάφορους λόγους. Στα τμήματα της σήραγγας με άκαμπτη αντιστήριξη, η αντιστήριξη των εσοχών θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τη κατηγορία εκσκαφής και αντιστήριξης που εφαρμόζεται στο αντίστοιχο τμήμα της σήραγγας. Επιπλέον, μπορεί να χρειαστεί πρόσθετη αγκύρωση πάνω από την οροφή των εσοχών σύμφωνα με τις συναντώμενες συνθήκες. Ο τύπος και το μήκος των αγκυρίων επιλέγεται σύμφωνα με την κατηγορία εκσκαφής και αντιστήριξης.





Στα τμήματα της σήραγγας με ενδοτική αντιστήριξη, οι διαστάσεις των εσοχών έχουν μειωθεί στο ελάχιστο επιτρεπτό μέγεθος. Σε αυτά τα τμήματα, είναι απαραίτητη τοπική διαπλάτυνση της διατομής στις περιοχές των τοιχωμάτων και του ανάστροφου θόλου. Τελικά, η τοποθετημένη αντιστήριξη θα πρέπει να καθαριστεί τμηματικά, εφόσον κλειστούν τα διάκενα στον μανδύα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και εφαρμοστεί η τελική (μόνιμη) στρώση από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Μετά την διαπλάτυνση της διατομής, η αντιστήριξη από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μαζί με τον οπλισμό και τις νέες κεφαλές αγκυρίων, θα ξανατοποθετηθεί.



Ειδικές κατηγορίες για ενδοτική αντιστήριξη με χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια HEB 140

Αναπτύχθηκαν ειδικές κατηγορίες για ενδοτική αντιστήριξη με χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης HEB 140 για πιθανή τοπική αντικατάσταση των παραπάνω περιγραφόμενων αντίστοιχων κατηγοριών εκσκαφής και αντιστήριξης με ενδοτικά αγκύρια. Οι κατηγορίες YS-40a έως YS-40c για τις κύριες σήραγγες και YOS-40a έως YOS-40c για τις συνδετήριες σήραγγες περιέχουν χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης HEB 140 εφαπτώμενα σε ολόκληρη την περιφέρεια του ανοίγματος. Αυτά τα χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης έχουν μελετηθεί να ενδίδουν στις περιοχές των διαμηκών διακένων. Τα ενδοτικά αγκύρια για αυτήν την περίπτωση είναι μόνο τα μισά σε μήκος, 6m, από εκείνα της αντίστοιχης ενδοτικής αντιστήριξης χωρίς χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια.

Οι άλλοι παράμετροι όπως το μήκος εξόρυξης, το βάθος της υπερεκσκαφής, και το πλάτος των διαμηκών διακένων είναι ολόγεια με εκείνα των επιλεγμένων για την αντίστοιχη ενδοτική αντιστήριξη χωρίς χαλύβδινα τοξωτά πλαίσια αντιστήριξης.



1.5 Τοπική καθαίρεση και αντίστοιχη διαπλάτυνση της διατομής σε τμήματα της σήραγγας με μειωμένη διατομή

Σε συγκεκριμένα τμήματα της σήραγγας που έχουν ήδη σκαφτεί, όπου η εσωτερική (μόνιμη) επένδυση δεν έχει ακόμα τοποθετηθεί, η καθαρή διατομή είναι ανεπαρκής. Για να τοποθετηθεί η εσωτερική (μόνιμη) επένδυση με το απαιτούμενο πάχος, είναι απαραίτητο να διαπλατυνθεί η αντίστοιχη διατομή. Για να επιτευχθεί αυτό, μέρος ή ολόκληρη η υφιστάμενη αντιστήριξη θα πρέπει να καθαιρεθεί. Είναι απαραίτητη η διαπλάτυνση μεταξύ των ΧΘ 12+875,70 και ΧΘ 12+969,49 στην αριστερή σήραγγα και των ΧΘ 12+772,40 και ΧΘ 12+960,67 στην δεξιά σήραγγα. Ο υφιστάμενος μανδύας από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να καθαιρεθεί σε δακτυλίους μήκους 1m. Έπειτα, στο ίδιο βήμα, η διατομή θα πρέπει να διαπλατυνθεί σύμφωνα με το απαιτούμενο μέγεθος και να τοποθετηθεί νέα αντιστήριξη από οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και να αγκυρωθεί συστηματικά με 8 m αγκύρια (1 ανά 2 m²). Ο επόμενος δακτύλιος 1m από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, θα μπορεί μόνο να σκαφθεί αν έχει ολοκληρωθεί η τοποθέτηση της προηγούμενης αντιστήριξης του προηγούμενου βήματος.

Επίσης σε δύο τμήματα στο νότο, από την ΧΘ 6+456,99 έως ΧΘ 6+480,20 στην αριστερή σήραγγα και από την ΧΘ 6+448,17 έως ΧΘ 6+461,20 στην δεξιά σήραγγα, είναι απαραίτητη η διαπλάτυνση της διατομής. Θα ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία με εκείνη που περιγράφηκε για τον βορρά. Ωστόσο, θα τοποθετηθεί αντιστήριξη σύμφωνα με την κατηγορία εκσκαφής και αντιστήριξης A-4A-1. Επίσης στο νότο, από την ΧΘ 6+480,20 έως ΧΘ 6+519,60 στην αριστερή σήραγγα και από την ΧΘ 6+461,20 έως ΧΘ 6+589,50 στην δεξιά σήραγγα, είναι απαραίτητη τοπική καθαίρεση του μανδύα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έτσι, ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί η εσωτερική (μόνιμη) επένδυση της μελετημένης διατομής.

1.6 Ερευνητικές γεωτρήσεις, εργασίες τσιμεντενέσεων

Ερευνητικές γεωτρήσεις

Στα τμήματα της σήραγγας που βρίσκονται σε se και se.s, αναμένονται μεταβολές των συνθηκών της βραχώμαζας, οι οποίες θα προκαλέσουν αλλαγή από άκαμπτη αντιστήριξη σε ενδοτική αντιστήριξη και αντίστροφα. Επιπρόσθετα, θα

πρέπει να διασταυρωθούν με περιοχές τεκτονικών ρηγμάτων. Για να περιοριστεί ο κίνδυνος εμφάνισης αστάθειας και αστοχίας, είναι απαραίτητο να προσαρμοστεί εγκαίρως η διάνοιξη και η αντιστήριξη του μετώπου στη μεταβολή των συνθηκών του εδάφους. Επομένως, σε αυτό το τμήμα της σήραγγας προβλέπονται διερευνητικές γεωτρήσεις.

Σχεδιάζονται οριζόντιες έως ελαφρώς επικλινείς ερευνητικές γεωτρήσεις. Οι ερευνητικές γεωτρήσεις που ανοίγονται από το προσωρινό μέτωπο έχουν μήκος 30m και γίνονται κάθε 15m διάνοιξης. Κατά συνέπεια, οι γεωτρήσεις έχουν μία επικάλυψη 15m. Οι γεωτρήσεις γίνονται με περιστροφική μέθοδο και έχουν καθαρή διάμετρο περίπου 100mm, χωρίς δειγματολήπτη. Για την αναγνώριση μίας μεταβολής των συνθηκών της βραχώμαζας, πρέπει συνεχώς να καταγράφονται αυτόματα, η πίεση και η πρόοδος της γεώτρησης. Επιπλέον, θα πρέπει οι ιδιαιτερότητες να καταγράφονται, και η ιλύς της γεώτρησης να περισυλλέγεται για αξιολόγηση.

Σε περιπτώσεις που με τις κρουστικές γεωτρήσεις εντοπίζονται περιοχές κακής ποιότητας βράχου, σχεδιάζονται γεωτρήσεις πυρηνοληψίας για περαιτέρω διερεύνηση. Όπως και πριν, έτσι και εδώ θα πρέπει συνεχώς να καταγράφονται αυτόματα, η πίεση και η πρόοδος της γεώτρησης καθώς και να τεκμηριώνονται οι ιδιαιτερότητες. Οι πυρήνες (τμήματα του βράχου που αποσπώνται) συγκεντρώνονται σε ειδικά κιβώτια συλλογής αφού αναγραφούν τα στοιχεία του δείγματος, τα οποία φωτογραφίζονται.

Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η επιτυχία του εντοπισμού κακής ποιότητας περιοχών με κρουστικές γεωτρήσεις είναι περιορισμένη, γι' αυτό και απρόβλεπτες περιοχές κακής ποιότητας μπορεί να συναντηθούν παρά την εκτέλεση διερευνητικών γεωτρήσεων.

Τσιμεντενέσεις

Μεταξύ των ΧΘ 6+589,50 και ΧΘ 6+625,20, θα πρέπει να ξανασκαφτεί στο νότιο μέτωπο της δεξιάς σήραγγας η περιοχή που έχει καταρρεύσει. Αυτή η περιοχή πρέπει να βελτιωθεί με τσιμεντενέσεις πριν ξεκινήσει η εκσκαφή. Για αυτό το λόγο, ανοίγονται οπές μήκους 25 m στις οποίες γίνεται σωλήνωση, μέσω των οποίων γίνεται η τσιμεντένεση με τσιμεντοκονίαμα στα χαλαρά πετρώματα.

Τα διατρήματα τσιμεντένεσης ανοίγονται οριζόντια έως ελαφρώς κεκλιμένα με σωλήνωση χωρίς δειγματολήπτη. Τα τελευταία 5m της σωλήνωσης είναι διάτρητα

έτσι, ώστε να είναι δυνατή η τσιμεντένεση. Οι διατρήσεις θα πρέπει να γίνουν χωρίς νερό.

Σε πρώτη φάση προβλέπεται τσιμεντένεμα με χαμηλή αναλογία νερού - τσιμέντου (μίγμα, νερό/τσιμέντο = 0,45 - 0,50). Για την αύξηση της σταθερότητας του ρευστοκονιάματος απέναντι σε καθιζήσεις, πρέπει να προστίθεται μπεντονίτης (μπεντονίτης/τσιμέντο - 0,05). Όλα τα ανοίγματα στην περιοχή που έχει καταρρεύσει θα πρέπει να κλείνονται όσο το δυνατόν βαθύτερα με αυτό το μίγμα σε πρώτη φάση. Στην περιοχή που έχει καταρρεύσει πάνω από την οροφή της σήραγγας έχει μελετηθεί σε δεύτερη φάση η τσιμεντένεση με μικρή ποσότητα τσιμέντου. Η επιλογή του τύπου ρευστοκονιάματος και του είδους της θεραπείας (αναλογία νερού/τσιμέντου, πίεση τσιμεντένεσης, πιθανός περιορισμός της ποσότητας τσιμεντένεσων κ.τ.λ.) αποφασίζεται με βάση τα αποτελέσματα των διερευνητικών γεωτρήσεων και της πρώτης φάσης τσιμεντένεσης.

Μία επιτυχής τσιμεντένεση απαιτεί μία προσεκτική παρασκευή του ρευστοκονιάματος. Ένας αναμικτήρας υψηλής περιστροφικής κίνησης είναι απαραίτητος για την παρασκευή ομοειδών μιγμάτων και ποσοτήτων τσιμέντου. Οι τσιμεντένεσεις θα πρέπει να γίνονται με αντλίες διπλού εμβόλου. Επίσης αυτές διεξάγονται μέσω απλών συσκευών οι οποίες στερεώνονται πάνω στη σωλήνωση των διατρημάτων. Ο εξοπλισμός των τσιμεντένεσεων θα πρέπει να σχεδιάζεται για πίεση των 10 bar. Εάν χρησιμοποιηθεί τσιμέντο με υψηλή αναλογία νερού - τσιμέντου, η πίεση θα πρέπει να κρατηθεί σταθερή για ένα χρονικό διάστημα 10 min, αφότου επιτευχθεί η πίεση σχεδιασμού της τσιμεντένεσης, με σκοπό την απομάκρυνση του περίσσιου νερού. Στην περίπτωση μιγμάτων τσιμέντου με χαμηλή αναλογία νερού - τσιμέντου, η πίεση θα πρέπει να κρατηθεί σταθερή για 20 min, αφότου επιτευχθεί η πίεση σχεδιασμού της τσιμεντένεσης. Η τσιμεντένεση μπορεί να ξεκινήσει με μία πίεση 2 - 3 bar, η οποία θα αυξάνεται σταδιακά μέχρι 7 - 8 bar. Η πίεση και η ποσότητα της τσιμεντένεσης καταγράφονται αυτόματα συνεχώς.

1.7 Εσωτερική επένδυση

Η διατομή εκκαφής προκύπτει από τις εσωτερικές διαστάσεις της διατομής, το πάχος της εσωτερικής επένδυσης, το πάχος της μονωτικής/αποστραγγιστικής μεμβράνης, συμπεριλαμβανομένης και της προστατευτικής στρώσης εκτοξευόμενου

σκυροδέματος, το πάχος του μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος και την υπερεκσκαφή όπως αυτή δίνεται στις σχετικές κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης. Στην μελέτη των κυρίων σηράγγων, χρησιμοποιούνται τρεις τύποι τυπικών διατομών (A, B, C). Και οι τρεις τύποι έχουν την ίδια ελεύθερη διατομή και επιδομή. Διαφέρουν κατά την μορφή της εσωτερικής και εξωτερικής επένδυσης. Οι τύποι A και C έχουν κλειστό ανεστραμμένο θόλο. Ο τύπος A έχει περισσότερο κυκλική μορφή και ο C πεταλοειδή. Ο τύπος B έχει ανοιχτό ανάστροφο θόλο και πεταλοειδή μορφή.

Στη μελέτη για τις συνδετήριες σήραγγες, πού θα διανοιγούν, έχουν προβλεφθεί δύο τύποι (OA, OB) τυπικών διατομών. Ο τύπος OA έχει κλειστό ανάστροφο θόλο και σχεδόν κυκλική μορφή, ο τύπος OB έχει ανοιχτό ανάστροφο θόλο και πεταλοειδή μορφή.

Για τις συνδετήριες σήραγγες που έχουν ήδη σκαφτεί, ελήφθη υπόψη η παλιά μελέτη. Και εδώ προβλέφθηκαν, δύο τύποι, με κλειστό και ανοιχτό ανάστροφο θόλο.

Το οριζόμενο μήκος των τμημάτων για την εσωτερική επένδυση ισούται με 12,5m. Οι αρμοί των τμημάτων προσανατολίζονται κάθετα στην κλίση της σήραγγας. Κατακόρυφοι κατασκευαστικοί αρμοί, εκτός των αρμών των τμημάτων, δεν προβλέπονται και δεν επιτρέπονται. Οι αρμοί των τμημάτων κατασκευάζονται, όπως λέγεται, ως αρμοί πίεσης, χωρίς καμία πρόσθετη σφράγιση και διαχωριστικά στρώματα. Προβλέπεται μία εξωτερική στεγανωτική ταινία στην περιοχή του θόλου και του ανάστροφου θόλου που θα συγκολληθεί στη μεμβράνη υδατοστεγάνωσης και στην διαμήκη στεγανωτική ταινία στους κατασκευαστικούς αρμούς. Προβλέπεται τσιμεντένεμα στην οροφή.

Οριζόντιοι κατασκευαστικοί αρμοί δεν επιτρέπεται να τοποθετούνται στο ορατό μέρος της διατομής της σήραγγας. Πρέπει να τοποθετούνται κάτω από το άνω άκρο των καναλιών καλωδίων. Στους κατασκευαστικούς αρμούς, και κατά την διαμήκη διεύθυνση προβλέπεται η τοποθέτηση στεγανωτικής ταινίας, που θα συγκολληθεί με το μονωτικό στρώμα στην περιοχή του αγωγού αποστράγγισης καθώς και στην στεγανωτική ταινία που θα τοποθετηθεί στους αρμούς των τμημάτων στην περιοχή του ανάστροφου θόλου.

Τμήματα σήραγγας σε άργιλο

Για τα τμήματα της σήραγγας σε άργιλο, προβλέπεται εσωτερική επένδυση τύπου A κλειστού ανάστροφου θόλου. Το πάχος της εσωτερικής επένδυσης

ανέρχεται έως τα 60cm για τα τμήματα με ενδοτική αντιστήριξη και έως τα 70cm για τα τμήματα με άκαμπτη αντιστήριξη

Για όλα τα τμήματα σε άργιλο, ενδέχεται να απαιτηθεί η εκτέλεση γεωτρήσεων χωρίς νερό.

Τμήματα της σήραγγας σε ασβεστόλιθο

Για τα τμήματα της σήραγγας σε ασβεστόλιθο, σχεδιάζεται εσωτερική επένδυση τύπου Β με ανοιχτό ανάστροφο θόλο και πάχος 40 cm.

Τμήματα της σήραγγας σε σερπεντίνη και σχιστώδη σερπεντίνη

Για τα τμήματα της σήραγγας σε se, se.s και διατμητικές ζώνες, σχεδιάζεται εσωτερική επένδυση τύπου Α κλειστού ανάστροφου θόλου. Η εσωτερική επένδυση για τα τμήματα της σήραγγας σε se.s ανέρχεται σε 60cm και 70cm ενώ η προσωρινή αντιστήριξη είναι τύπου ενδοτικής αντιστήριξης και άκαμπτης αντιστήριξης αντίστοιχα. Για τα τμήματα της σήραγγας σε se, το πάχος της επένδυσης ανέρχεται στα 60cm, όπου εφαρμόζεται ενδοτική αντιστήριξη, και στα 50 ή 70 cm, όπου εφαρμόζεται άκαμπτη αντιστήριξη.

Τμήματα της σήραγγας σε οφιόλιθο στο βόρειο μέτωπο

Για τα τμήματα της σήραγγας σε οφιόλιθο στο βόρειο μέτωπο, η εσωτερική επένδυση σχεδιάζεται τύπου C κλειστού ανάστροφου θόλου και με πάχος επένδυσης από 40 έως 55cm.

Συνδετήριες σήραγγες

Για τις συνδετήριες σήραγγες που έχουν ήδη εκσκαφτεί, εφαρμόζεται το υφιστάμενο σχέδιο για εσωτερική επένδυση με ανοιχτό ή κλειστό ανάστροφο θόλο και πάχος επένδυσης των 30, 35 και 40cm. Για της συνδετήριες σήραγγες σε ασβεστόλιθο, σχεδιάζεται εσωτερική επένδυση τύπου OB με ανοιχτό ανάστροφο θόλο και πάχος επένδυσης των 40 cm. Για όλες τις άλλες συνδετήριες σήραγγες, προβλέπεται εσωτερική επένδυση τύπου OA με πάχος επένδυσης των 60cm.

1.8 Χωματοουργικά «ανοικτών έργων»

Οι απαραίτητες χωματοουργικές εργασίες, που θα εκτελεστούν για την ολοκλήρωση τμημάτων πριν από την είσοδο της σήραγγας καθώς και μετά την έξοδο από αυτήν αυτά είναι οι παρακάτω:

1. Θα αφαιρεθούν οι επιφανειακές φυτικές γαίες σε πάχος 0,30m στις περιοχές που δεν καλλιεργούνται και μέχρι 0,80m, περίπου, στις περιοχές που καλλιεργούνται, λόγω βαθείας άροσης. Τα προϊόντα εκσκαφής των φυτικών γαιών δεν θα απορριφθούν, αλλά θα χρησιμοποιηθούν για την επένδυση των πρανών των νέων επιχωμάτων και ορυγμάτων.

2. Τα κατάλληλα για επιχώματα προϊόντα ορυγμάτων και σηράγγων θα χρησιμοποιηθούν υποχρεωτικά για την κατασκευή των μετέπειτα επιχωμάτων. Κατόπιν τούτου, εφ' όσον το εξορυσσόμενο προϊόν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο για κατασκευή των επιχωμάτων, ακολουθεί η τεχνική ανάμιξη των προϊόντων εκσκαφής ορυγμάτων η σηράγγων με άλλα κατάλληλα προϊόντα μετά από αφαίρεση των ακατάλληλων προϊόντων, αφαίρεση ή θραύση υπερμεγεθών λίθων κλπ. Η αναλογία των αναμιγνυομένων υλικών καθορίζεται εργαστηριακά, και ως ανάμιξη νοείται αυτή που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων εκτέλεσης των χωματοουργικών εργασιών (διαλογής, εκσκαφής, μεταφοράς, διαστρώσεως και επιτόπου αναμίξεως των υλικών).

Στις περιοχές των ορυγμάτων η εκσκαφή θα φθάσει και κάτω της ερυθράς για να δημιουργηθεί ζώνη εξυγίανσης που θα περιλαμβάνει υπόστρωμα επιδομής πάχους 0,30-0,40m περίπου σε δύο στρώσεις.

Το ακριβές πάχος της εξυγίανσης καθώς και του υποστρώματος επιδομής ως και η χρησιμότητα κατασκευής στρώσεως διαμόρφωσης (σε περιπτώσεις γαιωδών ορυγμάτων) για τη δημιουργία σταθερής βάσεως κάτωθεν του υποστρώματος θα καθορίζεται έπειτα από κατάταξη των υλικών έδρασης και δανείων και τις επί τόπου υδρολογικές συνθήκες (κοκκομετρική ανάλυση δια κόσκινων και αραιομέτρου, όρια ATTERBERG, εκτίμηση επιρροής επιφανειακού και υπογείου υδροφόρου ορίζοντα κλπ.).

Το υλικό του υποστρώματος επιδομής θα είναι αμμοχάλικο κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης, που θα συμπυκνωθεί σε βαθμό 100% της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας κατά την τροποποιημένη μέθοδο PROCTOR.

Το υπόστρωμα επιδομής θα εκτείνεται σε όλο το μήκος της γραμμής και στα ορύγματα, όπως περιγράφεται παραπάνω και στα επιχώματα, ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής τους.

3. Στις περιοχές των επιχωμάτων, μετά την αφαίρεση των φυτικών, η επιφάνεια έδρασης της νέας υποδομής θα συμπυκνωθεί σε βαθμό 95% της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας κατά την τροποποιημένη μέθοδο PROCTOR και θα κατασκευασθεί επ' αυτής η νέα υποδομή.

Επισημαίνεται ότι πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα, αφ' ενός για επίτευξη της βέλτιστης υγρασίας που απαιτείται για την συμπύκνωση της σκάφης (άρωση για τον αερισμό του εδάφους έδρασης για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται αν είναι κορεσμένο η διαβροχή σε αντίθετη περίπτωση) και αφ' ετέρου για την αποστράγγιση και διάστρωση των υλικών. Στις θέσεις εκείνες που, αναπόφευκτα, το νερό (επιφανειακό ή υπόγειο) θα θίγει την έδραση, θα τοποθετείται γεωϋφάσμα.

Εάν κατά την διάρκεια των εργασιών διαπιστωθεί αλλαγή της εκτιμηθείσας φύσεως και κοκκομετρικής συνθέσεως των υλικών έδρασης του επιχώματος, θα επανακαθοριστούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του γεωϋφάσματος και γι'αυτό η προμήθεια του θα γίνεται τμηματικά μετά τους εκάστοτε σχετικούς εργαστηριακούς ελέγχους, οι οποίοι θα γίνονται δια λήψεως δειγμάτων εκ των υλικών κατασκευής του επιχώματος.

Η διάστρωση και συμπύκνωση της πρώτης στρώσης 25 εκ. πάνω από το γεωϋφάσμα θα γίνεται με μεγάλη επιμέλεια για να μη προκληθεί κάκωση και παραμόρφωση της επιφάνειας του γεωϋφάσματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΤΕΚΑ

παρακολουθηση

Η Παρακολούθηση στις Σήραγγες Καλλιδρόμου

Όπως έχει ήδη καταδειχτεί, η παρακολούθηση κατά την διάρκεια της κατασκευής αποτελεί μια βασική αρχή του σχεδιασμού. Είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα τμήματα της σήραγγας σε σερπεντίνη και σχιστώδες σερπεντίνη εξαιτίας της αβεβαιότητας των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών, και σε όλα τα τμήματα της σήραγγας που θα εκσκαφτούν με ενδοτική αντιστήριξη, μια και το σύνολο της υπερεκσκαφής που είναι απαραίτητη για να επιτραπούν ακτινικές μετακινήσεις, χρειάζεται να βελτιστοποιείται και να προσαρμόζεται στις πραγματικές γεωλογικές συνθήκες κατά την διάρκεια της κατασκευής.

Η παρακολούθηση συνίσταται από την χαρτογράφηση του προσωρινού μετώπου, την παρακολούθηση της ευστάθειας της περιοχής εργασιών στο προσωρινό μέτωπο και την εκτέλεση επί τόπου μετρήσεων. Επιπρόσθετα, προβλέπονται προπορευόμενες διερευνητικές γεωτρήσεις στο se και se.s για να εντοπιστούν κακής ποιότητας και διατμητικές ζώνες εγκαίρως. Η χαρτογράφηση του προσωρινού μετώπου και η παρακολούθηση της ευστάθειας της περιοχής εργασιών στο προσωρινό μέτωπο πρέπει να εκτελεστούν σε κάθε κύκλο εκσκαφής και προσεχτικά για κάθε εξόρυξη.

Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης οδηγούν σε συμπεράσματα που αφορούν την αποτελεσματικότητα της κατασκευασμένης αντιστήριξης και αποτελούν μία σημαντική βάση για επιλογή των σήραγγολογικών κλάσεων. Στόχος των μετρήσεων είναι επιπλέον να διαπιστωθεί εάν η πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής συμφωνεί με την πρόβλεψη. Επιπρόσθετα, κάποια στιγμή, μπορεί να παρουσιαστεί απρόβλεπτος μηχανισμός αστοχίας της βραχώμαζας και της αντιστήριξης, γι' αυτό και θα πρέπει να είναι ήδη επεξεργασμένα και εφαρμοστέα ενδεδειγμένα αντίμετρα για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανή ζημιά.

Για τις ερευνητικές γεωτρήσεις, ο ρυθμός διάνοιξης και η αξονική πίεση της γεώτρησης πρέπει να καταγράφονται αυτόματα και οι ιδιαιτερότητες θα πρέπει να σημειώνονται.

Τα ακόλουθα κριτήρια θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και να απεικονισθούν με μορφή διαγράμματος:

- δεδομένα ή ομάδα δεδομένων ως προς τον χρόνο,
- δεδομένα ή ομάδα δεδομένων ως προς την απόσταση της διατομής μετρήσεων από προσωρινό μέτωπο (θόλος, παρειά, ανάστροφος θόλος),

- μηκοτομή που περιέχει όλα τα δεδομένα ή ομάδα δεδομένων κατά μήκος συγκεκριμένου τμήματος σήραγγας σε ένα δεδομένο χρονικό σημείο,
- κοινή ίδια κλίμακα.

Ανεξάρτητα από την ψηφιακή και την γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων παρακολούθησης, οι ακόλουθοι αναλυτικοί πίνακες από υπολογιστή θα πρέπει να είναι διαθέσιμοι σε κάθε ημέρα εργασίας:

- πραγματικές κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης,
- δεδομένα για την διάνοιξη μετώπου (καθημερινή ταχύτητα διάνοιξης στις διαφορετικές φάσεις κατασκευής, ΧΘ του προσωρινού μετώπου για εκσκαφή θόλου, παρειάς και ανάστροφου θόλου),
- τοποθετημένα σημεία και διατομές μετρήσεων,
- προαποφασισμένη συχνότητα μετρήσεων και ημερομηνίες μέτρησης,
- σύγκριση ονομαστικής και πραγματικής κατάστασης,
- σύντομες πληροφορίες για την κατάσταση του βράχου στα προσωρινά μέτωπα όσον αφορά τις γεωλογικές, εδαφο- και βράχο-μηχανικές ιδιότητες.

Επί τόπου μετρήσεις με συσκευές και όργανα γεωτεχνικής παρακολούθησης

Προβλέπονται οι ακόλουθες επί τόπου μετρήσεις:

- μετρήσεις με μηκυνσιόμετρο,
- χωροστάθμιση οροφής και μετρήσεις σύγκλισης,
- μετρήσεις τάσεων στον μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος, μετρήσεις φορτίων αγκυρίων,
- μετρήσεις δονήσεων λόγω ανατινάξεων, μετρήσεις στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα.

Η συχνότητα των μετρήσεων εξαρτάται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων και την πρόοδο των εργασιών και θα κανονίζεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Εφ' όσον η απόσταση της διατομής μετρήσεων από το προσωρινό μέτωπο είναι μικρότερη από 50 m, θα πρέπει να εκτελείται το λιγότερο μία μέτρηση ανά ημέρα για κάθε συσκευή. Για αποστάσεις αρκετά μεγαλύτερων από 50 m, η συχνότητα μετρήσεων θα ελαττώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από το προσωρινό μέτωπο. Μετρήσεις του υδροφόρου ορίζοντα προβλέπονται μία φορά την βδομάδα σαν μέσο

όρο. Το διάστημα μετρήσεων μπορεί ωστόσο να μειωθεί ή να αυξηθεί τοπικά ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Και στις δύο σήραγγες, θα θεωρηθούν διατομές μετρήσεων ανά 5 - 10m με 5 - 8 σημεία μετρήσεων, που καταγράφουν τις συνολικές μετακινήσεις του τοιχώματος και τις συνιστώσες τους καθώς και την μεταβολή των με την πρόοδο της διάνοιξης. Τα αντίστοιχα βλήτρα μετρήσεων θα τοποθετηθούν απευθείας μετά την εκσκαφή σε μια μέγιστη απόσταση 1m από το προσωρινό μέτωπο. Οι μετακινήσεις παρακολουθούνται με ηλεκτρικό-οπτικές συσκευές και κατά συνέπεια, ειδικοί οπτικοί στόχοι τοποθετούνται στα βλήτρα. Οι πρώτες μετρήσεις ("μέτρηση μηδέν") θα εκτελεστούν αμέσως μετά την εγκατάσταση και προτού γίνει η επόμενη εκσκαφή.

Στην άργιλο και στα τμήματα της σήραγγας που βρίσκονται σε σερπεντίνη και σχιστοειδή σερπεντίνη, θα εγκατασταθούν 10 - 20 μηκυσιόμετρα διατομής, ανάλογα με τις απαιτήσεις. Με τα έξι (4-ράβδων) μηκυσιόμετρα για κάθε διατομή παρακολουθούνται οι μετακινήσεις στην περιφέρεια και των δύο σηράγγων και έχουν μήκος 15m. Τα μηκυσιόμετρα θα είναι ακτινικά προσανατολισμένα και τοποθετημένα στα τοιχώματα, στην οροφή και επίσης προς την περιοχή που εντοπίζεται μεταξύ των δύο σηράγγων. Οι οριζόντιες μετακινήσεις της εδαφικής περιοχής ανάμεσα στις σήραγγες παρακολουθούνται από ένα 6-ράβδων μηκυσιόμετρο που συνδέει μεταξύ τους τις δύο σήραγγες στις περιοχές όπου η αξονική τους απόσταση ανέρχεται σε 35m. Αλλού, δύο μηκυσιόμετρα, ένα από κάθε σήραγγα, τοποθετούνται στην περιοχή που βρίσκεται μεταξύ των δύο σηράγγων γι' αυτόν τον σκοπό.

Τα μηκυσιόμετρα θα τοποθετηθούν στην ελάχιστη απόσταση από το προσωρινό μέτωπο, π.χ. μικρότερη από 3m. Για τον σκοπό αυτό, η διάνοιξη μετώπου θα πρέπει να διακοπεί. Η πρώτη μέτρηση ("μέτρηση μηδέν") θα γίνει αμέσως μετά την εγκατάσταση και προτού προχωρήσει η διάνοιξη.

Στα τμήματα της σήραγγας, στα οποία τοποθετείται ενδοτική αντιστήριξη (άργιλος και σερπεντίνη), προβλέπονται πρόσθετες διατομές, στις οποίες παρακολουθούνται τα φορτία 5 ενδοτικών αγκυρίων και οι τάσεις στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με 7 κελιά πίεσης.

Θα χρησιμοποιηθούν συσκευές μετρήσεων, που επιτρέπουν την καταγραφή σε ένα μέσο αποθήκευσης δεδομένων και την ηλεκτρονική αξιολόγηση χωρίς ενδιάμεσα βήματα. Διορθώσεις πρέπει να είναι αναγνωρίσιμες καθώς δεν θα πρέπει να σβήσουν τα αρχικά δεδομένα.

Απαιτούνται οι ακόλουθες ακρίβειες:

μηκυσιόμετρο: $\pm 0,1 \text{ mm/m}$

χωροστάθμηση οροφής και συγκλίσεις: $\pm 1 \text{ mm}$

τάσεις: $\pm 0,1 \text{ bar}$

φορτία αγκυρίων: $\pm 1 \text{ kN}$

Η μέτρηση του υδροφόρου ορίζοντα θα γίνει σε όλες τις γεωτρήσεις που υπάρχουν κατά μήκος της σήραγγας στην περιοχή του τμήματος της σήραγγας που απομένει να σκαφτεί. Οι μετρήσεις θα εκτελεστούν με βυθομέτρηση.

Σύγκριση με τα αποτελέσματα των αναλύσεων

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής, τα αποτελέσματα της παρακολούθησης πρέπει να συγκρίνονται με τα αντίστοιχα δεδομένα που προέκυψαν από τις αναλύσεις ευστάθειας. Ωστόσο, δεν μπορούν να συγκριθούν μεμονωμένες τιμές, όπως μετατόπιση του θόλου σε συγκεκριμένη στιγμή, αλλά η πλήρης εικόνα, όπως συγκλίσεις όλης της διατομής σαν συνάρτηση του χρόνου.

Σε περίπτωση συμφωνίας, όλες οι δεδομένες πληροφορίες χρησιμοποιούνται για να χαρακτηριστεί η κατηγορία εκσκαφής και υποστήριξης για το προσεχές τμήμα της σήραγγας.

Σε περίπτωση ασυμφωνίας, είναι απαραίτητη η περαιτέρω εξέταση.

Εάν παρατηρούνται αξιοσημείωτες ασυμφωνίες, από τις οποίες διαφαίνεται απρόβλεπτος μηχανισμός αστοχίας της βραχομάζας και της αντιστήριξης, πρέπει να εξετασθούν και να παρθούν άμεσα αντίμετρα προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η πιθανή ζημιά.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

1. Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΕΤΕΠ) (www.iok.gr)
2. Υπολογιστικές Μέθοδοι Ανάλυσης Υπογείων Έργων, Μ. Καββαδάς
3. Σχεδιασμός Υπογείων Έργων, (Έκδοση 8, Μάρτιος 2005), Μ. Καββαδάς
4. Ιστορία της τεχνολογίας, Στυλ. Γ. Φραγκόπουλος (www.sfrang.com)
5. Κατασκευές στην επιφάνεια του βράχου - υπόγειες κατασκευές - φράγματα, Χρήστος Μαραγκός
6. Δράσεις, Μέθοδοι και μοντέλα μόνιμης επένδυσης σήραγγων, Γ. Μπακογιάννης
7. Σήραγγες & Υπόγεια Έργα, Αιμίλιος Κωμοδρόμος
8. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στις ενισχύσεις και επισκευές κατασκευών, Ανδρέου Ανδρέας
9. Τεχνική Περιγραφή Έργου "ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ, ΤΩΝ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΕΡΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΕΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ ΤΙΘΟΡΕΑΣ - ΛΕΙΑΝΟΚΛΑΔΙΟΥ, ΤΜΗΜΑ ΑΠΟ Σ.Σ. ΤΙΘΟΡΕΑΣ ΧΛΜ 0+000 ΕΩΣ ΧΛΜ 19+000.»
10. Οριστική Γεωλογική - Γεωτεχνική Μελέτη, Πρόσθετες γεωλογικές έρευνες και ανασύνταξη της Οριστικής Γεωλογικής Μελέτης στο υπολειπόμενο τμήμα της σήραγγας Καλλιδρόμου για τις ανάγκες ολοκλήρωσης της οριστικής μελέτης της σήραγγας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
γεωμορφολογία (φωτογραφίες)



Φωτ. 1 Πτυχώσεις στην ασβεστολιθική ανθρακική ενότητα (kj) του υποβάθρου στη βόρεια περιοχή του Καλλιδρόμου.



Φωτ. 2 Πτυχώσεις στην ασβεστολιθική ανθρακική ενότητα (kj) του υποβάθρου στη βόρεια περιοχή του Καλλιδρόμου.



Φωτ. 3 Διακλάσεις και επιφάνειες σχιστότητας στην ασβεστολιθική ανθρακική ενότητα (kj) στην βόρεια περιοχή του Καλλιδρόμου



Φωτ. 4 Σχιστώδης σερπεντινίτης (se.s) στο νότιο τμήμα περιοχής Καλλιδρόμου



Φωτ. 5 Εξαλοιωμένος χαρτζβουργίτης με φλεβίδια χαλαζία, ασβεσίτη (ha.r)



Φωτ. 6 Μαγκωμένα κομμάτια κρυσταλλικού ασβεστόλιθου (kj) μέσα στους σχιστώδεις σερπεντινίτες. (se.s) Περιοχή νοτίου τμήματος Καλλιδρόμου.



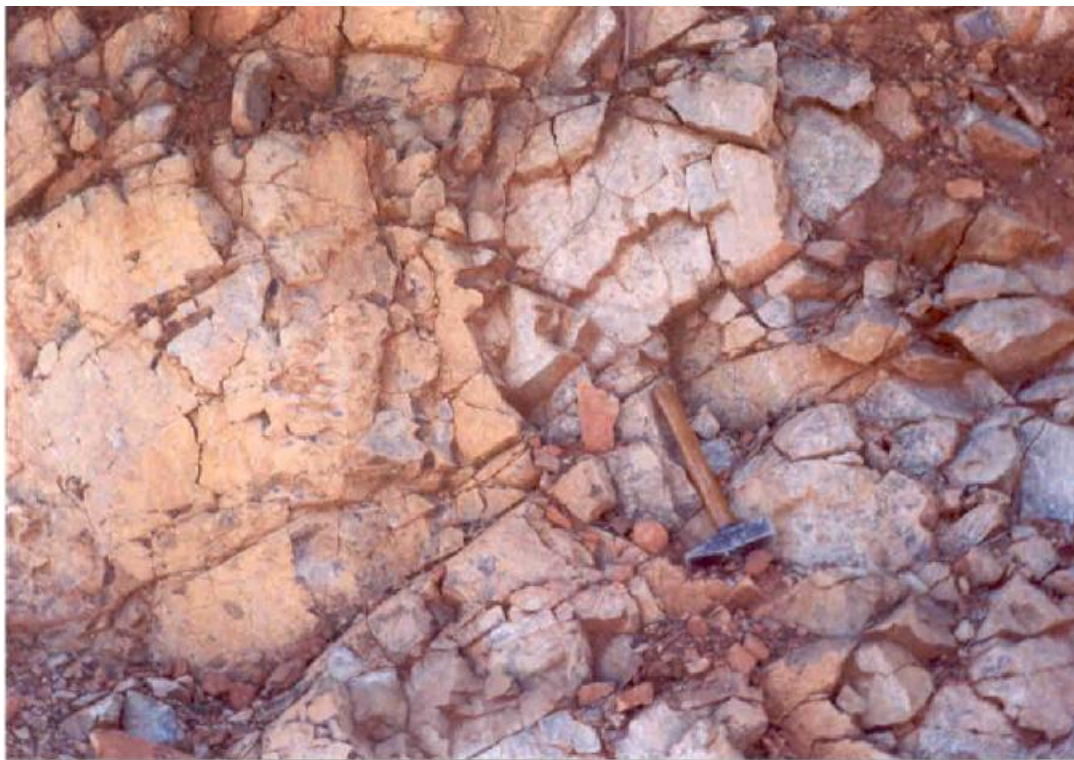
Φωτ. 7 Κροκαλολατυποπαγή (br) στην περιοχή βορείου τμήματος Καλλιδρόμου.



Φωτ. 8 Επιφάνεια ολίσθησης του ενεργού κρασπεδικού ρήγματος Νο3 στην περιοχή του νοτίου τμήματος (Μόδι).



Φωτ. 9 Κροκαλολατυποπαγή (br) στη βάση των μεταλπικών σχηματισμών νοτίου τμήματος (Μόδι).



Φωτ. 10 Χατζβουργίτες (ha).



Φωτ. 11 Λατυποπαγή, - κατακλαστική υφή στη βάση του σχιστώδη σερπεντινίτη (se.s) στη βάση της επώθησης στο νότιο τμήμα.



Φωτ. 12 Ζώνη διάτμησης (Shear zone, sz) στους χαρτζβουργίτες (ha).



Φωτ. 13 Σερπεντινίτης (se) με χαρακτηριστικές μορφές boudinage.



Φωτ. 14 Κατοπτρική επιφάνεια κρυσταλλικού ρήγματος νο5 Καλλιδρόμου στο βόρειο τμήμα.



Φωτ. 15 Ασβεστιτική μάργα (mk) με οργανικές ενδιαστρώσεις και εμφάνιση διάρρηξης με μετατόπιση παράλληλα με την κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος Καλλιδρόμου, Νο 5.



Φωτ. 16 Εξαλλοιωμένος χαρτζβουργίτης με φλεβίδια χαλαζία(ha,q).



Φωτ. 17 Ζώνη διάτμησης (sz) στη βάση επώθησης των σερπεντινωμένων χαρτζβουργιτών με φλέβες(ha.r) στο νότιο τμήμα του Καλλιδρόμου.



Φωτ. 18 Ροδιγκιτιωμένες φλέβες μέσα σε σερπεντινωμένο χαρτζβουργίτη (ha.r).



Φωτ. 19 Ανθρακική ενότητα υποβάθρου (kj), νότιο τμήμα (Μόδι).



Φωτ 20 Ηφαιστειακός φακός (vo) τεκτονικά εγκλωβισμένος μέσα σε σχιστώδη σερπεντινίτη (se.s).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ
τεκτονικά διαγράμματα (φωτογραφίες)



ΦΩΤ 1 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-1) σε Ιουρασικούς ασβεστολίθους (kj), στη Χ.Θ. 8+000.



ΦΩΤ 2 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-2) σε σερπεντινίτες (se), στη Χ.Θ. 8+500.



ΦΩΤ 3 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-3) σε σερπεντινωμένους χαρτζβουργίτες (ha), στη Χ.Θ. 9+400.



ΦΩΤ 4 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-4) σε σερπεντινωμένους χαρτζβουργίτες με φλέβες ροδιγκίτη (ha.r), στη Χ.Θ. 9+800.



ΦΩΤ 5 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-5) σε σερπεντινωμένους χαρτζβουργίτες (ha), στη Χ.Θ. 10+200.



ΦΩΤ 6 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-6) σε σερπεντινωμένους χαρτζβουργίτες (ha), στη Χ.Θ. 10+600.



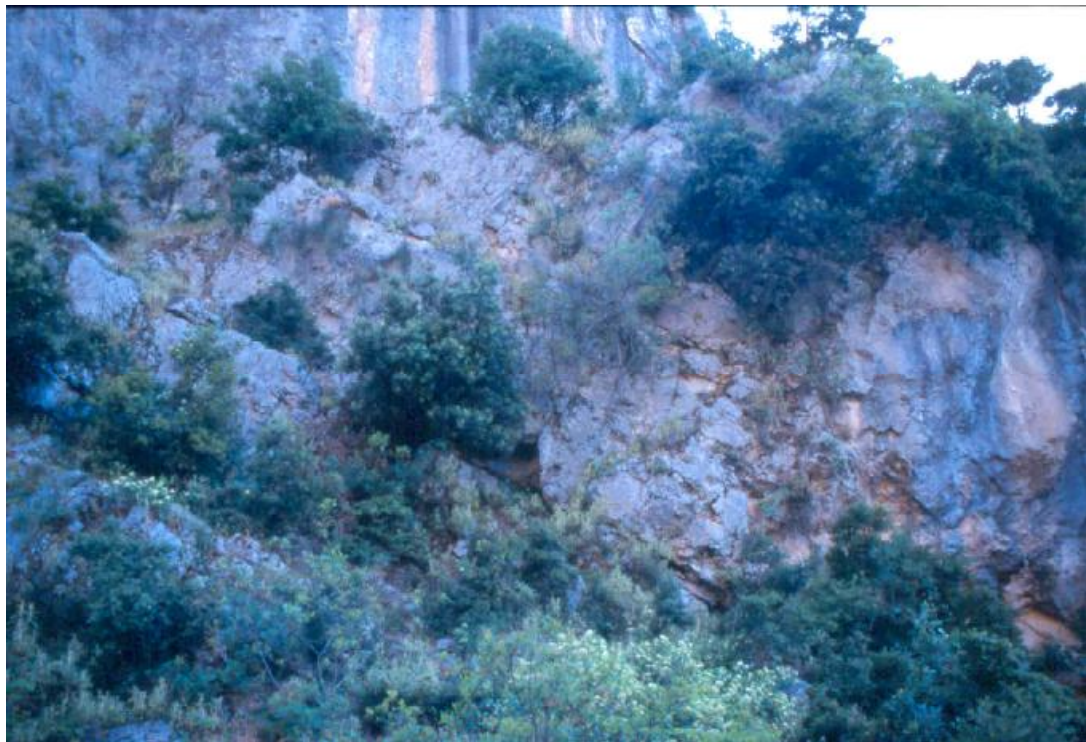
ΦΩΤ 7 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-7) σε σχιστώδεις σερπεντινίτες (se.s), στη Χ.Θ. 11+300.



ΦΩΤ 8 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-8) σε Ιουρασικούς ασβεστολίθους (kj), στη Χ.Θ. 11+550.



ΦΩΤ 9 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-9) σε βασικά ηφαιστειακά (vo) τα οποία υπόκεινται τεκτονικά του σχιστώδους σερπεντινίτη (se.s), στη Χ.Θ. 12+100.



ΦΩΤ 10 Τεκτονικό διάγραμμα (ΤΔ-10) σε Ιουρασικούς ασβεστολίθους (kj), στη Χ.Θ. 12+500.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

δέλτια ταξινομήσεων βραχομάζας
α. κατά RMR, β. κατά GSI

**ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (ΚΑΤΑ ΒΙΕΝΙΑWSKI 1989, ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΑΡΜΟΤΗ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ**

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΛΑΜΩΡΟΥ - ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ

Α/Α: ΤΒ-2

ΒΕΣΗ: Χ.Θ. 8+553 (ΤΑ-2)

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ (se)

Α ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΟΥΣ	Α1 ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MPa)					Α2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ (Vv)					Α3 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α4 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ					Α5 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α6 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ					Α7 ΜΗΚΟΣ (mm)					Α8 ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ					Α9 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α10 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α11 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α12 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α13 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α14 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α15 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α16 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α17 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α18 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α19 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)					Α20 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΑΜΜΑΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΙΩΝ (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	Α1	Α2	Α3	Α4	Α5	Α6	Α7	Α8	Α9	Α10	Α11	Α12	Α13	Α14	Α15	Α16	Α17	Α18	Α19	Α20	Α21	Α22	Α23	Α24	Α25	Α26	Α27	Α28	Α29	Α30	Α31	Α32	Α33	Α34	Α35	Α36	Α37	Α38	Α39	Α40	Α41	Α42	Α43	Α44	Α45	Α46	Α47	Α48	Α49	Α50	Α51	Α52	Α53	Α54	Α55	Α56	Α57	Α58	Α59	Α60	Α61	Α62	Α63	Α64	Α65	Α66	Α67	Α68	Α69	Α70	Α71	Α72	Α73	Α74	Α75	Α76	Α77	Α78	Α79	Α80	Α81	Α82	Α83	Α84	Α85	Α86	Α87	Α88	Α89	Α90	Α91	Α92	Α93	Α94	Α95	Α96	Α97	Α98	Α99	Α100	Α101	Α102	Α103	Α104	Α105	Α106	Α107	Α108	Α109	Α110	Α111	Α112	Α113	Α114	Α115	Α116	Α117	Α118	Α119	Α120	Α121	Α122	Α123	Α124	Α125	Α126	Α127	Α128	Α129	Α130	Α131	Α132	Α133	Α134	Α135	Α136	Α137	Α138	Α139	Α140	Α141	Α142	Α143	Α144	Α145	Α146	Α147	Α148	Α149	Α150	Α151	Α152	Α153	Α154	Α155	Α156	Α157	Α158	Α159	Α160	Α161	Α162	Α163	Α164	Α165	Α166	Α167	Α168	Α169	Α170	Α171	Α172	Α173	Α174	Α175	Α176	Α177	Α178	Α179	Α180	Α181	Α182	Α183	Α184	Α185	Α186	Α187	Α188	Α189	Α190	Α191	Α192	Α193	Α194	Α195	Α196	Α197	Α198	Α199	Α200	Α201	Α202	Α203	Α204	Α205	Α206	Α207	Α208	Α209	Α210	Α211	Α212	Α213	Α214	Α215	Α216	Α217	Α218	Α219	Α220	Α221	Α222	Α223	Α224	Α225	Α226	Α227	Α228	Α229	Α230	Α231	Α232	Α233	Α234	Α235	Α236	Α237	Α238	Α239	Α240	Α241	Α242	Α243	Α244	Α245	Α246	Α247	Α248	Α249	Α250	Α251	Α252	Α253	Α254	Α255	Α256	Α257	Α258	Α259	Α260	Α261	Α262	Α263	Α264	Α265	Α266	Α267	Α268	Α269	Α270	Α271	Α272	Α273	Α274	Α275	Α276	Α277	Α278	Α279	Α280	Α281	Α282	Α283	Α284	Α285	Α286	Α287	Α288	Α289	Α290	Α291	Α292	Α293	Α294	Α295	Α296	Α297	Α298	Α299	Α300	Α301	Α302	Α303	Α304	Α305	Α306	Α307	Α308	Α309	Α310	Α311	Α312	Α313	Α314	Α315	Α316	Α317	Α318	Α319	Α320	Α321	Α322	Α323	Α324	Α325	Α326	Α327	Α328	Α329	Α330	Α331	Α332	Α333	Α334	Α335	Α336	Α337	Α338	Α339	Α340	Α341	Α342	Α343	Α344	Α345	Α346	Α347	Α348	Α349	Α350	Α351	Α352	Α353	Α354	Α355	Α356	Α357	Α358	Α359	Α360	Α361	Α362	Α363	Α364	Α365	Α366	Α367	Α368	Α369	Α370	Α371	Α372	Α373	Α374	Α375	Α376	Α377	Α378	Α379	Α380	Α381	Α382	Α383	Α384	Α385	Α386	Α387	Α388	Α389	Α390	Α391	Α392	Α393	Α394	Α395	Α396	Α397	Α398	Α399	Α400	Α401	Α402	Α403	Α404	Α405	Α406	Α407	Α408	Α409	Α410	Α411	Α412	Α413	Α414	Α415	Α416	Α417	Α418	Α419	Α420	Α421	Α422	Α423	Α424	Α425	Α426	Α427	Α428	Α429	Α430	Α431	Α432	Α433	Α434	Α435	Α436	Α437	Α438	Α439	Α440	Α441	Α442	Α443	Α444	Α445	Α446	Α447	Α448	Α449	Α450	Α451	Α452	Α453	Α454	Α455	Α456	Α457	Α458	Α459	Α460	Α461	Α462	Α463	Α464	Α465	Α466	Α467	Α468	Α469	Α470	Α471	Α472	Α473	Α474	Α475	Α476	Α477	Α478	Α479	Α480	Α481	Α482	Α483	Α484	Α485	Α486	Α487	Α488	Α489	Α490	Α491	Α492	Α493	Α494	Α495	Α496	Α497	Α498	Α499	Α500	Α501	Α502	Α503	Α504	Α505	Α506	Α507	Α508	Α509	Α510	Α511	Α512	Α513	Α514	Α515	Α516	Α517	Α518	Α519	Α520	Α521	Α522	Α523	Α524	Α525	Α526	Α527	Α528	Α529	Α530	Α531	Α532	Α533	Α534	Α535	Α536	Α537	Α538	Α539	Α540	Α541	Α542	Α543	Α544	Α545	Α546	Α547	Α548	Α549	Α550	Α551	Α552	Α553	Α554	Α555	Α556	Α557	Α558	Α559	Α560	Α561	Α562	Α563	Α564	Α565	Α566	Α567	Α568	Α569	Α570	Α571	Α572	Α573	Α574	Α575	Α576	Α577	Α578	Α579	Α580	Α581	Α582	Α583	Α584	Α585	Α586	Α587	Α588	Α589	Α590	Α591	Α592	Α593	Α594	Α595	Α596	Α597	Α598	Α599	Α600	Α601	Α602	Α603	Α604	Α605	Α606	Α607	Α608	Α609	Α610	Α611	Α612	Α613	Α614	Α615	Α616	Α617	Α618	Α619	Α620	Α621	Α622	Α623	Α624	Α625	Α626	Α627	Α628	Α629	Α630	Α631	Α632	Α633	Α634	Α635	Α636	Α637	Α638	Α639	Α640	Α641	Α642	Α643	Α644	Α645	Α646	Α647	Α648	Α649	Α650	Α651	Α652	Α653	Α654	Α655	Α656	Α657	Α658	Α659	Α660	Α661	Α662	Α663	Α664	Α665	Α666	Α667	Α668	Α669	Α670	Α671	Α672	Α673	Α674	Α675	Α676	Α677	Α678	Α679	Α680	Α681	Α682	Α683	Α684	Α685	Α686	Α687	Α688	Α689	Α690	Α691	Α692	Α693	Α694	Α695	Α696	Α697	Α698	Α699	Α700	Α701	Α702	Α703	Α704	Α705	Α706	Α707	Α708	Α709	Α710	Α711	Α712	Α713	Α714	Α715	Α716	Α717	Α718	Α719	Α720	Α721	Α722	Α723	Α724	Α725	Α726	Α727	Α728	Α729	Α730	Α731	Α732	Α733	Α734	Α735	Α736	Α737	Α738	Α739	Α740	Α741	Α742	Α743	Α744	Α745	Α746	Α747	Α748	Α749	Α750	Α751	Α752	Α753	Α754	Α755	Α756	Α757	Α758	Α759	Α760	Α761	Α762	Α763	Α764	Α765	Α766	Α767	Α768	Α769	Α770	Α771	Α772	Α773	Α774	Α775	Α776	Α777	Α778	Α779	Α780	Α781	Α782	Α783	Α784	Α785	Α786	Α787	Α788	Α789	Α790	Α791	Α792	Α793	Α794	Α795	Α796	Α797	Α798	Α799	Α800	Α801	Α802	Α803	Α804	Α805	Α806	Α807	Α808	Α809	Α810	Α811	Α812	Α813	Α814	Α815	Α816	Α817	Α818	Α819	Α820	Α821	Α822	Α823	Α824	Α825	Α826	Α827	Α828	Α829	Α830	Α831	Α832	Α833	Α834	Α835	Α836	Α837	Α838	Α839	Α840	Α841	Α842	Α843	Α844	Α845	Α846	Α847	Α848	Α849	Α850	Α851	Α852	Α853	Α854	Α855	Α856	Α857	Α858	Α859	Α860	Α861	Α862	Α863	Α864	Α865	Α866	Α867	Α868	Α869	Α870	Α871	Α872	Α873	Α874	Α875	Α876	Α877	Α878	Α879	Α880	Α881	Α882	Α883	Α884	Α885	Α886	Α887	Α888	Α889	Α890	Α891	Α892	Α893	Α894	Α895	Α896	Α897	Α898	Α899	Α900	Α901	Α902	Α903	Α904	Α905	Α906	Α907	Α908	Α909	Α910	Α911	Α912	Α913	Α914	Α915	Α916	Α917	Α918	Α919	Α920	Α921	Α922	Α923	Α924	Α925	Α926	Α927	Α928	Α929	Α930	Α931	Α932	Α933	Α934	Α935	Α936	Α937	Α938	Α939	Α940	Α941	Α942	Α943	Α944	Α945	Α946	Α947	Α948	Α949	Α950	Α951	Α952	Α953	Α954	Α955	Α956	Α957	Α958	Α959	Α960	Α961	Α962	Α963	Α964	Α965	Α966	Α967	Α968	Α969	Α970	Α971	Α972	Α973	Α974	Α975	Α976	Α977	Α978	Α979	Α980	Α981	Α982	Α983	Α984	Α985	Α986	Α987	Α988	Α989	Α990	Α991	Α992	Α993	Α994	Α995	Α996	Α997	Α998	Α999	Α1000	Α1001	Α1002	Α1003	Α1004	Α1005	Α1006	Α1007	Α1008	Α1009	Α1010	Α1011	Α1012	Α1013	Α1014	Α1015	Α1016	Α1017	Α1018	Α1019	Α1020	Α1021	Α1022	Α1023	Α1024	Α1025	Α1026	Α1027	Α1028	Α1029	Α1030	Α1031	Α1032	Α1033	Α1034	Α1035	Α1036	Α1037	Α1038	Α1039	Α1040	Α1041	Α1042	Α1043	Α1044	Α1045	Α1046	Α1047	Α1048	Α1049	Α1050	Α1051	Α1052	Α1053	Α1054	Α1055	Α1056	Α1057	Α1058	Α1059	Α1060	Α1061	Α1062	Α1063	Α1064	Α1065	Α1066	Α1067	Α1068	Α1069	Α1070	Α1071	Α1072	Α1073	Α1074	Α1075	Α1076	Α1077	Α1078	Α1079	Α1080	Α1081	Α1082	Α1083	Α1084	Α1085	Α1086	Α1087	Α1088	Α1089	Α1090	Α1091	Α1092	Α1093	Α1094	Α1095	Α1096	Α1097	Α1098	Α1099	Α1100	Α1101	Α1102	Α1103	Α1104	Α1105	Α1106	Α1107	Α1108	Α1109	Α1110	Α1111	Α1112	Α1113	Α1114	Α1115	Α1116	Α1117	Α1118	Α1119	Α1120	Α1121	Α1122	Α1123	Α1124	Α1125	Α1126	Α1127	Α1128	Α1129	Α1130	Α1131	Α1132	Α1133	Α1134	Α1135	Α1136	Α1137	Α1138	Α1139	Α1140	Α1141	Α1142	Α1143	Α1144	Α1145	Α1146	Α1147	Α1148	Α1149	Α1150	Α1151	Α1152	Α1153	Α1154	Α1155	Α1156	Α1157	Α1158	Α1159	Α1160	Α1161	Α1162	Α1163	Α1164	Α1165	Α1166	Α1167	Α1168	Α1169	Α1170	Α1171	Α1172	Α1173	Α1174	Α1175	Α1176	Α1177	Α1178	Α1179	Α1180	Α1181	Α1182	Α1183	Α1184	Α1185	Α1186	Α1187	Α1188	Α1189	Α1190	Α1191	Α1192	Α1193	Α1194	Α1195	Α1196	Α1197	Α1198	Α1199	Α1200	Α1201	Α1202	Α1203	Α1204	Α1205	Α1206	Α1207	Α1208	Α1209	Α1210	Α1211	Α1212	Α1213	Α1214	Α1215	Α1216	Α1217	Α1218	Α1219	Α1220	Α1221	Α1222	Α1223	Α1224	Α1225	Α1226	Α1227

**ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΣΙΟΜΙΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (ΚΑΤΑ ΒΙΕΝΙΑΨΚΙ 1989, ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΔΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ**

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΑΔΕΦΟΟΥ - ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ

Α/Α: TB-3

ΘΕΣΗ: Χ.Β. 11-500 (ΠΔ-7)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ: ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΦΕΡΕΝΤΙΝΙΤΕΣ (σε σ')

Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΣΙΟΜΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ	19.0	3	19.0	3	19.0	3	19.0	3	19.0	3
A1	Α1 ΔΙΠΛΟΧΗ ΣΥΜΠΛΟΤΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MP)	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
A2	Α2 ΔΕΚΤΗΣ ΓΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ, ROD (%)	51	7	51	7	51	7	51	7	51	7
A4	Α4 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	50	6	50	6	50	6	50	6	50	6
A4.1	A4.1 ΜΗΚΟΣ (mm)	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
A4.2	A4.2 ΑΝΟΙΓΜΑ (mm)	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
A4.3	A4.3 ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
A4.4	A4.4 ΥΛΙΚΟ ΣΠΗΡΩΣΙΜΕΤΡΟΥ	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
A4.5	A4.5 ΑΠΟΣΒΑΡΩΣΗ	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
A5	Α5 ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0

Β	ΠΡΟΣΔΑΡΜΟΤΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΑΝΑΤΟΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	ΕΥΘΥΚΕ	2	ΕΥΘΥΚΕ	2	ΕΥΘΥΚΕ	2	ΕΥΘΥΚΕ	2	ΕΥΘΥΚΕ	2
B1	B1 ΔΕΥΕΥΜΕΤΕ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	35	IV	35	IV	35	IV	35	IV	35	IV

Γ	ΤΑΣΙΟΜΙΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ	ΠΙΣΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΙΣΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΙΣΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΙΣΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΙΣΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	
G1	G1 ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΔΑΡΜΟΜΕΝΗ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	35	IV	35	IV	35	IV
G2	G2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	35	IV	35	IV	35	IV
G3	G3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	35	IV	35	IV	35	IV

Δ	ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΑΣΙΟΜΙΗΣΗΣ	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
D1	D1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
D2	D2 ΜΕΘΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
D3	D3 ΣΥΝΟΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ C (MPa)	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
D4	D4 ΓΙΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, α (°)	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
D5	D5 ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, Ε (GPa)	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
D6	D6 ΦΟΡΤΙΟ ΥΠΟΣΤΗΛΗΣΗΣ, P (MPa)	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ

ΠΑΡΑΠΗΡΣΗ:
Ο Π.Ε.Ο. ή και Ε.Ε.Ε. Βραχόμαζα αναφέρεται σε στοιχεία ομοίως, για ομοίως με
από ελαστικό άξονα ή από ελαστικό.

**ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (ΚΑΤΑ ΒΙΕΝΙΑWSKI 1989, ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ**

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ - ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ

Α/Α: TB-4

ΘΕΣΗ: Χ.Θ. 12+100 (ΤΔ-0)

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ (vo)

Α. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΟΥΣ		J1		J2		J3	
A1	ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΛΑΤΟΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MPa)	22.5	3	22.5	3	22.5	3
A2	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ, RQD (%)	50	11	50	11	50	11
A3	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΣΥΝΕΧΕΙΩΝ (mm)	100	7	200	9	150	7
A4	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	10 - 20	1	1 - 3	4	s1	6
A4.1	ΜΗΚΟΣ (m)	0.1 - 1.0	4	0.1 - 1.0	4	0.1 - 1.0	4
A4.2	ΑΝΟΙΓΜΑ (mm)	ΟΜΑΔΕΣ	1	ΟΜΑΔΕΣ	1	ΟΜΑΔΕΣ	1
A4.3	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΣΤΗΡΟ, ΠΛΑΧΟΥΣ $\leq 5\text{mm}$	4	ΣΤΗΡΟ, ΠΛΑΧΟΥΣ $\leq 5\text{mm}$	4	ΣΤΗΡΟ, ΠΛΑΧΟΥΣ $\leq 5\text{mm}$	4
A4.4	ΥΛΙΚΟ ΠΑΡΩΣΗΣ (mm)	ΜΕΤΡΙΑ ΑΠΟΣΔΑΡΩΜΕΝΕΣ	3	ΜΕΤΡΙΑ ΑΠΟΣΔΑΡΩΜΕΝΕΣ	3	ΜΕΤΡΙΑ ΑΠΟΣΔΑΡΩΜΕΝΕΣ	3
A4.5	ΑΠΟΣΔΑΡΩΣΗ	ΥΓΡΟ	7	ΥΓΡΟ	7	ΥΓΡΟ	7
A5	ΥΠΟΤΕΙΟ ΝΕΡΟ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ, RMR:	47	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ, RMR:	46	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ, RMR:	47

Β. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		ΜΕΤΡΙΑ		ΔΥΣΜΕΝΗΣ		-10	
B1	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	ΕΡΩΙΚΗ	-2	ΜΕΤΡΙΑ	-5	ΔΥΣΜΕΝΗΣ	-10

Γ. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ		ΜΕΤΡΙΑ		ΔΥΣΜΕΝΗΣ		-10	
G1	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ, RMRpr	39	42	36	37	IV	IV
G2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	IV	III	IV	IV	IV	IV
G3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΠΤΩΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΤΩΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΤΩΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΤΩΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	ΠΤΩΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ

Δ. ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ		IV	
D1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	IV	IV
D2	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	10-20m/2.5m ΑΠΟΙΓΜΑ	10-20m/2.5m ΑΠΟΙΓΜΑ
D3	ΣΥΝΟΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, C (kPa)	200 - 300	200 - 300
D4	ΓΩΝΙΑ ΓΡΩΒΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, ϕ (°)	25 - 35	25 - 35
D5	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, E (GPa)	9.44	9.44
D6	ΦΟΡΤΙΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ, P (MPa)	14.3	14.3

ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	
ΕΠΙΧΡΑΤΕΙ Η ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ (S)	
39	IV
ΠΤΩΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ	

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:
Οι τιμές C, ϕ και E της βροχιακής περιφερειακής αντοχής υποβρέχονται και αναφέρονται
παρακάτω με βάση την κατάσταση.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
(ΚΑΤΑ ΒΙΕΝΙΑΨΚΙ 1989, ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ - ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ

Α/Α: ΤΒ-6

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ (sh)

Α ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΟΥΣ			
A1	ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΛΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MPa)	35.0	4
A2	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ, RQD (%)	25	6
A3	ΑΓΙΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ (mm)	200	8
A4	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		
A4.1	ΜΗΚΟΣ (m)	3 - 10	2
A4.2	ΑΝΟΙΓΜΑ (mm)	ΧΩΡΙΣ	6
A4.3	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΤΡΑΧΥΤΗΣ	5
A4.4	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (mm)	ΧΩΡΙΣ	6
A4.5	ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	ΕΛΑΦΡΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟΣ	5
A5	ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	ΥΓΡΟ	7
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ, RMR :			49

Β ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ			
B1	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	ΕΥΝΟΙΚΗ	-2

Γ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ		
Γ1	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ, RMRpr	47
Γ2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	III
Γ3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ

Δ ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ		
Δ1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	III
Δ2	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	1week/5m ΑΝΟΙΓΜΑ
Δ3	ΣΥΝΟΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, C (kPa)	200 - 300
Δ4	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, φ (°)	25 - 35
Δ5	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, E (GPa)	14.98
E, in RMR: 10/10		
Δ6	ΦΟΡΤΙΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ, P (t/m ²)	12.4
P = (100 - RMRpr) / 100 * γ * B (γ = 2.6 t/m ³ B = 9 m)		

ΣΗΜΑΝΤΗ: Οι τιμές C, φ και E της βραχομάζας αναφέρονται σε στεγρές συνθήκες και ανεξάρτητα απορρόφησης λόγω των ποσοτήτων.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

**ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ (ΚΑΤΑ ΒΙΕΝΙΑΩΣΚΙ 1989, ΒΕΛΤΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΣΗΡΑΤΕΣ**

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ ΣΗΡΑΤΑ ΚΑΛΑΜΑΡΙΣΟΥ - ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ

ΑΝΑ: ΤΒ-6

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΙΟΥΡΑΚΟΣ ΑΣΒΕΣΤΟΜΑΡΜΑΡ (M)

Α. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΟΥΣ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΑ, ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΑ, ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΑ, ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΑ, ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΑ, ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
A1 ΑΠΛΗΤΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MPa)	90	90	90	90	90
A2 ΔΕΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ, RQD (%)	9	9	9	9	9
A3 ΑΙΣΙΟΣ ΙΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (MPa)	120	120	120	120	120
A4 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	1	1	1	1	1
A5.1 ΜΗΚΟΣ (mm)	10	10	10	10	10
A5.2 ΑΝΟΙΓΜΑ (mm)	4	4	4	4	4
A5.3 ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	6	6	6	6	6
A5.4 ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΟΥΣ (mm)	4	4	4	4	4
A5.5 ΑΠΟΚΛΟΝΙΣΗ	5	5	5	5	5
A6 ΥΠΟΠΕΘΝΟΝ	10	10	10	10	10
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ	62	61	55	54	54
ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΑ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	62	61	55	54	54
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ	62	61	55	54	54
ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΑ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	62	61	55	54	54

Β. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	ΜΕΤΡΙΑ -S	ΜΕΤΡΙΑ -S	ΜΕΤΡΙΑ -S	ΜΕΤΡΙΑ -S	ΜΕΤΡΙΑ -S
Β1 ΕΥΣΥΝΤΗΧΗ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ					

Γ. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ
Γ1 ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ, RMR100	57	56	55	55	52
Γ2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	II	II	III	III	III
Γ3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ	ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ

Δ. ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
Δ1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	III	III
Δ2 ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΤΗΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	Weakish Anhydrite	Weakish Anhydrite
Δ3 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ, C (MPa)	300 - 400	300 - 400
Δ4 ΤΟΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ, P (MPa)	35 - 45	35 - 45
Δ5 ΜΕΤΡΟ ΣΜΑΛΚΤΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ, E (GPa)	22.39	22.39
E - ΔΕ ΣΗΜΕΙΑ (MPa)		
Δ6 ΔΟΡΤΙΟ ΥΠΟΤΥΛΩΣΗΣ, P (MPa)	10.8	10.8
P - ΔΕ ΣΗΜΕΙΑ (MPa)		

ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
III
64
III
ΜΕΤΡΙΑ ΒΡΑΧΩΜΑΖΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ
Οι τιμές C, P και E της βραχιάς είναι εκτιμήσεις οι οποίες είναι ενδεικτικές και ενδέχεται να διαφέρουν λόγω της αμοιβαριότητας.

**ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
(ΚΑΤΑ ΒΙΕΝΙΑWSKI 1989, ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ**

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ - ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ

Α/Α: TB-7

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ (Kj.f)

Α ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΟΥΣ			
A1	ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΛΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MPa)	68.0	7
A2	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ, RQD (%)	7	4
A3	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ (mm)	20	5
A4	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		
A4.1	ΜΗΚΟΣ (m)	1 - 3	4
A4.2	ΑΝΟΙΓΜΑ (mm)	0,1 - 1,0	4
A4.3	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΤΡΑΧΕΙΕΣ	3
A4.4	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (mm)	ΣΤΗΡΟ, ΠΛΑΧΥΣ >5mm	2
A4.5	ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΕΣ	3
A5	ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	ΜΕΤΡΑ ΥΓΡΟ	10
			ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ, RMR :
			42

Β ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ			
B1	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	ΜΕΤΡΙΑ	-5

Γ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ		
Γ1	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ, RMR _{np}	37
Γ2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	IV
Γ3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΠΙΣΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ

Δ ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ		
Δ1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	IV
Δ2	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	10hour/2.5m ΑΝΟΙΓΜΑ
Δ3	ΣΥΝΟΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, C (kPa)	200 - 300
Δ4	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, φ (°)	25 - 35
Δ5	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, E (GPa)	8.41
Δ6	ΦΟΡΤΙΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ P (t/m ²)	14.7
$P = (100 - RMR_{np}) / 100 \cdot \gamma \cdot B$ ($\gamma = 2.6 \text{ t/m}^3$, $B = 9 \text{ m}$)		

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Οι τιμές C, φ και E της βραχομάζας αναφέρονται σε στεγρές συνθήκες και ανεξάρτητα της κλίσης λόγω του ασυμμετρικού

ΥΕΩΣΚΟΠΙΟ ΣΤΕ

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
(ΚΑΤΑ ΒΙΕΝΙΑΩΣΚΙ 1989, ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ)
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ - ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ

Α/Α: ΤΒ-8

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (sz)

Α ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΟΥΣ			
A1	ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΛΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MPa)	40	1
A2	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ, RQD (%)	16	5
A3	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ (mm)	5	5
A4	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		
	A4.1 ΜΗΚΟΣ (m)		
	A4.2 ΑΝΟΙΓΜΑ (mm)		
	A4.3 ΓΡΑΧΥΤΗΤΑ		
	A4.4 ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (mm)		
	A4.5 ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ		9
A5	ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	ΥΠΟ	7
			ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ, RMR: 18

Β ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		
B1	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ	ΕΥΚΟΙΚΗ -2

Γ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ		
Γ1	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ, RMR _{trp}	16
Γ2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	V
Γ3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ

Δ ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ		
Δ1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	V
Δ2	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	30m ³ /1m ΑΝΟΙΓΜΑ
Δ3	ΣΥΝΟΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, C (kPa)	100 - 200
Δ4	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, φ (°)	15 - 25
Δ5	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ, E (GPa)	2.51
	$E = 10 \cdot (RMR - 10) / 40$	
Δ6	ΟΡΤΙΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ, P (kN/m ²)	18.9
	$P = (100 - RMR_{trp}) / 100 \cdot \gamma \cdot B$	$\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3 \quad B = 8 \text{ m}$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Οι τιμές C, φ και E της βρογχίτιδας, αναφέρονται σε στεγνές συνθήκες και σχεδόν μετεταποιημένης άδρια των πετρωμάτων.

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kaiser - Bowden, 1995. Hoek - Brown, 1997. Hoek - Marinos - Benissi, 1998.
Hoek - Marinos 2000. Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Torres - Corkum, 2002)
(RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002) - Rocscience Inc. (2002))

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ: ΣΗΦΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

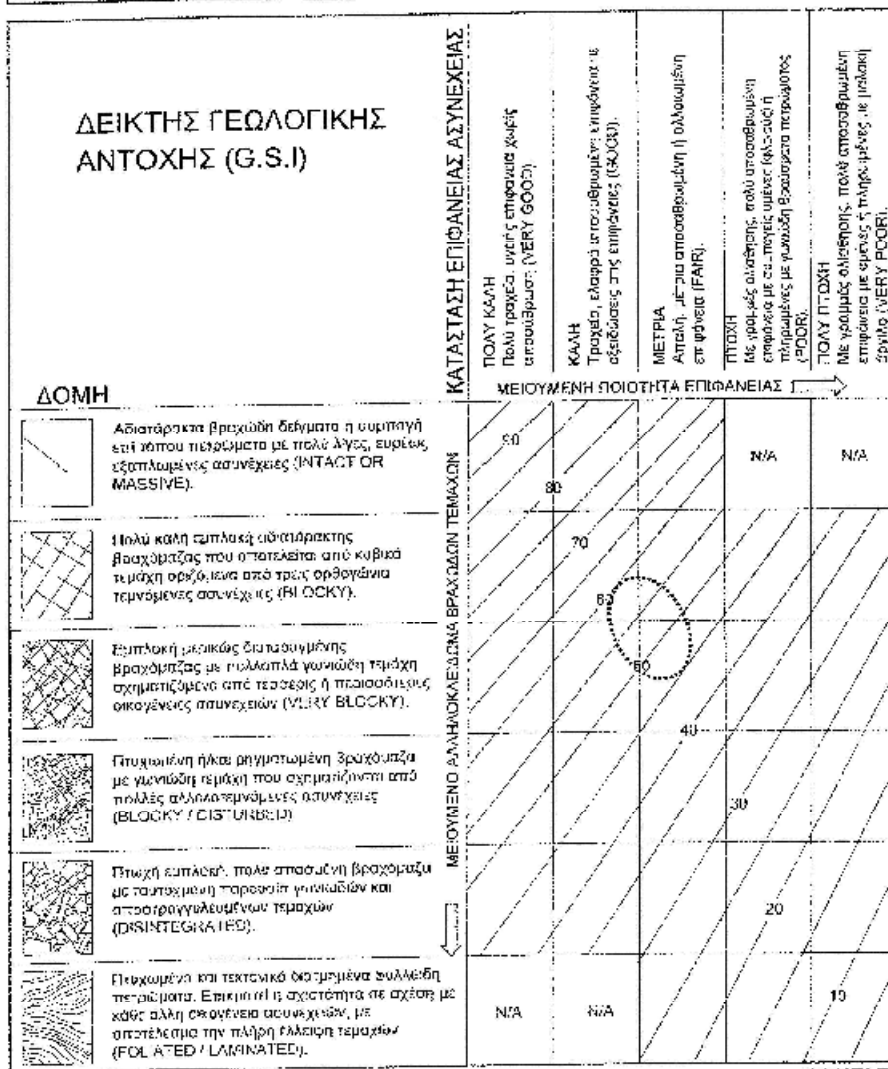
Α/Α: TG-1

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΕΡΠΗΝΤΙΝΙΔΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΣΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ha, ha.r)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	m	Σ. Διατάραξης (J)	Φ. Βάρους (MN/m ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για
45 - 60	55.0	20	0.0	0.026	400	Σήραγγες

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ :	C / σ_c	C (Μpa)	ψ (°)	E (Μpa)
	0.032 - 0.042	1.785 - 2.283	42 - 46	5581 - 13188



ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kaiser - Bowden, 1995. Hoek - Brown, 1997. Hoek - Marinos - Benissi, 1998.
Hoek - Marinos 2000. Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Torres - Corkum, 2002)
(RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002) - Rocscience Inc. (2002))

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ: ΣΗΦΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

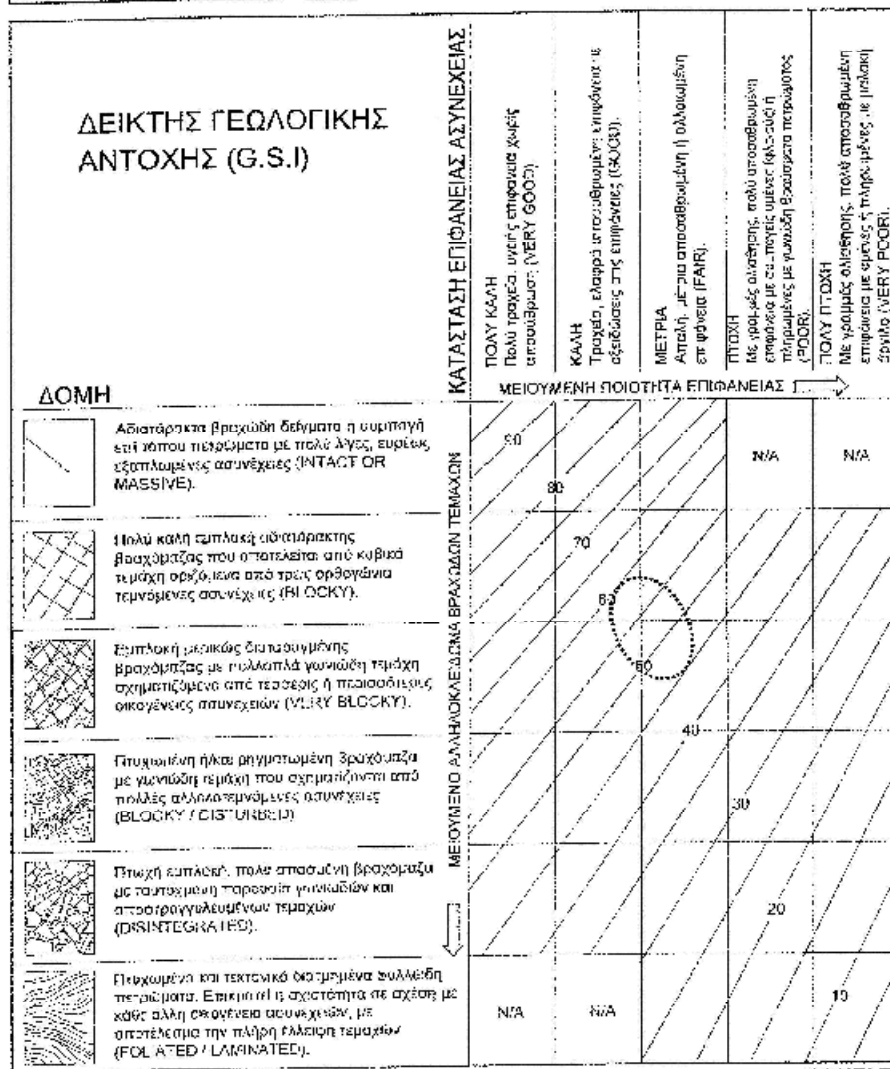
Α/Α: TG-1

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΕΡΠΗΝΤΙΝΙΩΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΣΒΟΥΡΓΙΤΕΣ (ha, ha-r)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	m	Σ. Διατάραξης (I)	Φ. Βάρους (MN/m ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για
45 - 60	55.0	20	0.0	0.026	400	Σήραγγες

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ :	σ / σ_c	C (Μpa)	ϕ (°)	E (Μpa)
	0.032 - 0.042	1.785 - 2.283	42 - 46	5581 - 13188



ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kaiser - Bowden, 1995. Hoek - Brown, 1997. Hoek - Marinos - Benissi, 1998.
Hoek - Marinos 2000. Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Torres - Corakum, 2002)
[RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002) - Rocscience Inc. (2002)]

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΑΡΟΜΟΥ

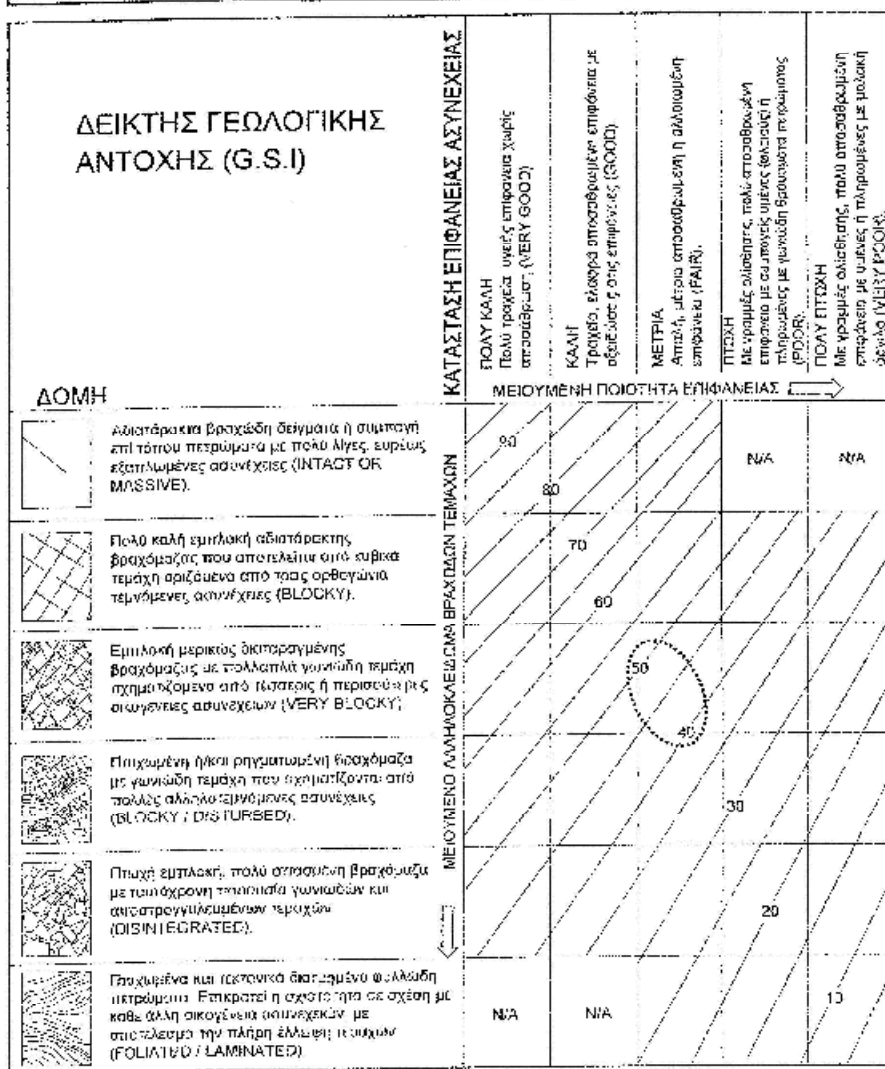
Α/Α **TG-2**

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΗΣ (se)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	m	Σ. Διατάραξης (i)	Φ. Βάρος (MN/m ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για:
58 - 62	41.0	15	0.0	0.028	515	Σήραγγες

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ :	C / σ_c	C (Μpa)	ϕ (°)	E (Μpa)
	0.033 - 0.041	1.347 - 1.699	35 - 39	3209 - 7184



© Rocscience 2011

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kaiser - Bawden, 1995, Hoek - Brown, 1997, Hoek - Marinos - Benissi, 1999, Hoek - Marinos 2000, Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Torres - Corkum, 2002) [RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002) - Rocscience Inc. (2002)]

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

Α/Α: TG-3

ΘΕΣΗ:


ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΗΝΤΙΝΙΤΗΣ (σε.α)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	m	Σ. Διατάραξης (D)	Φ. Ηκρός (MN/m ²)	Υψος (m)	Εφαρμογή για:
28 - 38	19.0	8	0.0	0.028	410	Σηραγγές


ΑΙΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ :	C / σ_c	C (Μpa)	φ (°)	E (Μpa)
	0.03 - 0.037	0.57 - 0.702	23 - 25	1229 - 2185

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (G.S.I)


ΔΟΜΗ




Α.Δ.σπάρκα βραχώδη δείγματα ή σωματίδια επί τόπου πετρώματα με πολύ λίγες, αυθόρμητες ερασιγενείς ασυνέχειες (INTACT OR MASSIVE).




Πολύ καλή εμπλεκή αδιάτακτικης βραχώδους που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες ασυνέχειες (BLOCKY).




Εμπλεκή, μερικώς διαταραχθέντες βραχώδεις με πολλαπλά μωσαϊκή τεμάχια σχηματισμένα από δύο ή περισσότερες οριζόμενες ασυνέχειες (VERY BLOCKY).



Επιχωρήσει ή/και ρηγματωμένη βραχώδης με γωνιακή τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες ασυνέχειες (BLOCKY / DISTURBED).



Πολύ εμπλεκή, καλή σπασμένη βραχώδης με ταυτόχρονη παρουσία γωνιακών και α-εστρωγυλευμένων τεμαχίων (DISINTEGRATED).



Περιορισμένα και/ή μερικώς διαταραχθέντα φιλλιωτά πετρώματα. Επικρατεί η σχέση με κάθε άλλη οικογένεια ασυνεχών, με αποτέλεσμα την πλήρη έλλειψη τεμαχίων (FOLIATED / LAMINATED).

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ

ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ
Πολύ τεμάχια, ινέες επιφάνεια χωρίς αποσπάρματα (VERY GOOD).

ΚΑΛΗ
Τεμάχια, κάποια αποσπάρματα επιφάνεια με ελαφρώς τις επιφάνειες (GOOD).

ΜΕΤΡΙΑ
Απολή, μετρία αποσπάρματα ή αλληλοτεμνόμενα επιφάνεια (FAIR).

ΠΟΧΕΡΗ
Με γωνιακά αλληλοτεμνόμενα, πολύ αποσπάρματα επιφάνεια με γωνιακά αλληλοτεμνόμενα τεμάχια (POOR).

ΠΟΛΥ ΠΟΧΕΡΗ
Με γωνιακά αλληλοτεμνόμενα, πολύ αποσπάρματα επιφάνεια με γωνιακά αλληλοτεμνόμενα τεμάχια (VERY POOR).

ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

↓

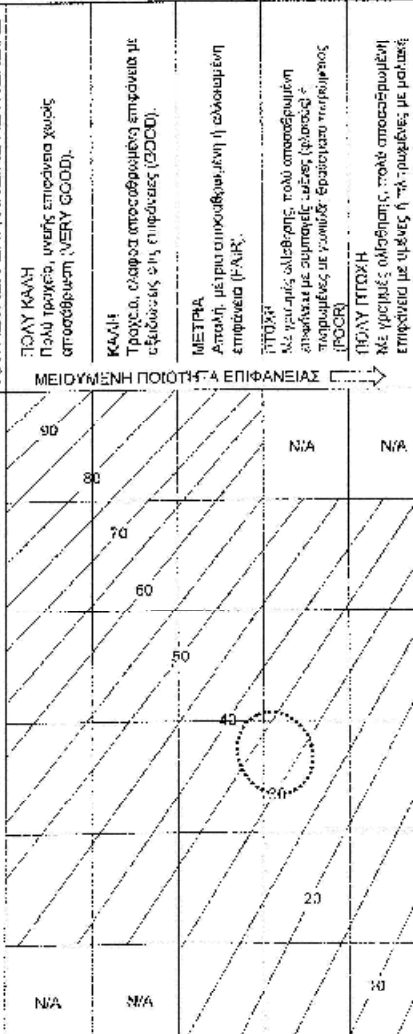
ΜΕΙΩΜΕΝΟ ΑΔΙΑΤΑΚΤΙΚΟ ΒΡΑΧΩΔΕΩΣ ΤΕΜΑΧΙΟΝ

↑

ΜΕΙΩΜΕΝΟ ΑΔΙΑΤΑΚΤΙΚΟ ΒΡΑΧΩΔΕΩΣ ΤΕΜΑΧΙΟΝ

↓

	90	80	70	60	50	40	30	20	10
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kaiser - Bowden, 1995, Hoek - Brown, 1997, Hoek - Marinos - Benissi, 1998, Hoek - Marinos 2000, Βελτιωμένη κατά Hoek - Carratiza - Torres - Corkum, 2002) [RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002) - Rocscience Inc. (2002)]

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

Δ/Α: TG-4

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΒΑΣΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ (vo)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	m	Σ. Διατάραξης (D)	Φ. Βάρους (MN/m ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για:
35 - 45	22.0	13	0.0	0.026	440	Σηράγγες

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ :	C / σ_c	C (Μpa)	φ (°)	E (Μpa)
	0.04 - 0.047	0.873 - 1.038	29 - 32	1978 - 3517

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (G.S.I)

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ

ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ
Πολύ πρακτικά, υψηλά σπασίματα χωρίς επεξεργασία (VERY GOOD).

ΚΑΛΗ
Τραχιό ή, ελαφρώς αποσβεσμένοι σπασίματα με εφελκυστικές σπ. επιφάνειες (GOOD).

ΜΕΤΡΙΑ
Απόδη, μέτρια αποσβεσμένη ή υδατοφόρη επιφάνειες (FAIR).

ΠΟΧΕΡΗ
Με γραμμές, κλίση, ή/και αποσβεσμένη επιφάνεια σε οριζόντιες κλίσεις (πολύς ή μέτριος) με γωνιακό θραύση (πολύ ή μέτριο) (POOR).

ΠΟΛΥ ΠΟΧΗ
Με γραμμές κλίση, ή/και αποσβεσμένη επιφάνεια με υδατές ή πληρωμένες με πηλαιο θραύση (VERY POOR).

ΔΟΜΗ

Αδιάτακτα βραχώδη δείγματα ή σημαντική επί τόπου τρωμάρι με πολύ λίγες, ευρείως εξοπλισμένες ασυνέχειες (INTACT OR MASSIVE).

Πολύ καλή επιτοκή αδιάτακτης βραχώδους που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεταμένες ασυνέχειες (BLOCKY).

Επιτοκή μερικώς διαταραγμένης βραχώδους με πολλαπλά γωνιώδη τεμάχια σχηματιζόμενα από τρεις ή περισσότερες οριζόντιες ασυνέχειες (VERY RI BLOCKY).

Γραμμένη ή/και ρηγματωμένη βραχώδους με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεταμένες ασυνέχειες (BLOCKY / DISTURBED).

Γραμμή επιτοκή, πολύ ορατή βραχώδους με ταυτόχρονη παρουσία γωνιωδών και αποσβεσμένων τεμαχίων (DISINTEGRATED).

Γραμμή και τεκτονικά διατηρημένα φυλλώδη τεμάχια. Εμφανίζεται η σχετικότητα σε σχέση με κάθε άλλη οικογένεια ασυνέχειων, με απαύλεση την πλήρη έλλειψη τεμαχίων (FOLIATED / AMIBATED).

ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΑΛΛΗΛΟΚΛΕΙΔΩΜΑ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ

	90	80	70	60	50	40	30	20	10
N/A									
N/A									
N/A									
N/A									
N/A									
N/A									
N/A									
N/A									
N/A									

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kalzer - Bowden, 1995. Hoek - Brown, 1997. Hoek - Marinos - Benissi, 1998. Hoek - Marinos 2000. Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Torres - Corkum, 2002) [RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002) - Rocscience Inc. (2002)]

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΙΕ: ΧΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

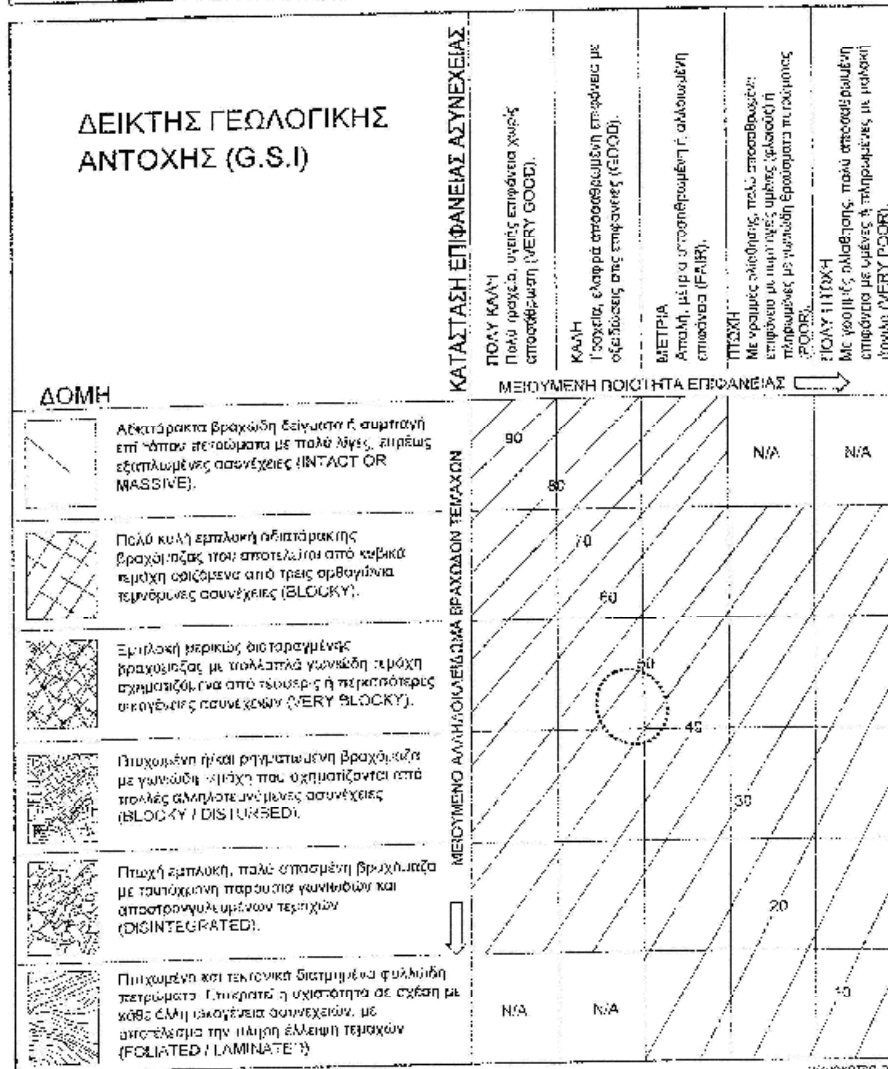
Α/Α: TG-5

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΟΚΕ ΡΑΤΟΛΙΘΟΙ (sh)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	m	Σ. Διαστρέψης (D)	Φ. Βάρους (ΜΝ/Μ ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για:
44 - 54	35.0	17	0.0	0.028	360	Σηραγγές

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ:	C / σ_c	C (Μpa)	ϕ (°)	E (Μpa)
	0.033 - 0.038	1.167 - 1.373	39 - 42	4188 - 7448



ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΣΤΕ

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

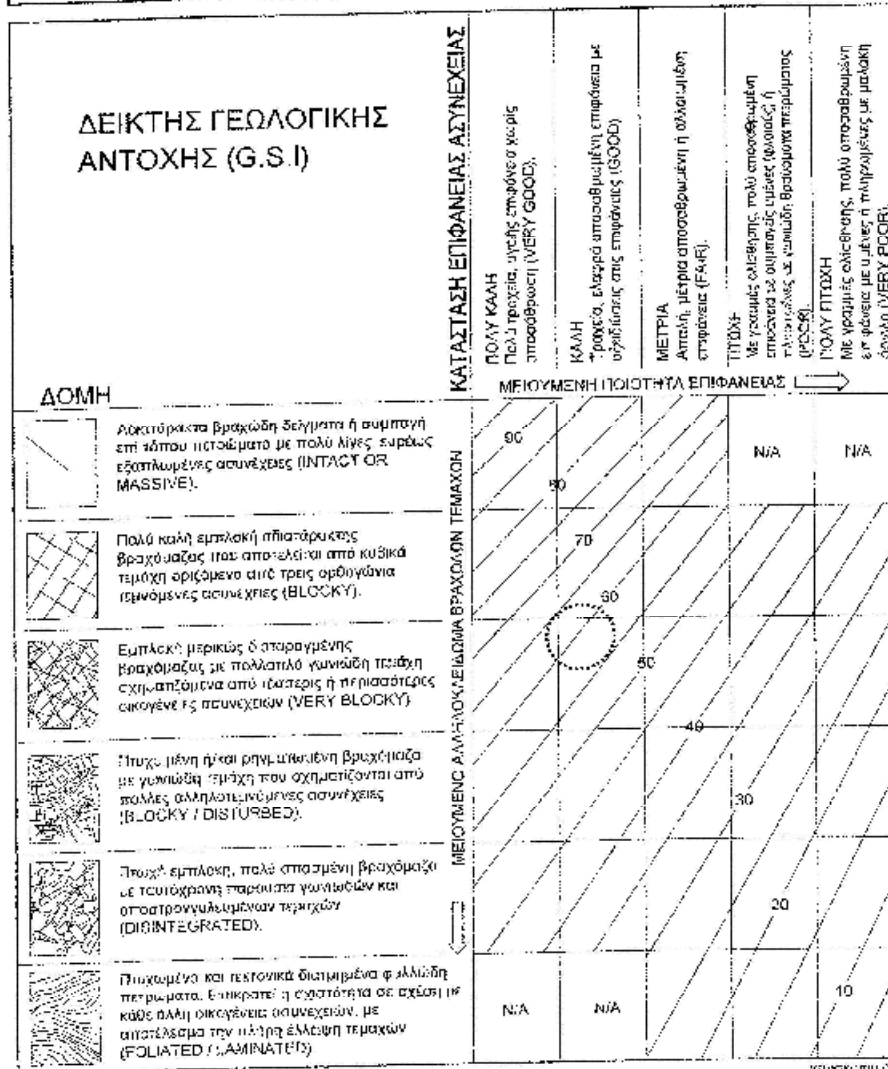
(Κατά Hoek - Kaiser - Bowden, 1985. Hoek - Brown, 1997. Hoek - Marinos - Berisli, 1998.
Hoek - Marinos 2000. Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Tomas - Corkum, 2002)
[RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002); - Rocscience Inc. (2002)]

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΙΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ
Α/Α: TG-6 ΘΕΣΗ:

ΔΙΔΟΛΟΓΙΑ: ΙΔΥΡΑΧΙΚΟΙ ΑΣΦΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (κ)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	m_i	Σ. Διατάραξης (D)	φ. Βάρους (MN/m ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για:
55 - 65	68.0	12	0.0	0.026	366	Σήραγγες

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	C / σ_c	C (Μpa)	ϕ (°)	E (Μpa)
	0.025 - 0.032	1.694 - 2.194	45 - 47	10997 - 19555



ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kaiser - Bawden, 1995. Hoek - Brown, 1997. Hoek - Marinos - Benissi, 1998
Hoek - Marinos 2000. Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Torres - Corkum, 2002)
[RocLab, ver. 1.003 (26/7/2002) - Rocscience Inc. (2002)]

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

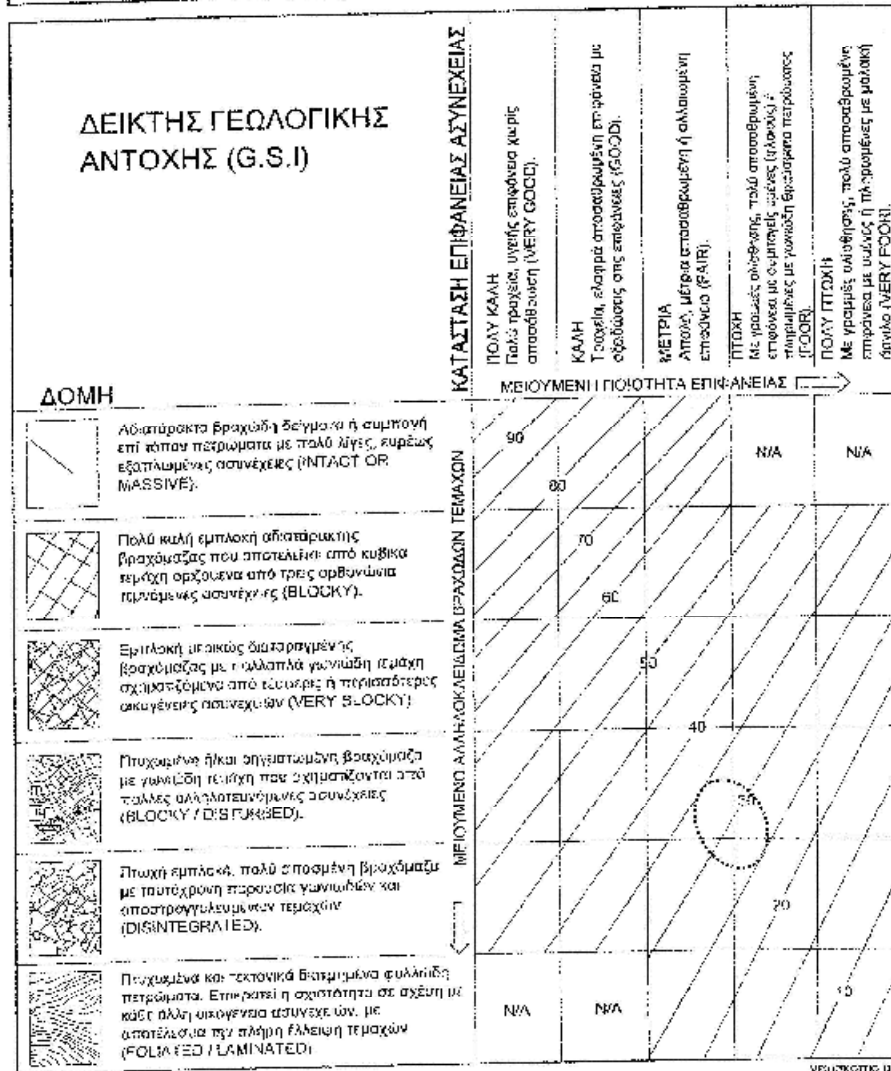
Α/Α: TG-7

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΛΣΗΣΣΤΟΛΩΘΩΝ (κ.β)

G.S.I.	σ_c (Μρα)	μ	Σ. Διαστράξης (D)	φ. Βάρος (MN/m ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για.
25 - 35	68,0	0	Π 0	0,026	32Π	Σηραγγές

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ:	C / σ_c	C (Μρα)	φ (°)	E (Μρα)
	0.011 - 0.014	0.766 - 0.974	33 - 37	1956 - 3477



ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

(Κατά Hoek - Kaiser - Rawden, 1995. Hoek - Brown, 1997. Hoek - Marinos - Benissi, 1998.
Hoek - Marinos 2000. Βελτιωμένη κατά Hoek - Carranza - Torres - Corkum, 2002)
[RocLab, ver. 1.003 (25/7/2002) - Rocscience Inc. (2002)]

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ

Α/Α: TG-8

ΘΕΣΗ:

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (sz)

G.S.I.	σ_c (Μpa)	mi	Σ Διατάραξης (D)	Φ. Βάρος (MN/m ³)	Υψος (m)	Εφαρμογή για:
15 - 25	4.5	7	0.0	0.026	510	Σήραγγες
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ :			C / σ_c	C (Μpa)	φ (°)	E (Μpa)
			0.052 - 0.070	0.235 - 0.316	10 - 12	283 - 503

ΔΟΜΗ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ	ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ			
		90	80	70	60
<p>Αδυσάρακτα βραχώδη δείγματα ή συμπαγή επί τόπου πετρώματα με πολύ λίγες, ευρέως εξαπλωμένες ασυνεχείες (INTACT OR MASSIVE).</p>	<p>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ παχιά, υγιής επιφάνεια χωρίς αποσπάρση (VERY GOOD).</p> <p>ΚΑΛΗ Τραχεία, ελαφρά αποσπάρσιμη επιφάνεια με οξείδια στις επιφάνειες (GOOD).</p> <p>ΜΕΤΡΙΑ Απακή, μέτρια αποσπάρσιμη ή αλλοιωμένη επιφάνεια (FAIR).</p> <p>ΠΕΣΧΗ Με γραμμές σπινθηρίσματος, πολύ αποσπάρσιμη επιφάνεια με συμπιεστές υμέτες (πορώση) ή παραμένει με γυαλώδη διασπάρση πετρώματος (POOR).</p> <p>ΠΟΛΥ ΠΕΣΧΗ Με κομμάτια ολισθήσεως, πολύ αποσπάρσιμη επιφάνεια με υμέτες ή πλ. βραχίονες με κομμάτια (VERY POOR).</p>	N/A	N/A	N/A	N/A
<p>Πολύ καλή εμπλοκή αδυσάρακτες βραχώμαζας που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες ασυνεχείες (BLOCKY).</p>					
<p>Εμπλοκή μερικώς διαταραγμένης βραχώμαζας με πολλαπλά γωνιώδη τεμάχια σχηματιζόμενα από τέσσερις ή περισσότερες ασυνεχείες (VERY BLOCKY).</p>					
<p>Υπερχωμένη ή/και μημιαποιημένη βραχώμαζα με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες ασυνεχείες (BLOCKY TO DISINTEGRATED).</p>					
<p>Γνωχή εμπλοκή, παύση στασιμενη βραχώμαζα με ταυτάχρονη παρουσία γωνιωδών και αποσπάρσιμων τεμαχίων (DISINTEGRATED).</p>					
<p>Γεωγραφικά και τεκτονικά διατηρημένα φυλλάδια πετρώματα. Επικρατεί η σχετικότητα σε σχέση με κάθε άλλη οικογένεια ασυνεχειών, με αποτέλεσμα την πλήρη έλλειψη τεμαχίων (LAMINATED).</p>					

γεωσφ-10-01

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV

πίνακες στατιστικής επεξεργασίας
α. τιμών RQD, β. μονοαξονικής θλίψης σ_{ci}

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΙΑ ΚΑΛΑΜΑΡΓΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΙΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΧΑΡΤΖΟΥΡΓΙΤΕΣ (ha, ha.r, ha.c)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L'RQD
	ΑΡΟ	ΕΩΣ				

ΣΥΝΟΛΟ	37.40	1672.00
Μ.Ο. R.Q.D %	45	

KT-5	433.00	434.10	40	ha.r	1.10	44.00
KT-5	434.10	435.40	20	ha.r	1.30	26.00
KT-5	435.40	435.50	10	ha.r	0.10	1.00
KT-5	445.50	446.60	45	ha.r	1.10	49.50
KT-5	446.60	448.00	35	ha.r	1.40	49.00
KT-5	448.00	448.80	15	ha.r	0.80	12.00
KT-5	448.80	450.50	55	ha.r	1.70	93.50
KT-5	450.50	451.40	20	ha.r	0.90	18.00
KT-5	451.40	454.40	45	ha.r	3.00	135.00
KT-5	451.40	453.90	40	ha.r	2.50	100.00
KT-5	453.90	455.45	45	ha.r	1.55	69.75
KT-5	455.45	457.10	70	ha.r	1.65	115.50
KT-5	457.10	458.25	40	ha.r	1.15	46.00
KT-5	458.25	459.90	35	ha.r	1.65	57.75
KT-5	459.90	461.50	20	ha.r	1.60	32.00
KT-5	462.20	463.00	20	ha.r	0.80	16.00
KT-5	463.00	464.25	50	ha.r	1.25	37.50
KT-5	464.25	465.20	40	ha.r	0.95	38.00
KT-5	465.20	466.70	75	ha.r	1.50	112.50
KT-5	466.70	468.25	40	ha.r	1.55	62.00
KT-5	468.25	469.70	70	ha.r	1.45	101.50
KT-5	469.70	471.10	45	ha.r	1.40	63.00
KT-5	471.10	472.60	70	ha.r	1.50	105.00
KT-5	472.60	476.10	40	ha.r	3.50	140.00
KT-5	476.10	476.20	20	ha.r	0.10	2.00
KT-5	477.20	477.40	20	ha.r	0.20	4.00
KT-5	477.40	478.90	65	ha.r	1.50	127.50
KT-5	478.90	479.10	70	ha.r	0.20	14.00

ΥΣΩΦΟΤΗΣ ΟΤΕ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΕΡΠΙΝΤΙΝΙΤΕΣ (se)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L ² RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				

ΣΥΝΟΛΟ	119.00	4259.10
Μ.Ο. R.Q.D %	36	

BT-4B	406.00	409.50	0	se	4.50	0.00
BT-4B	409.50	410.20	47	se	0.70	32.90
BT-4B	410.20	410.80	30	se	0.60	18.00
BT-4B	410.80	411.50	0	se	0.70	0.00
BT-4B	411.50	412.40	12	se	0.90	10.80
BT-4B	412.40	413.30	20	se	0.90	18.00
BT-4B	413.30	413.60	0	se	0.20	0.00
BT-4B	415.00	415.30	0	se	0.30	0.00
BT-4B	415.30	416.30	14	se	1.00	14.00
BT-4B	416.30	416.70	0	se	0.40	0.00
BT-4B	416.70	418.10	50	se	1.40	70.00
BT-4B	418.10	418.80	67	se	0.70	48.90
BT-4B	418.80	419.20	34	se	0.40	13.60
BT-4B	419.20	420.00	0	se	0.80	0.00
BT-4B	420.00	421.30	50	se	1.30	65.00
BT-4B	421.30	422.70	77	se	1.40	107.80
BT-4B	422.70	424.30	61	se	1.00	97.50
BT-4B	424.30	425.00	10	se	0.70	7.00
BT-4B	425.00	425.20	25	se	0.20	5.00
BT-4B	425.20	426.60	17	se	1.40	23.80
BT-4B	426.60	427.80	22	se	1.20	26.40
BT-4B	427.80	429.10	8	se	1.30	10.40
BT-4B	429.10	430.40	21	se	1.30	27.30
BT-4B	430.40	431.70	49	se	1.30	63.70
BT-4B	431.70	433.10	9	se	1.40	12.60
BT-4B	433.10	434.30	23	se	1.20	27.60
BT-4B	434.30	435.70	0	se	1.40	0.00
BT-4B	435.70	436.60	41	se	0.80	32.80
BT-4B	436.60	438.20	0	se	2.70	0.00
BT-4B	438.20	440.20	20	se	1.00	20.00
BT-4B	440.20	442.80	0	se	2.70	0.00
BT-4B	442.80	444.30	40	se	1.40	64.40
BT-4B	444.30	445.60	33	se	1.30	42.90
BT-4B	445.60	448.50	20	se	2.90	58.00
BT-4B	448.50	449.30	10	se	0.80	8.00
BT-4B	449.30	451.00	28	se	1.70	46.75
KT-3	414.80	415.20	20	se	0.40	8.00
KT-3	415.20	418.70	55	se	1.50	82.50
KT-3	416.70	417.90	0	se	1.20	0.00
KT-3	417.90	419.40	10	se	1.50	15.00
KT-3	419.40	420.90	60	se	1.50	90.00
KT-3	420.90	422.60	65	se	1.60	104.00
KT-3	422.50	424.00	75	se	1.50	112.50
KT-3	424.00	425.60	55	se	1.60	88.00
KT-3	437.50	438.10	30	se	0.60	18.00
KT-3	438.10	439.50	50	se	1.40	70.00
KT-4	412.40	416.80	0	se	4.40	0.00
KT-4	416.80	417.10	20	se	0.30	6.00
KT-4	419.00	419.10	45	se	0.10	4.50

γεωλόγος ΓΓΣ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΙΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΕΣ (se)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L·RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				
KT-4	419.10	420.50	30	se	1.40	42.00
KT-4	420.50	422.00	0	se	1.50	0.00
KT-4	431.00	435.90	0	se	4.90	0.00
KT-4	444.50	445.50	0	se	1.00	0.00
KT-4	445.50	446.80	17	se	1.30	22.10
KT-4	446.80	447.30	40	se	0.50	20.00
KT-4	447.30	448.60	15	se	1.30	19.50
KT-4	448.60	450.30	60	se	1.70	102.00
KT-4	450.30	451.20	65	se	0.90	58.50
KT-4	451.20	452.00	25	se	0.80	20.00
KT-4	452.00	452.60	30	se	0.60	18.00
KT-4	455.20	456.70	55	se	1.50	82.50
KT-4	456.70	460.00	45	se	3.30	148.50
KT-5	479.10	480.50	70	se	1.40	98.00
KT-5	480.50	482.10	30	se	1.60	48.00
KT-5	482.10	485.25	70	se	3.15	220.50
KT-5	485.25	490.70	65	se	1.45	94.25
KT-5	486.70	488.10	80	se	1.40	112.00
KT-5	488.10	489.70	35	se	1.60	56.00
KT-5	489.70	491.10	70	se	1.40	98.00
KT-5	491.10	492.60	55	se	1.50	82.50
KT-5	492.60	495.60	70	se	3.00	210.00
KT-5	495.60	497.10	60	se	1.50	90.00
KT-5	497.10	498.60	80	se	1.50	120.00
KT-5	498.60	500.30	75	se	1.70	127.50
KT-5	500.30	501.80	80	se	1.50	120.00
KT-5	501.80	503.20	60	se	1.40	84.00
KT-5	503.20	504.80	65	se	1.60	104.00
KT-5	504.80	506.25	55	se	1.45	79.75
KT-5	506.25	507.75	80	se	1.50	120.00
KT-5	507.75	509.40	45	se	1.65	74.25
KT-5	509.40	510.75	50	se	1.35	67.50
KT-5	510.75	512.10	40	se	1.35	54.00
KT-5	512.10	515.30	30	se	3.20	96.00

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΟΛΙΤΗ ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΙΤΗΣ (se.s)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L*RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				

ΣΥΝΟΛΟ	105,10	3070,35
M.O. R.Q.D %	30	

BT-4A	94.00	94.60	58	se.s	0.60	40.80
BT-4A	94.60	96.80	72	se.s	2.20	158.40
BT-4A	96.80	97.30	05	se.s	0.50	32.50
BT-4A	97.30	99.60	25	se.s	2.20	55.00
BT-4A	99.60	100.70	5	se.s	1.20	6.00
BT-4A	100.70	110.70	0	se.s	10.00	0.00
BT-6	110.00	111.50	66	se.s	1.50	82.50
BT-6	111.50	117.50	5	se.s	6.00	30.00
BT-6	117.50	118.20	12	se.s	0.70	8.40
BT-6	118.20	119.00	55	se.s	0.80	44.00
BT-6	119.00	120.40	68	se.s	1.40	81.20
BT-6	120.40	121.50	38	se.s	1.10	41.80
BT-6	121.50	123.50	30	se.s	2.00	60.00
BT-6	123.50	126.40	45	se.s	2.90	130.50
BT-6	126.40	127.00	10	se.s	0.60	6.00
BT-6	127.00	127.80	10	se.s	0.80	8.00
BT-6	127.80	129.40	98	se.s	1.60	80.80
BT-6	129.40	130.80	75	se.s	1.40	105.00
BT-6	130.80	132.40	15	se.s	1.60	24.00
BT-6	132.40	133.90	50	se.s	1.50	75.00
BT-6	133.90	134.00	30	se.s	0.10	3.00
BT-6	134.00	135.40	30	se.s	1.40	42.00
BT-6	135.40	137.00	5	se.s	1.60	8.00
BT-6	137.00	140.00	10	se.s	3.00	30.00
BT-6	140.00	141.30	10	se.s	1.30	13.00
BT-6	141.30	142.90	5	se.s	1.60	8.00
BT-6	142.90	143.50	25	se.s	0.60	15.00
BT-6	143.50	144.20	66	se.s	0.70	38.50
BT-6	144.20	145.60	15	se.s	1.40	21.00
BT-6	145.60	145.90	90	se.s	0.30	27.00
BT-6	145.90	147.40	15	se.s	1.50	22.50
BT-6	147.40	148.90	30	se.s	1.50	45.00
BT-6	148.90	150.40	8	se.s	1.50	12.00
BT-6	150.40	151.80	5	se.s	1.40	7.00
BT-6	151.80	153.40	10	se.s	1.60	16.00
BT-6	153.40	154.80	8	se.s	1.40	11.20
BT-6	154.80	156.40	35	se.s	1.60	56.00
BT-6	156.40	157.00	5	se.s	0.60	3.00
BT-6	157.00	159.20	5	se.s	2.20	11.00
BT-6	159.20	160.40	26	se.s	1.20	30.00
BT-6	160.40	160.60	5	se.s	0.20	1.00
BT-6	160.60	161.00	35	se.s	0.40	14.00
BT-6	161.00	162.20	35	se.s	1.20	42.00
BT-6	162.20	163.00	10	se.s	0.80	8.00
BT-6	163.00	164.00	10	se.s	1.00	10.00
BT-6	164.00	165.00	5	se.s	1.00	5.00
BT-6	165.00	165.80	10	se.s	0.80	8.00
BT-6	165.80	166.50	5	se.s	0.70	3.50
BT-6	166.50	167.50	75	se.s	1.00	75.00

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΥΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΠΗΝΙΝΙΤΕΣ (se.s)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L ² RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				
BT-6	167.50	168.50	45	se.s	1.00	45.00
BT-6	168.50	170.00	30	se.s	1.50	45.00
KT-2	298.50	297.00	35	so.s	1.50	52.50
KT-2	297.00	298.60	60	se.s	1.60	80.00
KT-2	298.60	300.00	85	se.s	1.40	119.00
KT-2	300.00	301.60	65	se.s	1.60	104.00
KT-2	301.60	303.00	90	se.s	1.40	126.00
KT-2	303.00	304.50	50	se.s	1.50	75.00
KT-2	304.50	306.00	55	se.s	1.50	82.50
KT-2	306.00	307.50	70	se.s	1.50	105.00
KT-2	307.50	309.00	80	se.s	1.50	120.00
KT-2	309.00	310.50	45	se.s	1.50	67.50
KT-2	310.50	312.00	30	se.s	1.50	45.00
KT-2	312.00	315.00	50	se.s	3.00	150.00
KT-3	441.10	441.25	55	so.s	0.15	8.25
KT-3	441.25	442.70	35	se.s	1.45	50.75
KT-3	461.90	463.20	50	so.s	1.30	65.00
KT-3	463.20	463.60	20	se.s	0.40	8.00
KT-3	464.70	464.75	20	se.s	0.05	1.00
KT-3	464.75	466.30	55	se.s	1.55	85.25

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΒΑΣΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ (vo)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L ² RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				

ΣΥΝΟΛΟ	30.30	1746.75
Μ.Ο. R.Q.D %	58	

KT-2	316.60	318.00	55	vo	1.40	77.00
KT-2	318.00	319.50	50	vo	1.50	75.00
KT-2	319.50	321.00	30	vo	1.50	45.00
KT-2	321.00	322.50	20	vo	1.50	30.00
KT-2	322.50	324.00	40	vo	1.50	60.00
KT-2	324.00	325.50	55	vo	1.50	82.50
KT-2	325.50	327.70	40	vo	2.20	88.00
KT-3	442.70	444.40	70	vo	1.70	119.00
KT-3	444.40	445.90	75	vo	1.50	112.50
KT-3	445.90	450.80	70	vo	4.90	343.00
KT-3	450.80	452.40	75	vo	1.60	120.00
KT-3	452.40	453.90	60	vo	1.50	90.00
KT-3	453.90	457.00	70	vo	3.10	217.00
KT-3	457.00	458.65	65	vo	1.65	107.25
KT-3	458.65	460.10	50	vo	1.45	72.50
KT-3	460.10	461.90	60	vo	1.80	108.00

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΦΙΛΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ (sh)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L ² RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				

ΣΥΝΟΛΟ	14.00	344.50
Μ.Ο. R.Q.D %	25	

KT-2	327.70	328.00	40	sh	0.30	12.00
KT-2	328.00	329.70	30	sh	1.70	51.00
KT-2	329.70	331.40	40	sh	1.70	68.00
KT-2	331.40	332.30	50	sh	0.90	45.00
KT-2	332.30	333.20	30	sh	0.90	27.00
KT-2	333.20	334.60	15	sh	1.40	21.00
KT-2	334.60	335.00	0	sh	0.40	0.00
KT-2	335.00	336.40	15	sh	1.40	21.00
KT-2	336.40	337.00	20	sh	0.60	12.00
KT-2	337.00	338.50	15	sh	1.50	22.50
KT-2	338.50	339.80	0	sh	1.30	0.00
KT-2	339.80	341.30	30	sh	1.50	45.00
KT-2	341.30	341.70	50	sh	0.40	20.00

ΥΕΛΩΚΟΤΟ ΟΤΕ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΔΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΜΙΔΡΩΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΞΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΙΟΥΡΑΛΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (kj)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L'RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				
ΣΥΝΟΛΟ					249.90	11829.20
Μ.Ο. R.Q.D %					47	

BT-3A	225.20	225.70	8	kj	0.50	2.50
BT-3A	225.70	226.60	25	kj	0.90	22.50
BT-3A	226.60	227.70	40	kj	1.10	44.00
BT-3A	227.70	229.60	15	kj	1.90	28.50
BT-3A	229.60	230.10	55	kj	0.50	27.50
BT-3A	230.10	235.40	38	kj	5.30	201.40
BT-3A	235.40	239.00	30	kj	3.60	108.00
BT-3A	239.00	240.20	45	kj	1.20	54.00
BT-3A	240.20	241.60	35	kj	1.40	49.00
BT-3A	241.60	244.60	50	kj	3.00	150.00
BT-3A	244.60	245.20	55	kj	0.60	33.00
BT-3A	245.20	247.70	70	kj	2.50	175.00
BT-3A	247.70	250.20	60	kj	2.50	125.00
BT-3A	250.20	250.60	3	kj	0.40	1.20
BT-3A	250.60	252.60	5	kj	2.00	10.00
BT-3A	252.60	254.00	45	kj	1.40	63.00
BT-3A	254.00	254.70	40	kj	0.70	28.00
BT-3A	254.70	256.50	15	kj	1.80	27.00
BT-3A	256.50	259.50	50	kj	3.00	150.00
BT-3A	259.50	260.00	53	kj	0.50	26.50
BT-3A	260.00	262.50	42	kj	2.50	105.00
BT-3A	262.50	265.00	10	kj	2.50	25.00
BT-3A	265.00	265.50	40	kj	0.50	20.00
BT-4	264.50	265.60	48	kj	1.10	52.80
BT-4	265.60	267.60	15	kj	2.00	30.00
BT-4	267.60	270.70	35	kj	3.10	108.50
BT-4	270.70	271.10	5	kj	0.40	2.00
BT-4	271.10	273.60	50	kj	2.50	125.00
BT-4	273.60	275.80	65	kj	2.20	143.00
BT-4	275.80	281.80	55	kj	6.00	330.00
BT-4	281.80	282.70	50	kj	0.90	45.00
BT-4	282.70	285.70	40	kj	3.00	120.00
BT-4	285.70	286.20	5	kj	0.50	2.50
BT-4	286.20	290.00	10	kj	3.80	38.00
BT-4	290.00	291.00	3	kj	1.00	3.00
BT-4	291.00	293.20	55	kj	2.20	121.00
BT-4	293.20	295.60	10	kj	2.40	24.00
BT-4	295.60	299.30	30	kj	3.70	111.00
BT-4	299.30	300.60	25	kj	1.30	32.50
BT-4	300.60	302.30	30	kj	1.70	61.00
BT-4	302.30	305.10	45	kj	2.80	126.00
BT-4	305.10	305.60	50	kj	0.50	25.00
BT-4	305.60	308.20	58	kj	2.60	150.80
BT-4	308.20	308.60	5	kj	0.40	2.00
BT-4	308.60	311.00	15	kj	2.40	36.00
BT-4	311.00	312.00	5	kj	1.00	5.00
BT-4	312.00	315.00	13	kj	3.00	39.00
BT-5A	305.40	307.40	65	kj	2.00	130.00
BT-5A	307.40	310.30	70	kj	2.90	203.00

ΥΕΛΩΚΟΤΗΤΟ DTE

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΟΓΟΛΟΓΙΑ: ΚΟΥΡΑΣΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (kj)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L ³ RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				
BT-5A	310.30	313.50	75	kj	3.20	240.00
BT-5A	313.50	315.30	60	kj	1.80	108.00
BT-5A	315.30	316.60	75	kj	1.30	97.50
BT-5A	316.60	319.50	60	kj	2.90	174.00
BT-5A	319.50	322.60	85	kj	3.10	263.50
BT-5A	322.60	324.50	75	kj	1.90	142.50
BT-5A	324.50	326.70	78	kj	1.20	93.60
BT-5A	326.70	328.60	75	kj	2.90	217.50
BT-5A	328.60	329.30	5	kj	0.70	3.50
BT-5A	329.30	329.70	30	kj	0.40	12.00
BT-5A	329.70	331.70	40	kj	2.00	80.00
BT-5A	331.70	334.60	50	kj	2.90	145.00
BT-5A	334.60	337.50	12	kj	2.90	34.80
BT-5A	337.50	340.00	45	kj	2.50	112.50
BT-5A	340.00	340.50	62	kj	0.50	31.00
BT-5A	340.50	343.00	20	kj	2.50	50.00
BT-5A	343.00	346.10	5	kj	3.10	15.50
BT-5A	346.10	347.50	22	kj	1.40	30.80
BT-5A	347.50	348.30	5	kj	0.80	4.00
BT-5A	348.30	350.30	8	kj	2.00	16.00
BT-5A	350.30	350.80	5	kj	0.50	2.50
BT-5A	350.80	351.60	30	kj	0.80	24.00
BT-5A	351.60	354.50	35	kj	2.90	101.50
K-1	119.80	122.50	70	kj	2.80	196.00
K-1	122.50	124.50	30	kj	1.90	57.00
K-1	124.50	127.00	90	kj	2.50	225.00
K-1	127.00	132.70	60	kj	5.70	342.00
K-1	132.70	138.80	63	kj	6.10	384.30
K-1	138.80	141.30	55	kj	2.60	137.50
K-1	141.30	144.00	35	kj	2.70	94.50
KT-1	192.70	194.30	30	kj	1.60	48.00
KT-1	194.30	195.90	35	kj	1.60	58.00
KT-1	195.90	197.50	30	kj	1.60	48.00
KT-1	197.50	199.50	40	kj	2.00	80.00
KT-1	199.50	200.80	0	kj	1.30	0.00
KT-1	200.80	203.30	55	kj	2.50	137.50
KT-1	203.30	209.40	70	kj	6.10	427.00
KT-1	209.40	212.20	55	kj	2.80	154.00
KT-1	212.20	214.30	75	kj	2.10	157.50
KT-1	214.30	215.50	70	kj	1.20	84.00
KT-1	215.50	218.30	75	kj	2.80	210.00
KT-1	218.30	221.40	85	kj	3.10	263.50
KT-1	221.40	224.40	05	kj	3.00	105.00
KT-1	224.40	227.50	70	kj	3.10	217.00
KT-1	227.50	230.50	50	kj	3.10	155.00
KT-1	230.50	231.50	65	kj	1.00	65.00
KT-1	231.50	233.40	80	kj	1.80	108.00
KT-1	233.40	238.50	65	kj	3.10	201.50
KT-1	238.50	237.80	30	kj	1.30	39.00
KT-1	237.80	239.30	35	kj	1.50	52.50
KT-1	239.30	240.70	55	kj	1.40	77.00
KT-1	240.70	242.40	40	kj	1.70	38.00
KT-1	242.40	243.70	0	kj	1.30	0.00

ΥΕΩΣΚΟΤΙΟ ΣΤΕ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΕΓΥΡΑΦΙΚΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ (K)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L.RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				
KT-1	243.70	245.50	55	kj	1.80	99.00
KT-1	245.50	248.40	35	kj	2.90	101.50
KT-1	248.40	251.00	25	kj	2.60	65.00
KT-1	251.00	254.00	0	kj	3.00	0.00
KT-1	254.00	254.90	20	kj	0.90	18.00
KT-1	254.90	257.20	60	kj	2.30	138.00
KT-1	257.20	260.10	50	kj	2.90	145.00
KT-2	341.70	342.60	50	kj	0.90	45.00
KT-2	342.60	344.00	85	kj	1.40	119.00
KT-2	344.00	347.30	90	kj	3.30	297.00
KT-2	347.30	348.80	70	kj	1.50	105.00
KT-2	348.80	350.40	75	kj	1.60	120.00
KT-2	350.40	351.70	70	kj	1.30	91.00
KT-2	351.70	353.20	85	kj	1.50	127.50
KT-2	353.20	354.80	70	kj	1.60	112.00
KT-2	354.80	355.40	75	kj	1.60	120.00
KT-2	356.40	357.80	80	kj	1.40	112.00
KT-2	357.80	359.30	85	kj	1.50	127.50
KT-2	359.30	360.10	90	kj	0.80	72.00

ΥΕΛΩΚΟΤΡΟ ΟΤΕ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ (kj, f)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L*RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				
ΣΥΝΟΛΟ					72.60	521.60
Μ.Ο. R.Q.D %					7	

BT-3A	265.50	268.20	22	kj	2.70	59.40
BT-3A	268.20	269.10	5	kj	0.90	4.50
BT-3A	269.10	273.30	22	kj	4.20	92.40
BT-3A	273.30	274.00	10	kj	0.70	7.00
BT-3A	274.00	275.00	5	kj	1.00	5.00
BT-4	253.20	256.50	5	kj	3.30	16.50
BT-4	257.40	264.50	5	kj	7.10	35.50
K-1	144.00	149.70	0	kj	5.70	0.00
BT-4	255.50	257.40	5	kj	0.90	4.50
BT-5	249.70	251.50	5	kj	1.80	9.00
BT-5	252.20	257.00	5	kj	4.80	24.00
BT-5	258.20	260.20	10	kj	2.00	20.00
BT-5	260.20	267.00	5	kj	6.80	34.00
BT-5	269.20	276.30	3	kj	7.10	21.30
BT-5	276.30	277.30	5	kj	1.00	5.00
BT-5	277.30	277.60	3	kj	0.30	0.90
BT-5	277.60	281.10	10	kj	3.50	35.00
BT-5	281.10	283.80	15	kj	2.70	40.50
BT-5	284.20	287.20	10	kj	3.00	30.00
BT-5	287.20	289.00	15	kj	1.80	27.00
BT-5	289.00	293.00	5	kj	4.00	20.00
BT-5	293.00	294.00	10	kj	1.00	10.00
BT-5	294.00	300.00	3	kj	6.00	18.00
BT-5	300.00	300.30	7	kj	0.30	2.10

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΤΕ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ RQD

ΕΡΓΟ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
 ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΣΤ (sz)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		R.Q.D %	ΣΥΜΒ.	ΜΗΚΟΣ (m) m	L ² RQD
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				

ΣΥΝΟΛΟ	59.96	1071.75
M.O. R.Q.D %	18	

BT-4B	404.40	405.00	25	sz	0.60	15.00
BT-4B	413.50	415.00	0	sz	1.50	0.00
KT-2	315.00	316.50	0	sz	1.50	0.00
KT-2	316.50	316.60	55	sz	0.10	5.50
KT-3	411.30	412.70	20	sz	1.40	28.00
KT-3	412.70	413.70	0	sz	1.00	0.00
KT-3	413.70	414.60	20	sz	1.10	22.00
KT-3	425.60	427.00	20	sz	1.40	28.00
KT-3	427.00	428.00	60	sz	1.00	60.00
KT-3	428.00	430.00	0	sz	2.00	0.00
KT-3	430.00	431.90	15	sz	1.90	28.50
KT-3	431.90	433.40	40	sz	1.50	60.00
KT-3	433.40	435.00	45	sz	1.60	72.00
KT-3	435.00	437.50	30	sz	2.50	75.00
KT-3	439.50	441.10	55	sz	1.60	88.00
KT-3	453.60	464.70	20	sz	1.10	22.00
KT-4	417.10	418.60	20	sz	1.50	30.00
KT-4	418.60	419.00	45	sz	0.40	18.00
KT-4	422.00	422.50	0	sz	0.50	0.00
KT-4	422.50	423.30	10	sz	0.80	8.00
KT-4	423.30	431.00	0	sz	7.70	0.00
KT-4	435.00	437.30	0	sz	1.40	0.00
KT-4	437.30	438.50	30	sz	1.20	36.00
KT-4	438.50	440.00	10	sz	1.50	15.00
KT-4	440.00	444.50	0	sz	4.50	0.00
KT-4	452.60	453.50	30	sz	0.90	27.00
KT-4	453.50	455.00	0	sz	1.50	0.00
KT-4	455.00	455.20	55	sz	0.20	11.00
KT-5	428.65	429.90	35	sz	1.25	43.75
KT-5	429.90	430.90	20	sz	1.00	20.00
KT-5	430.90	432.50	35	sz	1.00	56.00
KT-5	432.50	433.00	40	sz	0.50	20.00
KT-5	435.50	439.40	10	sz	0.90	9.00
KT-5	436.40	437.45	20	sz	1.05	21.00
KT-5	437.45	438.50	45	sz	1.05	47.25
KT-5	438.50	439.40	20	sz	0.90	18.00
KT-5	439.40	440.45	60	sz	1.05	63.00
KT-5	440.45	441.60	15	sz	1.15	17.25
KT-5	441.60	443.00	30	sz	1.40	42.00
KT-5	443.00	443.90	15	sz	0.90	13.50
KT-5	443.90	445.10	0	sz	1.20	0.00
KT-5	445.10	445.50	45	sz	0.40	18.00
KT-5	461.50	462.20	20	sz	0.70	14.00
KT-5	476.20	477.20	20	sz	1.00	20.00

ΥΠΩΧΡΩΣΗ ΔΙΑΤ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΧΑΡΙΖΜΟΥΡΓΤΕΣ (ha. ha. r) ΘΕΣΗ:

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ m	ΤΙΜΗ MPa
1	ΚΤ-5	446.2	23.49
2	ΚΤ-5	453.2	21.17
3	ΚΤ-5	456.7	25.34
4	ΚΤ-5	464.7	38.00
5	ΚΤ-5	465.5	26.73
6	ΚΤ-5	409.5	56.81
7	ΚΤ-5	471.5	72.81
8	ΚΤ-5	478.1	44.82
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			
126			
127			
128			
129			
130			

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	
	ΣΥΝΟΛΟ ΤΙΜΩΝ	ΑΥΤΟ ΑΘΑΙΡΕΣΗ (n > 25 MPa)
ΚΤ-5	39.20	44.82
ΣΥΝΟΛΟ	39.20	44.82
ΧΑΡΑΚΤ. ΤΙΜΗ (MPa)		45.00

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕΣ ΣΗΡΑΓΓΙΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΩΔΕΙΣ ΣΕΡΓ. (se,s) ΘΕΣΗ:

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ m	ΤΙΜΗ MPa
1	BT-4A	120.5	5.5
2	BT-4A	126.5	6.9
3	BT-4A	127.6	7.1
4	BT-6	120.7	0.1
5	BT-6	124.9	0.6
6	BT-6	127.9	22.7
7	BT-6	135.0	0.0
8	BT-6	142.4	42.5
9	BT-6	144.8	0.2
10	BT-6	147.0	0.1
11	BT-6	159.2	0.1
12	BT-6	162.0	0.1
13	BT-6	163.8	0.1
14	BT-6	166.8	48.0
15	KT-2	296.8	20.0
16	KT-2	302.2	19.9
17	KT-2	306.7	25.6
18	KT-2	313.1	19.0
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			
126			
127			
128			
129			
130			

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	
	ΣΥΝΟΛΟ ΤΙΜΩΝ	ΑΓΙΟ ΑΦΑΙΡΕΣΗ (qm = 5 MPa)
BT-4A	6.53	6.53
BT-6	11.25	30.60
KT-2	20.11	20.11
ΣΥΝΟΛΟ	12.63	16.08
ΧΑΡΑΚΤ. ΤΙΜΗ (MPa)		19.00

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΒΑΣΙΚΑ ΗΘΑΙΣΤΕΙΑΚΑ (vo) ΘΕΣΗ:

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ m	ΤΙΜΗ MPa
1	KT-2	321.5	20.0
2	KT-2	325.0	24.7
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			
126			
127			
128			
129			
130			

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	
	ΣΥΝΘΑΘ ΤΙΜΩΝ	ΑΠΟ ΑΦΑΙΡΕΣΗ
KT-2	22.40	
ΣΥΝΘΑΘ	22.40	
ΧΑΡΑΚΤ. ΤΙΜΗ (MPa)		22.40

ΥΕΩΣΚΟΠΙΟ ΕΤΕ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΣΧΙΣΤΟΚΡΑΤΙΟΛΙΘΟΙ (sh) ΘΕΣΗ:

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ m	ΤΙΜΗ MPa
1	ΚΤ-2	328.7	30.4
2	ΚΤ-2	330.7	49.5
3	ΚΤ-2	337.1	12.9
4	ΚΤ-2	340.3	26.3
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			
126			
127			
128			
129			
130			

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	
	ΣΥΝΟΛΟ ΤΙΜΩΝ	ΑΠΟ ΑΦΑΙΡΕΣΗ (qu > 15 MPa)
ΚΤ-2	29.77	35.10
ΣΥΝΟΛΟ	29.77	35.10
ΧΑΡΑΚΤ. ΤΙΜΗ (MPa)		35.10

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΕ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΜΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ

ΕΡΓΟ: ΕΡΓΟΣΕ: ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΩΔΙΟΜΟΥ ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΣΗΡΑΓΓΑ
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ: ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (sz) ΘΕΣΗ:

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ m	ΤΙΜΗ MPa
1	BT-4B	415.0	0.18
2	KT-4	419.0	4.97
3	KT-4	443.7	4.04
4	KT-3	427.3	8.30
5	KT-5	437.7	9.84
6	KT-5	440.0	0.34
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Α/Α	ΓΕΩΤΡ.	ΒΑΘΟΣ	ΤΙΜΗ MPa
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			
126			
127			
128			
129			
130			

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	
	ΣΥΝΟΛΟ ΤΙΜΩΝ	ΑΠΟ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ($\sigma_1 > 2 \text{ MPa}$)
BT-4B	0.20	
KT-4	4.50	4.50
KT-3	8.30	8.30
KT-5	5.09	9.84
ΣΥΝΟΛΟ	4.52	7.55
ΧΑΡΑΚΤ. ΤΙΜΗ (MPa)		4.50

ΥΕΛΩΚΩΤΙΔ ΟΤΕ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V
διαγράμματα



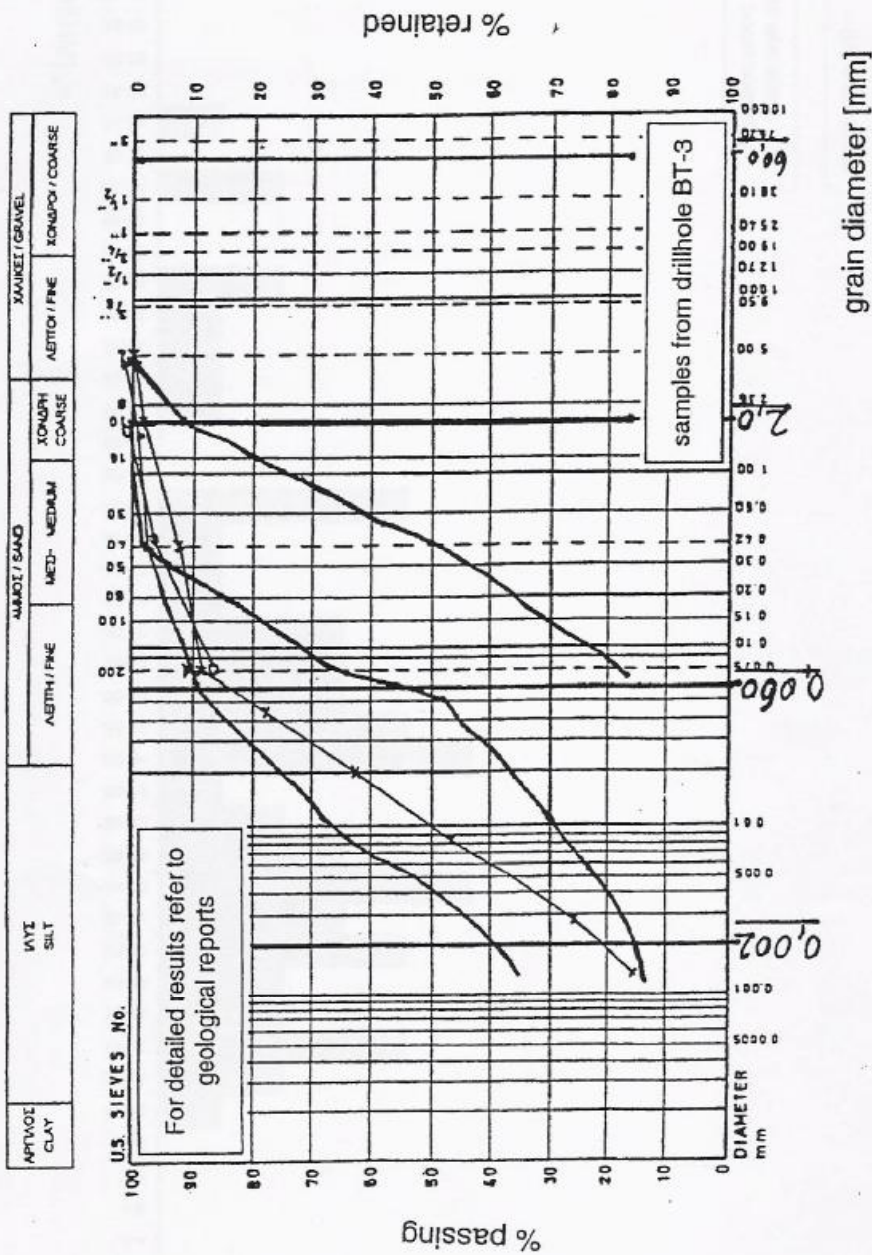
PROFESSOR DR.-ING. W. WITKE
Beratende Ingenieure für
GRUNDBAU UND FELSBAU GmbH
Henricistraße 50 52072 Aachen
Tel.: 0241/889870 Fax: 0241/8898733 email: wbi@wbionline.de

Σήραγγα Καλλιδρόμου

Τελική μελέτη
Τεχνική έκθεση

Επισ. 8.1

12/2003





PROFESSOR DR.-ING. W. WITKE
Beratende Ingenieure für
GRUNDBAU UND FELSBAU GmbH
Henricstraße 50 52072 Aachen

Tel.: 0241/889870 Fax: 0241/8898733 email: wbi@wbionline.de

Σήραγγα Καλλιδρόμου

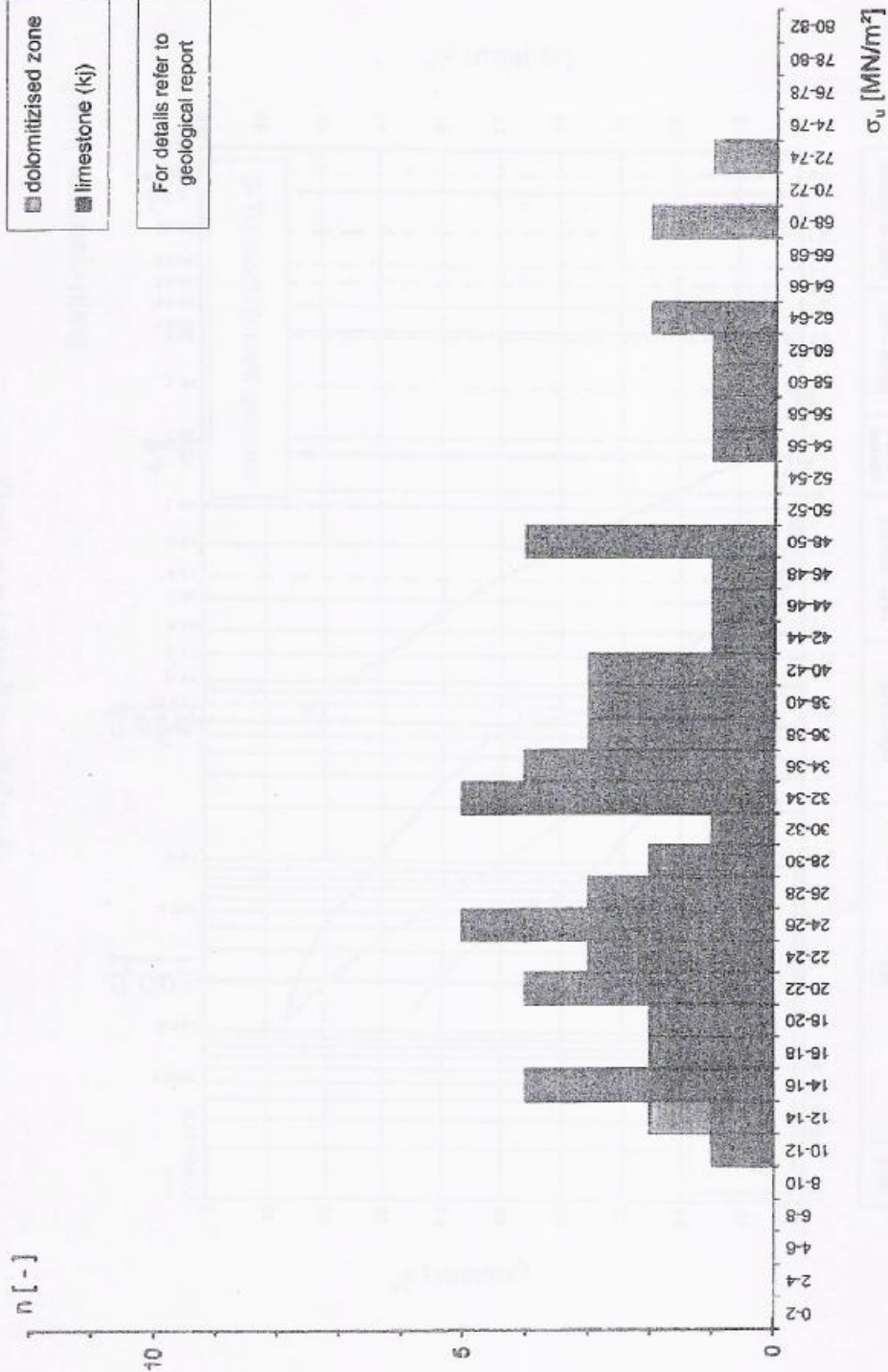
Τελική μελέτη
Τεχνική έκθεση

ΕΠΙΣ. 8.2

12/2003

dolomitized zone
limestone (kj)

For details refer to
geological report

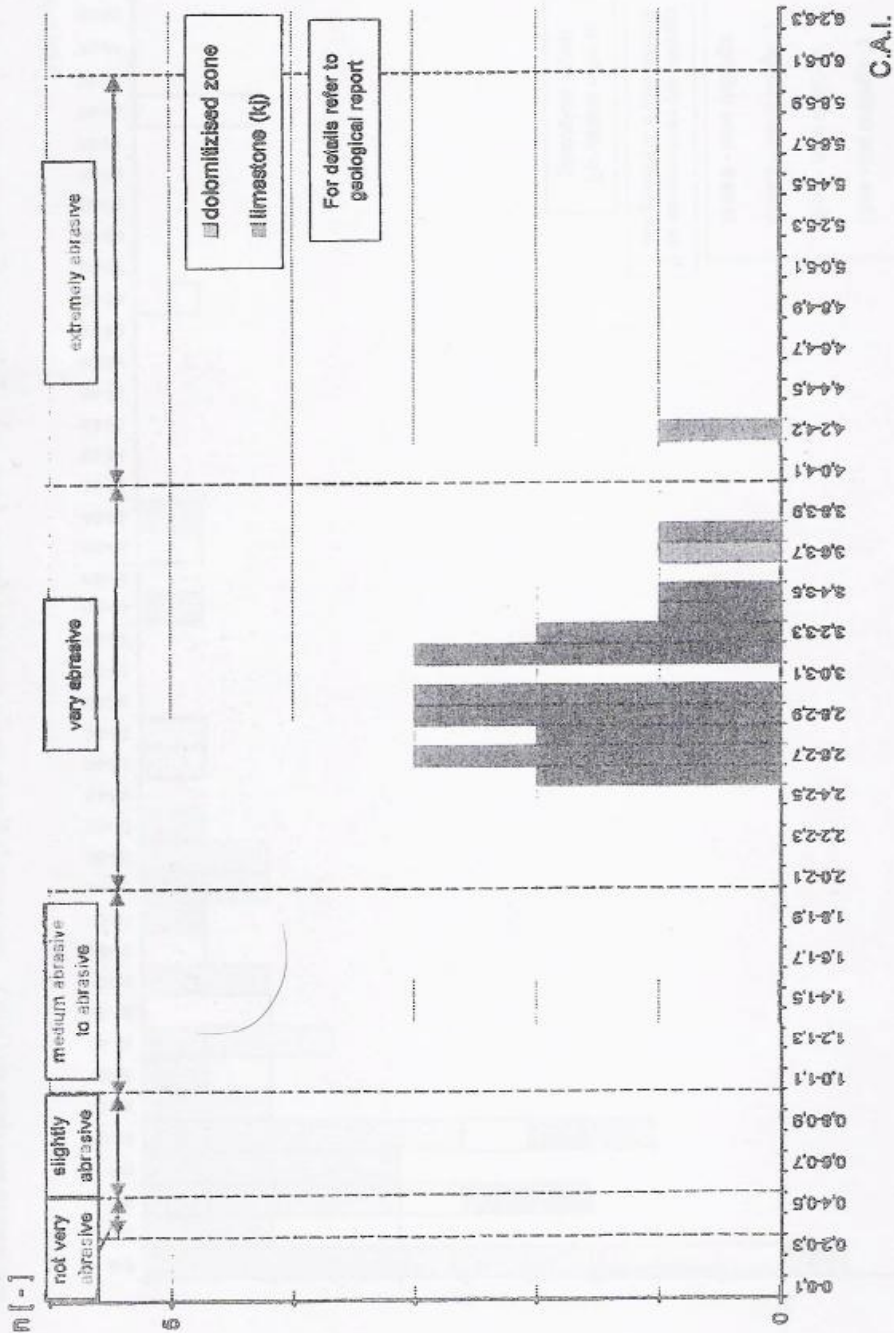


ασβεστόλιθος (kj)

αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη



Dokument 44



ασβεστόλιθος (kj),
 αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, Δοκιμή Αποξεσιμότητας (CAI)



PROFESSOR DR.-ING. W. WITTKÉ
 Beratende Ingenieure für
 GRUNDBAU UND FELDBAU GmbH
 Henricistraße 50 52072 Aachen
 Tel.: 0241/889870 Fax: 0241/8898733 e-mail: wbi@wbionline.de

Σήραγγα Καλλιδρόμου

Τελική μελέτη
 Τεχνική έκθεση

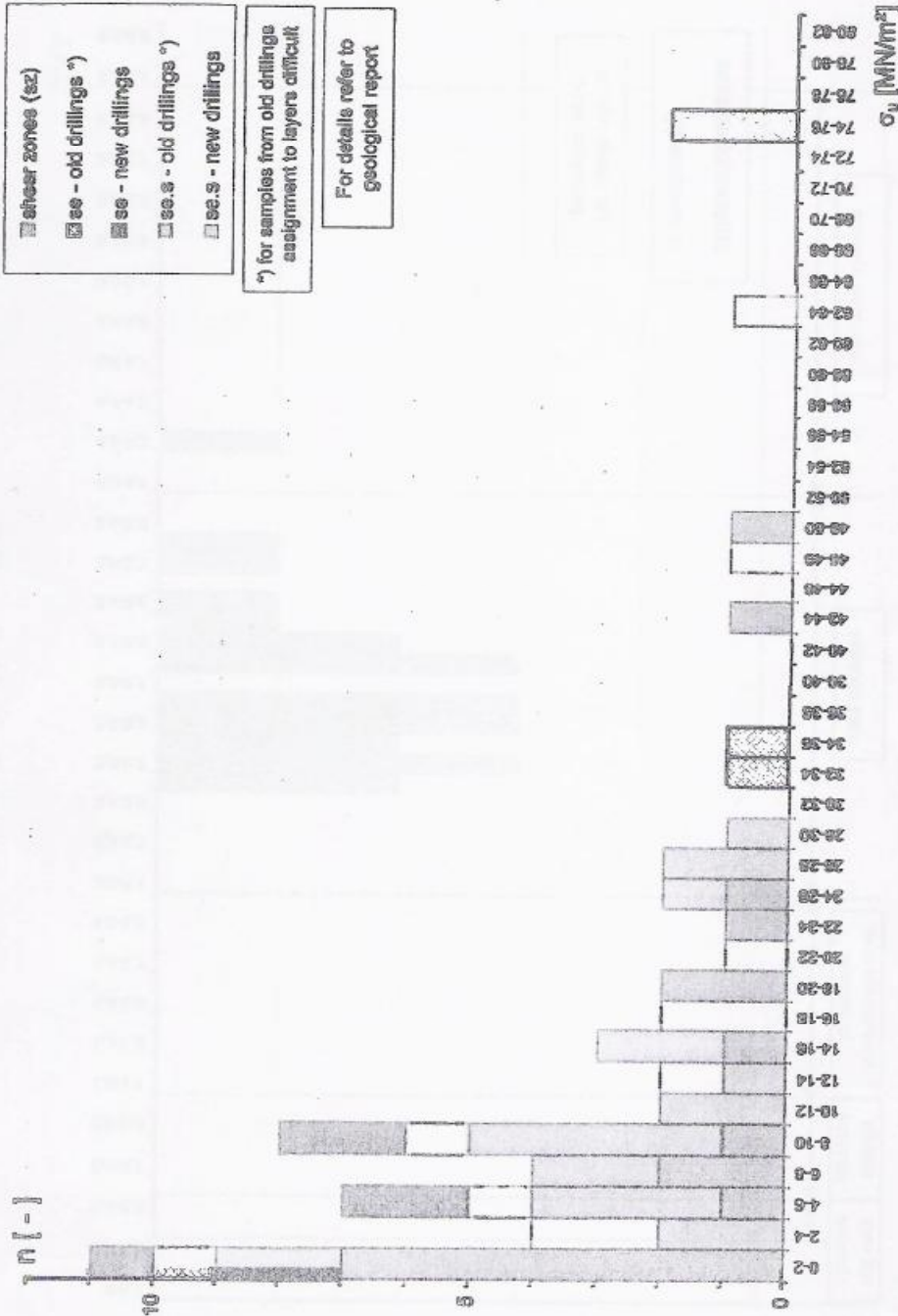
Επισ. 8.4

12/2003

- shear zones (sz)
- se - old drillings °)
- se - new drillings
- se.s - old drillings °)
- se.s - new drillings

*) for samples from old drillings
 assignment to layers difficult

For details refer to
 geological report



σε [MN/m²]
 σερπεντινίτης (se), σχιστώδης σερπεντινίτης (se.s), ζώνες διάτμησης (sz),
 αποτελέσματα εργαστηρίου, ανεμπόδιστη θλίψη

Dokumentid



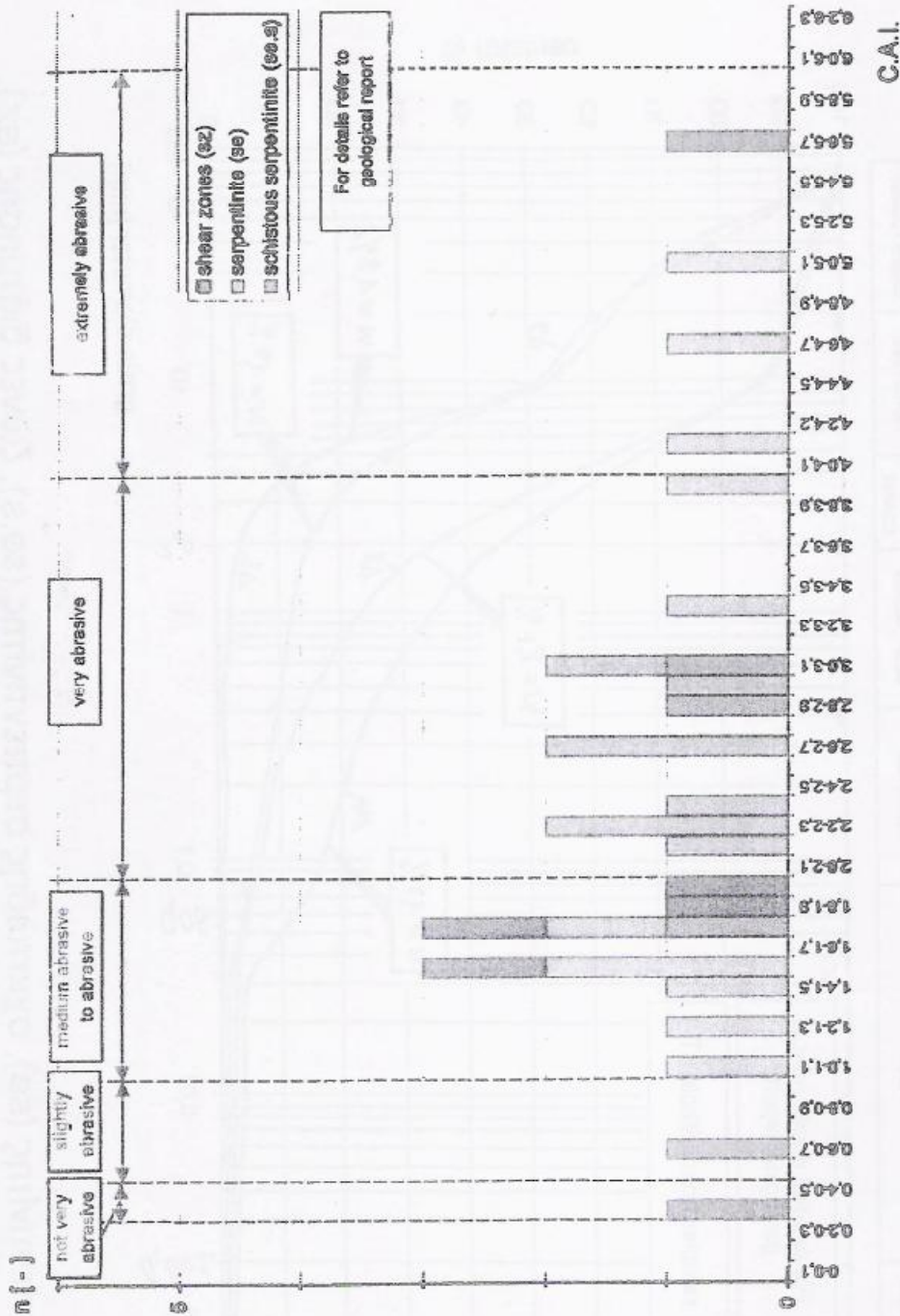
PROFESSOR DR.-ING. W. WITTKÉ
 Beratende Ingenieure für
 GRUNDBAU UND FELSBAU GmbH
 Henricistraße 50 52072 Aachen
 Tel.: 0241/889870 Fax: 0241/8898733 email: wbi@wbionline.de

Σήραγγα Καλλιδρόμου

Τελική μελέτη
 Τεχνική έκθεση

Επισ. 8.5

12/2003



σερπεντινίτης (se), σχιστώδης σερπεντινίτης (se.s), ζώνες διάτμησης (sz), αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, Δοκιμή Αποξεσιμότητας (CAI)

Dokument



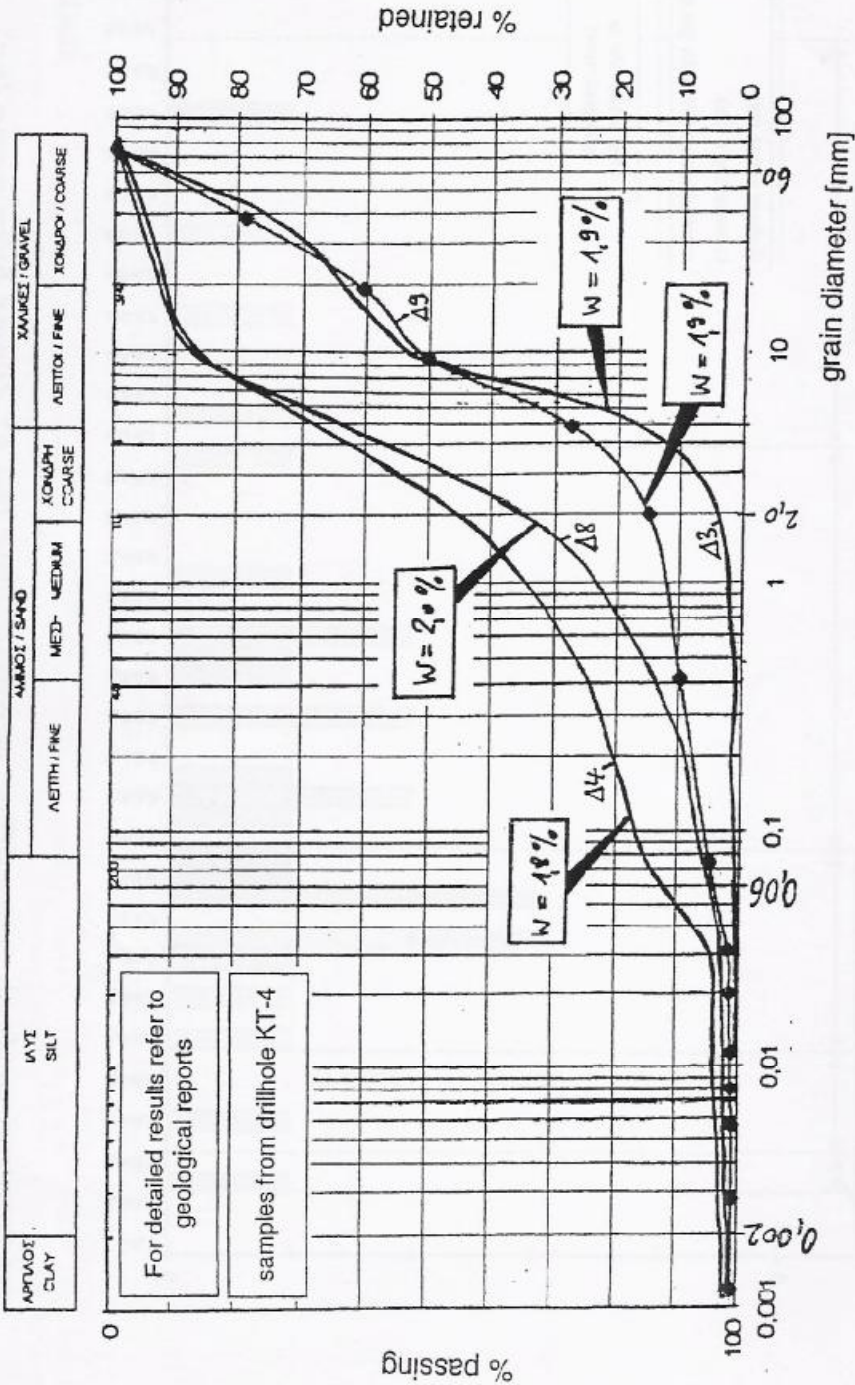
PROFESSOR DR.-ING. W. WITKE
 Beratende Ingenieure für
 GRUNDBAU UND FELSSBAU GmbH
 Henricstraße 50 52072 Aachen
 Tel.: 0241/889870 Fax: 0241/8898733 email: wbi@wbionline.de

Σήραγγα Καλλιδρόμου

Τελική μελέτη
 Τεχνική έκθεση

Επισ. 8.6

12/2003



σερπεντινίτης (se), σχιστώδης σερπεντινίτης (se.s), ζώνες διάτμησης (sz),
 κοκκομετρική κατανομή και φυσική υγρασία, ενδεικτικά αποτελέσματα



PROFESSOR DR.-ING. W. WITKE
 Beratende Ingenieure für
 GRUNDBAU UND FELSBAU GmbH
 Heinrichstraße 50 52072 Aachen
 Tel.: 0241/889870 Fax: 0241/8898733 email: wbi@wbi-online.de

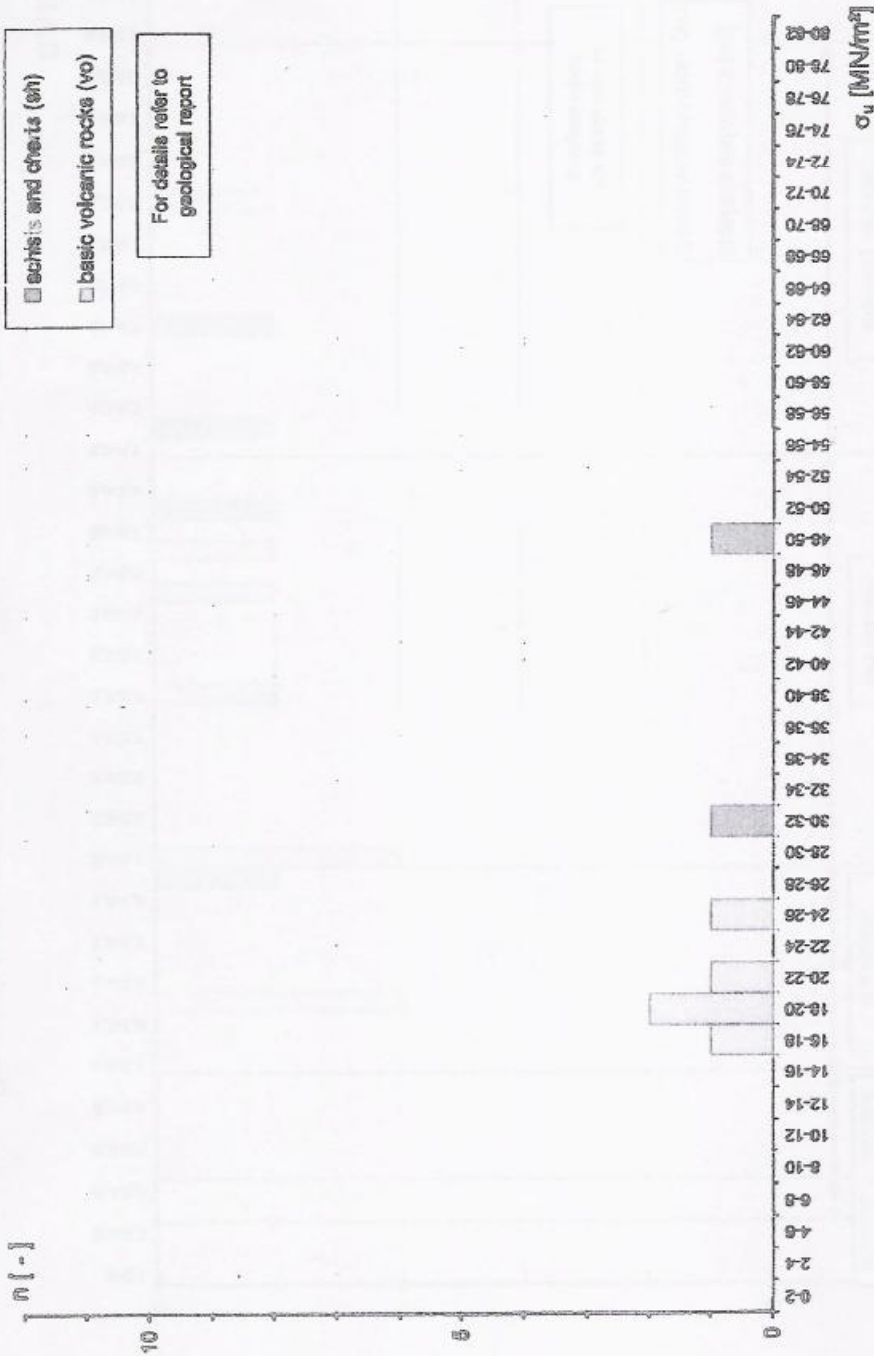
Σήραγγα Καλλιδρόμου

Τελική μελέτη
 Τεχνική έκθεση

Επισ. 8.7

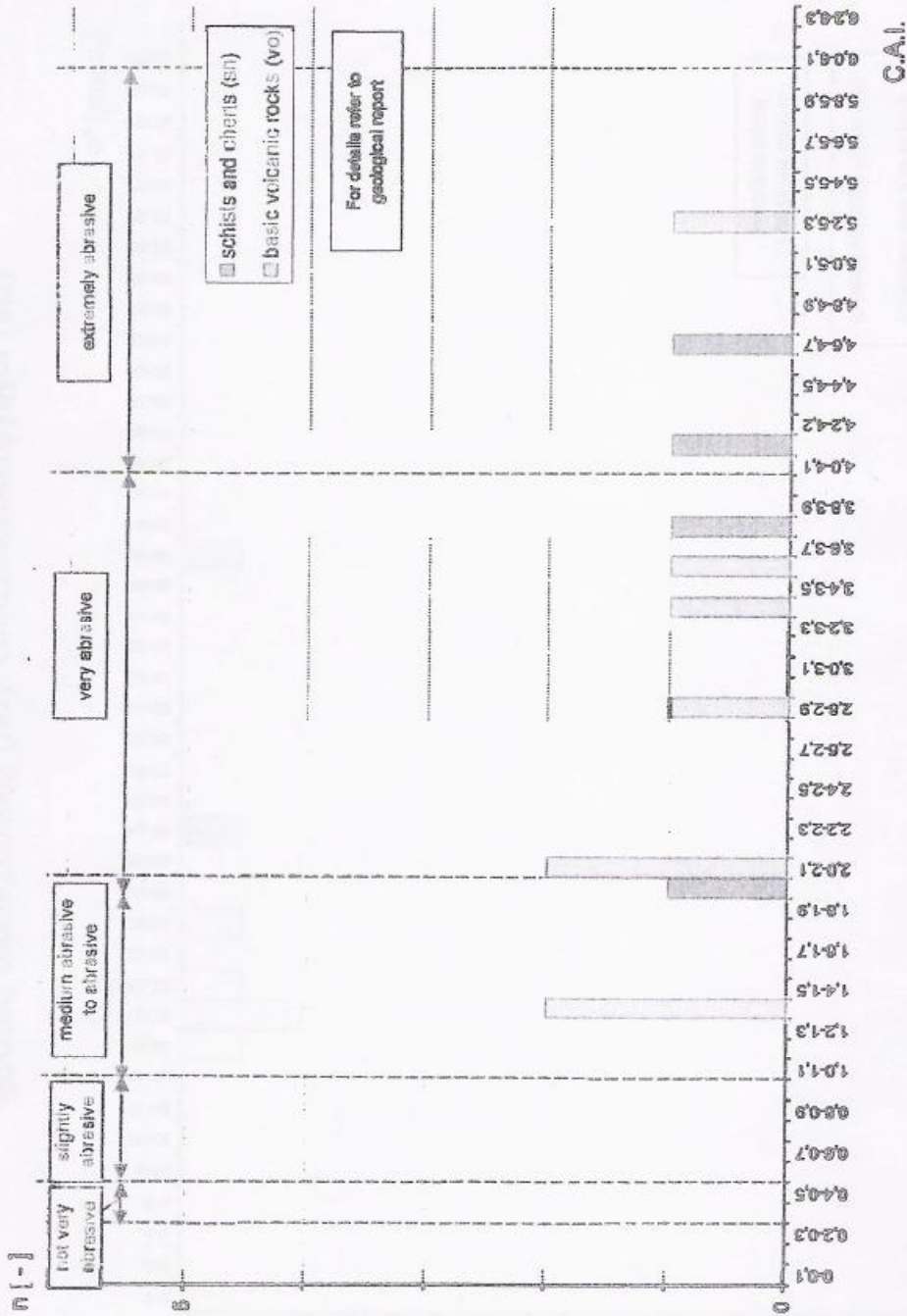
12/2003

■ schists and cherts (sh)
 □ basic volcanic rocks (vo)
 For details refer to geological report



Βασικά ηφαιστειακά (vo), σχιστοκερατόλιθοι (sh),
 αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, ανεμπόδιση θλίψη

Dokumentid:



Βασικά ηφαιστειακά (vo), σχιστοκερατόλιθοι (sh),
 αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, Δοκιμή σε Αποξεσιμότητα (CAI)



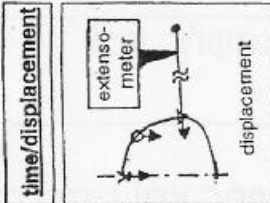
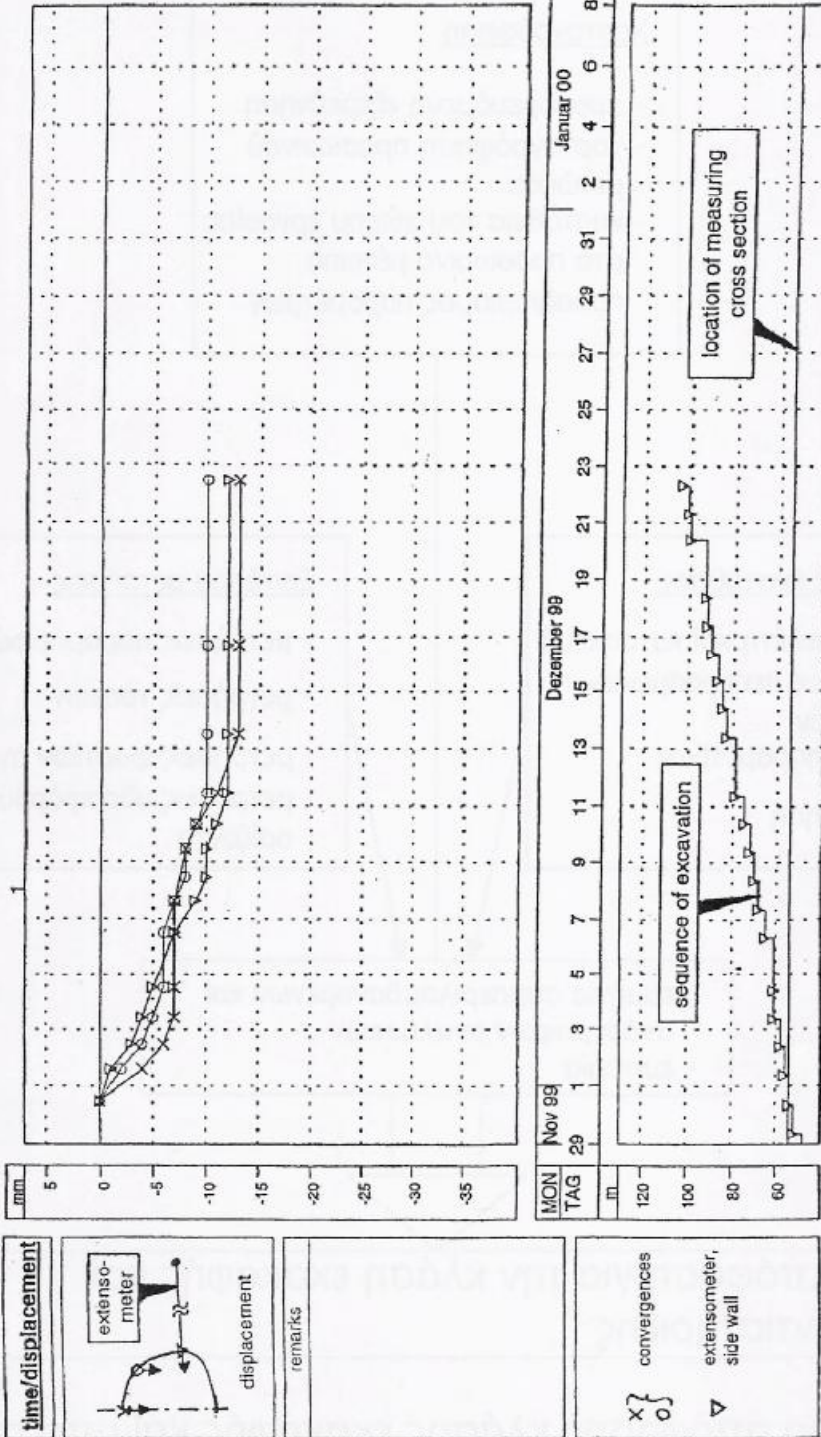
PROFESSOR DR.-ING. W. WITKE
 Beratende Ingenieure für
 GRUNDBAU UND FELSBAU GmbH
 Henricistraße 50 52072 Aachen
 Tel.: 0241/889870 Fax: 0241/8898733 email: wbi@wbionline.de

Σήραγγα Καλλιδρόμου

Τελική μελέτη
 Τεχνική έκθεση

Επισ. 10.4

12/2003



remarks

x } convergences
 o }
 v } extensometer, side wall

Μετρηθείσες μετατοπίσεις συναρτήσει χρόνου και απόστασης από το προσωρινό μέτωπο
 - Παράδειγμα -

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI
σχέδια

