

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΣΣ1 ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΔΙΠΛΗΣ
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΛΙΑΝΟΚΛΑΔΙΟΥ – ΔΟΜΟΚΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΜΑΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΜΑΝΤΖΙΟΥΤΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΔΡ. ΕΙΡΗΝΗ ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ

ΣΥΝΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΚΕΡΜΑΝΙΔΟΥ

ΠΑΤΡΑ 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τις θερμές μας ευχαριστίες θα θέλαμε να εκφράσουμε στις καθηγήτριές μας, κυρίες **Βγενοπούλου Ειρήνη** και **Κερμανίδου Αθανασία**, για την καταλυτική βοήθειά τους στα πρώτα δύσκολα βήματα σύνταξης της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγησή τους στις δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε.

Τέλος, θα πρέπει να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κ. **Γεωργακόπουλο**, εργοταξιάρχη του έργου, για το υλικό που μας προσέφερε και τον κ. **Γρίβα Νικόλαο**, υπεύθυνο της σήραγγας για την σπουδαία εμπειρία που αποκτήσαμε κατά την διάρκεια της ξενάγησής μας επί τόπου του έργου, καθώς και για τις χρήσιμες πληροφορίες που μας παρείχε πάνω στην μελέτη κατασκευής της σήραγγας.

* Επιπλέον θα θέλαμε να επισημάνουμε ότι τα σχέδια που παρατίθενται στην παρούσα πτυχιακή, χρησιμοποιήθηκαν για εκπαιδευτικούς λόγους και για διευκόλυνση του αναγνώστη και όχι για προσωπική του χρήση.

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΕΡΓΟΥ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΑΝΑΘΕΣΗ.....	4
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	6
ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	6
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	7
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ – ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ.....	8
1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	11
1.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	11
1.2 ΤΕΧΝΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΣΣ1.....	14
1.3 Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΕΝΙΑWSKI.....	16
(CSIR GEOMECHANICS CLASSIFICATION).....	16
1.4 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ.....	22
<i>1.4.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ, GSI.....</i>	<i>22</i>
1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ	
ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	26
1.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	30
1.7 ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΗΟΕΚ-BROWN	30
<i>1.7.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΜΕΣΩ GSI, Σ_{cb}, M_I.....</i>	<i>31</i>
1.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ	
ΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	34
1.9 ΜΕΤΡΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΚΑΣΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ.....	43
1.10 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	45
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ-ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ	49
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	49
2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΜΕΛΕΤΗ ΟΔΟΠΟΪΑΣ.....	50
2.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΠΡΑΝΗ.....	51
2.4 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	51
<i>2.4.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ</i>	<i>51</i>
<i>2.4.2 ΤΕΧΝΙΚΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....</i>	<i>52</i>
2.5 ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ - ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΕΙΣ	54
2.6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ	55
<i>2.6.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ</i>	<i>55</i>
<i>2.6.2 ΤΕΧΝΙΚΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....</i>	<i>56</i>
2.7 ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ	57
<i>2.7.1 ΕΚΣΚΑΦΕΣ – ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ.....</i>	<i>57</i>
<i>2.7.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΟΛΩΝ.....</i>	<i>58</i>
<i>2.7.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΔΑΤΟΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ.....</i>	<i>59</i>
<i>2.7.4 ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΕΙΣ.....</i>	<i>61</i>

2.7.5	ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΑ.....	62
2.8	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΥΡΙΩΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	63
2.8.1	ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ.....	63
2.8.2	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΛΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	63
2.8.3	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΔΑΤΟΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ.....	65
2.8.4	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΑΜΟΝΩΝ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ	72

3. ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΜΕΤΩΠΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗΣ (CUT & COVER)74

3.1	Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ (CUT & COVER).....	74
3.2	ΜΕΤΩΠΟ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ	76
3.2.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΚΣΚΑΦΩΝ ΜΕΤΩΠΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΕΞΟΔΟΥ.....	76
3.3	ΒΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΜΕΤΩΠΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	82
3.3.1	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	82
3.3.2	ΜΕΤΡΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ – ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΜΕΤΩΠΩΝ.....	90
3.3.3	ΓΟΜΩΣΗ – ΠΥΡΟΔΟΤΗΣΗ.....	93
3.3.4	ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	93

4. ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΥΡΙΩΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΤΗ ΝΕΑ ΑΥΣΤΡΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΟΡΥΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (NATM).....96

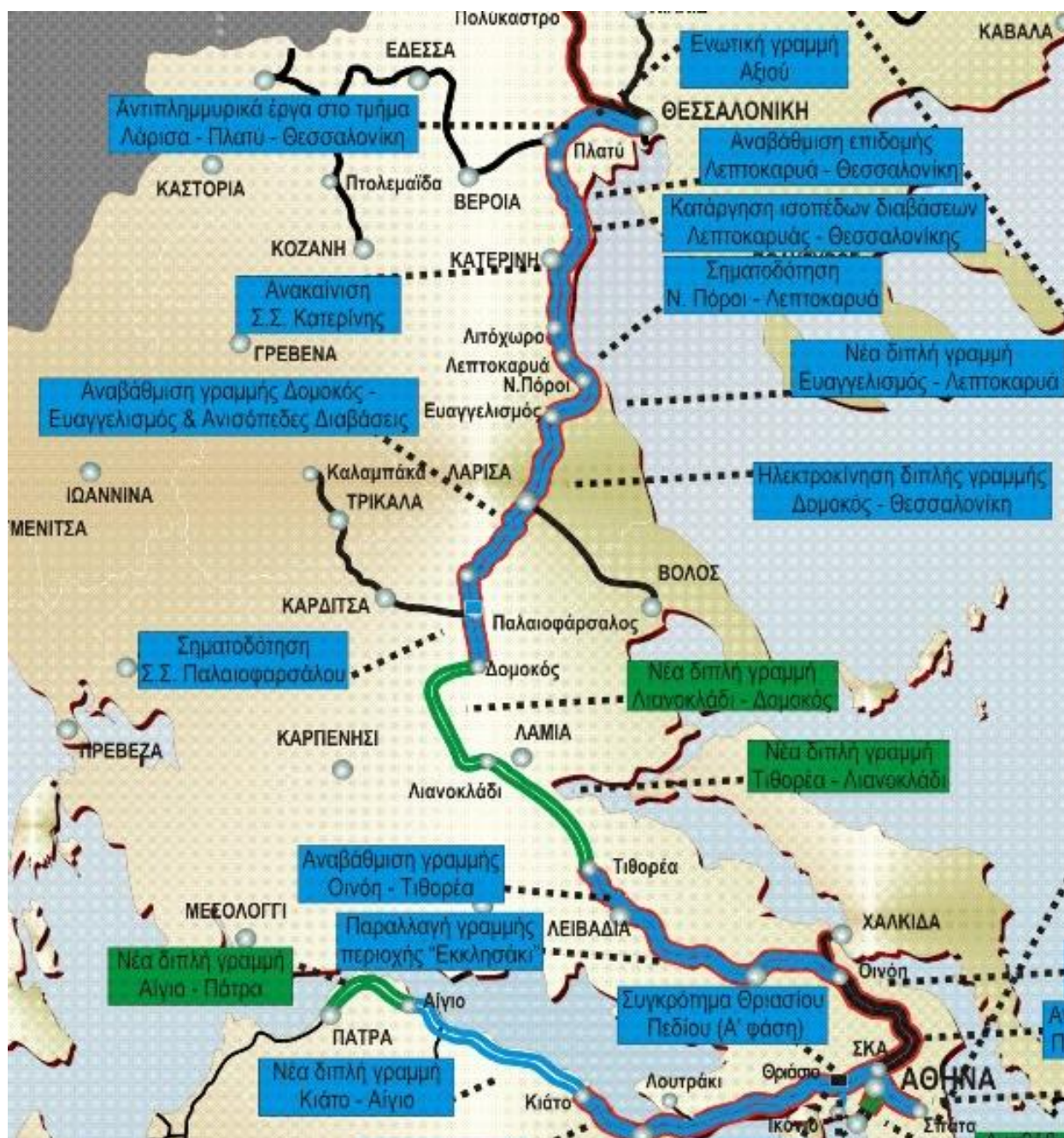
4.1	Η ΝΕΑ ΑΥΣΤΡΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΡΥΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (NATM)	97
4.2	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ NATM.....	100
4.3	ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ:.....	101
4.4	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΝΟΙΓΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ NATM.....	101
4.5	ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	102
4.5.1	ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΣΚΑΦΗΣ.....	104
4.6	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΤΗ NATM.....	108
4.7	ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ (ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ Η ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ).....	113
4.8	ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ.....	117
4.9	ΓΡΑΜΜΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (Α) ΥΠΕΡΕΚΣΚΑΦΗΣ (Β)	119
4.10	ΣΤΑΔΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	122
4.10.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ Α.....	122
4.10.2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ Β1.....	131
4.10.3	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ C1.....	140
4.10.4	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ C2.....	150

5. ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ.....163

5.1	ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	165
5.2	ΑΓΚΥΡΙΑ	167
5.2.1	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ ΑΜΕΣΗΣ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΥΠΟΥ “SWELLEX”.....	169
5.3	ΑΥΤΟΔΙΑΤΡΟΥΜΕΝΑ ΑΓΚΥΡΙΑ ΒΡΑΧΟΥ	176
5.4	ΑΓΚΥΡΙΑ ΜΕΤΩΠΟΥ ΤΥΠΟΥ FIBER GLASS.....	178
5.5	ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ.....	179
5.6	ΡΑΒΔΟΙ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ (SPILES)	182

5.7	ΔΟΚΟΙ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ (FOREPOLES).....	183
5.8	ΟΠΕΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ – ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΤΙΚΕΣ ΟΠΕΣ.....	185
5.9	ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΙΣ ΕΠΑΦΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	186

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΕΡΓΟΥ



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει στόχο να μελετήσει και να αναλύσει τον τρόπο κατασκευής της Νέας Διπλής Σιδηροδρομικής Γραμμής Υψηλών Ταχυτήτων στην περιοχή Τιθορέας – Λιανοκλαδίου – Δομοκού και συγκεκριμένα της σήραγγας ΣΣ1 που βρίσκεται στη Χ.Θ. 9+644.00 έως 10+504.00 και έχει μήκος 860 μέτρα.

Το υπόγειο έργο περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

- Το CUT & COVER εισόδου, μήκους 41 μέτρων.
- Τη διάνοιξη της σήραγγας με τη Νέα Αυστριακή Μέθοδο Όρυξης (NATM), μήκους 790 μέτρων.
- Το CUT & COVER εξόδου, μήκους 29 μέτρων.

Με βάση τα διαθέσιμα γεωλογικά στοιχεία μελετήθηκαν:

1. Οι συνθήκες ευστάθειας του εδάφους.
2. Οι συνθήκες θεμελιώσεων.
3. Η διαδικασία όρυξης και άμεσης υποστήριξης.

Χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες μέθοδοι:

- Ταξινόμηση BIENIAWSKI.
- Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής GSI.
- Κριτήρια αστοχίας HOEK-BROWN & MOHR COULOMB.

Με την ολοκλήρωση του έργου περίπου το 2012 θα αλλάξει ριζικά η χάραξη της γραμμής (Τιθορέα – Λιανοκλάδι – Δομοκός), που θα την καταστήσουν υπερσύγχρονη και θα παρέχει τη δυνατότητα στα τρένα να αναπτύσσουν ταχύτητες άνω των 150km ανά ώρα και θα μειώσουν τη

διαδρομή κατά 2km και το χρόνο διαδρομής κατά 30 λεπτά. Η Νέα Σιδηροδρομική Γραμμή θα είναι πλήρως ηλεκτροκινούμενη και θα περιλαμβάνει σύγχρονα σιδηροδρομικά συστήματα τηλεδιοίκησης και τηλεπικοινωνιών.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν αναλύονται πλήρως όλα τα στοιχεία που μελετήθηκαν για την κατασκευή του έργου αυτού.

Τέλος παρατίθενται σχέδια στα οποία γίνονται σαφείς οι τρόποι με τους οποίους υποστηρίχθηκαν - αντιστηρίχθηκαν και διανοίχθηκαν οι περιοχές του έργου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΑΝΑΘΕΣΗ

Η μελέτη «Γ΄ Φάση μελέτης της νέας διπλής Σιδηροδρομικής Γραμμής Υψηλών Ταχυτήτων στο τμήμα Τιθορέα-Λιανοκλάδι-Δομοκός (Υποτμήμα από χλμ 0+000 έως χλμ 13+500)» ανατέθηκε από την "ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. α.ε." στα συμπράττοντα γραφεία μελετών «Τ.Τσικνιάς και Συνεργάτες α.ε.μ.τ.ε.»-«Σωτηρόπουλος και Συνεργάτες α.τ.ε.», με τη Σύμβαση 346/07-08-03 και χρηματοδοτούνται από ευρωπαϊκά κονδύλια.

Στη νέα σιδηροδρομική γραμμή υψηλών ταχυτήτων **Τιθορέα-Λιανοκλάδι-Δομοκός**, με την ολοκλήρωση των οποίων, περίπου το 2012, θα συντομευθεί κατά πολύ ο χρόνος της διαδρομής των αμαξοστοιχιών.

Το πιο δύσκολο κομμάτι της νέας γραμμής είναι αυτό μεταξύ **Τιθορέας-Λιανοκλαδίου-Δομοκού**, προϋπολογισμού πάνω από 1,4 δισ. ευρώ, καθώς στην ουσία αλλάζει ριζικά η χάραξη της γραμμής και κατασκευάζονται 106 χλμ νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής, 38 χλμ σηραγγες, 6 χλμ γέφυρες και 10 ανισόπεδες διαβάσεις, που θα την καταστήσουν υπερσύγχρονη και θα παρέχει τη δυνατότητα στα τρένα να αναπτύσσουν ταχύτητες πάνω από 150 χιλιόμετρα την ώρα και θα μειώσουν την διαδρομή κατά 2 χιλιόμετρα και το χρόνο διαδρομής κατά 30 λεπτά.

Το κομμάτι που θα αναλύσουμε στην παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την σήραγγα ΣΣ1 που βρίσκεται στο τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής Λιανοκλαδίου-Δομοκού.

Το τμήμα αυτό έχει συνολικό κόστος 706 εκατομμύρια Ευρώ συγχρηματοδοτείται κατά 50% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και κατά 50% από Δημόσιες Επενδύσεις και θα παραδοθεί σε κυκλοφορία το Δεκέμβριο του 2012. Περιλαμβάνει:

- 2 Σήραγγες μονής γραμμής (Σήραγγα Όθρυος) 12.765,00 μέτρων.
- 12 Σήραγγες διπλής γραμμής συνολικού μήκους 4.436,26 μέτρων.
- 14 Cut & Cover διπλής γραμμής συνολικού μήκους 1.254,75 μέτρων.
- 2 Cut & Cover μονής γραμμής συνολικού μήκους 1.260,00 μέτρων.
- 33 Σιδηροδρομικές Γέφυρες συνολικού μήκους 4.473,20 μέτρων.
- 7 Ανισόπεδες Διαβάσεις συνολικού μήκους 475,00 μέτρων.
- 1 Νέο Σιδηροδρομικό Σταθμό (Σ.Σ.) στον Αγ. Στέφανο.

Το σύνολο της υποδομής του έργου προβλέπεται να κατασκευαστεί σε τρία τμήματα.

- 1ο Τμήμα : Από το Σιδηροδρομικό Σταθμό (Σ.Σ.) Λιανοκλαδίου χιλιομετρική θέση 0 έως το 14ο χιλιόμετρο.
- 2ο Τμήμα : Από το 14ο χιλιόμετρο έως το 25ο χιλιόμετρο όπου συμπεριλαμβάνεται και η Μεγάλη Σήραγγα του όρους Όθρυς.
- 3ο Τμήμα : Από το 25ο χιλιόμετρο έως και το Σιδηροδρομικό Σταθμό (Σ.Σ.) Δομοκού που βρίσκεται στο 52ο χιλιόμετρο.

Με την ολοκλήρωση του έργου η Νέα Διπλή Σιδηροδρομική Γραμμή θα είναι πλήρως ηλεκτροκινούμενη και θα περιλαμβάνει σύγχρονα σιδηροδρομικά συστήματα τηλεδιοίκησης και τηλεπικοινωνιών (ETCS,

GSMR) που θα μεγιστοποιούν την ασφάλεια, την άνεση και την μεταφορική ικανότητα του σιδηροδρομικού δικτύου το οποίο θα είναι εφάμιλλο των Ευρωπαϊκών Δικτύων.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την οριστική μελέτη εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης του υπογείου τμήματος της σήραγγας ΣΣ1 χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω στοιχεία από έρευνες και μελέτες που εκτελέστηκαν μέχρι τη σύνταξη της παρούσας και διατέθηκαν από την Υπηρεσία:

- Η «Προμελέτη Χάραξης της Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής Σ.Σ. Λιανοκλαδίου – Σ.Σ. Δομοκού» (ADT Ωμέγα, κ.α., 10/03) και τα σχετικά σχέδια οριζοντιογραφίες, μηκοτομή, διατομές.
- Η «Οριστική Μελέτη Χάραξης Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής και Αναγκαίου Οδικού Δικτύου από Σ.Σ. Λιανοκλαδίου έως Σ.Σ. Δομοκού: Υποτμήμα από Σ.Σ. Λιανοκλαδίου έως Χ.Θ. 14+000» (ADT Ωμέγα κ.α., 06/2004) και τα σχετικά σχέδια οριζοντιογραφίες, μηκοτομή, διατομές.
- Η «Γεωλογική Προμελέτη από Χ.Θ. 0+000 έως Χ.Θ. 25+000» (ΓΑΜΜΑ-4 ΕΠΕ, 06/2003».
- Η «Οριστική Γεωλογική μελέτη από Χ.Θ. 0+000 έως Χ.Θ. 25+000» (ΓΑΜΜΑ-4ΕΠΕ, 07/2004).
- Η Γεωτεχνική Έρευνα, που εκτελέστηκε στα πλαίσια της παρούσας σύμβασης και παρουσιάζεται στο τεύχος: «Προμελέτη Σήραγγας ΣΣ1, Παρουσίαση και Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Γεωτεχνικών Ερευνών, Απρίλιος 2004».

- Η «Προμελέτη Τεχνικού ΣΣ1, Υπόγεια Εκσκαφή και Προσωρινή Υποστήριξη σήραγγας, Ιούνιος 2004».

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Με βάση τα διαθέσιμα γεωλογικά στοιχεία και τα στοιχεία της γεωτεχνικής έρευνας που διενεργήθηκε επίσης στα πλαίσια του σταδίου προμελέτης και λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία της «**ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΣΣ1 – ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ**» του έργου «**Γ' ΦΑΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΔΙΠΛΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ (ΣΓΥΤ) ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΛΙΑΝΟΚΛΑΔΙ – ΔΟΜΟΚΟΥ (ΥΠΟΤΜΗΜΑ ΑΠΟ ΧΛΜ. 0 ΕΩΣ ΧΛΜ. 13+500)**», μελετήθηκαν τα εξής:

1. Οι συνθήκες ευστάθειας των εκσκαφών και η διαστασιολόγηση των τυπικών διατομών προσωρινής υποστήριξης, τόσο έναντι δομικής μορφής αστοχιών, όσο και έναντι τασικής μορφής αστοχιών της σήραγγας.
2. Οι συνθήκες θεμελίωσης του κελύφους.
3. Οι συνθήκες ευστάθειας του υπόγειου μετώπου εκσκαφής της σήραγγας.
4. Το πρόγραμμα γεωτεχνικών μετρήσεων κατά την κατασκευή.
5. Η διαδικασία όρυξης και άμεσης υποστήριξης.
6. Ο προγραμματισμός όρυξης της σήραγγας.
7. Τα σχέδια εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας, βάσει των οποίων συντάχθηκε η αντίστοιχη προμέτρηση και ο προϋπολογισμός της παρούσας οριστικής μελέτης.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ – ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Η σήραγγα ΣΣ1 έχει μήκος 860m. Η είσοδος της βρίσκεται στη Χ.Θ. 9+644.00 και η έξοδος της στη Χ.Θ. 10+504.00 ως προς τη χιλιομέτρηση της εγκεκριμένης οριστικής μελέτης χάραξης της σιδηροδρομικής γραμμής Λιανοκλάδι – Δομοκός. Ο άξονας της σήραγγας έχει εν γένει διεύθυνση ΑΝΑ – ΔΒΔ και βρίσκεται οριζοντιογραφικά σε καμπύλη μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας. Το υπόγειο έργο περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

- Το CUT & COVER εισόδου, από τη Χ.Θ. 9+644.00 έως τη Χ.Θ. 9+685.00, μήκους 41m.
- Τη σήραγγα με διάτρηση(μέθοδος NATM), από τη Χ.Θ. 9+685.00 έως τη Χ.Θ. 10+475.00, μήκους 790m.
- Το CUT & COVER εξόδου, από τη Χ.Θ. 10+475.00 έως τη Χ.Θ. 10+504.00, μήκους 29m.

Η τιμή της μηκοτομικής κλίσης της εν λόγω σήραγγας είναι σταθερή και ίση με 2% σε όλο το μήκος της.

Η γεωμετρία της σήραγγας είναι πεταλοειδούς μορφής και η εκσκαφή της θα γίνει σε δύο φάσεις, άνω και κάτω ημιδιατομή, ενώ ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες δύναται να κατασκευαστεί προσωρινό και τελικό ανάστροφο τόξο. Το πλάτος της υπό μελέτη σήραγγας είναι περίπου 14m. Η εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη της σήραγγας θα διενεργηθεί με την εφαρμογή έξι τυπικών διατομών, που μελετήθηκαν στην παρούσα οριστική μελέτης.

Κατά μήκος της σήραγγας, ανά 24m., κατασκευάζονται εσοχές ασφαλείας, εναλλάξ στο αριστερό και στο δεξιό πεζοδρόμιο της σήραγγας. Οι εν λόγω εσοχές θα έχουν καθαρές διαστάσεις 1.60m. (μήκος) x 2.20m. (ύψος) x 1.50m. (βάθος). Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι θέσεις όπου θα κατασκευαστούν οι διευρύνσεις και να τοποθετηθούν σε κατάλληλες αποστάσεις που θα αντιστοιχούν στο μέσο των τμημάτων σκυροδέτησης, διενεργείται η από κοινού κατασκευή φρεατίων ελέγχου της αποστράγγισης και ερμαρίων ανάγκης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

1.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Προκειμένου να γίνει η γεωτεχνική ταξινόμηση της βραχώμαζας και να καθοριστούν οι γεωτεχνικές κατηγορίες εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας, αξιολογήθηκαν όλα τα υπάρχοντα στοιχεία που αφορούν στις γεωλογικές και τεχνικογεωλογικές συνθήκες που αναμένεται να συναντηθούν κατά μήκος της σήραγγας τα οποία συλλέχθηκαν στα πλαίσια της γεωτεχνικής έρευνας που διενεργήθηκε κυρίως κατά τη διάρκεια του σταδίου προμελέτης ως και του προγενέστερου σταδίου μελέτης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια της παρούσας οριστικής μελέτης για τον καθορισμό των γεωτεχνικών κατηγοριών της βραχώμαζας, είναι η ακόλουθη:

1. Στα πλαίσια των διαθέσιμων γεωλογικών στοιχείων του έργου, συντάχθηκε τεχνικογεωλογική μηκοτομή στην οποία αποτυπώνεται η βαθμονόμηση της βραχώμαζας βάσει του γεωμηχανικού συστήματος ταξινόμησης της βραχώμαζας RMR και του δείκτη GSI, καθώς και η διάκριση των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων κατά μήκος του άξονα της σήραγγας.
2. Για κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα και σύμφωνα με το δυσμενέστερο ύψος των υπερκειμένων, για το GSI που έχει καθοριστεί και για την τιμή της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη όπως έχει εκτιμηθεί από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών, εκτιμώνται οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού (με εφαρμογή των κριτηρίων αστοχίας Hoek – Brown και Mohr – Coulomb), οι οποίες είναι

απαραίτητες για την εκπόνηση της παρούσας οριστικής μελέτης εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας προκειμένου να προσδιοριστούν οι τυπικές διατομές εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας, καθώς επίσης και το πεδίο εφαρμογής κάθε τυπικής διατομής.

3. Βάσει των **τεχνικογεωλογικών ενότητων** που διακρίνονται κατά μήκος του άξονα της σήραγγας, διαμορφώθηκαν **γεωτεχνικές κατηγορίες βραχόμαζας** στις οποίες είναι δυνατόν να περιλαμβάνονται και διαφορετικές τεχνικογεωλογικές ενότητες, εφόσον αυτές παρουσιάζουν αντίστοιχα μηχανικά χαρακτηριστικά πετρώματος και δύναται να εφαρμόζονται σε αυτές κοινές μέθοδοι εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης.
4. **Οι τεχνικογεωλογικές ενότητες που έχουν διακριθεί, εντάχθηκαν σε γεωτεχνικές κατηγορίες βραχόμαζας βάσει των συντελεστών υπερφόρτισης που υπολογίζονται, σύμφωνα με το πάχος των υπερκειμένων που προσδιορίζονται για κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα και την αντοχή σ_{cm} της βραχόμαζας, που υπολογίζεται από το κριτήριο αστοχίας Hoek – Brown και Mohr – Coulomb.**
5. Για κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα εκάστης γεωτεχνικής κατηγορίας βραχόμαζας όπως παρουσιάζεται στις υπαίθριες θέσεις παρατήρησης, αλλά και στις γεωτρήσεις που έχουν εκτελεστεί, έγινε ταξινόμηση της βραχόμαζας κατά RMR και καθορίσθηκε το αναμενόμενο εύρος αυτής της παραμέτρου.
6. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των κριτηρίων αστοχίας Hoek – Brown και Mohr – Coulomb, προσδιορίσθηκαν οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού για κάθε γεωτεχνική κατηγορία βραχόμαζας, βάσει

των παραμέτρων που έχουν εκτιμηθεί για έκαστη τεχνικογεωλογική ενότητα που έχει ενταχθεί σε συγκεκριμένη κατηγορία βραχώμαζας. Για τα ανωτέρω στοιχεία εκτιμήθηκαν οι απαιτήσεις προσωρινής υποστήριξης και προσδιορίστηκαν οι βασικές τυπικές διατομές εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας, καθώς επίσης και το πεδίο εφαρμογής κάθε τυπικής διατομής.

7. Τέλος, μελετήθηκε η στατική επάρκεια των διαμορφούμενων τυπικών διατομών εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης που εκτιμήθηκαν για κάθε κατηγορία βραχώμαζας, με εφαρμογή αριθμητικών μεθόδων (τασικές αναλύσεις με πεπερασμένα στοιχεία, κώδικας H/Y PHASE²).

1.2 ΤΕΧΝΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΣΣ1

Όπως προαναφέρθηκε, βάσει των διαθέσιμων γεωλογικών στοιχείων του έργου, επτά (7) τεχνικογεωλογικές ενότητες αναμένεται να συναντηθούν κατά μήκος της σήραγγας, οι οποίες είναι:

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-1:** Σε αυτή περιλαμβάνονται οι συμπαγείς έως ελαφρά κερματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), χαμηλής αντοχής, με δείκτη ποιότητας πετρώματος μεγαλύτερο του 60% βαθμονόμηση κατά RMR 45 έως 65 (κατηγορία III έως II κατά BIENIAWSKI 1989) και εκτιμώμενο GSI 35-45.
- **Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-2:** Σε αυτή περιλαμβάνονται οι έντονα κερματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), χαμηλής αντοχής, με δείκτη ποιότητας πετρώματος 30% έως 60% βαθμονόμηση κατά RMR 35 έως 45 (κατηγορία IV έως III κατά BIENIAWSKI 1989) και εκτιμώμενο GSI 35-45.
- **Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-3:** Σε αυτή περιλαμβάνονται οι πολύ έντονα κερματισμένοι έως θρυμματισμένοι βασάλτες (δολερίτες) χαμηλής αντοχής, με δείκτη ποιότητας πετρώματος 0% έως 30% βαθμονόμηση κατά RMR 10 έως 35 (κατηγορία IV έως V κατά BIENIAWSKI 1989) και εκτιμώμενο GSI 25-35.
- **Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-4:** Σε αυτή περιλαμβάνονται οι έντονα θρυμματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), υπό μορφή λατυπών μεγέθους 0,03x0,01m έως 0,07x0,05m και δείκτη ποιότητας πετρώματος μικρότερο του 10%. Εκτιμώμενο GSI 20-25.
- **Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-5:** Σε αυτήν περιλαμβάνονται το σχιστοποιημένο, λατυποποιημένο και εξαλλοιωμένο βασαλτικό υλικό με λατύπες, τεμάχια και σώματα βασαλτών και

ασβεστόλιθων στη μάζα του, έντονα πτυχωμένο, με ακατάστατη έως χαοτική κατά θέσεις δομή και οι σχιστοκερατόλιθοι, με έντονα σχιστοφυή έως σχιστώδη δομή, καστανόχρωμοι έως βυσσινόχρωμοι, σε στρώσεις πάχους 0,05m έως 0,02m.

Στους πυρήνες των γεωτρήσεων παρουσιάζονται υπό μορφή αργιλοϊλυώδων χαλίκων βασαλτικής (δολεριτικής) προέλευσης με άμμο ή έντονα θρυμματισμένων κερατολίθων υπό μορφή λατυπών μεγέθους έως 0,05x0,04x0,03m. Κατά θέσεις παρεμβάλλονται κερατολιθικές στρώσεις πάχους έως 2m έντονα έως πολύ έντονα κερματισμένες. Εκτιμώμενο GSI: 15-20.

- **Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-6:** Σε αυτή περιλαμβάνεται το εξαλλοιωμένο, μυλωνιτιωμένο υλικό, που συνδέεται με ζώνες τεκτονικής παραμόρφωσης. Παρουσιάζεται υπό μορφή άμμου υπόλευκου έως υποκίτρινου χρώματος, μικρού βαθμού σύνδεσης. Εκτιμώμενο GSI: 15-20.
- **Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-7:** Σε αυτή περιλαμβάνονται τα ασβεστολιθικά σώματα, μέσης αντοχής, έντονα πτυχωμένα και κερματισμένα έως κατά θέσεις πολύ έντονα κερματισμένα. Εκτιμώμενο GSI: 35-45.

1.3 Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ BIENIAWSKI (CSIR Geomechanics Classification)

Η ταξινόμηση του Bieniawski στηρίζεται σε εμπειρίες σύγχρονων τρόπων κατασκευής των υπόγειων έργων και εφαρμόζεται σήμερα ευρύτατα στο στάδιο του σχεδιασμού και της προκοστολόγησής τους.

Στο σύστημα αυτό η κατάταξη του βράχου σε κατηγορίες και η σύνδεση της ποιότητάς του με τα αναγκαία μέτρα υποστήριξης γίνεται με τη βοήθεια ποσοτικών παραμέτρων οι οποίες μπορούν να προσδιοριστούν με μετρήσεις επιτόπου του έργου.

Οι παράμετροι οι οποίες χρησιμοποιούνται είναι:

- Η αντοχή σε απλή θλίψη του μονολιθικού πετρώματος που συνθέτει το βράχο. Η παράμετρος αυτή παίζει καθοριστικό ρόλο σε περίπτωση που ο βράχος χαρακτηρίζεται από αραιή ρηγμάτωση, αντίθετα η επιρροή της εξασθενεί όταν ο βράχος είναι έντονα διακλασμένος. Προσδιορίζεται με δοκιμές προσδιορισμούς της αντίστασης αιχμής (Point Load Index).
- Ο δείκτης ποιότητας RQD, (Rock Quality Designation, RQD).
- Η πυκνότητα και ο προσανατολισμός των ασυνεχειών: διακλάσεων, επιφανειών στρώσεων ή σχιστότητας. Η μέτρηση του συστήματος των ασυνεχειών γίνεται σε επιφανειακές εμφανίσεις του βράχου, μέσα από ερευνητικές στοές ή στην ήδη υπο κατασκευή σήραγγα.
- Η κατάσταση των ασυνεχειών. Αφορά στο εύρος του κενού που υπάρχει ανάμεσα στις δύο επιφάνειες μιας ασυνέχειας, στην τραχύτητα των επιφανειών αυτών και στα χαρακτηριστικά των υλικών που πληρούν τα κενά των ασυνεχειών.

- Το υπόγειο νερό. Η επίδραση του νερού εκτιμάται από το λόγο της πίεσης του νερού των διακλάσεων προς τη μέγιστη κύρια γεωστατική τάση ή από την εισροή του νερού (l/min) ανά 10m σήραγγας ή από μία γενική περιγραφή της διαίτας των υπόγειων νερών.

Η κατάταξη του βράχου σε κατηγορίες γίνεται με βάση τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων και κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποδίδεται η βαρύτητα που έχει κάθε μία από αυτές στη μηχανική συμπεριφορά του.

Πίνακας 1. Ταξινόμηση του Bieniawski (CSIR Geomechanics Classification, 1989)

A. Παράμετροι ταξινόμησης και βαθμολόγηση των παραμέτρων									
		Δείκτης αντοχής αιχμής (Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	Εφαρμόζεται η δοκιμή απλής θλίψης		
1	Αντοχή συμπαγούς πετρώματος	Αντοχή σε απλή θλίψη (Mpa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Βαθμός		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50		<25	
	Βαθμός		20	17	13	8		3	
3	Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών		>2	0,6-2	0,2-0,6	0,06-0,2		<0,06	
	Βαθμός		20	15	10	8		5	
4	Κατάσταση των διακλάσεων	Πολύ τραχείες επιφάνειες, ασυνεχείς, κλειστές. Μη διαβρωμένα τοιχώματα		Ελαφρά τραχείες επιφάνειες, άνοιγμα <1mm. Ελαφρά διαβρωμένα τοιχώματα	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες, άνοιγμα <1mm. Πολύ διαβρωμένα τοιχώματα	Ολισθηρές επιφάνειες (slickensided) ή διακλάσεις με υλικό πλήρωσης < 5mm ή διακλάσεις ανοικτές 1-5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.	Μαλακό υλικό πλήρωσης πάχους >5mm ή διακλάσεις ανοικτές >5mm. Συνεχείς διακλάσεις.		
	Βαθμός		30	25	20	10	0		
		Εισροή για 10m μήκος σήραγγας	Καμία	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min		
5	Υπόγειο νερό	Λόγος πίεσης νερού των διακλάσεων προς τη μέγιστη κύρια ορθή τάση	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Γενικές συνθήκες	Εντελώς στεγνό	Ελαφρά υγρό	Υγρό	Στάγδην	Ροή νερού		
	Βαθμός		15	10	7	4	0		

Πίνακας 1 (συνέχεια). Ταξινόμηση του Bieniawski (CSIR Geomechanics Classification (1989))

Β. Προσαρμογή με βάση τον προσανατολισμό των διακλάσεων						
Διεύθυνση και κλίση των διακλάσεων		Πολύ ευνοϊκή	Ευνοϊκή	Μέτρια	Δυσμενής	Πολύ δυσμενής
Βαθμός	Σήραγγες	0	-2	-5	-10	-12
	Θεμελιώσεις	0	-2	-7	-15	-25
	Πρανή	0	-5	-25	-50	
Γ. Ταξινόμηση του βράχου και βαθμολογία του						
Κατηγορία		I	II	III	IV	V
Χαρακτηρισμός		Πολύ καλός	Καλός	Μέτριος	Φτωχός	Πολύ φτωχός
Βαθμολογία, τιμή RMR		100-81	80-61	60-41	40-21	<21
Δ. Τεχνική σημασία της ταξινόμησης						
Κατηγορία		I	II	III	IV	V
Μέσος χρόνος διατήρησης της εκσκαφής		20 χρόνια για άνοιγμα 15m	12 μήνες για άνοιγμα 10m	1 εβδομάδα για άνοιγμα 5m	10 ώρες για άνοιγμα 2,5m	30min για άνοιγμα 1m
Συνοχή του βράχου (kpa)		>400	300-400	200-300	100-200	<100
Γωνία τριβής του βράχου		>45°	35-45°	25-35°	15-25°	<15°

Πίνακας 2. Προτάσεις συστημάτων προσωρινής υποστήριξης για αβαθείς σήραγγες διαμέτρου 5-12m, Bieniawski, 1974

Εναλλακτικά συστήματα υποστήριξης σε κατασκευές με συμβατικά μέσα			
Κατηγορία βράχου	Κυρίως ηλώσεις (κοχλιώσεις)	Κυρίως εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	Κυρίως χαλύβδινα πλαίσια
I	Γενικά δε χρειάζεται υποστήριξη		
II	Ηλώσεις με αραιώση 1,5-2m και –κατά περίπτωση- πλέγμα στην οροφή	50mm στην οροφή	Αντιοικονομικά
III	Ηλώσεις με αραιώση 1,0-1,5m πλέγμα και 30mm εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην οροφή (όπου χρειάζεται)	100mm στην οροφή και 50mm στις πλευρές, κατά περίπτωση πλέγμα και ηλώσεις όπου χρειάζεται	Ελαφρά με αραιώση 1,5-2m
IV	Ηλώσεις με αραιώση 0,5-1,0m πλέγμα και 30-50mm εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην οροφή και στις πλευρές	150mm στην οροφή και 100mm στις πλευρές, κατά περίπτωση πλέγμα και ηλώσεις, 3m μήκους με αραιώση 1,5m	Μέσου τύπου, με αραιώση 0,7-1,5m και 50mm εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην οροφή
V	Δε συνιστάται	200mm στην οροφή και 150mm στις πλευρές, πλέγμα, ηλώσεις και ελαφρά πλαίσια	Βαριά, με αραιώση 0,7m και ταχεία επένδυση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 75mm

Πίνακας 3. Εμπειρική πρόταση για τον τρόπο διάνοιξης και για τη μόνιμη υποστήριξη σήραγγας πεταλοειδούς διατομής, Bienawski, 1979.

Κατηγορία βράχου RMR	Τρόπος εκσκαφής	Μέτρα υποστήριξης		
		Αγκύρια Ø20mm πακτωμένα με τσιμεντένεμα	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	Χαλύβδινα πλαίσια
I RMR: 81-100	Ολομέτωπη εκσκαφή. Προχώρηση με βήματα 3m	Γενικά δε χρειάζεται υποστήριξη. Σποραδικά αγκύρια μόνον εφόσον χρειάζονται.		
II RMR: 61-80	Ολομέτωπη εκσκαφή. Προχώρηση με βήματα 1-1,5m. Η οριστική υποστήριξη τοποθετείται σε απόσταση 20m από το μέτωπο	Στην οροφή σποραδικά αγκύρια μήκους 3m σε αποστάσεις 2,5m. Κατά περίπτωση χρησιμοποίηση δομικού πλέγματος στην οροφή	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 5cm στην οροφή, μόνον όταν κρίνεται αναγκαίο	Όχι
III RMR: 41-60	Τμηματική εκσκαφή, σε δύο φάσεις. Προχώρηση μετώπου και βαθμίδα με βήματα 1,5-3m. Προσωρινή υποστήριξη αμέσως μετά από την ανατίναξη. Η οριστική υποστήριξη τοποθετείται σε απόσταση 10m από το μέτωπο	Συστηματική αγκύρωση, αγκύρια μήκους 4m ανά 1,5 έως 2m στην οροφή και στις παρειές. Στην οροφή επιπλέον δομικό πλέγμα.	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 5-10cm στην οροφή και πάχους 3cm στις παρειές.	Όχι
IV RMR: 21-40	Τμηματική εκσκαφή σε δύο φάσεις. 1 ^η φάση: προχώρηση μετώπου με βήματα 1-1,5m. Τοποθέτηση της υποστήριξης ταυτόχρονα με την εκσκαφή. Συμπλήρωση της υποστήριξης σε απόσταση 10m από το μέτωπο.	Συστηματική αγκύρωση, αγκύρια μήκους 4-5m, ανά 1 έως 1,5m στην οροφή και στις παρειές. Ενίσχυση με δομικό πλέγμα.	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 10-15cm στην οροφή και πάχους 10cm στις παρειές.	Χαλύβδινα πλαίσια ελαφρού έως μέσου τύπου σε αποστάσεις 1,5m, όπου χρειάζεται.
V RMR: <20	Πολλαπλή προώθηση. Προχώρηση στο μέτωπο 0,5-1,5m. Η υποστήριξη τοποθετείται ταυτόχρονα με τη διάνοιξη. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα όσο πιο γρήγορα γίνεται.	Συστηματική αγκύρωση, αγκύρια μήκους 5-6m, ανά 1-1,5m στην οροφή και στις παρειές. Ενίσχυση με δομικό πλέγμα. Αγκυρώσεις στο δάπεδο.	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 15-20 cm στην οροφή πάχους 15cm στις παρειές και πάχους 5cm στο μέτωπο	Χαλύβδινα πλαίσια μέσου έως βαρέως τύπου σε αποστάσεις 0,75m. Επικάλυψη με λαμαρίνες και στήριξη του μετώπου. Κλείσιμο της διατομής με ανεστραμμένο τόξο.

1.4 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Λαμβάνοντας υπόψη τα λιθολογικά χαρακτηριστικά της βραχόμαζας, όπως αυτά αποτυπώθηκαν κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση στην περιοχή κατασκευής της σήραγγας, σε συνδυασμό με τη λεπτομερή παρατήρηση και αξιολόγηση των αποληφθέντων πυρήνων των γεωτρήσεων και τις τεχνικογεωλογικές ενότητες που έχουν διακριθεί στην περιοχή της σήραγγας, καθορίζονται εν συνεχεία οι γεωτεχνικές κατηγορίες βραχόμαζας που αναμένεται να συναντηθούν κατά την κατασκευή της σήραγγας.

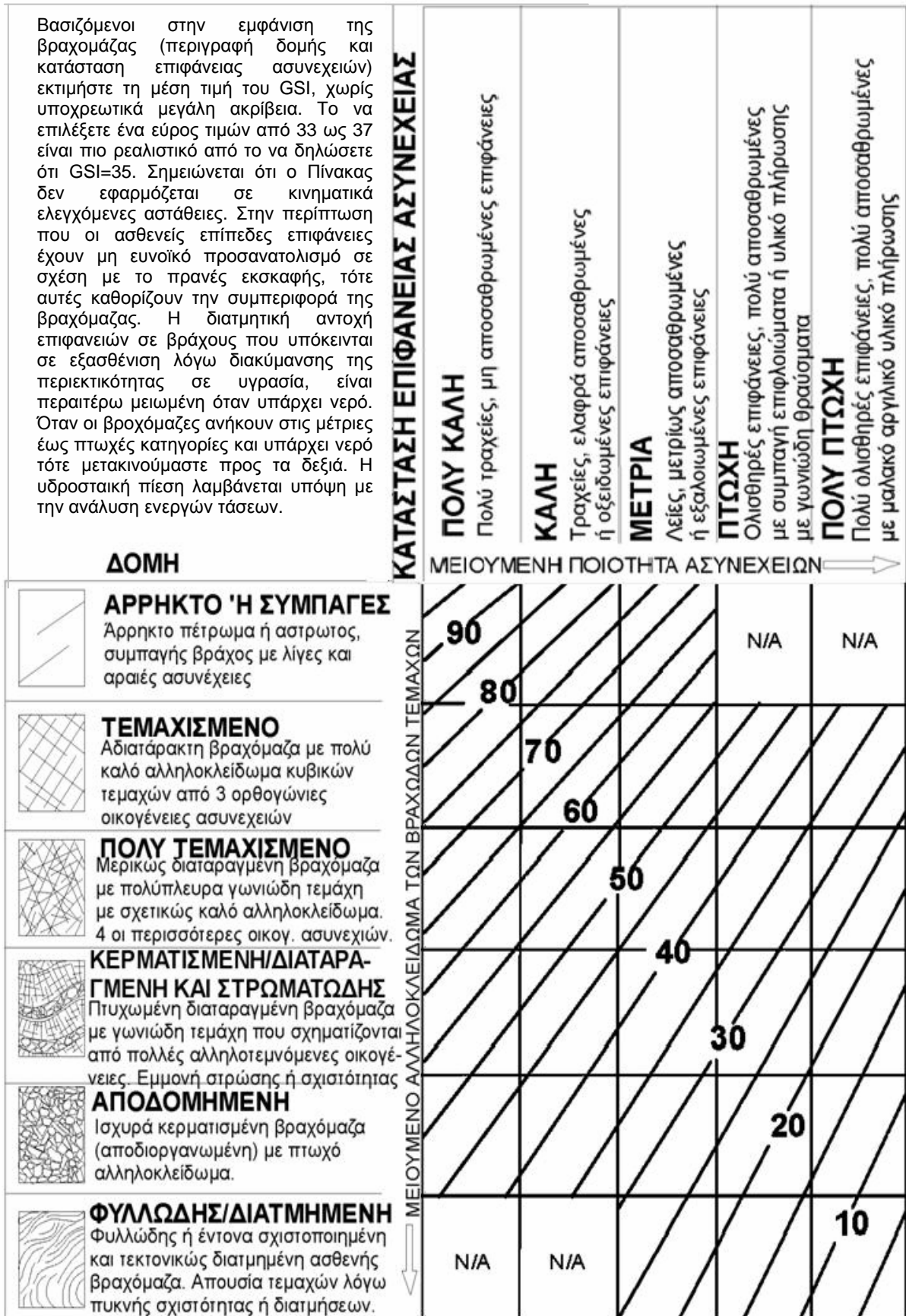
Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία των γεωλογικών – γεωτεχνικών τομών των γεωτρήσεων, τις περιγραφές των μητρώων υπαίθρου αυτών, την παρατήρηση των πυρήνων των γεωτρήσεων και της κατάστασης της βραχόμαζας και των ασυνεχειών που αναπτύσσονται σε αυτήν, έγινε λεπτομερής κατάταξη πετρωμάτων καθορίζοντας το **Γεωλογικό Δείκτη Αντοχής (Geological Strength Index, GSI)**.

1.4.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ, GSI

Ο γεωλογικός δείκτης αντοχής (geological strength index GSI) που έχει διεθνώς καθιερωθεί για το ποσοτικό χαρακτηρισμό μιας βραχόμαζας έχει ευρεία χρήση και στην Ελλάδα. Ο δείκτης GSI εισήχθη από τους Hoek, Wood, επεκτάθηκε για τις ασθενείς βραχόμαζες από τους Hoek, Marinis and Benissi, Marinis and Hoek. Ο δείκτης εκτός από την ταξινόμηση εκφράζει αριθμητικά την απομείωση των σταθερών του υλικού, ανάλογα με τη ρωγμάτωση της βραχόμαζας. Αποτελεί λοιπόν σημαντικό στοιχείο στην επίλυση του κριτηρίου θραύσης Hoek and Brown και προσφέρει λύσεις στο πρόβλημα του προσδιορισμού των αντιπροσωπευτικών τιμών

των παραμέτρων σχεδιασμού των έργων σε περιβάλλον ρωγματομένων βράχων. Ο δείκτης βασίζεται στην εκτίμηση της δομής και της καταστάσεως των ασυνεχειών της βραχόμαζας και επομένως αποτελεί ένα φιλικό, γεωλογικά, δείκτη που μπορεί να εκτιμάται εύκολα.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ



Σχήμα 1: Το βασικό διάγραμμα του Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής GSI

Με το δείκτη GSI καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός των παραμέτρων αντοχής της βραχώμαζας για σημαντικό εύρος τεχνικογεωλογικών συνθηκών. Για τον άμεσο χαρακτηρισμό της βραχώμαζας λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση που παρουσιάζει ως προς τη δομή και τον τεμαχισμό της.

Εν συνεχεία και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών των γεωτρήσεων, διακρίθηκαν οι γεωτεχνικές κατηγορίες βραχώμαζας. Για κάθε γεωτεχνική κατηγορία βραχώμαζας που εντοπίζεται στην περιοχή κατασκευής της σήραγγας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων και τα στοιχεία της επιφανειακής γεωλογικής χαρτογράφησης, προσδιορίζεται το αντιπροσωπευτικό εύρος τιμών του δείκτη GSI, ώστε να καλύπτεται επαρκώς η κατάσταση της βραχώμαζας η οποία αναμένεται να συναντηθεί, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωλογικής και γεωτεχνικής έρευνας.

Στο πλαίσιο των ανωτέρω και των αρχών προσδιορισμού του εν λόγω δείκτη, λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία περιγραφής της εν γένει δομής της βραχώμαζας, σε συνδυασμό με την κατάσταση των ασυνεχειών. Με βάση όσα προαναφέρθηκαν, εκτιμάται ότι με τη διάκριση των γεωτεχνικών κατηγοριών βραχώμαζας που παρουσιάζεται κατωτέρω, μπορεί να επιτευχθεί κατά το δυνατόν αξιόπιστα και με την απαιτούμενη ακρίβεια και λεπτομέρεια, απεικόνιση των επί τόπου συνθηκών που εκτιμάται, βάσει των διαθέσιμων στοιχείων που υφίστανται τόσο κατά μήκος της σήραγγας.

Συνδυάζοντας και αξιολογώντας όλα τα παραπάνω γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία διακρίθηκαν οι ακόλουθες πέντε (5) γεωτεχνικές κατηγορίες βραχώμαζας.

1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

I) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ Α

Συμπαγές έως ελαφρά κερματισμένο πέτρωμα: Συμπαγείς έως ελαφρά κερματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), χαμηλής αντοχής, (ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΕ-1). Ασβεστολιθικά σώματα: Πρόκειται για περισσότερο ή λιγότερο εκτεταμένα ανθρακικά σώματα μέσης αντοχής, έντονα πτυχωμένα και κερματισμένα έως κατά θέσεις πολύ έντονα κερματισμένα. (ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΕ-7). Σταθερή συμπεριφορά κατά την εκσκαφή. Δεν παρατηρείται συστηματική χαλάρωση τεμαχίων πετρώματος και ανάλογα με τη γεωμετρία των ασυνεχειών ενδέχεται να σχηματίζονται σφηνοειδείς ολισθήσεις ή αποκολλήσεις. Συστηματική υποστήριξη για την εξασφάλιση των σφηνών. Αναμένεται κατά θέσεις παρουσία υδροφόρου ορίζοντα. Καμία πρακτικά επιρροή του υπόγειου νερού στην αντοχή της βραχώμαζας. Η εν λόγω κατηγορία βραχώμαζας εκσκάπτεται με χρήση εκρηκτικών υλών.

Για την κατηγορία αυτή καθορίζονται ως αντιπροσωπευτικές τιμές GSI οι εξής:

ΤΕ-1: GSI = 45-55

ΤΕ-7: GSI = 35-45

II) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ Β1

Έντονα κερματισμένο πέτρωμα: Έντονα κερματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), χαμηλής αντοχής, (ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΕ-2). Βραχώμαζα έντονα κερματισμένη. Παρατηρείται χαλάρωση

τεμαχίων και σχηματισμός σφηνών. Απαιτείται συστηματική υποστήριξη της βραχόμαζας για την εξασφάλιση των σφηνών. Παρουσία κατά θέσεις υπογείου νερού. Μικρή επιρροή του υπόγειου νερού στην αντοχή της βραχομάζας. Η εν λόγω κατηγορία βραχόμαζας εκσκάπτεται με χρήση εκρηκτικών υλών και μηχανικών μέσων.

Για την κατηγορία αυτή καθορίζονται ως αντιπροσωπευτικές τιμές GSI οι εξής:

TE-2: GSI = 35-45

III) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ B2

Πολύ έντονα κερματισμένο έως θρυμματισμένο πέτρωμα: Πολύ έντονα κερματισμένοι έως θρυμματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), χαμηλής αντοχής, (ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ TE-3). Βραχόμαζα τεκτονισμένη. Κίνδυνος αστοχιών χωρίς εγκατάσταση συστήματος άμεσης υποστήριξης. Παρουσία κατά θέσεις υδροφόρου ορίζοντα. Μέτρια η επιρροή του υπόγειου νερού.

Η εν λόγω κατηγορία βραχόμαζας εκσκάπτεται με χρήση μηχανικών μέσων.

Για την κατηγορία αυτή καθορίζονται ως αντιπροσωπευτικές τιμές GSI οι εξής:

TE-3: GSI = 25-35

IV) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ C1

Θρυμματισμένο πέτρωμα: Έντονα θρυμματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), υπό μορφή λατυπών. (Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-4). Συστηματικά και έντονα τεκτονισμένη και διατμημένη βραχόμαζα, ιδιαίτερα μειωμένης αντοχής και πολύ έντονης αποσάθρωσης. Κατά

θέσεις γαιώδες υλικό με πιθανότητα εμφάνισης ογκολίθων βράχου. Άμεση παραμόρφωση. Ανάπτυξη περιορισμένων ζωνών αστοχίας στα πλευρικά τοιχώματα. Καθοριστικής σημασίας η παρουσία υπόγειου νερού. Η εν λόγω κατηγορία βραχώμαζας εκσκάπτεται με χρήση μηχανικών μέσων.

Για την κατηγορία αυτή καθορίζονται ως αντιπροσωπευτικές τιμές GSI οι εξής:

TE-4: GSI = 20-25

V) ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ C2

Σχιστοφυείς εύθρυπτοι σχηματισμοί: Σχιστοποιημένο, λατυποποιημένο και εξαλλοιωμένο βασαλτικό υλικό με λατύπες, τεμάχια και σώματα βασαλτών και ασβεστολίθων στη μάζα του, έντονα πτυχωμένο, με ακατάστατη χαοτική κατά θέσεις δομή και σχιστοκερατόλιθοι, με έντονα σχιστοφυή έως σχιστώδη δομή, καστανόχρωμοι έως βυσσινόχρωμοι, σε στρώσεις πάχους 0,05m έως 0,02m. Στους πυρήνες των γεωτρήσεων παρουσιάζονται υπό μορφή αργιλοϊλυώδων χαλίκων βασαλτικής (δολεριτικής) προέλευσης με άμμο ή έντονα θρυμματισμένων κερατολίθων υπό μορφή λατυπών μεγέθους έως 0,05x0,04x0,03m. Κατά θέσεις παρεμβάλλονται κερατολιθικές στρώσεις πάχους έως 2m έντονα έως πολύ έντονα κερματισμένες. (Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-5). Εξαλλοιωμένο μυλωνιτιωμένο υλικό που συνδέεται με ζώνες τεκτονικής παραμόρφωσης: Παρουσιάζεται υπό μορφή άμμου υπόλευκου χρώματος, μικρού βαθμού σύνδεσης. (Τεχνικογεωλογική ενότητα TE-6). Συστηματικά και έντονα τεκτονισμένη και διατμημένη βραχώμαζα, ιδιαίτερα μειωμένης αντοχής και πολύ έντονης αποσάθρωσης. Γαιώδες υλικό με πιθανότητα εμφάνισης ογκολίθων

βράχου. Άμεση παραμόρφωση. Ανάπτυξη περιορισμένων ζωνών αστοχίας στα πλευρικά τοιχώματα. Καθοριστικής σημασίας η παρουσία υπόγεια νερού.

Η εν λόγω κατηγορία βραχόμαζας εκσκάπτεται με χρήση μηχανικών μέσων.

Για την κατηγορία αυτή καθορίζονται ως αντιπροσωπευτικές τιμές GSI οι εξής:

TE-5, TE-6: GSI = 15-20

Οι ανωτέρω κατηγορίες βραχόμαζας, εκτιμάται εν γένει να αντιμετωπισθούν για ενδεικτικά μήκη εφαρμογής, τα οποία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5: Ενδεικτικά μήκη εφαρμογής κατηγοριών βραχόμαζας για τη σήραγγα.

Κατηγορία βραχόμαζας	A	B1	B2	C1	C2
Ενδεικτικά μήκη εφαρμογής (m)	86.1	88.4	191.4	68.4	355.8

Το συνολικό μήκος της υπόγειας εκσκαφής της υπό μελέτη σήραγγας είναι 790m.

1.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι αντιπροσωπευτικές τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού για το εύρος των τεχνικογεωλογικών συνθηκών που αναμένεται να συναντηθούν στην περιοχή κατασκευής της σήραγγας, με εφαρμογή των κριτηρίων αστοχίας Hoek-Brown και Mohr-Coulomb, εφαρμόστηκε κατάλληλα η βαθμονόμηση με το δείκτη GSI-Geological Strength Index, όπως έχει ήδη αναφερθεί, για κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα.

1.7 ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ HOEK-BROWN

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

σ_1 : μέγιστη κύρια ενεργή τάση κατά την αστοχία

σ_3 : ελάχιστη κύρια ενεργή τάση κατά την αστοχία

σ_{ci} : μονοαξονική αντοχή του άρρηκτου βράχου

m_b : απομειωμένη τιμή της σταθεράς m_i

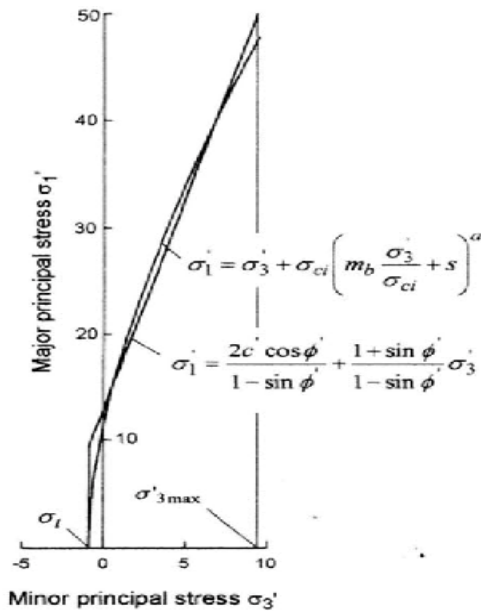
a, s : σταθερές

Ζητούμενα : m_b, a, s

1.7.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΜΕΣΩ GSI,

σ_{ci} , m_i

Ισοδύναμα c' , ϕ' για το κριτήριο MOHR-COULOMB



Relationships between major and minor principal stresses for Hoek-Brown and equivalent Mohr-Coulomb criteria.

$$c' = \frac{s_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b s_{3n}^{|}] (s + m_b s_{3n}^{|})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b (s + m_b s_{3n}^{|})^{a-1} / ((1+a)(2+a)))}}$$

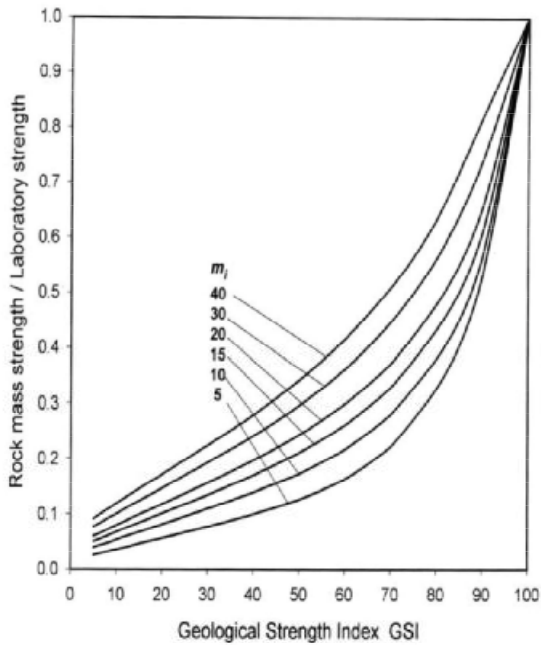
$$\Phi = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b s_{3n}^{|})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b s_{3n}^{|})^{a-1}} \right]$$

Όπου $s_{3n}^{|} = \sigma_{3max} / \sigma_{ci}$

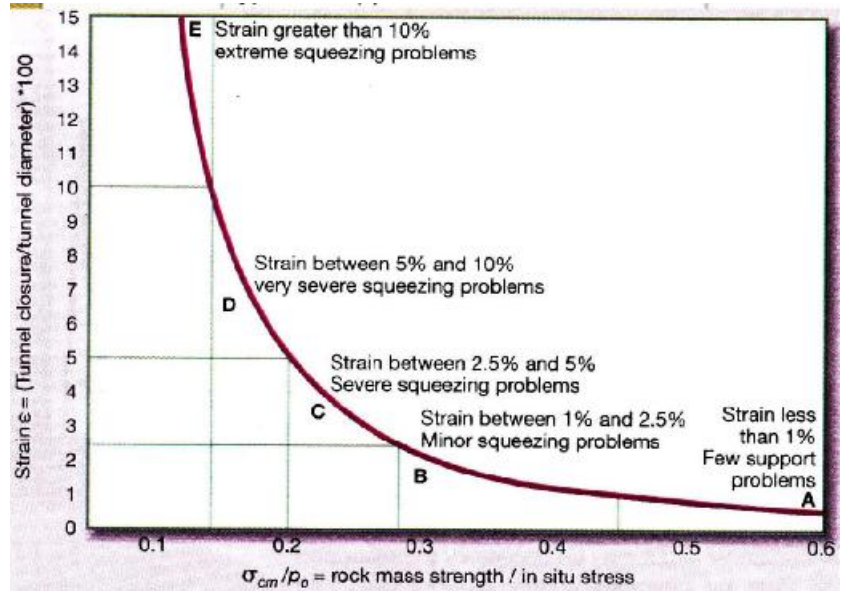
σ_{3max} : Το άνω όριο της τάσης περιορισμού, όπου θεωρείται η σχέση μεταξύ των κριτηρίων Hoek-Brown και Mohr-Coulomb

ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ σ_{cm}

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΥΝΘΛΙΨΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ



Σχήμα α..



Σχήμα β.

$$S_{cm} = S_{ci} \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b / 4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)}$$

Συσχέτιση μεταξύ παραμόρφωσης και αντοχής της βραχώμαζας ανάλογα με το τασικό πεδίο και βαθμός δυσκολίας της κατασκευής των μέτρων υποστήριξης.

Για τις τιμές του GSI οι οποίες προσδιορίζονται για κάθε μια τεχνικογεωλογική ενότητα, διενεργήθηκαν οι αναγκαίοι υπολογισμοί των γεωτεχνικών παραμέτρων αντοχής βραχώμαζας.

Οι εργαστηριακές δοκιμές που εκτελέστηκαν στα εδαφικά δείγματα των γεωτρήσεων είναι οι εξής:

- Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα
- Προσδιορισμός ορίων Atterberg
- Φυσική υγρασία
- Λόγος κενών
- Βαθμός κορεσμού
- Φαινόμενο βάρος
- Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης

Στους πυρήνες βραχωδών σχηματισμών που λήφθηκαν από τις γεωτρήσεις εκτελέστηκαν οι ακόλουθες δοκιμές αντοχής:

- Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης
- Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης με μέτρηση του E(ελαστικότητα) και του ν (λόγος Poisson)
- Δοκιμές σημειακής φόρτισης
- Δοκιμή αντοχής σε εφελκυσμό(Brazilian test)
- Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας
- Προσδιορισμός δείκτη φθοράς (rock abrasiveness index)
- Πετρογραφική γνωμάτευση
- Δοκιμή περιθλασιομετρίας ακτίνων X

1.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών σε σχετικά υγιή και μέτρια κερματισμένα δείγματα βασαλτών(αφού για τα περισσότερα κερματισμένα και αποσαθρωμένα τμήματα του σχηματισμού δεν είναι δυνατή η μόρφωση δοκιμίων για την εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών)προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Το φαινόμενο βάρος γ_b , με βάση τα αποτελέσματα 52 δοκιμών(έχει εξαιρεθεί η δοκιμή στη γεώτρηση Γ1Σ-026, βάθος 19,70 έως 20,00m, $\gamma_b=22.6\text{kN/m}^3$)κυμαίνεται μεταξύ 23,4 και 30,0 kN/m^3 με μέση τιμή 27,0 kN/m^3 και τυπική απόκλιση $\pm 1,4\text{kN/m}^3$
- Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη, σ_{ci} με βάση τα αποτελέσματα 40 δοκιμών(έχουν εξαιρεθεί 4 δοκιμές, στη γεώτρηση Γ1Σ-024, βάθους 8 έως 8,30m, $\sigma_{ci}=2.39\text{MPa}$, στη γεώτρηση Γ1Σ-024B, βάθους 38,30 έως 38,50m, $\sigma_{ci}=89.70\text{MPa}$ και στη γεώτρηση Γ1Σ-025B βάθους 18,90 έως 19,20m, $\sigma_{ci}=2.77\text{MPa}$)κυμαίνεται μεταξύ 4,7MPa και 57,2MPa με μέση τιμή 15,9 MPa και τυπική απόκλιση $\pm 11,8\text{MPa}$.
- Το μέτρο ελαστικότητας, E , με βάση τα αποτελέσματα 19 δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ 2,3GPa και 65,1GPa με μέση τιμή 21,5GPa και τυπική απόκλιση $\pm 21,5\text{GPa}$.
- Ο λόγος Poisson, ν , με βάση τα αποτελέσματα 17 δοκιμών (έχουν εξαιρεθεί 2 δοκιμές, στη γεώτρηση Γ1Σ-024, βάθους 33,6 έως 34,1m, $\nu=0.78$ και στη γεώτρηση Γ1Σ-024B, βάθους 53,9 έως 54,1m, $\nu=0.56$)κυμαίνεται μεταξύ 0,01 και 0,3 με μέση τιμή 0,2 και τυπική απόκλιση $\pm 0,10$.

- Ο δείκτης αντοχής σε σημειακή φόρτιση, κάθετα στον άξονα, I_{s50} , με βάση τα αποτελέσματα 46 δοκιμών (έχουν εξαιρεθεί 16 δοκιμές, με τιμές του $I_{s50} \leq 0.14 \text{MPa}$) κυμαίνεται μεταξύ 0,17MPa και 2,7MPa με μέση τιμή 0,7MPa και τυπική απόκλιση $\pm 0,62 \text{MPa}$.
- Η αντοχή σε εφελκυσμό (δοκιμές Brazilian), σ_t , με βάση τα αποτελέσματα 8 δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ 0,52MPa και 4,41MPa με μέση τιμή 1,62MPa και τυπική απόκλιση $\pm 1,26 \text{MPa}$.
- Ο δείκτης φθοράς με βάση τα αποτελέσματα 13 δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ 0,07 και 0,99 με μέση τιμή 0,32 και τυπική απόκλιση $\pm 0,33$.

Σε εργαστηριακές δοκιμές σε κερατολιθικούς σχηματισμούς οι οποίοι παρεμβάλλονται των σχιστοκερατολιθικών σχηματισμών με ενστρώσεις πάχους έως 2m, σε 3 δοκιμές προσδιορισμού του φαινόμενου βάρους, το φαινόμενο βάρος γ_b , κυμαίνεται μεταξύ 24,7 και 27,5 kN/m³ σε μια δοκιμή μονοαξονικής θλίψης, μετρήθηκε αντοχή $\sigma_{ci} = 29.2 \text{MPa}$, σε 6 δοκιμές σημειακής φόρτισης, ο δείκτης αντοχής σε σημειακή φόρτιση, κάθετα στον άξονα, I_{s50} , κυμαίνεται μεταξύ 0,09 και 1,8MPa με μέση τιμή 0,5MPa και τυπική απόκλιση $\pm 0,69 \text{MPa}$ και σε 2 δοκιμές προσδιορισμού δείκτη φθοράς, ο δείκτης φθοράς μετρήθηκε 0,07 και 0,12 αντίστοιχα.

Τέλος από τα αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών σε δείγματα ασβεστόλιθων προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Το φαινόμενο βάρος γ_b , με βάση τα αποτελέσματα 7 δοκιμών, κυμαίνεται μεταξύ 25,8 και 28,0 kN/m³ με μέση τιμή 27 kN/m³ και τυπική απόκλιση $\pm 0,7 \text{kN/m}^3$.

- Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη, σ_{ci} , με βάση τα αποτελέσματα 6 δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ 18,3 και 75,2MPa με μέση τιμή 42,3MPa και τυπική απόκλιση $\pm 19,7$ MPa.
- Το μέτρο ελαστικότητας, E, με βάση τα αποτελέσματα 2 δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ 12.2 GPa και 42.9GPa.
- Ο λόγος Poisson, ν , με βάση τα αποτελέσματα 2 δοκιμών, κυμαίνεται μεταξύ 0,09 και 0,2.
- Ο δείκτης αντοχής σε σημειακή φόρτιση, κάθετα στον άξονα, Is50, με βάση τα αποτελέσματα 10 δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ 0,65 και 2,5MPa με μέση τιμή 1,9MPa και τυπική απόκλιση $\pm 0,79$ MPa.
- Η αντοχή σε εφελκυσμό(δοκιμές Brazilian), σ_t , σε μια δοκιμή μετρήθηκε 3,5MPa.
- Ο δείκτης φθοράς με βάση τα αποτελέσματα 3 δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ 0,10 και 0,46 με μέση τιμή 0,23.

Δεδομένου ότι στη διαδικασία υπολογισμού των τιμών των γεωτεχνικών παραμέτρων της βραχώμαζας με βάση το δείκτη GSI υπεισέρχεται η αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη του άρρηκτου πετρώματος, αξιολογήθηκαν προς αυτήν την κατεύθυνση τα διαθέσιμα αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών αντοχής σε μονοαξονική θλίψη. Ειδικότερα για την κατηγορία βραχώμαζας A και την τεχνικογεωλογική ενότητα TE-1, λήφθηκε ως τιμή σχεδιασμού για την αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη η μέση τιμή του εύρους τιμών που προέκυψαν από τις αντίστοιχες εργαστηριακές δοκιμές σε δείγματα του σχηματισμού των βασαλτών (δολεριτών) προσαυξημένη περίπου κατά το μέγεθος της τυπικής απόκλισης. Για την κατηγορία βραχώμαζας B1 ελήφθη ως τιμή σχεδιασμού για την αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη η μέση τιμή, για την κατηγορία βραχώμαζας B2 η μέση τιμή με μικρή απομείωση ενώ για τις κατηγορίες βραχώμαζας C1

και C2 ελήφθη η μέση τιμή απομειωμένη κατά ποσοστό 60-70%.Επίσης λαμβάνοντας υπ' όψη ότι στην κατηγορία βραχώμαζας A εντάσσεται και η τεχνικογεωλογική ενότητα TE-7, η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη λήφθηκε ίση με τη μέση τιμή του εύρους των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών σε δείγματα ασβεστόλιθων.

Οι επί μέρους γεωτεχνικές παράμετροι του κριτηρίου Hoek-Brown παρουσιάζονται για κάθε γεωτεχνική κατηγορία βραχώμαζας στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 6: Ενδεικτικό εύρος τιμών των διαθέσιμων στοιχείων της γεωτεχνικής έρευνας που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛ. ΕΝΟΤΗΤΑ	GSI	GSI (design)	σ_{ci} (MPa)	γ (kN/m ³)	Υπερκείμενα	σ_{cm} (MPa)	Po (MPa)	σ_{cm}/Po
						H (m)		H max	H max
A	TE-1	45-55	45	20	28	58	3.51	1.62	2.16
	TE-7	35-45	35	40	27	58	3.32	1.57	2.12
B1	TE-2	35-45	35	15	26	58	1.77	1.51	1.17
B2	TE-3	25-35	25	12	26	58	1.15	1.51	0.76
C1	TE-4	20-25	20	7	22	58	0.54	1.28	0.42
C2	TE-5, TE-6	15-20	15	5	22	58	0.31	1.28	0.24

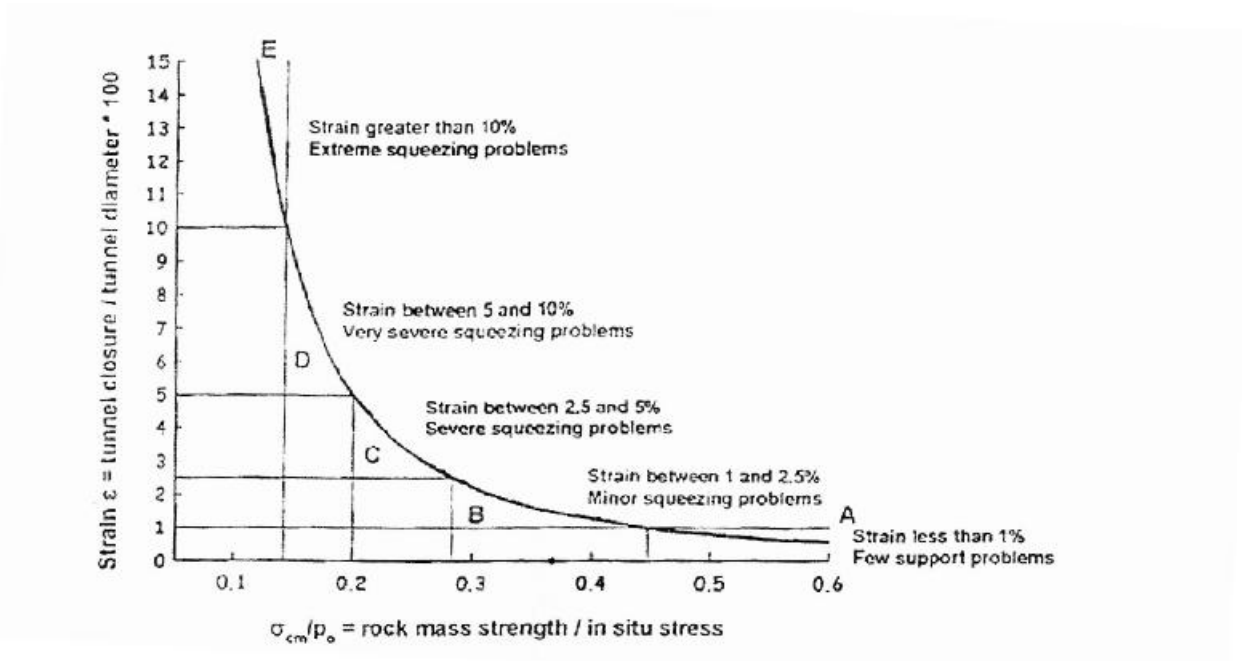
Με κριτήριο την τιμή του λόγου σ_{cm}/p_o καταρχήν και βάση του διαγράμματος και του πίνακα που ακολουθούν(E.Hoek), δίδονται οι κάτωθι γενικές κατευθύνσεις σχετικά με τα προτεινόμενα κατά περίπτωση μέτρα προσωρινής υποστήριξης:

- Για τις κατηγορίες βραχόμαζας A, B1 και B2, οι ελάχιστες τιμές του λόγου σ_{cm}/p_o είναι της τάξεως του 0,76. Κατά συνέπεια, αναμένονται εν γένει(βάση του διαγράμματος και του πίνακα E.Hoek) περιορισμένα προβλήματα και οι αντίστοιχες απαιτήσεις υποστήριξης εκτιμάται ότι θα καλύπτονται με την εφαρμογή αγκυρίων και εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Επισημαίνεται ωστόσο ότι οι αντίστοιχες απαιτήσεις υποστήριξης αυξάνονται καθώς οι τιμές του λόγου σ_{cm}/p_o μεταβαίνουν από τις μεγαλύτερες προς τις μικρότερες τιμές.
- Για τις κατηγορίες βραχόμαζας C1 και C2, ο λόγος σ_{cm}/p_o κυμαίνεται από 0,42 έως 0,24. Κατά συνέπεια, βάση του ακόλουθου πίνακα οι απαιτήσεις υποστήριξης είναι υψηλότερες.

Αναλυτικά, η περιγραφή των απαιτήσεων υποστήριξης προσδιορίζονται βάση του ακόλουθου διαγράμματος, ανάλογα με το μέγεθος του λόγου σ_{cm}/p_o . Σημειώνεται ότι τα σύμβολα A,B,C,D,E που φαίνονται στο εν λόγω διάγραμμα σχετίζονται με τη διάκριση επί μέρους περιοχών του διαγράμματος και των αντίστοιχων απαιτήσεων σχεδιασμού και υποστήριξης.

Με εφαρμογή του κριτηρίου Hoek-Brown και με τις τιμές των επί μέρους παραμέτρων όπως προσδιορίστηκαν, υπολογίζονται οι τιμές σχεδιασμού για κάθε κατηγορία βραχόμαζας, για το ύψος των υπερκειμένων που παρουσιάζεται στον ως άνω πίνακα.

Οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των τιμών σχεδιασμού των γεωτεχνικών παραμέτρων χρησιμοποιώντας τα κριτήρια αστοχίας Hoek-Brown και Mohr-Coulomb και οι τιμές συνοχής (c), γωνία τριβής (ϕ) και μέτρου ελαστικότητας (E) προέκυψαν από τους σχετικούς υπολογισμούς για κάθε γεωτεχνική κατηγορία βραχώμαζας.



Πίνακας 7: Περιγραφή συνθηκών βραχόμαζας και τύπων υποστήριξης

	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ %	Γεωμηχανική Συμπεριφορά	Τύποι υποστήριξης
A	Μικρότερη από 1	Λίγα προβλήματα ευστάθειας και χρήση πολύ απλών μεθόδων σχεδιασμού μέτρων υποστήριξης. Προτάσεις για μέτρα υποστήριξης που βασίζονται σε συστήματα κατάταξης είναι επαρκείς για την μελέτη.	Απλές συνθήκες κατασκευής. Αγκύρια και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σαν τυπικά μέτρα υποστήριξης.
B	1 έως 2,5	Χρήση αναλυτικών μεθόδων για την πρόβλεψη του σχηματισμού ζώνης πλαστικοποίησης στην περιβάλλουσα την σήραγγα βραχόμαζα και για την εκτίμηση της αλληλεπίδρασης της προοδευτικής ανάπτυξης αυτής της ζώνης με τους διαφορετικούς τύπους υποστήριξης.	Μικρά προβλήματα squeezing που γενικά αντιμετωπίζονται με αγκύρια και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Μερικές φορές εγκαθίστανται ελαφρά μεταλλικά ή δικτυωτά πλαίσια για περισσότερη προστασία.
C	2,5 έως 5	Δυσδιάστατες μέθοδοι πεπερασμένων στοιχείων που λαμβάνουν υπόψη τα μέτρα υποστήριξης και τα βήματα κατασκευής χρησιμοποιούνται συχνά για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Γενικά, η ευστάθεια του μετώπου δεν είναι σοβαρό πρόβλημα.	Ισχυρά προβλήματα squeezing απαιτούν γρήγορη εγκατάσταση των μέτρων υποστήριξης και προσεκτικό έλεγχο της ποιότητας κατασκευής. Γενικά απαιτούνται βαρέως τύπου μεταλλικά πλαίσια.
D	5 έως 10	Η μελέτη της σήραγγας κυριαρχείται από θέματα ευστάθειας του μετώπου. Ενώ χρησιμοποιούνται συνήθως δυσδιάστατες αναλύσεις, απαιτείται ένας καθορισμός της επίδρασης των δοκών προπορείας και των μέτρων υποστήριξης του μετώπου.	Πολύ ισχυρά προβλήματα squeezing και ευστάθειας μετώπου. Γενικά απαιτούνται δοκοί προπορείας και προενίσχυσης του μετώπου με μεταλλικά πλαίσια και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
E	Μεγαλύτερη από 10	Πολύ έντονα προβλήματα ευστάθειας μετώπου και squeezing. Γι' αυτό το σύνθετο τρισδιάστατο πρόβλημα δεν υπάρχουν αποτελεσματικά εργαλεία σχεδιασμού. Οι περισσότερες λύσεις βασίζονται στην εμπειρία.	Πολύ έντονα προβλήματα squeezing. Γενικά εφαρμόζονται δοκοί προπορείας και στοιχεία ενίσχυσης του μετώπου. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πλαίσια ελεγχόμενης παραμόρφωσης.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στοιχεία της γεωτεχνικής διερεύνησης και αξιολόγησης και ακολουθώντας τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε ανωτέρω έγινε η επιλογή των τιμών των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού των γεωτεχνικών κατηγοριών βραχώμαζας, που αναμένεται να συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 8: Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού σήραγγας ΣΣ1.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛ. ΕΝΟΤΗΤΑ	GSI	GSI (design)	σ_{ci} (MPa)	mi	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ H(m)	γ (kN/m ³)	C KPa	Φ (°)	E (GPa)	ΛΟΓΟΣ Poisson ν
						έως					
A	TE-1	45-55	45	20	25	58	28	250	45	2.50	0.22
	TE-7	35-45	35	40	10	58	27	200	40	2.00	0.22
B1	TE-2	35-45	35	15	20	58	26	170	37	1.20	0.25
B2	TE-3	25-35	25	12	20	58	26	140	35	0.65	0.25
C1	TE-4	20-25	20	7	15	58	22	85	28	0.40	0.30
C2	TE-5, TE-6	15-20	15	5	15	58	22	60	23	0.25	0.30

1.9 ΜΕΤΡΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΚΑΣΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Βάση των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας και των αντίστοιχων εργαστηριακών δοκιμών που διενεργήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας οριστικής μελέτης, για την υπό μελέτη σήραγγα προσδιορίστηκαν πέντε κατηγορίες βραχώμαζας για τις οποίες προσδιορίστηκαν αντίστοιχα πέντε τυπικές διατομές εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης για τη σήραγγα. Οι κατηγορίες βραχώμαζας που προσδιορίστηκαν και η αντιστοιχία τους με τις τυπικές διατομές εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης για τη σήραγγα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 9: Τυπικές διατομές σήραγγας και αντιστοίχιση τους με τις τεχνικογεωλογικές ενότητες και τις κατηγορίες βραχώμαζας.

Κατηγορία βραχώμαζας	Τεχνικογεωλογική ενότητα	Τυπική διατομή σήραγγας
A	TE-1, TE-2	A
B1	TE-2	B1
B2	TE-3	B2
C1	TE-4	C1
C2	TE-5, TE-6	C2

Τα μέτρα υποστήριξης εκάστης κατηγορίας βραχόμαζας για τη σήραγγα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 10: Μέτρα υποστήριξης εκάστης τυπικής διατομής σήραγγας.

Κατηγ. Βραχ.	Εκτοξ. Σκυρόδεμα	Αγκύρια	Μεταλλικό πλαίσιο	Elephant foot	Εκτοξ. Σκυρόδεμα μετώπου	Πυρήνας μετώπου	Fiberglass	Spiles ή forepoles	Προσωρινό invert	Τελικό invert
A	15cm	Swellex MN24- Ø25/S500 4m	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI
B1	20cm	Ø25/S500 5m	HEB 120	40cm	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI
B2	25cm	Ø25/S500 ή Selfdrilling 5m	HEB 140	40cm	0-5cm	OXI	0-9	Spiles	OXI	OXI
C1	25cm	Selfdrilling 6m	HEB 140	40cm	5cm	OXI	9	Spiles	NAI	NAI
C2	30cm	Selfdrilling 6m	HEB 160	40/1.15 cm	5cm/10cm	NAI	16	Forepoles	NAI	NAI

1.10 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Για την εκτέλεση των μετρήσεων θα εγκατασταθούν κατάλληλα γεωτεχνικά ή άλλα όργανα σε συγκεκριμένες διατομές κατά μήκος του άξονα των σηράγγων. Ανάλογα με το είδος των μετρήσεων που θα πρέπει να διενεργούνται κατά θέση θα εγκαθίστανται διάφοροι σταθμοί μέτρησης.

Στη σήραγγα προβλέπεται να τοποθετηθούν δύο είδη μετρητικών σταθμών, ως ακολούθως:

Πίνακας 11: Είδη μετρητικών σταθμών

Σταθμός μέτρησης τύπου	Προτεινόμενες εγκαταστάσεις - Μετρήσεις
ΣΜ-1	<ul style="list-style-type: none">• Εγκατάσταση 5 ακίδων μέτρησης συγκλίσεων και μέτρηση συγκλίσεων με οπτικές μεθόδους
ΣΜ-2	<ul style="list-style-type: none">• Εγκατάσταση 5 ακίδων μέτρησης συγκλίσεων και μέτρηση συγκλίσεων με οπτικές μεθόδους.• Επιμηκυνσιόμετρα τριών ράβδων (3τεμ. ανά διατομή, με εξαίρεση την τυπική διατομή σε θέση ΚΣΠΑΔ, όπου τοποθετούνται δύο τεμ.)• Όργανα μέτρησης παραμορφώσεων μεταλλικών πλαισίων.• Κυψέλες φορτίου ηλώσεων βράχου, κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε σταθμούς τύπου ΣΜ2 παρέχουν στοιχεία για τις παραμορφώσεις του περιβάλλοντος τη σήραγγα μέσου και της εντατικής κατάστασης που διαμορφώνεται. Από τα αποτελέσματα

αυτά είναι δυνατόν να προσδιορισθεί το ομοίωμα εντατικής κατάστασης του περιβάλλοντος τη σήραγγα μέσου και να εκτιμηθεί το πάχος της ζώνης χαλάρωσης, στοιχεία καθοριστικά για την αξιολόγηση του συστήματος αντιστήριξης και των εκτελουμένων εργασιών, τη χρονική αναγκαιότητα κατασκευής του δαπέδου της σήραγγας κ.α., δηλαδή τη βελτιστοποίηση του μελετηθέντος συστήματος αντιστήριξης.

Οι ως άνω αναφερόμενοι μετρητικοί σταθμοί θα εφαρμόζονται σε αποστάσεις αναλόγως των κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης. Οι αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών σταθμών εκτιμάται ότι θα είναι αυτές που παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα. Ανάλογα με την εκτίμηση και αξιολόγηση των επιτόπου συνθηκών, ενδέχεται να απαιτηθεί πύκνωση των σταθμών ΣΜ2 μετά από σύμφωνη γνώμη της Επίβλεψης.

Πίνακας 12: Αποστάσεις εφαρμογής σταθμών μέτρησης ανά τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας

ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	A	B1	B2	C1	C2 ΚΣΠΑΔ
ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ ΣΜ1 (m)	25	25	25	8	5
ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ ΣΜ2 (m)	100	60	60	32	20

Σημειώνεται ότι, εάν το ενιαίο μήκος εφαρμογής κάθε τυπικής διατομής εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης είναι μικρότερο από το οριζόμενο κατά περίπτωση στον ανωτέρω πίνακα, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υλοποιείται η τυπική διατομή οργάνων κατ' ελάχιστο σε μία θέση.

Αναφορικά με τη συχνότητα εκτέλεσης των μετρήσεων σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Ø Η πρώτη μέτρηση παραμόρφωσης (σύγκλιση, επιμήκυνση, χωροστάθμιση) θα πρέπει να εκτελείται σε απόσταση μικρότερη των 3m από το μέτωπο εκσκαφής.
- Ø Μετά την πρώτη μέτρηση θα πρέπει να διενεργούνται καθημερινά μετρήσεις παραμόρφωσης και για μία εβδομάδα, στη συνέχεια ανά χρονικά διαστήματα (3) τριών έως επτά (7) ημερών και για διάρκεια ενός (1) μηνός, ενώ ακολούθως θα πρέπει να διενεργούνται μετρήσεις ανά 25 έως 35 ημέρες μέχρι τη σταθεροποίηση των μετακινήσεων.
- Ø Η πυκνότητα λήψης μετρήσεων θα αυξάνει εάν η μετακίνηση μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων, είναι μεγαλύτερη των 5mm ή εάν υπάρχουν ενδείξεις αποσταθεροποίησης της βραχόμαζας της περιοχής.
- Ø Η πρώτη μέτρηση πίεσης και παραμόρφωσης στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα της άμεσης υποστήριξης θα διενεργείται αμέσως μετά τη διάστρωσή τους. Η πυκνότητα λήψης των μετρήσεων θα είναι όπως και για τις μετρήσεις μετακίνησης.
- Ø Εφόσον συντρέχουν λόγοι ασφαλείας, θα αυξάνεται η πυκνότητα λήψης των μετρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ



2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ-ΜΕΛΕΤΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ



Η σήραγγα εκτείνεται κατά μήκος του κεντρικού άξονα της διπλής σιδηροδρομικής γραμμής μεταξύ των Χ.Θ. 9+644,00 και Χ.Θ. 10+504,00 και έχει συνολικό μήκος 860,00m. Περιλαμβάνει τα τεχνικά εισόδου και

εξόδου τα οποία κατασκευάζονται με εκσκαφή και επανεπίχωση (Cut & Cover) και το κυρίως μέρος της σήραγγας που κατασκευάζεται με υπόγειες μεθόδους.

Συγκεκριμένα, το τεχνικό εισόδου εκτείνεται από την Χ.Θ. 9+644,00 έως την Χ.Θ. 9+685,00 και έχει συνολικό μήκος 41,00m, του στομίου συμπεριλαμβανόμενου. Ομοίως, το τεχνικό εξόδου εκτείνεται από την Χ.Θ. 10+475,00 έως την Χ.Θ. 10+504,00, και έχει μήκος 29,00m του στομίου συμπεριλαμβανόμενου. Το μήκος των τεχνικών εισόδου και εξόδου καθορίστηκε έτσι ώστε να είναι εφικτή η διαμόρφωση μονίμων πρανών, τόσο κατά μήκος, όσο και εγκάρσιως. Τα στόμια των σιηράγγων διαμορφώνονται με απότμηση 40 μοιρών ως προς την οριζόντιο.

Από την Χ.Θ. 9+685,00 έως την Χ.Θ. 10+475,00, δηλαδή για μήκος 790,00m, πραγματοποιείται η διάνοιξη και κατασκευής της σήραγγας με υπόγειες μεθόδους.

2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΜΕΛΕΤΗ ΟΔΟΠΟΙΪΑΣ

Η σήραγγα ΣΣ1 οριζοντιογραφικά ευρίσκεται (κατά την φορά χιλιομέτρησης) για ένα τμήμα από την αρχή της και μέχρι την Χ.Θ. 9+728,41 περίπου, σε ευθυγραμμία, όπου ανήκει και το τεχνικό μετώπου εισόδου. Μετά ευρίσκεται σε κλωθοειδή και στην συνέχεια, για το μεγαλύτερο τμήμα της, σε κυκλικό τόξο ακτίνας $R = 750.00m$, όπου ανήκει και το τεχνικό μετώπου εξόδου. Η χάραξη του κεντρικού άξονα της διπλής σιδηροδρομικής γραμμής παρουσιάζει μηκοτομικά ανοδική κλίση 1,999% σταθερή σε όλο το μήκος της σήραγγας.

Η διατομή της σήραγγας περιλαμβάνει δύο κλάδους σιδηροδρομικής γραμμής, οι άξονες των οποίων βρίσκονται σε απόσταση 2,10m από τον κεντρικό άξονα της γραμμής, ο οποίος συμπίπτει με τον άξονα της σήραγγας. Λόγω της οριζοντιογραφικής χάραξης του κεντρικού άξονα, οι διατομές του τεχνικού στην αρχή (κατά την φορά χιλιομέτρησης) δεν έχουν επίκλιση ενώ για το μεγαλύτερο τμήμα του παρουσιάζουν δεξιόστροφες επικλίσεις.

Επισημαίνεται ότι με βάση τα στοιχεία Οδοποιίας που μας χορηγήθηκαν από την ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε., θα πρέπει να εξετασθεί η προσαρμογή των τοπικών διελεύσεων οδοποιίας και εργοταξιακών οδών, οι οποίες εμφανίζονται εγκαρσίως και παραπλεύρως των τεχνικών εισόδου και εξόδου της σήραγγας, σε συνάρτηση με τις τελικές θέσεις των στομίων.

2.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΠΡΑΝΗ

Στην περιοχή του έργου οι τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων προσδιορίστηκαν από το Γραφείο Σωτηρόπουλος & Συνεργάτες Α.Τ.Ε.. Συνοπτικά αναφέρεται ότι οι κλίσεις των προσωρινών πρανών στα μέτωπα εισόδου και εξόδου είναι μεταβαλλόμενες από 1:1 έως 2:1, με σχηματισμό μπαγκίνας μήκους 4,00m στα καθορισμένα από την γεωλογική μελέτη ύψη πρανών.

Για το έδαφος θεμελίωσης του μετώπου εισόδου λαμβάνεται $E = 850\text{MPa}$ έως 1500MPa , ενώ για το μέτωπο εξόδου αντίστοιχα $E = 350\text{MPa}$ έως 630MPa . Σε κάθε περίπτωση για το υλικό του επιχώματος λαμβάνεται $E = 80\text{MPa}$ έως 150MPa και $\varphi = 35^\circ$.

2.4 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.4.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ

Ο φορέας των σιδηροτροχιών που κατασκευάζονται με εκσκαφή και επανεπίχωση αποτελείται από κλειστή θολωτή διατομή με ανάστροφο θόλο. Η γεωμετρική τοποθέτηση της διατομής γίνεται με βάση το σημείο τομής του κεντρικού άξονα της σιδηροτροχιάς και του επιπέδου που ορίζεται από την ερυθρά της κεφαλής της σιδηροτροχιάς. Το σημείο αυτό ορίζεται στην παρούσα μελέτη ως το επίπεδο 0,00 της διατομής.

Το εσωράχιο της τυπικής διατομής της σιδηροτροχιάς ορίζεται από καμπυλότητα ακτίνας 6,05m στον θόλο και τις παρειές και 13,00m στο τμήμα του ανάστροφου θόλου. Η εξωτερική διαμόρφωση του θόλου ορίζεται από καμπυλότητα ακτίνας 6,65m, ενώ οι παρειές μορφώνονται

κατακόρυφες. Η θεμελίωση της σήραγγας ορίζεται από εξωτερική καμπυλότητα ακτίνας 13,80m. Το πάχος της διατομής είναι σταθερό (0,60m) στον θόλο, μεταβλητό (0,60m – 1,05m) στις παρειές και σταθερό (0,80m) στον πυθμένα. Η τυπική διατομή περιλαμβάνει δύο σιδηροτροχιές συνολικού πλάτους 8,60m και εκατέρωθεν πεζοδρόμια πλάτους 1,47m περίπου.

Η κατασκευή του τεχνικού θα γίνει σειριακά, με την βοήθεια ειδικού μεταλλοτύπου για το εσωράχιο και το εξωράχιο. Για τον καθορισμό των επί μέρους τμημάτων (σπονδύλων) θεωρήθηκε μήκος μεταλλοτύπου 12,0m. Ο μεταλλότυπος θα στηρίζεται επί φορείου το οποίο είναι δυνατόν να κινείται επί σιδηροτροχιών που θα έχουν τοποθετηθεί σε καθορισμένες θέσεις στο δάπεδο των σιδηροτροχιών.

Προβλέπονται αρμοί διαστολής ανά 12,0m. Καθ' όλο το μήκος της σήραγγας παρουσιάζονται Ερμάρια Ασφαλείας Σήραγγας (ΕΑΣ) ανά 48,0m εναλλάξ στην αριστερή ή δεξιά πλευρά της διατομής, κατά την χιλιομέτρηση.

2.4.2 ΤΕΧΝΙΚΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία για την περιοχή του έργου, κατά μήκος της σήραγγας ΣΣ1 αναμένεται να απαντηθούν πέντε κατηγορίες βραχώμαζας Α, Β1, Β2, C1 και C2, με αντίστοιχες αντιπροσωπευτικές τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού και προτείνονται αντιστοίχως πέντε κατηγορίες προσωρινής υποστήριξης. Αναφορικά με την αντιστοιχία του φορέα μόνιμης επένδυσης της σήραγγας, στην κατηγορία βραχώμαζας Α αντιστοιχεί

διατομή μόνιμης επένδυσης I, στις κατηγορίες B1 και B2 διατομή II και στις κατηγορίες C1 και C2 διατομή III. Οι διατομές I και II μορφώνονται «ανοικτές» (χωρίς ανάστροφο θόλο), ενώ η III «κλειστή» (με ανάστροφο θόλο).

Πίνακας 13: Επένδυση ανάλογα με βραχόμαζα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	A	B1	B2	C1	C2
ΔΙΑΤΟΜΗ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	A	B1	B2	C1	C2
ΔΙΑΤΟΜΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (Πάχη Διατομών)	I	II		III	
	Ανοικτή	Ανοικτή		Κλειστή	
	0,40m (θόλος)	0,40m (θόλος)		0,40m (θόλος) / 0,70m (πυθμένας)	

Ο «ανοικτός» φορέας τελικής επένδυσης αποτελείται από ανοικτή θολωτή διατομή με θεμελίωση σε πέδιλο. Ο «κλειστός» φορέας τελικής επένδυσης αποτελείται από κλειστή θολωτή διατομή με ανάστροφο θόλο.

Η γεωμετρική τοποθέτηση της διατομής γίνεται με βάση το σημείο τομής του κεντρικού άξονα της σήραγγας και του επιπέδου που ορίζεται από την ερυθρά της κεφαλής της σιδηροτροχιάς.

Το εσωράχιο της τυπικής διατομής της τελικής επένδυσης της σήραγγας ορίζεται από καμπυλότητα ακτίνας 6,05m και αντίστοιχα το τμήμα του ανάστροφου θόλου ορίζεται από καμπυλότητα με ακτίνα 13,00m. Η εξωτερική διαμόρφωση του θόλου και των παρειών ορίζεται από καμπυλότητα ακτίνας 6,45m και 7,74m αντίστοιχα. Η θεμελίωση της σήραγγας ορίζεται από εξωτερική καμπυλότητα με ακτίνα 13,70m. Το πάχος της διατομής στον θόλο είναι σταθερό (0,40m), στις παρειές μεταβλητό (0,40m – 0,89m) και σταθερό στην θεμελίωση (0,70m). Η

τυπική διατομή περιλαμβάνει δύο σιδηροτροχιές συνολικού πλάτους 8,60m και εκατέρωθεν πεζοδρόμια πλάτους 1,48m περίπου.

Η κατασκευή της μόνιμης επένδυσης της σήραγγας από σκυρόδεμα θα γίνει με χρήση μεταλλότυπου, που θα φέρει χαλύβδινη επένδυση. Ο μεταλλότυπος θα πρέπει να είναι ισχυρός και ανάλογης μορφής και κατασκευής ώστε να αντέχει τις πιέσεις που ασκούνται κατά την έγχυση και δόνηση του σκυροδέματος, να συγκρατείται χωρίς μετακινήσεις στη σωστή του θέση και να αποδίδει ακριβώς το περιτύπωμα της σήραγγας, όπως ορίζουν τα σχέδια της μελέτης. Ο μεταλλότυπος επίσης, θα στηρίζεται επί φορείου το οποίο είναι δυνατόν να κινείται επί σιδηροτροχιών που θα έχουν τοποθετηθεί σε καθορισμένες θέσεις στο δάπεδο της σήραγγας. Για τον καθορισμό των επιμέρους τμημάτων(σπονδύλων) θεωρήθηκε μήκος μεταλλότυπου 12,0m. Επιτρέπεται η αυξομείωση του μήκους κάθε σπόνδυλου ανάλογα με τον διατιθέμενο εξοπλισμό μεταλλότυπου του ανάδοχου κατασκευής του έργου.

Προβλέπονται αρμό διαστολής ανά 12,0m. Καθ' όλο το μήκος της σήραγγας παρουσιάζονται Ερμάρια Ασφαλείας Σήραγγας (ΕΑΣ) ανά 48,0m εναλλάξ στην αριστερή ή δεξιά πλευρά της διατομής, κατά την χιλιομέτρηση.

2.5 ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ - ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΕΙΣ

Εντός της διατομής της κλειστής σήραγγας προβλέπεται πλήρωση του ανάστροφου θόλου με κοκκώδες υλικό κατηγορίας E4, κατάλληλα συμπυκνωμένου, μέχρι την καθορισμένη στάθμη και επί αυτού κατασκευή του υποστρώματος επιδομής, πάχους 0,30m. Πάνω στο

τελευταίο προβλέπεται η τοποθέτηση του έρματος όπου θα εδραστούν οι στρωτήρες με τις σιδηροτροχιές.

Για την εξασφάλιση του μέγιστου βαθμού συμπίκνωσης μεταξύ των εξωραχίων των τεχνικών εισόδου – εξόδου και των πρανών εκσκαφής, προβλέπεται η κατασκευή επιχώματος με σκύρα οδοστρωσίας. Το ύψος της επίχωσης αυτής αντιστοιχεί στην επίτευξη ελάχιστου πλάτους επιχώματος 3,00m μεταξύ εξωραχίου τεχνικού και πρανών εκσκαφής. Τα σκύρα οδοστρωσίας διαχωρίζονται από το λοιπό επίχωμα με γεωύφασμα.

Επίσης, στα τεχνικά εισόδου και εξόδου προβλέπεται επίχωση με μεταβατικό επίχωμα έως ύψους 1,00m από κλείδα.

2.6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ

2.6.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ

Προβλέπονται τα εξής:

- Σκυρόδεμα φορέωνB35
- Σκυρόδεμα πεζοδρομίων B25
- Άοπλο σκυρόδεμα B15
- Σκυρόδεμα καθαριότητας, προστασίας υδατοστεγάνωσης.... B10
- Πορώδες σκυρόδεμα στραγγιστηρίων.....B10
- Χάλυβας οπλισμού.....BSt 500/550 (StIV)
- Δομικά πλέγματα.....BSt 500/550 (StIV)

Τελικές επεξεργασίες σκυροδέματος:

- Όλες οι ορατές επιφάνειες του εσωραχίου των σηράγγων και των όψεων των στομιών θα διαμορφωθούν με επιφανειακό τελείωμα ΤΥΠΟΥ Γ.
- Στο εσωράχιο των σηράγγων θα υπάρξει αντιρρυπαντική επάλειψη έως ύψους 5,00m πάνω από την στάθμη των πεζοδρομίων.

2.6.2 ΤΕΧΝΙΚΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Προβλέπονται τα εξής:

- Σκυρόδεμα φορέωνB35
- Σκυρόδεμα πεζοδρομίων B25
- Άοπλο σκυρόδεμα B15
- Πορώδες σκυρόδεμα στραγγιστηρίων.....B10
- Χάλυβας οπλισμού.....BSt 500/550 (StIV)

Για τις τελικές επεξεργασίες σκυροδέματος ισχύει ότι και στα τεχνικά εισόδου – εξόδου.

Αναλυτικά, το σύνολο των προδιαγραφόμενων, για την κατασκευή του τεχνικού, υλικών αναγράφονται στα σχέδια της παρούσας μελέτης.

2.7 ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ

2.7.1 ΕΚΣΚΑΦΕΣ – ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα τεχνικά εισόδου και εξόδου έπονται της κατασκευής της σήραγγας. Στα τμήματα αυτά θα πραγματοποιηθούν εξ αρχής τα προσωρινά πρανή, προκειμένου να είναι δυνατή η προσπέλαση προς τα μέτωπα έναρξης της υπόγειας διάτρησης. Εκσκαφή έως την στάθμη θεμελίωσης της διατομής με εκσκαφή και επανεπίχωση θα γίνει πριν την σκυροδέτηση του πυθμένα της διατομής αυτής.

Οι εργασίες που περιλαμβάνονται στη φάση αυτή είναι γενικώς οι ακόλουθες:

- Διαμόρφωση των τελικών πρανών προσωρινής εκσκαφής και εργασίες γενικών εκσκαφών θεμελίων μέχρι την καθορισμένη από την μελέτη στάθμη.
- Η θέση και το προβλεπόμενο βάθος θεμελίωσης θα πρέπει να ελέγχονται και να επιβεβαιώνονται με ακριβή τοπογραφική αποτύπωση λόγω της σταθερής απόστασης μεταξύ της στάθμης θεμελίωσης και της ερυθράς της κεφαλής των σιδηροτροχιών. Πριν την κατασκευή της θεμελίωσης θα πρέπει να προηγηθεί ο καθαρισμός της επιφάνειας έδρασης από τυχόν χαλαρά υλικά και η πλήρωση των κενών ή τυχόν ανοικτών διακλάσεων που θα παρουσιασθούν. Μετά τον καθαρισμό θα ακολουθήσει η κατασκευή στρώσης σκυροδέματος καθαριότητας μέσου πάχους 15cm, το οποίο θα αποτελέσει και το δάπεδο εργασίας. Η αρχικά

υποβληθείσα Οριστική Μελέτη προέβλεπε τοποθέτηση υδατοστεγάνωσης στον ανάστροφο θόλο της διατομής. Κατά την συνάντηση με την ΕΡΓΑ ΟΣΕ την 10^η Ιουλίου, δόθηκε εντολή στον μελετητή να αφαιρεθεί.

- Ακολουθεί τοποθέτηση του ξυλότυπου, ράβδων οπλισμού των στοιχείων θεμελίωσης, αναμονές ράβδων οπλισμού παρειών σηράγγων και σκυροδέτηση των θεμελίων.

2.7.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΟΛΩΝ

Η κατασκευή των σπονδύλων της σήραγγας με εκσκαφή και επανεπίχωση θα γίνει σειριακά με την βοήθεια ειδικού μεταλλοτύπου για το εσωράχιο και το εξωράχιο των σηράγγων. Για την έδραση του εξωτερικού μεταλλοτύπου προβλέπεται η σκυροδέτηση μέρους του κενού στην βάση της εκσκαφής μεταξύ των θεμελίων και των ήδη διαμορφωμένων πρανών με σκυρόδεμα B35, καταλλήλου σχήματος και οπλισμού ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη – κεντρική φόρτιση των υποστηριγμάτων του μεταλλοτύπου. Το υπόλοιπο τμήμα πληρώνεται με σκυρόδεμα B10 με εγκάρσια κλίση ώστε να οδηγούνται τα ύδατα του επιχώματος από τη θέση αυτή στους διάτρητους σωλήνες αποστράγγισης εκατέρωθεν της σήραγγας.

Η εκ σκυροδέματος διατομή θα έχει αρμούς εργασίας οι οποίοι θα συμπίπτουν με τα άκρα του μεταλλοτύπου. Σε περίπτωση βλάβης του εξοπλισμού ή σε περίπτωση όπου για οποιοδήποτε άλλο λόγο διακοπεί η συνεχής διάστρωση του σκυροδέματος, τότε το σκυρόδεμα θα συμπυκνώνεται εντελώς στους δημιουργημένους αρμούς με ομοιόμορφη και σταθερή κλίση, κατά τον χρόνο που το σκυρόδεμα είναι ακόμα

εύπλαστο. Το σκυρόδεμα στην επιφάνεια παρομοίων έργων θα καθαρίζεται και θα εκτραχύνεται, όπως απαιτείται για αρμούς κατασκευής, πριν επαναληφθεί η διάστρωση του σκυροδέματος.

Η διατομή του εσωραχίου που αποτελεί και την διατομή χρήσης θα πρέπει να σχηματιστεί όπως προβλέπεται στο σχέδιο «Γεωμετρική Χάραξη – Τυπική Διατομή Λειτουργίας – Λεπτομέρειες» και η τελική εσωτερική επιφάνεια να είναι λεία, χωρίς ελαττώματα και κυψέλες, με ομοιόμορφη τραχύτητα σε όλο το μήκος της κατασκευής.

Σημειώνεται ότι η στήριξη του οπλισμού του θόλου των τεχνικών εισόδου και εξόδου θα γίνει με κατάλληλα πλαίσια.

Όπως έχει αναφερθεί και προηγούμενα, προβλέπονται αρμοί διαστολής ανά 12,0m.

2.7.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΔΑΤΟΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

Κατά την κατασκευή του έργου απαιτείται πλήρης στεγάνωσης της διατομής χρήσης της σήραγγας, διότι έτσι εξυπηρετούνται καλύτερα οι ανάγκες της σήραγγας και η ασφάλεια των κατασκευών της από την παρουσία νερών (διάβρωση κατασκευών από σκυρόδεμα, κίνδυνοι βραχυκυκλωμάτων Η/Μ εγκαταστάσεων κλπ.)

Προβλέπονται οι εξής εργασίες στον θόλο της διατομής:

- Τοποθέτηση μη υφαντού πολυπροπυλενικού γεωϋφάσματος ελαχίστου βάρους $500\text{gr}/\text{m}^2$ στο εξωράχιο της διατομής. Σκοπός του υλικού αυτού είναι να προστατεύσει την στεγανωτική μεμβράνη, που τοποθετείται στην συνέχεια, από βλάβες που μπορούν να προκαλέσουν προεξοχές του σκυροδέματος μετά το ξεκαλούπωμα. Εν γένει θα γίνεται εξομάλυνση των προεξοχών αυτών.
- Η στεγάνωση του εξωραχίου της διατομής επιτυγχάνεται μέσω μεμβράνης PVC πάχους 2,0mm. Η ένωση των πλαστικών φύλλων γίνεται με θερμοσυγκόλληση.
- Τοποθέτηση υδρομαστευτικής στρώσης. Η στρώση αυτή προβλέπεται να τοποθετηθεί εξωτερικά της στεγανωτικής μεμβράνης και σκοπός της είναι:
 - να προστατεύσει την στεγανωτική μεμβράνη από βλάβες οι οποίες μπορούν να προκληθούν κατά τις εργασίες επανεπίχωσης.
 - Να εξασφαλίσει ταχεία απαγωγή των νερών προς τους σωλήνες αποχέτευσης ώστε να μειωθεί κατά το δυνατόν η ανάπτυξη υδροστατικών πιέσεων.

Ο διττός ρόλος του συστήματος υδρομάστευσης καθιστά ιδιαίτερα σημαντική την λειτουργία του και επιβάλλει την προσεκτική επιλογή του κατάλληλου τύπου και την επιμελημένη τοποθέτησή του. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα γίνει χρήση πολυπροπυλενικού μη υφαντού γεωϋφάσματος, ελάχιστου βάρους $500\text{gr}/\text{m}^2$.

- Στην άνω επιφάνεια αλλά και στις παρειές της σήραγγας, για την προστασία της υδρομαστευτικής στρώσης τόσο κατά το στάδιο της επανεπίχωσης όσο και κατά την εκτέλεση των διαφόρων εργασιών, θα τοποθετηθεί στρώση σκυροδέματος ποιότητας B10 και ελαχίστου πάχους 10εκ., οπλισμένη με δομικό πλέγμα T139.
- Τα κατεισδύοντα ύδατα μέσω του γεωϋφάσματος και της μεμβράνης οδηγούνται σε συλλεκτήριου αγωγούς Ø200 διάτρητους από PVC που τρέχουν καθ' όλο το μήκος της σήραγγας. Λόγω της μηκοτομικής κλίσης της σήραγγας και λαμβανομένου υπόψη του μήκους των έργων, η απαγωγή των νερών θα γίνεται, στο στόμιο εισόδου και όπως προβλέπει η Υδραυλική Μελέτη.

Η στεγάνωση των αρμών θα επιτυγχάνεται με τοποθέτηση πλακών Flexcell ή ανάλογου, χρήση στεγανωτικής ταινίας (waterstop) και σφράγιση με Plastijoint ή ανάλογου τύπου υλικό.

Σημειώνεται ότι στο τεχνικό με εκσκαφή και επανεπίχωση έχει ληφθεί υδροστατική πίεση κάτω από τη στάθμη του στραγγιστηρίου, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο και της παρούσης όπου περιγράφονται τα φορτία του φορέα.

2.7.4 ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΕΙΣ

Μετά την κατασκευή της στεγάνωσης των σηράγγων εκτελούνται οι εργασίες επανεπιχώσεων. Οι εργασίες αυτές θα γίνουν σε φάσεις, έτσι ώστε η εκάστοτε διαφορά στάθμης των χωματουργικών εκατέρωθεν του τεχνικού να μην ξεπερνά το 1,00m.

Πρώτα γίνεται η επίχωση της βάσης της εκσκαφής με σκύρα οδοστρωσίας, έως τέτοιο ύψος ώστε το πλάτος στην κορυφή του επιχώματος αυτού να είναι τουλάχιστον 3,00m και να είναι εφικτές οι εργασίες συμπίκνωσης. Τοποθετείται το γεώφρασμα διαχωρισμού και πληρώνεται η εκσκαφή έως 1,00m πάνω από την κλείδα του εξωραχίου της διατομής με μεταβατικό επίχωμα, που αποτελείται από θραυστό υλικό λατομείου. Η λοιπή επανεπίχωση θα γίνει από τα προϊόντα εκσκαφής.

Σε κάθε φάση οι εργασίες επανεπίχωσης θα γίνονται με την δέουσα προσοχή και επιμέλεια, έτσι ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη ιδιαίτερων εντάσεων ή τραυματισμών, τόσο στην εκ σκυροδέματος κατασκευή όσο και στις στεγανωτικές στρώσεις.

2.7.5 ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΑ

Εντός των πεζοδρομίων που κατασκευάζονται εκατέρωθεν των σιδηροτροχιών των σηράγγων προβλέπεται η τοποθέτηση δύο καναλιών διέλευσης των Η/Μ εγκαταστάσεων. Οι ελάχιστες διαστάσεις των κιβωτίων Η/Μ καλωδίων θα είναι $(30 \times 30) \text{cm}^2$ και καλύπτονται από προκατασκευασμένα καπάκια σκυροδέματος.

2.8 ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΥΡΙΩΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

2.8.1 ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Οι εργασίες που περιλαμβάνονται στη φάση αυτή είναι γενικώς οι ακόλουθες:

- Έλεγχος του προβλεπόμενου από την μελέτη βάθους θεμελίωσης και επιβεβαίωση αυτού με ακριβή τοπογραφική αποτύπωση, ώστε να πληρείται σε κάθε θέση η προδιαγραφόμενη απαίτηση για σταθερή απόσταση μεταξύ της στάθμης θεμελίωσης και της ερυθράς της κεφαλής των σιδηροτροχιών.
- Καθαρισμός της επιφάνειας έδρασης των θεμελίων από τυχόν χαλαρά υλικά και πλήρωση των κενών ή τυχόν ανοικτών διακλάσεων που πιθανά να υπάρχουν, πριν την κατασκευή των θεμελίων.
- Ακολουθεί η τοποθέτηση ξυλοτύπου όπου απαιτείται, των ράβδων οπλισμού των στοιχείων θεμελίωσης, των αναμονών για τον οπλισμό των παρειών και η σκυροδέτηση των θεμελίων.

2.8.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΕΙΩΝ ΚΑΙ ΘΟΛΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Μετά τη σκυροδέτηση του δαπέδου (θεμέλια), ακολουθεί σε δεύτερη ενιαία φάση η σκυροδέτηση των παρειών και του θόλου της σήραγγας, με χρήση κυλιόμενου μεταλλότυπου. Ο μεταλλότυπος θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με κατάλληλο αριθμό δονητών επιφάνειας και στόμια σύνδεσης του σωλήνα της αντλίας σκυροδέματος σε διάφορες θέσεις. Ο μεταλλότυπος θα φέρει επίσης σε κάθε πλευρά του σειρά ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα αυτά θα επιτρέπουν τη σκυροδέτηση, την προσπέλαση για την

δόνηση και την επιθεώρηση του διαστρωμένου σκυροδέματος πίσω από τον μεταλλότυπο. Τα υπόψη ανοίγματα θα έχουν διαστάσεις 0,45x0,90m με την μεγάλη διάσταση παράλληλη προς τον άξονα της σήραγγας και οι θύρες τους θα ανοίγονται από εξέδρες για άνετη και ασφαλή προσπέλαση και επιθεώρηση.

Το σκυρόδεμα θα διαστρώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη – κεντρική φόρτιση των υποστηριγμάτων του μεταλλοτύπου. Τα εγκάρσια τμήματα σκυροδέτησης θα έχουν κατάλληλο μήκος ώστε ο θόλος και τα τοιχώματα της σήραγγας να μπορούν να διαστρώνονται με συνεχή εργασία. Στην αρχή κάθε διάστρωσης, αφού το σκυρόδεμα έχει καλύψει πλήρως το θόλο και τα τοιχώματα της σήραγγας στην πλευρά που έχει αρχίσει η σκυροδέτηση, ή και μέχρι να σκυροδετηθεί ο θόλος και τα τοιχώματα σε όλο το υπόλοιπο μήκος του τμήματος, το άκρο του σωλήνα παροχής (από την αντλία) θα παραμένει καλά βυθισμένο στο σκυρόδεμα, ώστε να εξασφαλίζεται απόλυτη πλήρωση της διατομής. Οι μεταλλότυποι θα πρέπει να αφαιρούνται προσεκτικά, ώστε να μην προκαλούνται ζημιές στο σκυρόδεμα.

Σε περίπτωση βλάβης του εξοπλισμού ή σε περίπτωση όπου για οποιοδήποτε άλλο λόγο διακοπεί η συνεχής διάστρωση του σκυροδέματος, τότε το σκυρόδεμα θα συμπυκνώνεται εντελώς στους δημιουργούμενους αρμούς με ομοιόμορφη και σταθερή κλίση, κατά τον χρόνο που το σκυρόδεμα είναι ακόμα εύπλαστο. Το σκυρόδεμα στην επιφάνεια παρομοίων έργων θα καθαρίζεται και θα εκτραχύνεται, όπως απαιτείται για αρμούς κατασκευής, πριν επαναληφθεί η διάστρωση του σκυροδέματος.

Η διατομή του εσωραχίου της σήραγγας θα έχει ομοιόμορφη διατομή χρήσης. Η τελική εσωτερική επιφάνεια θα είναι λεία, χωρίς ελαττώματα και κυψέλες, με ομοιόμορφη ταχύτητα σε όλο το μήκος της κατασκευής.

Προβλέπονται αρμοί διαστολής ανά 12,00m. Η στεγάνωση των αρμών θα επιτυγχάνεται με την χρήση στεγανωτικής ταινίας (waterstop) πλήρωση με πλάκες Flexcell ή ανάλογου τύπου και σφράγιση του αρμού με Plastijoint ή ανάλογου τύπου.

2.8.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΔΑΤΟΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

Προβλέπονται γενικώς οι εξής εργασίες:

- Εξομάλυνση του εσωραχίου της άμεσης υποστήριξης της σήραγγας με αφαίρεση τεμαχίων του εκτοξευόμενου σκυροδέματος που προεξέχουν, άμβλυνση απότομων ακμών, κάλυψη αγκυρίων (εφόσον υπάρχουν) με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και με κοπή κάθε μεταλλικού αντικειμένου που προεξέχει. Η ποιότητα της επιφάνειας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος συμβάλει σημαντικά στην καλή λειτουργία του όλου συστήματος της στεγάνωσης, γιατί πάνω σε αυτή γίνεται η στερέωση του συστήματος.
- Τοποθέτηση υδρομαστευτικής στρώσης. Η στρώση αυτή τοποθετείται με μηχανική στερέωση πάνω στο gunite, εξωτερικά της στεγανωτικής μεμβράνης και σκοπός της είναι:
 - να προστατεύσει την στεγανωτική μεμβράνη από βλάβες οι οποίες μπορούν να προκληθούν από ανωμαλίες του

εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή των στοιχείων της άμεσης υποστήριξης.

- να εξασφαλίσει ταχεία απαγωγή των νερών της βραχώμαζας προς τους κατά μήκος σήραγγας συλλεκτήριους αγωγούς, ώστε να μειωθεί κατά το δυνατόν η ανάπτυξη υδροστατικών πιέσεων.

Ο διττός ρόλος του συστήματος υδρομάστευσης καθιστά ιδιαίτερα σημαντική την λειτουργία του και επιβάλλει την προσεκτική επιλογή του κατάλληλου τύπου και την επιμελημένη τοποθέτησή του.

Επισημαίνεται ιδιαίτερα ότι, βασικό χαρακτηριστικό της υδρομαστευτικής στρώσης είναι η διαπερατότητά της και μάλιστα κάτω από συνθήκες συμπίεσης (πίεση σκυροδέματος, νερού κλπ.) και κάτω από συνθήκες θερμοκρασιακών αλλαγών. Είναι επίσης απαραίτητο να διασφαλίζεται η διατήρησή της σε όλη την προβλεπόμενη διάρκεια λειτουργίας του έργου και συνεπώς τα υλικά κατασκευής της θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στη διαβρωτική – αποσαθρωτική δράση βιολογικών και χημικών παραγόντων.



Προτείνεται το γεωσύνθετο που θα χρησιμοποιηθεί να είναι ένα γεώφασμα πολυπροπυλενικής βάσης ελαχίστου βάρους 500gr/m².

- Τοποθέτηση στεγανωτικής μεμβράνης. Η υδατοστεγανή μεμβράνη τοποθετείται προκειμένου να προστατέψει τη διείσδυση νερού δια της μόνιμης επένδυσης στο εσωτερικό της σήραγγας. Αποτελεί ουσιαστικά το κύριο συστατικό της υδατοστεγανής επένδυσης, από το οποίο καθορίζεται ο βαθμός υδατοστεγάνωσης. Κατά

συνέπεια θα πρέπει ο τύπος της μεμβράνης να επιλεγεί με πολύ προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη και τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- να διασφαλίζεται η συνέχειά της με τρόπο ώστε να δημιουργείται υδατοστεγανή στρώση
- να διασφαλίζεται η λειτουργία της για την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του έργου
- να χαρακτηρίζεται από ιδιότητες οι οποίες θα την καθιστούν ευπροσάρμοστη στις ασυνέχειες της επιφάνειας τοποθέτησης
- να χαρακτηρίζεται από ιδιότητες οι οποίες θα την καθιστούν ικανή να αναλάβει εφελκυστικά και διατμητικά φορτία, τόσο κατά την τοποθέτηση, όσο και κατά την λειτουργία της, χωρίς να προκληθεί φθορά
- να είναι ανθεκτική στη διαβρωτική δράση βιολογικών και χημικών παραγόντων
- να παρέχει τη δυνατότητα εύκολης και γρήγορης τοποθέτησης
- να είναι συμβατή, τόσο με το γεώφασμα που θα χρησιμοποιηθεί, όσο και με τα υλικά σταθεροποίησης
- να έχει χαμηλό συντελεστή τριβής με την επιφάνεια της τελικής διατομής από οπλισμένο σκυρόδεμα, ώστε να περιορίζονται κατά το δυνατόν οι διατμητικές δυνάμεις οι οποίες είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε φθορά της μεμβράνης.

Η στεγανωτική μεμβράνη η οποία εξασφαλίζει την πλήρη στεγάνωση της διατομής χρήσης της σήραγγας, είναι από χλωριούχο πολυβινύλιο ή άλλο ανάλογο υλικό και διατίθεται στο εμπόριο σε φύλλα τυποποιημένων διαστάσεων. Το προδιαγραφόμενο πάχος για το τεχνικό έργο που

εξετάζεται είναι 2,00mm. Η ένωση των πλαστικών φύλλων μεταξύ τους γίνεται με θερμοσυγκόλληση και η στερέωσή τους στο γεώφασμα γίνεται μέσω ειδικών καρφιών με κυκλικούς δίσκους (ροδέλες) από το ίδιο πλαστικό υλικό.

- Προστασία στεγανωτικής στρώσης. Για τη στεγάνωση της οροφής, προκειμένου να περιοριστεί το ενδεχόμενο αστοχίας της στεγανοποιητικής μεμβράνης στις θέσεις των αρμών, θα προστίθενται κατά μήκος τους και σε πλάτος κατ' ελάχιστο 0,50m εκατέρωθεν του αρμού, δεύτερη στρώση μεμβράνης που θα συγκολλείται κατάλληλα. Η μεμβράνη στεγανοποίησης με θερμοσυγκόλληση.
- Τα κατεισδύοντα ύδατα μέσω του γεωϋφάσματος και της μεμβράνης οδηγούνται σε συλλεκτήριους αγωγούς Ø200 διάτρητους από PVC που τρέχουν καθ' όλο το μήκος της σήραγγας. Οι αγωγοί αυτοί θα πρέπει να περιβάλλονται πλήρως από το γεώφασμα, προκειμένου να προστατευτούν από την είσοδο εδαφικού υλικού και εγκιβωτίζονται μέσα σε πορώδες σκυρόδεμα. Λειτουργούν θεωρητικά με το μισό του ονομαστικού τους φορτίου, γι' αυτό και στην παρούσα σήραγγα προβλέπεται να καταλήγουν κάθε 48m σε «φωλεές καθαρισμού» (ΕΑΣ/ΦΕΑ), όπου αποχετεύονται από κατάλληλους συλλεκτήριους αγωγούς. Οι φωλεές τοποθετούνται εναλλάξ στη δεξιά ή αριστερή πλευρά της διατομής της σήραγγας και θεωρείται ότι η απόσταση των 50m είναι η μέγιστη που επιτρέπει επιτυχή καθαρισμό του αποστραγγιστικού αγωγού με τα συνήθη μέσα. Λόγω της κλίσης της σήραγγας και λαμβανομένου υπόψη του μήκους των έργων, η απαγωγή των νερών θα γίνεται στο στόμιο εισόδου αυτής, στο αποχετευτικό δίκτυο της σιδηροτροχιάς.

Επιπλέον, η στεγάνωση των αρμών θα γίνεται όπως και στην περίπτωση του τεχνικού με εκσκαφή και επανεπίχωση.

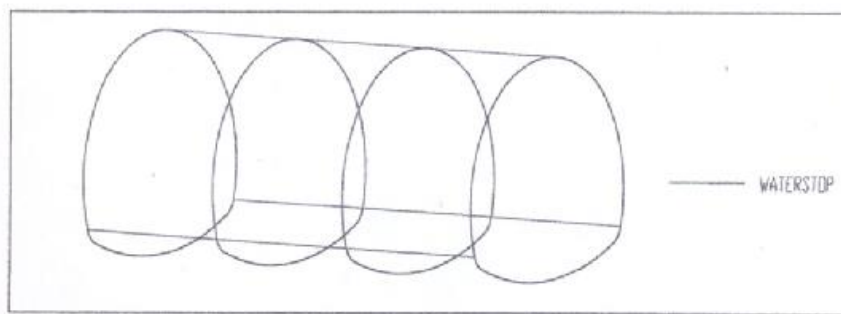
- Διαμερισματοποίηση της σήραγγας. Το σύστημα στεγανοποίησης στο οποίο έγινε αναφορά στις προηγούμενες παραγράφους είναι μια εύχρηστη και οικονομική κατασκευή, η οποία όμως δεν επιτρέπει αστοχία. Στην περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο περάσει νερό από την μεμβράνη, η επιδιόρθωση είναι πολύ δύσκολη έως αδύνατη. Οποιαδήποτε αστοχία στη στεγανωτική θωράκιση πρέπει να αντιμετωπιστεί πλέον με προσπάθειες συγκράτησης της διαρροής από την εσωτερική πλευρά της σήραγγας με ενέσεις, οι οποίες προσπαθούν να δημιουργήσουν ένα πρόσθετο στεγανό σώμα μεταξύ της μεμβράνης και του οπλισμένου σκυροδέματος.

Η χρησιμοποίηση πολύ ισχυρής μεμβράνης, δηλαδή μεμβράνης μεγάλου πάχους, δεν εξασφαλίζει την διαχρονική στεγανότητα στη σήραγγα. Γεγονότα όπως κακοτεχνίες κατά την κατασκευή ή φαινόμενα εδαφικών μετακινήσεων, δεν μπορούν να αποκλειστούν. Επομένως ο πλέον καλύτερος τρόπος, ο οποίος επιτρέπει διορθωτική παρέμβαση στην περίπτωση εμφάνισης διαρροής, είναι η διαμερισματοποίηση.

Στην περίπτωση αστοχίας του στεγανωτικού θύλακα, το νερό κυκλοφορεί ελεύθερα πίσω από την μεμβράνη και μπορεί να εμφανιστεί οπουδήποτε. Με τη διαμερισματοποίηση, ο χώρος που περικλείει η στεγάνωση περιορίζεται σε τμήματα, ώστε μια τυχαία διαρροή εντοπίζεται μέσα στο περίγραμμα (διαμέρισμα) του τμήματος όπου εμφανίστηκε.

Η διαμερισματοποίηση γίνεται με την χρησιμοποίηση λωρίδων waterstops ειδικού προφίλ από PVC, που επικολλώνται πάνω στη στεγανωτική μεμβράνη και αγκυρώνονται στο οπλισμένο σκυρόδεμα με την χύτευση.

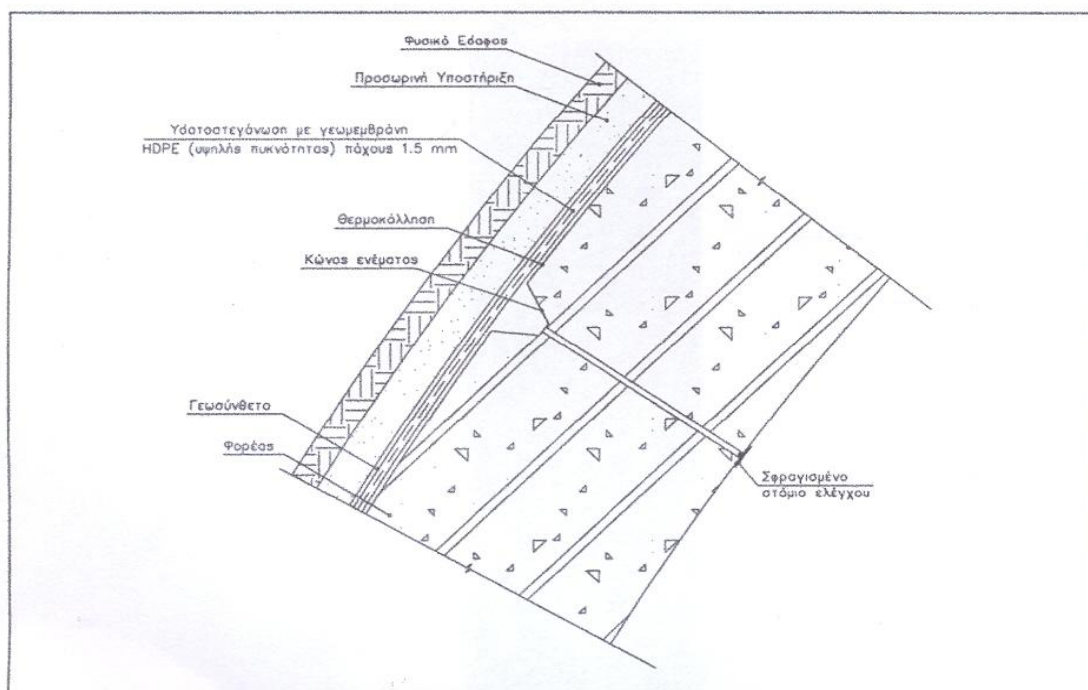
Η διαμερισματοποίηση στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να επιτευχθεί με την κόλληση στη στεγανωτική μεμβράνη από PVC Waterstop (340mm με κατ' ελάχιστο τέσσερις προεξοχές αγκύρωσης), τα οποία πρόκειται να τοποθετηθούν όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 3.1: Διαμερισματοποίηση της σήραγγας

- Κώνοι ενέματος. Η κατασκευαστική πρόβλεψη της διαμερισματοποίησης επιτρέπει τον εντοπισμό της αστοχίας και τη διορθωτική επέμβαση μέσα από βαλβίδες αναμονής (κώνους ενέματος), τοποθετημένες σε προκαθορισμένα σημεία κατά την κατασκευή.

Σε περίπτωση εμφάνισης υγρασίας, αφαιρείται η σφράγιση του στομιού και αν εντοπιστεί εκροή νερού, γίνεται τσιμεντένεση με στεγανοποιητικό



Σχήμα 3.2 : Ενδεικτική λεπτομέρεια κώνου ενέματος.

τσιμεντένεμα για να αποκατασταθεί τυχόν αστοχία της μεμβράνης. Οι κώνοι ενέματος τοποθετούνται με θερμοκόλληση επάνω στην μεμβράνη όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Στη σήραγγα ΣΣ1 προτείνεται να τοποθετηθούν τουλάχιστον 3 κώνοι ανά διαμέρισμα.

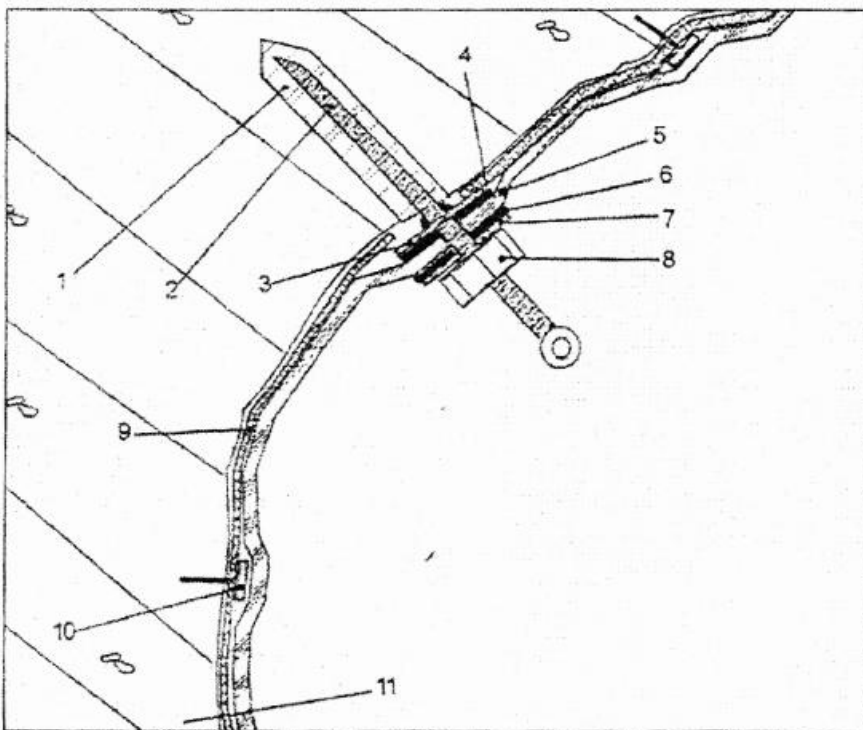
Στις θέσεις όπου τοποθετούνται γεωτεχνικά όργανα για τον έλεγχο της συμπεριφοράς της σήραγγας μετά τη σκυροδέτηση, λαμβάνεται ειδική μέριμνα για την διέλευση των αγωγών, καλωδίων κλπ. Μέσα από την μεμβράνη, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Με ιδιαίτερη προσοχή θα αντιμετωπίζονται ευπαθείς περιοχές σύνδεσης όπου είναι περισσότερο πιθανή η πρόκληση φθορών στην μεμβράνη, όπως είναι τα σημεία σύνδεσης του συλλεκτήριου σωλήνα με το εσωτερικό της σήραγγας και οι αρμοί σκυροδέτησης.

Η τελική επένδυση της σήραγγας υπολογίζεται με ακτινική υδροστατική πίεση 50MPa, όπως περιγράφεται και αιτιολογείται στο κεφάλαιο αναφορικά με τα επιβαλλόμενα φορτία επί του φορέα της παρούσης.

2.8.4 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΑΜΟΝΩΝ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Η τοποθέτηση των αναμονών βαρέως τύπου ανάρτησης οπλισμού γίνεται μετά την τοποθέτηση της μεμβράνης PVC και η στερέωσή τους επιτυγχάνεται με εποξειδική ρητίνη δύο συστατικών, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 3.3 : Κατασκευαστική λεπτομέρεια τοποθέτησης των αναμονών βαρέως τύπου οπλισμών.

1. χημική στερέωση
2. ανοξείδωτη ντίζα M16
3. ανοξείδωτος δίσκος 2mm πάχος
4. δίσκος νεοπρενίου
5. μεμβράνη PVC FLAGON BSL πάχους 2mm ή αναλόγου
6. δίσκος νεοπρενίου
7. ανοξείδωτος δίσκος 2mm πάχος
8. παξιμάδι
9. γεωσύνθετο
10. ροδέλα PVC
11. στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ & ΔΙΑΝΟΙΞΗ

ΜΕΤΩΠΙΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΕΞΟΔΟΥ (CUT & COVER)



3. ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΜΕΤΩΠΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗΣ (CUT & COVER)

3.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ (CUT & COVER)

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. Η εκσκαφή γίνεται σε όλο της το εύρος από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το βάθος στο οποίο θα εδρασθεί το έργο, δεν γίνεται αντιστήριξη των παρειών της εκσκαφής οι οποίες διαμορφώνονται με την κλίση που επιτρέπει το έδαφος. Όταν υπάρχουν υπόγεια νερά 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.

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. Προσοχή χρειάζεται στη 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. Η εκσκαφή γίνεται κάτω και υπό την προστασία της κάλυψης.

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, 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 (Βαλαλάς, 1984). 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 και είναι καλό ο εργολάβος να καλύπτεται από ασφαλιστική εταιρεία.

Η διατομή της σήραγγας είναι ορθογωνική και κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το πάχος της πλάκας οροφής είναι της τάξης των 60-80 εκατοστών, τοποθετείται 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, Βαλαλάς, 1984). 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, για λόγους αισθητικής και ηχητικής προστασίας η κατασκευή επενδύεται εσωτερικά.

3.2 ΜΕΤΩΠΟ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ

3.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΚΣΚΑΦΩΝ ΜΕΤΩΠΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΕΞΟΔΟΥ



Το τμήμα της σήραγγας που κατασκευάζεται με εκσκαφή και επανεπίχωση (Cut & Cover) διαμορφώνεται μεταξύ των Χ.Θ. 9+644,00 και Χ.Θ. 9+685,00. Από τη Χ.Θ. 9+685,00 αρχίζει η εκσκαφή με υπόγεια διάτρηση της σήραγγας. Σημειώνεται ότι σαν θέση έναρξης της υπόγειας εκσκαφής νοείται η Χ.Θ. στην οποία ολόκληρη η διατομή βρίσκεται εντός του εδάφους.

Οι προσωρινές εκσκαφές για τη διαμόρφωση του μετώπου της σήραγγας εκτείνονται μεταξύ των Χ.Θ. 9+644,00 και Χ.Θ. 9+685,00 περίπου, και θα εκτελεστούν σε δύο φάσεις. Στην Α' φάση προβλέπεται εκσκαφή έως την άνω στάθμη του πεδίου του φορέα Cut & Cover (σε στάθμη κατά 0,50m χαμηλότερη από τη στάθμη της χαμηλότερης σιδηροτροχιάς, ±0,00). Στην Β' φάση προβλέπεται εκσκαφή έως τον ανάστροφο πυθμένα του φορέα Cut & Cover. Η Β' φάση εκσκαφής θα εκτελεστεί μετά την ολοκλήρωση της υπόγειας διάνοιξης και τη σκυροδέτηση της τελικής επένδυσης του υπογείου τμήματος. Στην περιγραφή των προσωρινών εκσκαφών, στις ακόλουθες παραγράφους, σαν μέγιστη στάθμη εκσκαφής, νοείται η στάθμη της Α' φάσης εκσκαφής.

Από τη Χ.Θ. 9+644,00 έως τη Χ.Θ. 9+650,00 τα προσωρινά πρανή προβλέπεται να διαμορφωθούν με κλίση 1:1 μέχρι τον πρώτο αναβαθμό σε μέγιστο ύψος 8,00m (πλάτους 4m και κλίσης 6% προς την πλευρά του πρανούς) και εν συνεχεία με κλίση 1:1 πάνω από αυτόν έως την επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Από τη Χ.Θ. 9+650,00 έως τη Χ.Θ. 9+655,00 τα προσωρινά πρανή προβλέπεται να διαμορφωθούν με μεταβλητή κλίση από 1:1 (κ:ο) (στη Χ.Θ. 9+650,00) έως 1.5:1 (κ:ο) (στη Χ.Θ. 9+655,00) μέχρι τον αναβαθμό σε ύψος που κυμαίνεται στα 8,00m περίπου (πλάτους 4m και κλίσης 6% προς την πλευρά του πρανούς), με κλίση 1:1 (κ:ο) πάνω από αυτόν έως την επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Από τη Χ.Θ. 9+655,00 έως τη Χ.Θ. 9+660,00 τα προσωρινά πρανή προβλέπεται να διαμορφωθούν με μεταβλητή κλίση από 1.5:1 (κ:ο) (στη Χ.Θ. 9+655,00) έως 2:1 (κ:ο) (στη Χ.Θ. 9+660,00) μέχρι τον αναβαθμό σε ύψος που κυμαίνεται στα 9m περίπου (πλάτους 4m και κλίσης 6%

προς την πλευρά του πρανούς), με κλίση 1:1 (κ:ο) πάνω από αυτόν έως την επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Από τη Χ.Θ. 9+660,00 έως τη Χ.Θ. 9+685,00 τα προσωρινά πρανή προβλέπεται να διαμορφωθούν με κλίση 2:1 (κ:ο) μέχρι τον πρώτο αναβαθμό σε ύψος κυμαινόμενο από 8,8m έως 10,50m περίπου (πλάτους 4m και κλίσης 6% προς την πλευρά του πρανούς) και εν συνεχεία με κλίση 1:1 πάνω από αυτόν έως την επιφάνεια του φυσικού εδάφους. Σε περιπτώσεις που το ύψος του πρανούς πάνω από τον πρώτο αναβαθμό ξεπερνά τα 8m, τότε στο ύψος αυτό κατασκευάζεται δεύτερος αναβαθμός και το υπολειπόμενο τμήμα του πρανούς έως την επιφάνεια του φυσικού εδάφους κατασκευάζεται επίσης με κλίση 1:1.

Στη Χ.Θ. 9+685,00, ξεκινά η υπόγεια εκσκαφή της σήραγγας. Στη διατομή αυτή, διαμορφώνεται προσωρινό πρανές μετώπου της υπόγειας εκσκαφής. Το πρανές διαμορφώνεται αρχικά κατακόρυφο, μέχρι τη



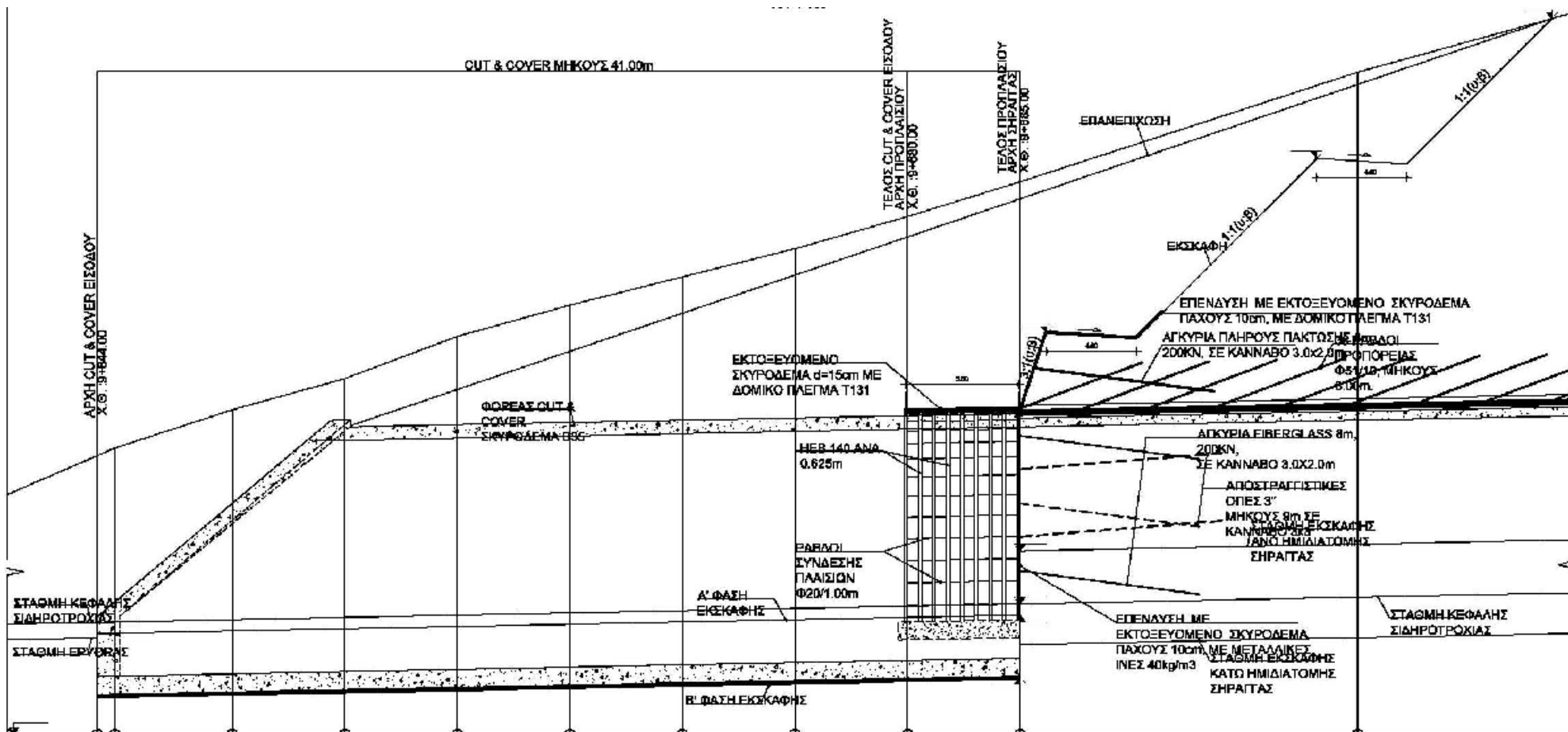
στέψη του προπλαισίου και εν συνεχεία με κλίση 3:1 (κ:ο) μέχρι τον αναβαθμό (πλάτους 4m και κλίσης 6% προς την πλευρά του πρανούς) σε ύψος 12,50m από την άνω στάθμη θεμελίου του προπλαισίου (μέση κλίση μετωπικού

πρανούς: 86°) και εν συνεχεία με κλίση 1:1 (κ:ο) έως την επιφάνεια του φυσικού εδάφους, με ενδιάμεσους αναβαθμούς ανά 8m ύψους.

Στη φάση διάνοιξης με Cut & Cover των μετώπων εισόδου – εξόδου έγινε υποστήριξη των πρανών με **αγκύρια πλήρους πάκτωσης 8m**,

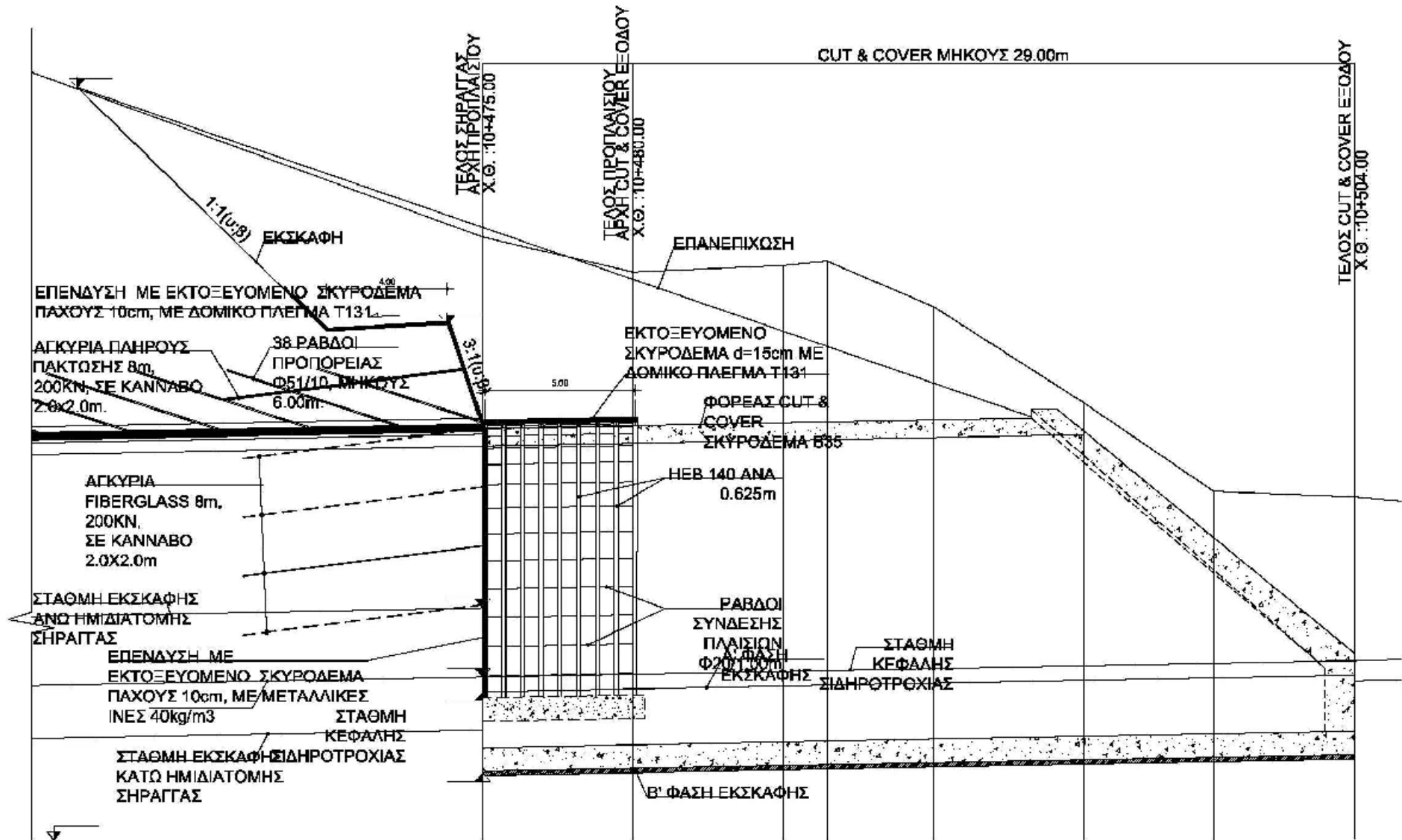
αντοχής 200KN τοποθετούμενα σε κάναβο 2,5x2,0m με αποστραγγιστικές οπές 3" μήκους 9m σε κάναβο 3x3m επενδεδυμένα με σκυρόδεμα B35.

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΜΕΤΩΠΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΛ 1:100



ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΜΕΤΩΠΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

ΚΛ 1:100



3.3 ΒΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΜΕΤΩΠΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

3.3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΠΛΑΙΣΙΟΥ



Αρχικά για την κατασκευή του προπλαισίου τοποθετούνται ράβδοι προπορείας (38 τεμάχια) $\varnothing 51$ ανά 10m, μήκους 6m, μέσης αξονικής απόστασης 0,35m κάθε δεύτερο βήμα προχώρησης υπό ανωφερική κλίση 19° . Μετά την

τοποθέτησή τους ακολουθεί η πλήρωσή τους με τσιμεντένεμα.

Στη συνέχεια γίνεται εκσκαφή των θεμελίων για την τοποθέτηση των βάσεων στήριξης των πλαισίων. Η βάση αυτή αποτελείται από μία σιδερένια λάμα διαστάσεων 300x330x30 και 4 αγκύρια $\varnothing 25$ και εδράζεται σε μη συρρικνούμενη τσιμεντοκονία. Η σκυροδέτηση των πεδιλοδοκών γίνεται με πορώδες σκυρόδεμα περιβαλλόμενο από σκυρόδεμα πλήρωσης B10.



Το προπλαίσιο αποτελείται από 8 μεταλλικά πλαίσια HEB 140 ανά 0,625m, τα οποία συνδέονται με ράβδους σύνδεσης Ø20 ανά 1m.



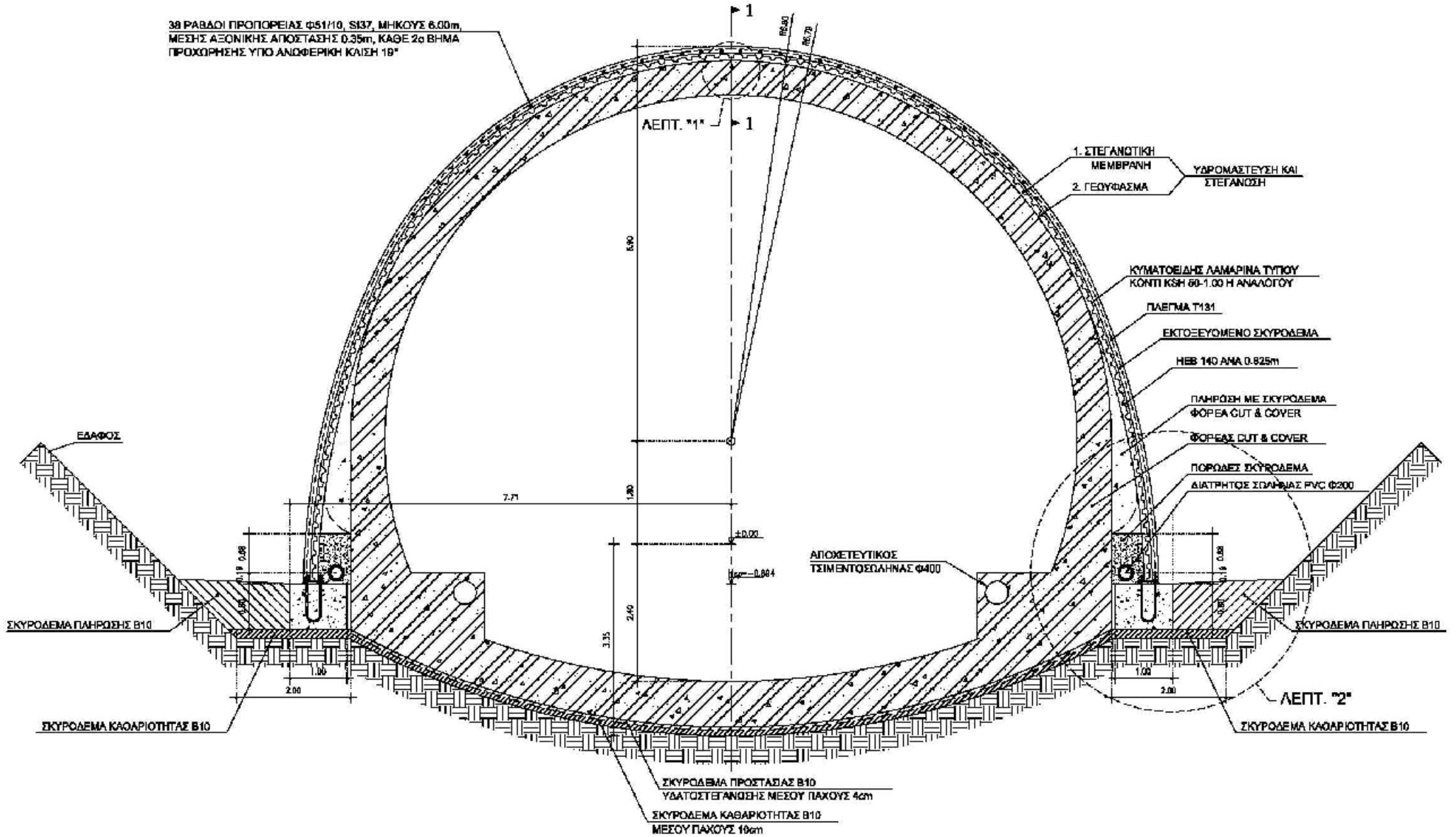
Η στέψη του προπλαισίου επενδύεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και με δομικό πλέγμα. Ενδιάμεσα τοποθετείται κυματοειδής λαμαρίνα τύπου KONTI KSH 50-1.00. Κάτω από αυτή τοποθετείται στεγανωτική

μεμβράνη και γεώφασμα για υδρομάστευση και στεγάνωση. Τα ύδατα που συλλέγονται οδηγούνται σε διάτρητο σωλήνα PVC Ø200 καλυπτόμενο από γεώφασμα προστασίας και εγκιβωτισμένο σε πορώδες σκυρόδεμα.

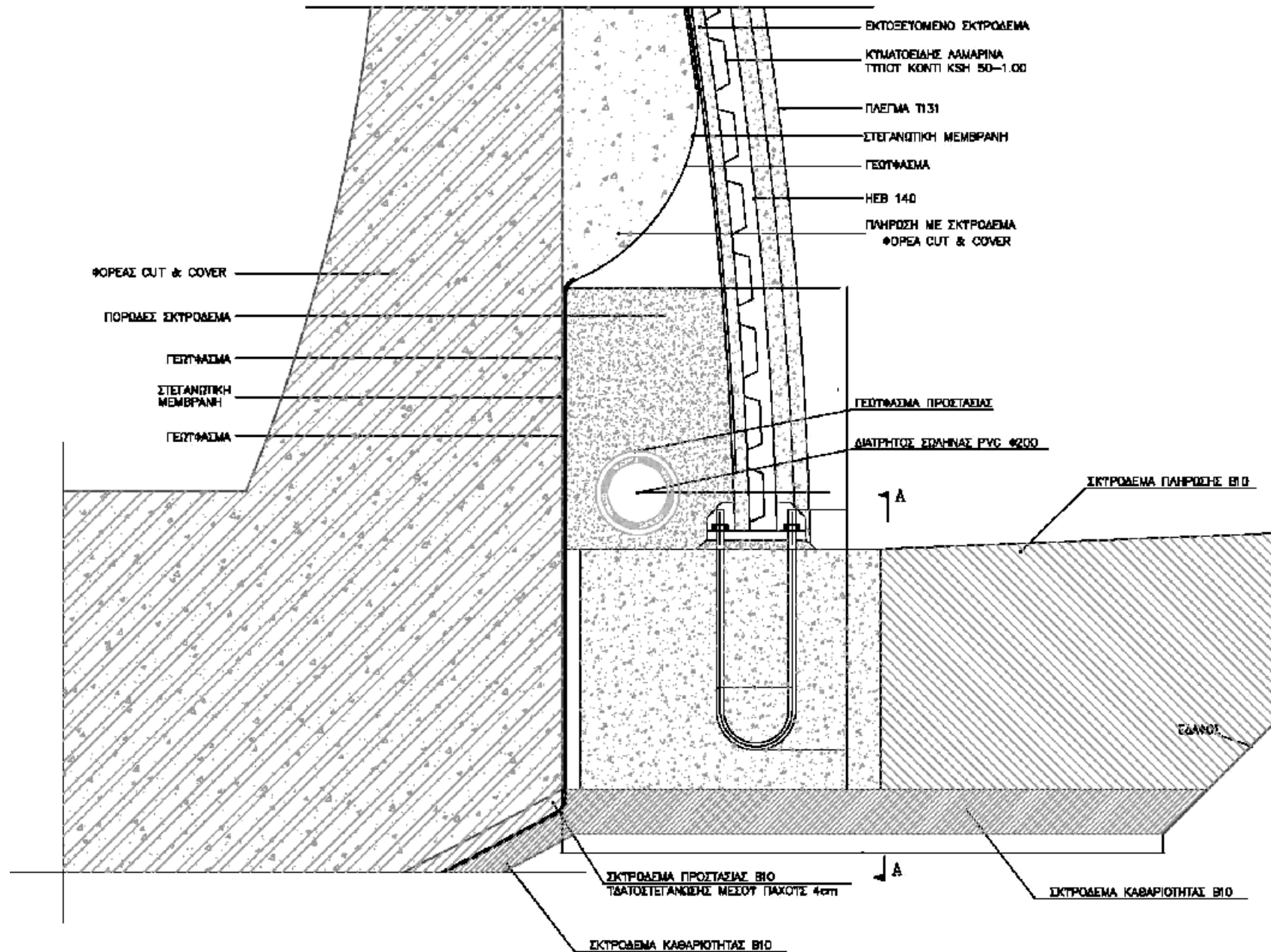


ΔΙΑΤΟΜΗ ΦΟΡΕΑ-ΠΡΟΠΛΑΣΙΟΥ-ΣΩΛΗΝΩΝ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ

ΚΑ. 1:50

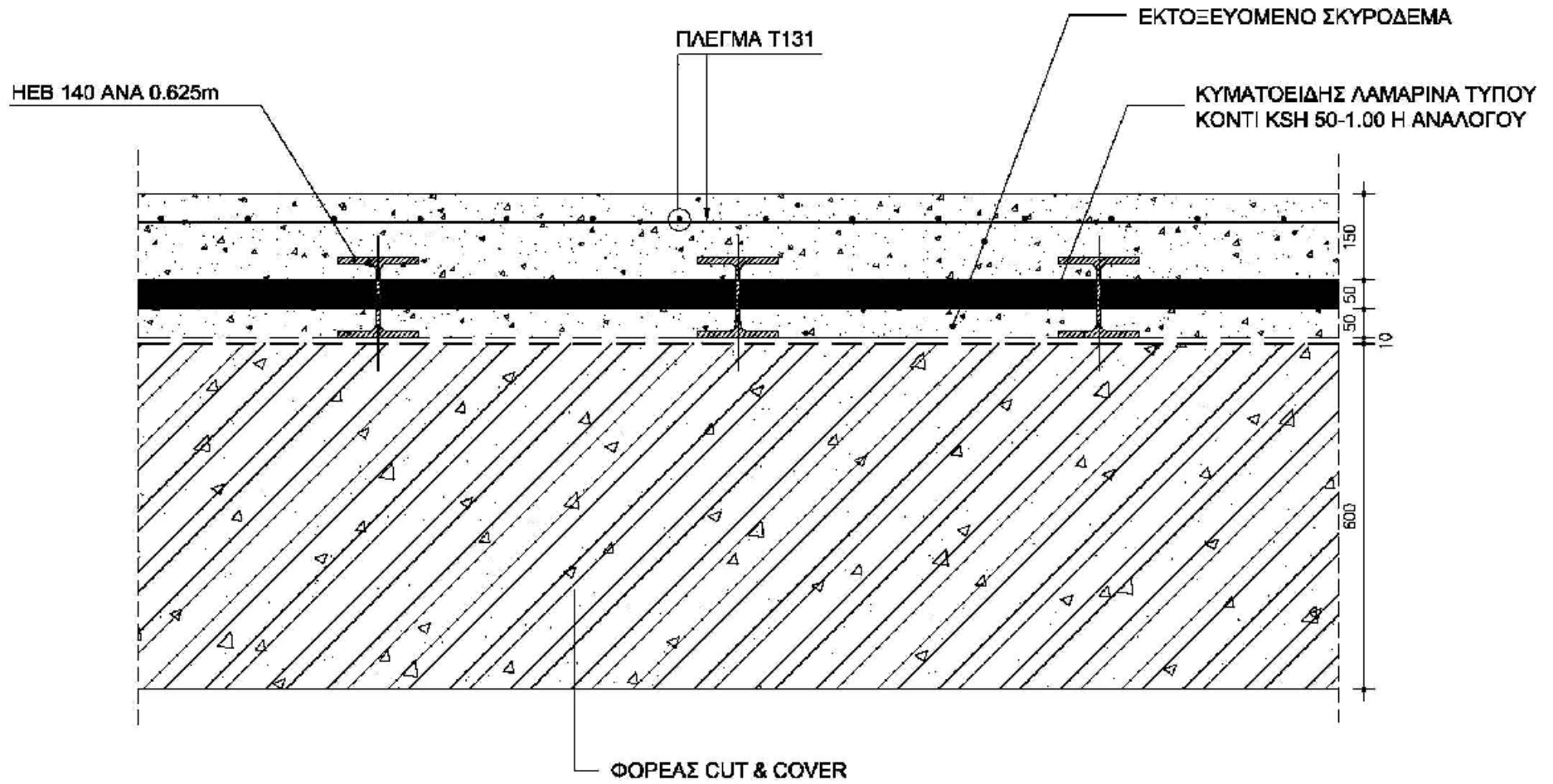


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ "2"
ΚΑ 1:10



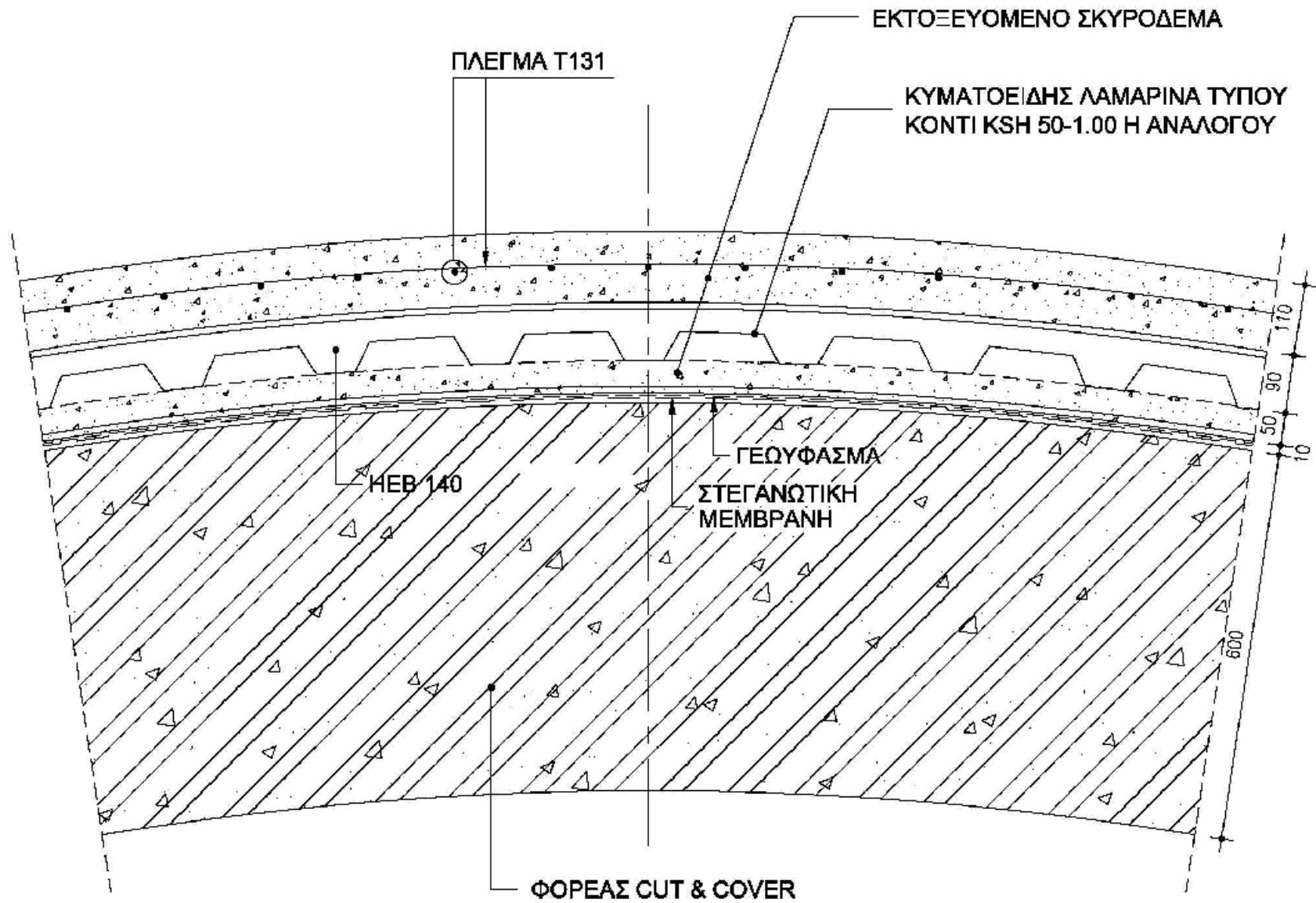
ΤΟΜΗ 1-1

ΚΛ. 1:10



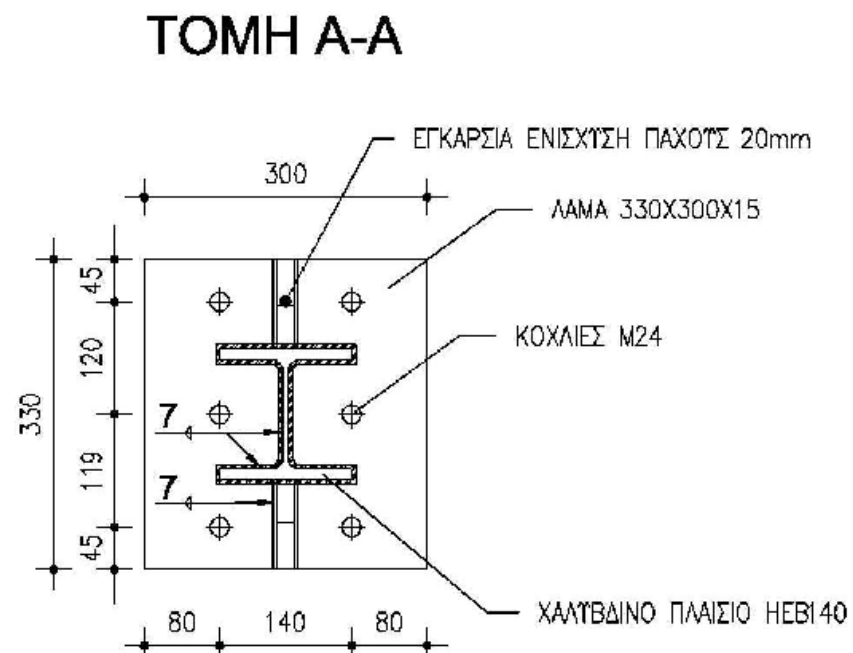
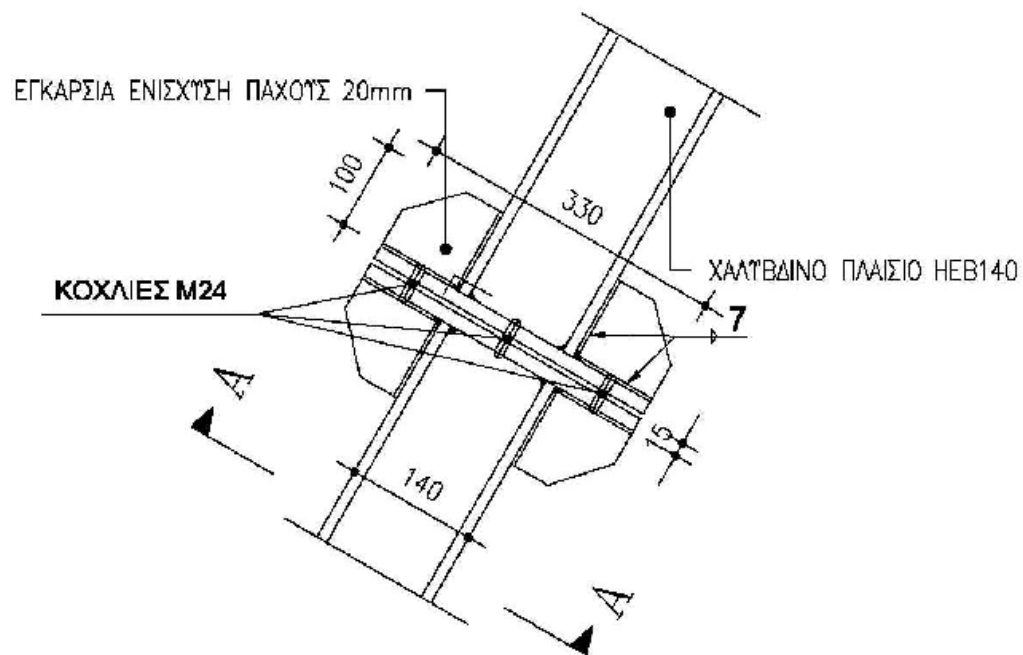
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ "1"

ΚΛ. 1:10



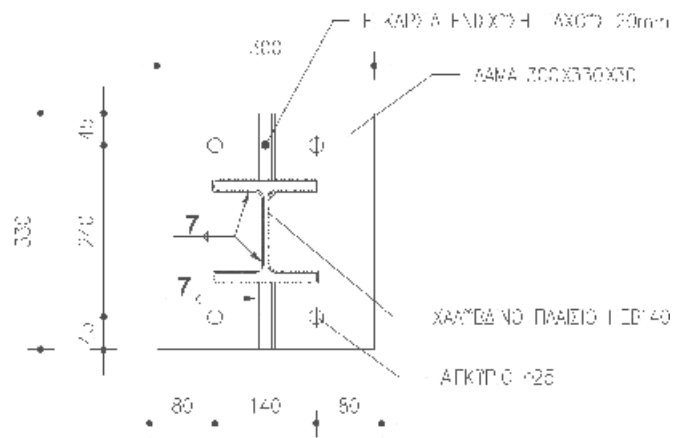
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ "3" ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

ΚΛ. 1:10

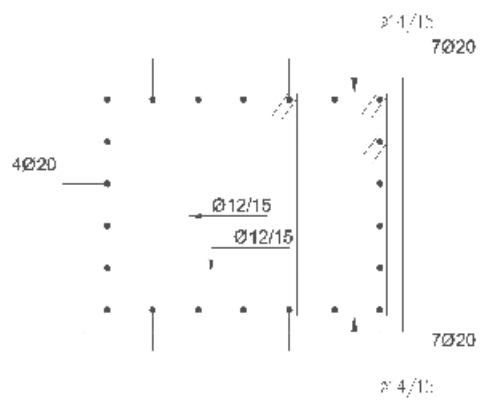


ΤΟΜΗ Β-Β

ΚΑ. 1:10

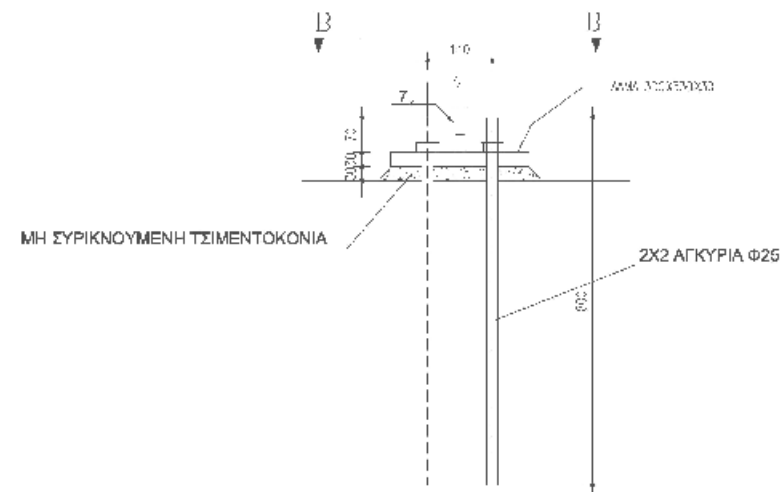


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΘΕΜΕΛΙΟΥ ΠΡΟΠΛΑΣΙΟΥ
ΚΑ. 1:10



ΤΟΜΗ Α-Α

ΚΑ. 1:10



3.3.2 ΜΕΤΡΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ – ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΜΕΤΩΠΩΝ

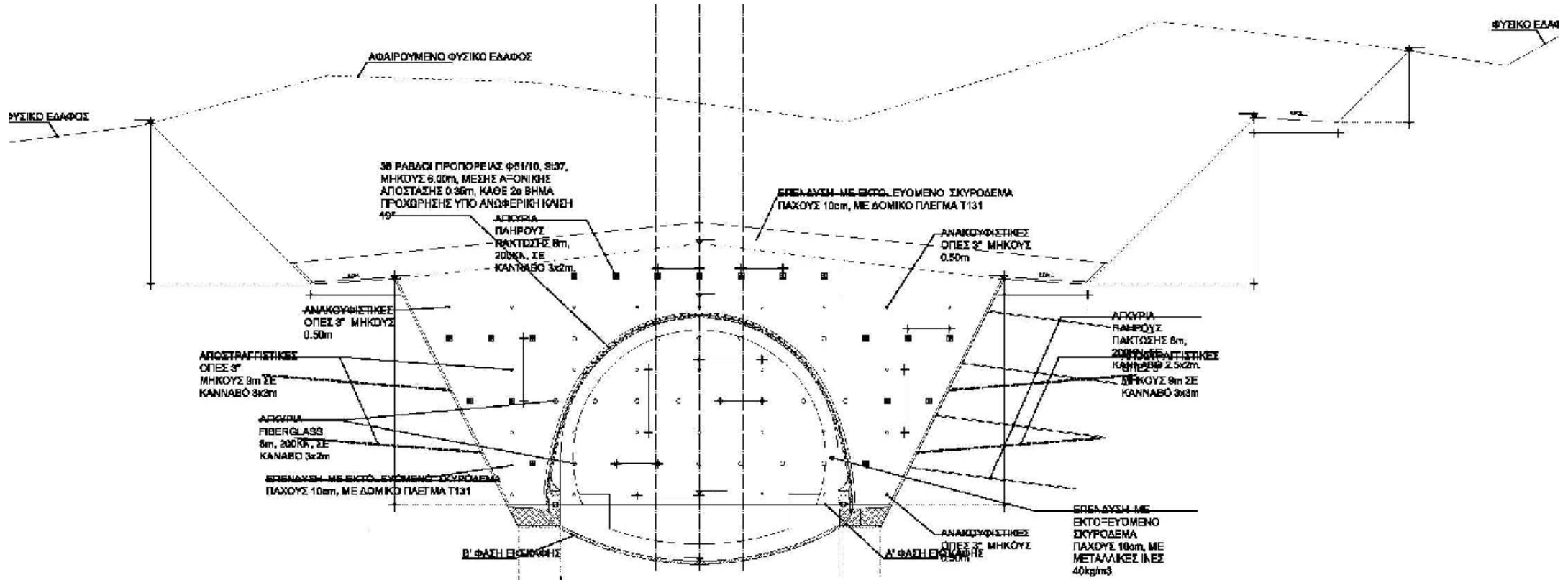
Στο μέτωπο εκτός του προπλαισίου χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια πλήρους πάκτωσης 8m αντοχής 200 KN τοποθετημένα σε κάνναβο 2x2m. Επίσης προβλέπεται διάνοιξη δύο σειρών ανακουφιστικών οπών 3'' μήκους 0,5m ανά αποστάσεις 3m. Η πρώτη σειρά προτείνεται να ανοιχτεί περίπου 2,5m χαμηλότερα από τον κατώτερο αναβαθμό και η δεύτερη περίπου 0,5m ψηλότερα από τον πόδα της εκσκαφής. Τέλος έχουμε επένδυση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 10cm με δομικό πλέγμα T 131.

Εντός του προπλαισίου τοποθετούνται αγκύρια fiberglass μήκους 8m, αντοχής 200 KN τοποθετημένα σε κάνναβο 2x2m. Τέλος επενδύεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 40cm μεταλλικές ίνες 40kg/m³.

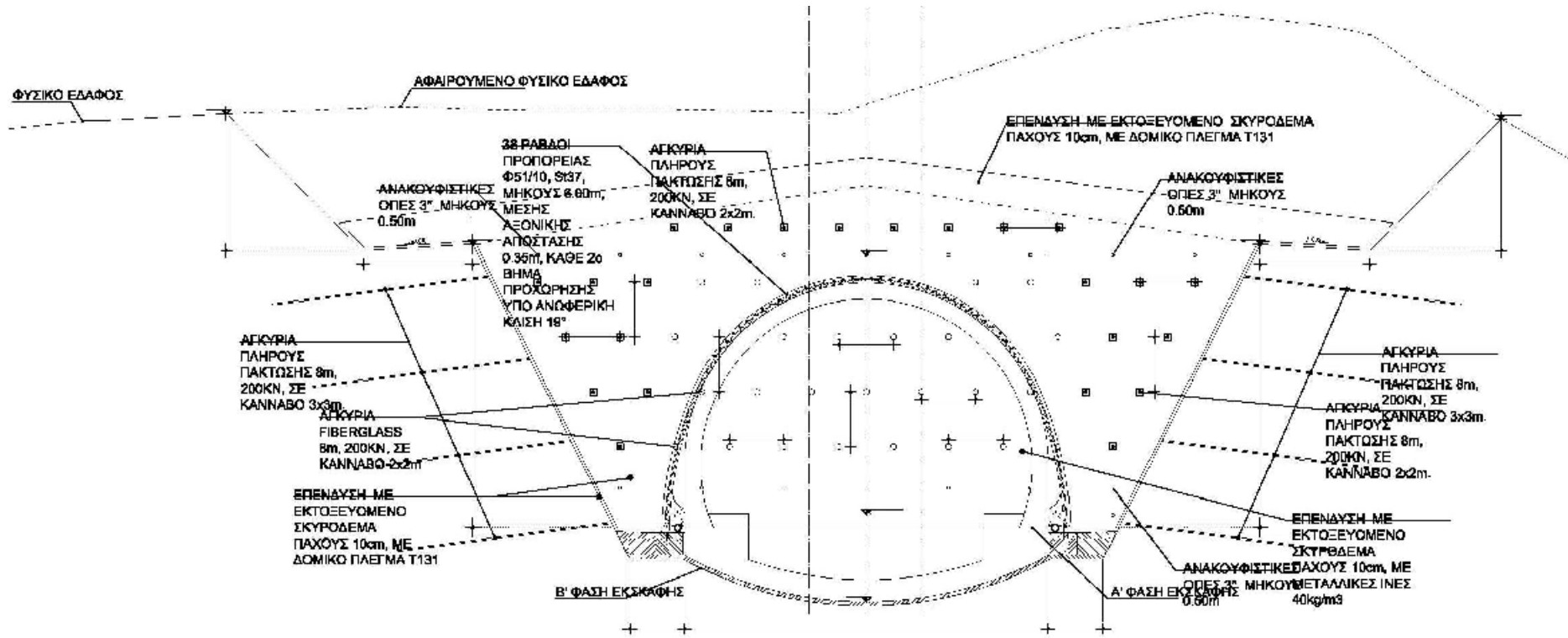
Επιπλέον στο μέτωπο και στα πλευρικά πρανή εφαρμόζεται κάνναβος 3x3 αποστραγγιστικών οπών μήκους 9m.

Ανάλογα με τις επιτόπου συνθήκες μπορεί να απαιτηθεί σποραδική αγκύρωση για την κατακράτηση σφηνών ή για την αντιμετώπιση ζωνών κερματισμού. Κατά την φάση της εκσκαφής των προσωρινών πρανών, ο ανάδοχος θα πρέπει να μεριμνήσει για την απαγωγή των υδάτων με προσωρινούς επενδεδυμένους άβλακες, ώστε να αποφευχθεί η διάβρωση και χαλάρωση των υποκείμενων σχηματισμών. Τονίζεται ότι στην περίμετρο των εκσκαφών θα πρέπει να σχεδιαστούν κατάλληλα υδραυλικά έργα για την απαγωγή των επιφανειακών υδάτων (π.χ. τάφροι περιμετρικά των εκσκαφών, διευθετήσεις υπάρχοντων ρευμάτων κλπ.).

ΜΕΤΩΠΟ ΕΙΣΟΔΟΥ



ΜΕΤΩΠΟ ΕΞΟΔΟΥ



3.3.3 ΓΟΜΩΣΗ – ΠΥΡΟΔΟΤΗΣΗ



Στην περίπτωση επιλογής της μεθόδου όρυξης της σήραγγας με την μέθοδο των ανατινάξεων συνίσταται η διαδικασία γενικά της ανατίναξης να πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η όσο το δυνατόν μικρότερη

διατάραξη του πετρώματος και της υπερβάλλουσας εκσκαφής καθώς και των παραγόμενων δονήσεων. Για την επίτευξη των παραπάνω χρησιμοποιούνται όλοι οι χρόνοι HIS-12 ηλεκτρικών καψυλλίων τύπου F (μειωμένης ευαισθησίας) ή POLEX (εξαιρετικά μειωμένης ευαισθησίας). Τα δε διατρήματα γομώνονται με εκρηκτική ύλη ζελατινοδυναμίτιδας 30% MGL σε φυσίγγια Φ38x400 ή ακαριαίας θρυαλλίδας σε φυσίγγια Φ28x220 για τη δημιουργία στρωτής επιφάνειας χωρίς υπερεκσκαφές.



3.3.4 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Μετά την ανατίναξη και την απαγωγή των καπναερίων, θα πρέπει να πλησιάζει η ομάδα υπογείων εκσκαφών, θα κάνει το ξεσκάρωμα και (εφ' όσον κρίνεται αναγκαίο από τη φύση του εδάφους) θα εφαρμόζει μικρή στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος κατά τις απαιτήσεις της μελέτης.

Ακολούθως θα πρέπει να γίνεται η αποκομιδή των υλικών εκσκαφής με τη βοήθεια φορτωτού υπογείων και κατάλληλων φορτηγών αυτοκινήτων.

Ο φορτωτής και οποιοδήποτε άλλο ντηζελοκίνητο όχημα

θα πρέπει να είναι καταλλήλως τροποποιημένα, ώστε να μπορούν να εκτελούν υπόγεια έργα.



Μετά την αποκομιδή των υλικών, θα πρέπει να εφαρμόζονται τα ενδεδειγμένα μέτρα προστασίας και ακολούθως, θα πλησιάζει στο μέτωπο το διατηρητικό φορείο (Jumbo) για την έναρξη του νέου κύκλου εργασιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΥΡΙΩΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ NATM



4. ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΥΡΙΩΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΤΗ ΝΕΑ ΑΥΣΤΡΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΟΡΥΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (NATM)

Προκειμένου να προσδιορισθεί η καταλληλότερη τεχνική όρυξης της σήραγγας, με την οποία θα εξασφαλίζεται η αποτελεσματική ολοκλήρωση του έργου με τις ελάχιστες αβεβαιότητες, αξιολογήθηκαν οι αναμενόμενες τεχνικογεωλογικές συνθήκες, οι οποίες προσδιορίζονται στα διαθέσιμα γεωλογικά στοιχεία, σε συνδυασμό με τεχνικοοικονομικά θέματα.

Όπως συνάγεται από την περιγραφή των τυπικών διατομών εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης, η διάνοιξη της σήραγγας προβλέπεται στην παρούσα οριστική μελέτη να γίνει σύμφωνα με την Νέα Αυστριακή Μέθοδο Όρυξης Σηράγγων (NATM), όπως παρουσιάζεται αναλυτικά κατωτέρω, η εν λόγω μέθοδος διάνοιξης διακρίνεται από όλα τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ικανοποιεί η τεχνική εκσκαφής για το εύρος των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων που προσδιορίζονται σύμφωνα με τη διαθέσιμα γεωλογικά στοιχεία κατά μήκος του άξονα της σήραγγας.

Η ανωτέρω επιλογή βασίσθηκε στα αποτελέσματα της αξιολόγησης της εναλλακτικής τεχνικής όρυξης, ήτοι της όρυξης με μηχάνημα ολομέτωπης όρυξης (TBM). Στην προκειμένη περίπτωση, λόγω του μικρού σχετικά μήκους της σήραγγας, το οποίο ανέρχεται στα 790m., η όρυξη της σήραγγας με μηχάνημα ολομέτωπης κοπής δεν είναι τεχνικοοικονομικά ορθή.

4.1 Η ΝΕΑ ΑΥΣΤΡΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΡΥΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ (NATM)

Προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι προβλεπόμενες δυσχέρειες κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου επιβάλλεται να υιοθετηθεί κατάλληλη τεχνική εκσκαφής η οποία θα πρέπει να διακρίνεται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Να προλαμβάνει εκτεταμένες παραμορφώσεις και κατά μείζονα λόγο αστοχία του πετρώματος και να επιτρέπει στην ορυσσόμενη βραχώμαζα να παραλαμβάνει επιτυχώς και σε σημαντικό ποσοστό, μέσω του μηχανισμού αυτοϋποστήριξης, τα ανακατανεμόμενα λόγω της εκσκαφής τασικά φορτία, περιορίζοντας έτσι τις απαιτήσεις σε υποστήριξη.
- Να παρέχει τον απαιτούμενο χρόνο για την εφαρμογή των ενδεδειγμένων κατά περίπτωση μέτρων προσωρινής αντιστήριξης της βραχώμαζας.
- Να επιτρέπει την αποκατάσταση του νέου εντατικού πεδίου πριν από την επιβολή πρόσθετων καταπονήσεων στη βραχώμαζα.
- Να προκαλεί την ελάχιστη δυνατή διατάραξη στο περιβάλλον την εκσκαφή πέτρωμα.
- Να επιτρέπει την κατάλληλη προσαρμογή των εργασιών εκσκαφής αλλά και υποστήριξης ανάλογα με τις εκάστοτε επί τόπου αντιμετωπιζόμενες συνθήκες.

Τα ανωτέρω βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληρεί η τεχνική εκσκαφής που θα υιοθετηθεί αποτελούν θεμελιώδεις αρχές της Νέας Αυστριακής Μεθόδου Όρυξης Σηράγγων (NATM).

Ένα από τα κύρια γνωρίσματα της NATM είναι η θεώρηση και η επιδίωξη για μετατροπή της βραχώμαζας που περιβάλλει το όρυγμα από μέσο φόρτισης σε μέσο ανάληψης φορτίων. Η βραχώμαζα στο άμεσο περιβάλλον της εκσκαφής ενεργοποιείται με τη χρήση μέσων σταθεροποίησης και συμμετέχει στην αντιστήριξη του ορύγματος.

Πέραν τούτου, η NATM αξιοποιεί το φαινόμενο κατά το οποίο οι συχνά υψηλές ενδογενείς πιέσεις του πετρώματος ανακουφίζονται σημαντικά με την ελεγχόμενη παραμόρφωση της βραχώμαζας προς το εσωτερικό της εκσκαφής. Κεντρικός της στόχος (και το στοιχείο που κατ' ουσία διαφοροποιεί τη NATM από τις παραδοσιακές τεχνικές διάνοιξης / αντιστήριξης), είναι να επηρεάσει τη μηχανική συμπεριφορά του εδαφικού υλικού, διαμορφώνοντας αμέσως μετά την όρυξη έναν ημι-άκαμπτο επιτρέπει ως ένα βαθμό την παραμόρφωση της βραχώμαζας και αναδιανομή των τάσεων, αλλά αποτρέπει την ολοκληρωτική χαλάρωση της βραχώμαζας, την εκτεταμένη ρωγμάτωση και καταστροφή του ιστού της και συνεπώς τη συνολική απώλεια της ευστάθειάς της. Η δημιουργία ενός τέτοιου δακτυλίου επιβάλλει αφενός τη συμπλήρωση της εκσκαφής σε ορισμένη, εύλογη, απόσταση από το μέτωπο, αφετέρου την όρυξη και αντιστήριξη ανεστραμμένου τόξου (αψίδας) στον πυθμένα της σήραγγας, στην περίπτωση που η βραχώμαζα δεν είναι επαρκώς ανθεκτική ώστε να σχηματίσει αυτό το δακτύλιο.

Αυτή η ελεγχόμενη μετάβαση σε μία νέα ισορροπία επιτυγχάνεται κατά κανόνα μόνο από τον εξωτερικό αυτό δακτύλιο, ενώ συνήθως ακολουθεί ένας δεύτερος, περισσότερο άκαμπτος, εσωτερικός δακτύλιος τελικής προστασίας της εκσκαφής. Ο πρώτος δακτύλιος συχνά μνημονεύεται ως προσωρινή αντιστήριξη, χωρίς ο όρος να είναι κατ' ανάγκη δόκιμος. Σε αρκετές περιπτώσεις, η αντιστήριξη που παρέχει είναι μόνιμη και

επαρκής, ενώ ο δεύτερος δακτύλιος (συχνά αναφερόμενος ως τελική επένδυση) είτε παραλείπεται, είτε υπηρετεί λειτουργικούς σκοπούς του υπογείου έργου.

Η καλή γνώση της συσχέτισης των τάσεων και των εκδηλούμενων παραμορφώσεων της βραχώμαζας είναι αναγκαία προϋπόθεση για την ορθή επιλογή και διαστασιολόγηση του συστήματος αντιστήριξης, όπως εξίσου σημαντική είναι και η γνώση της χρονικής μεταβολής των μετατοπίσεων στη διανοιγόμενη εκσκαφή αφού πρακτικά αποτελεί σημαντικό παράγοντα για το σωστό χρονισμό της εφαρμογής του. Λανθασμένη εκτίμηση της μιας ή της άλλης συσχέτισης μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της ευκαιρίας να ενεργοποιηθεί ο μηχανισμός αυτοϋποστήριξης του πετρώματος και σε αναίρεση των τεχνικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων που παρέχει η NATM.

Η προσέγγιση των ανωτέρω συσχετίσεων επιτυγχάνεται με έμμεσες μεθόδους, η αξιοπιστία των οποίων σχετίζεται άμεσα με το πλήθος και την αξιοπιστία των γεωτεχνικών παραμέτρων που προσδιορίστηκαν πριν από την κατασκευή του έργου. Γίνεται αντιληπτό ότι ο προσδιορισμός των γεωτεχνικών παραμέτρων με βάση τα αποτελέσματα κατάλληλων ερευνών και μελετών που διενεργήθηκαν πριν από την κατασκευή του έργου αποτελεί μια καταρχήν προσέγγιση της πραγματικής κατάστασης, η οποία όμως είναι δυνατόν να αποτυπωθεί μόνο με μετρήσεις κατά τη φάση κατασκευής. Συνεπώς, καθίσταται αναγκαία η εκτέλεση μετρήσεων καταγραφής των παραμέτρων συμπεριφοράς της εκσκαφής κατά τη διάρκεια της κατασκευής και, εάν απαιτείται, αντίστοιχης προσαρμογής του συστήματος αντιστήριξης.

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ NATM

1. Η σήραγγα διανοίγεται σε περισσότερες της μιας φάσεις ώστε να μειώνεται η επιφάνεια του μετώπου εκσκαφής κάθε φάσης
2. Η άμεση υποστήριξη κατασκευάζεται σε μικρή απόσταση από το μέτωπο εκσκαφής. Άρα : βήματα εκσκαφής μικρού μήκους
3. Η άμεση υποστήριξη πρέπει να αναλάβει φορτία ταχέως
 - το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλεονεκτεί επειδή βρίσκεται σε άμεση επαφή με την περιβάλλουσα βραχώμαζα και επιπλέον έχει μικρό χρόνο πήξεως
 - τα αγκύρια βράχου οπλίζουν την περιβάλλουσα βραχώμαζα και συντελούν στην καλύτερη ανάπτυξη της λειτουργίας τόξου της βραχώμαζας
4. Ολοκλήρωση του δακτυλίου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο σύνολο της διατομής (κλειστός πυθμένας)
 - σε βραχώμαζα με φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά (αλλά όχι σε συνθλίβοντα εδάφη, όπου η καθυστέρηση της κατασκευής του πυθμένα μπορεί να έχει πλεονεκτήματα – π.χ. μείωση των φορτίων)
 - σε περιπτώσεις ανάγκης περιορισμού των υποχωρήσεων στην επιφάνεια του εδάφους
5. Σε βραχώμαζα με πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά (ή σε εδαφικούς σχηματισμούς) είναι συνήθης η αστάθεια του μετώπου της εκσκαφής.

4.3 ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ:

- § Αύξηση του αριθμού των φάσεων εκσκαφής (μείωση των διαστάσεων του μετώπου)
- § Διαμόρφωση του μετώπου με κλίση ως προς την κατακόρυφο (εδαφικός τάκος)
- § Ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια (συνήθως fiberglass)
- § Ενίσχυση της οροφής με ράβδους ή δοκούς προπορείας (spiles, forepoling)
- § Κατασκευή τσιμεντενέσεων στο μέτωπο (σε διαπερατούς σχηματισμούς)
- § Προσωρινή κάλυψη του μετώπου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (σε περιπτώσεις διακοπής των εργασιών διάνοιξης)

4.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΝΟΙΓΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ NATM

Ο σχεδιασμός της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας πρέπει να είναι ευπροσάρμοστος στις επιτόπου συνθήκες :

1. Η βραχόμαζα κατατάσσεται σε 3-5 κατηγορίες (με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά). Οι κατηγορίες συνήθως βασίζονται στα γνωστά συστήματα κατατάξεως (RMR, GSI, Q)
2. Μορφώνονται 3-5 τυπικές διατομές της σήραγγας που διαφέρουν ως προς τον αριθμό των φάσεων εκσκαφής, το είδος και την πυκνότητα των μέτρων υποστήριξης. Θα πρέπει να είναι ευχερής η αλλαγή της διατομής της σήραγγας από τον ένα τύπο στον άλλο
3. Η επάρκεια των τυπικών διατομών ελέγχεται με κάποια από τις αποδεκτές μεθόδους ανάλυσης

4. Διατυπώνεται ένα σύνολο κριτηρίων με βάση τα οποία θα γίνεται η επιλογή της εφαρμοστέας τυπικής διατομής κατά την κατασκευή της σήραγγας. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται :

- στην ποιότητα της βραχώμαζας
- στο πάχος των υπερκειμένων γαιών
- στον προσανατολισμό των ασυνεχειών
- στα αποτελέσματα των μετρήσεων σε προηγούμενες διατομές
- σε τυχόν ειδικές συνθήκες (π.χ. θέσεις διεύρυνσης της διατομής)

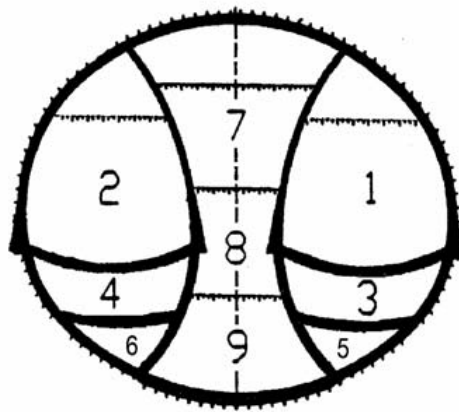
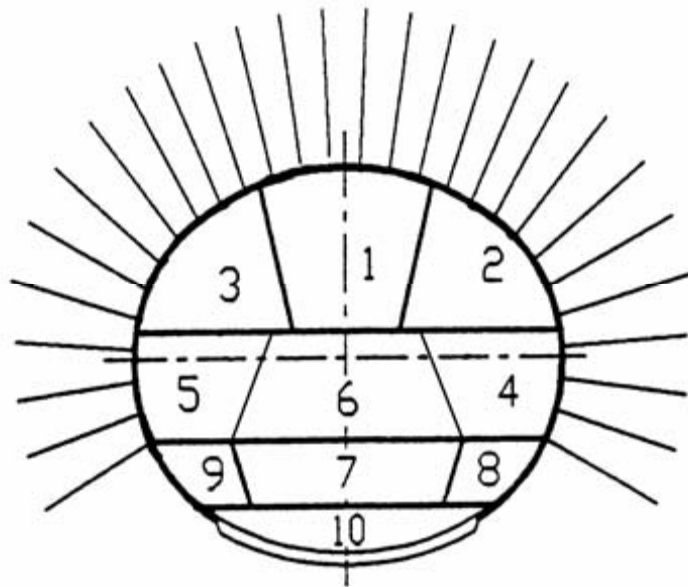
4.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

1. Εκσκαφή μετώπου-βαθμίδας (top heading - bench - invert)

Εκσκαφή της σήραγγας από πάνω προς τα κάτω. Η πρώτη φάση μπορεί να εκσκαφεί και σε περισσότερες υποφάσεις. Στην περίπτωση αυτή η πρώτη φάση ουσιαστικά αποτελεί σήραγγα-πilotο για τη διερεύνηση των συνθηκών που θα συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας

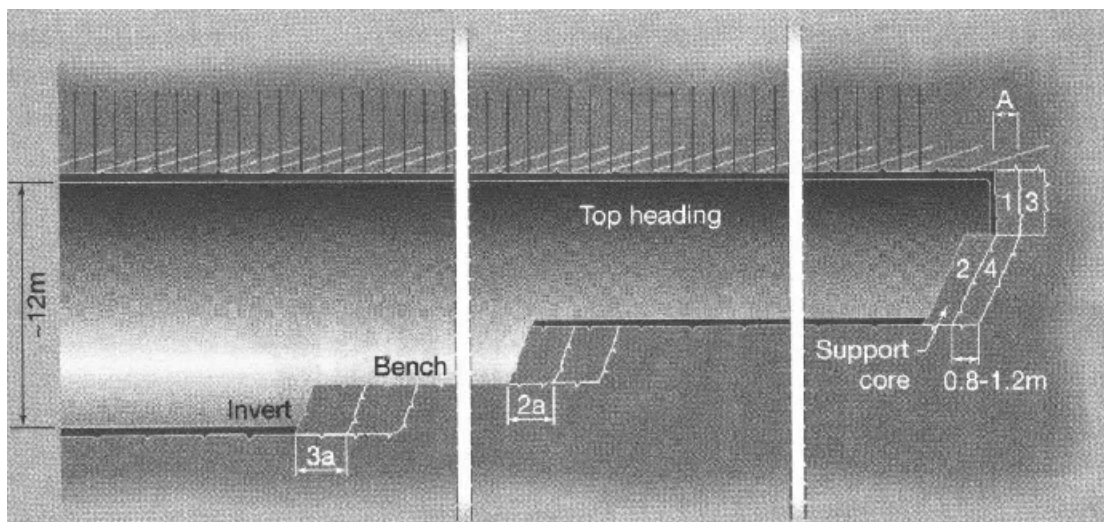
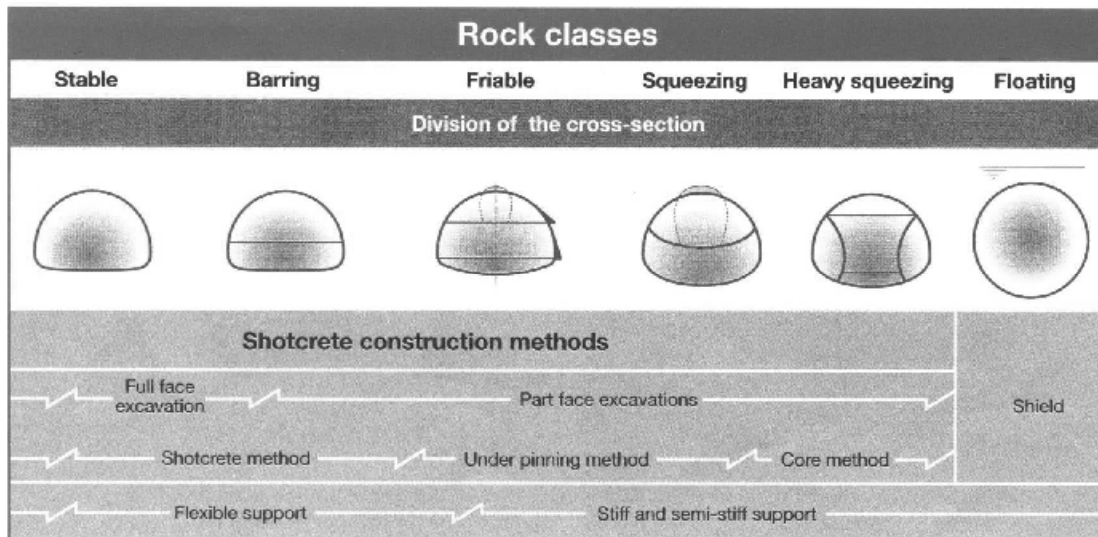
2. Εκσκαφή με πλευρικές στοές (side-wall drifts)

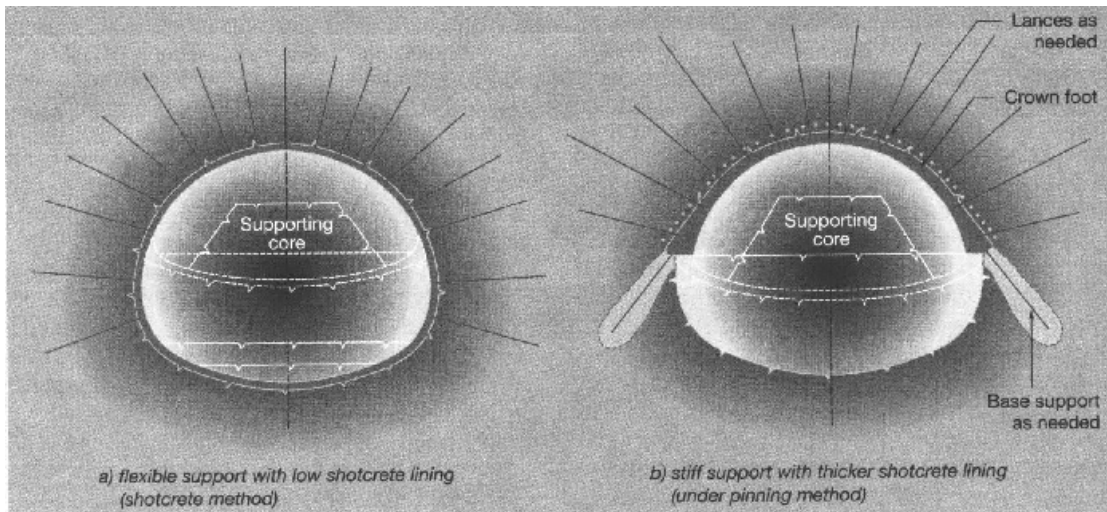
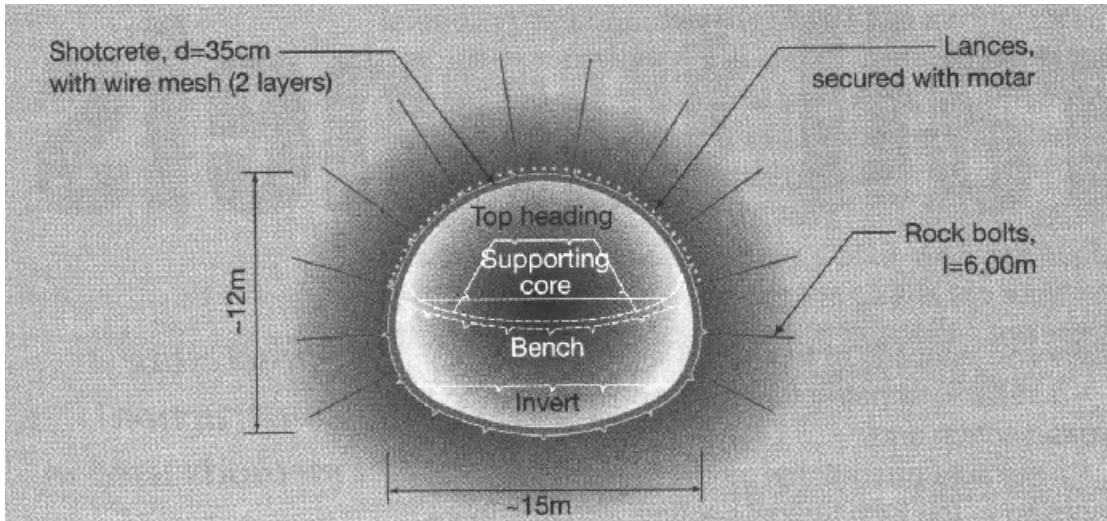
Εφαρμόζεται σε σήραγγες μεγάλου εύρους σε βραχώμαζες με σχετικώς πτωχά χαρακτηριστικά ή στις περιπτώσεις όπου είναι κρίσιμος ο περιορισμός της σύγκλισης του τοιχώματος (π.χ. σε αστικές περιοχές). Η μέθοδος μπορεί να περιλάβει δυο πλευρικές στοές και ενδιάμεσο πυλώνα (twin side-wall drifts with central pillar).

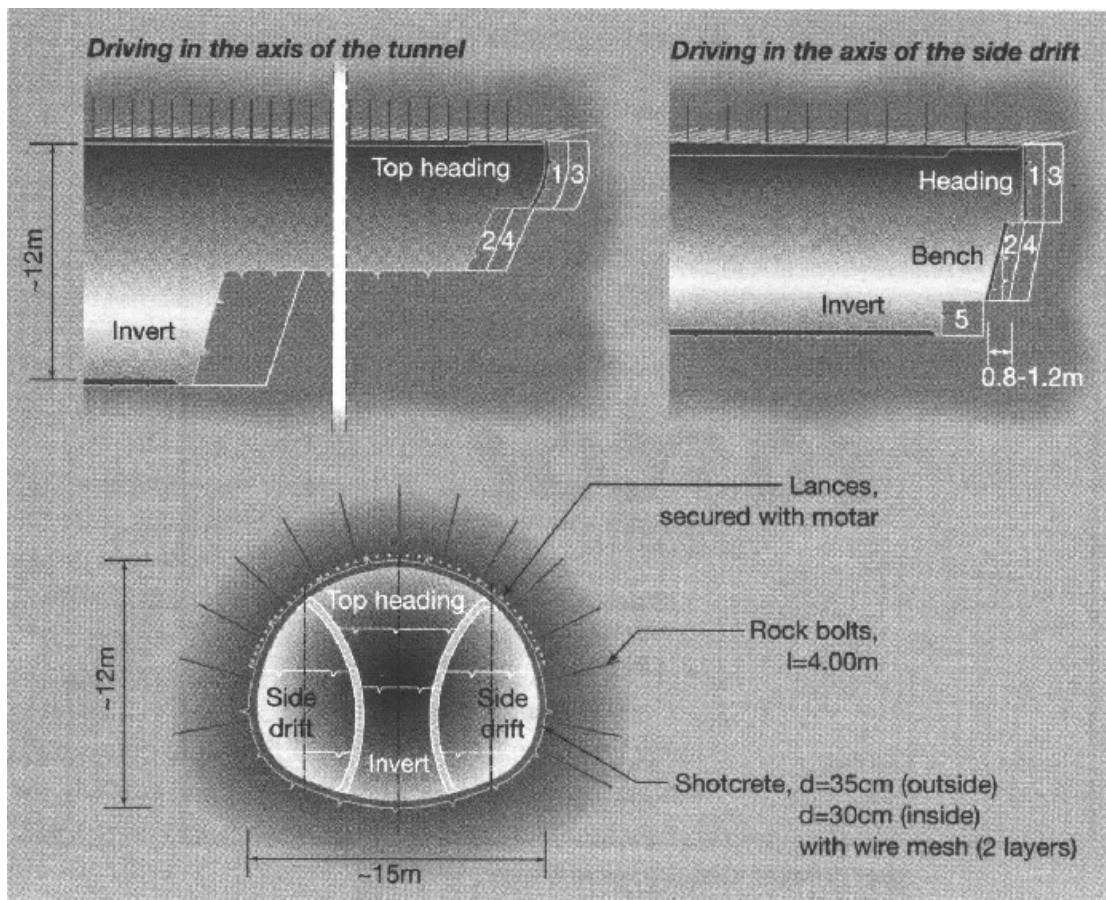
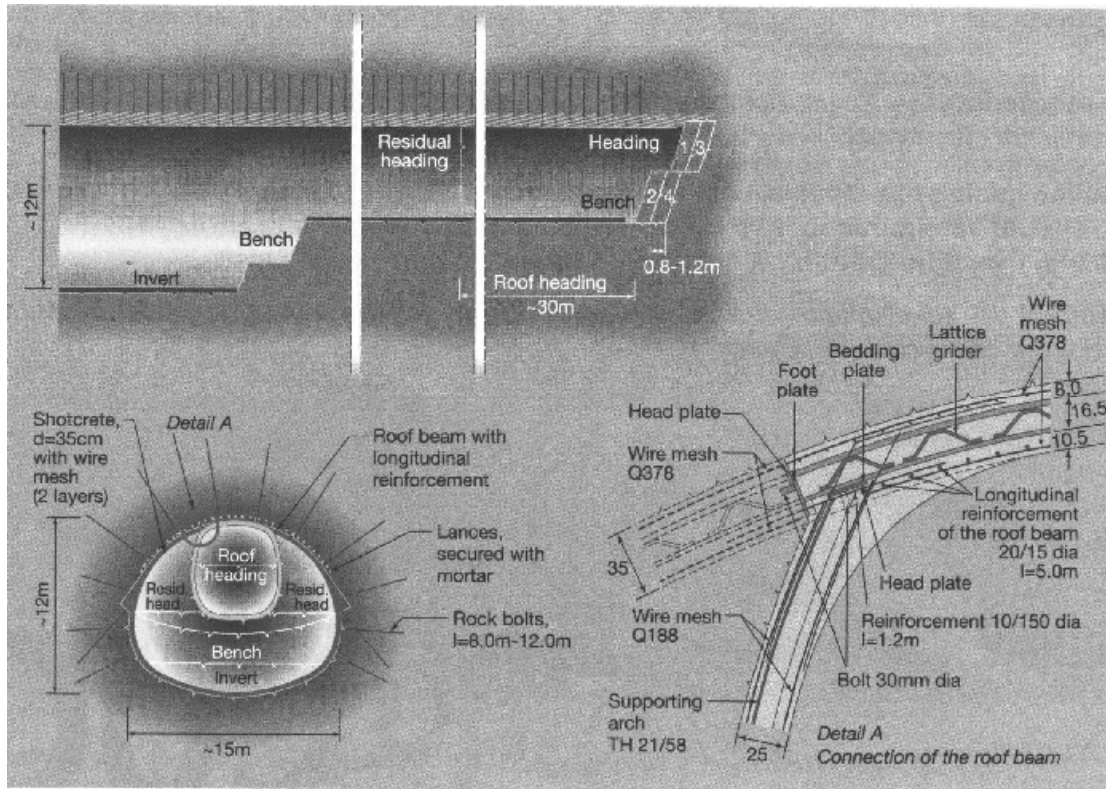


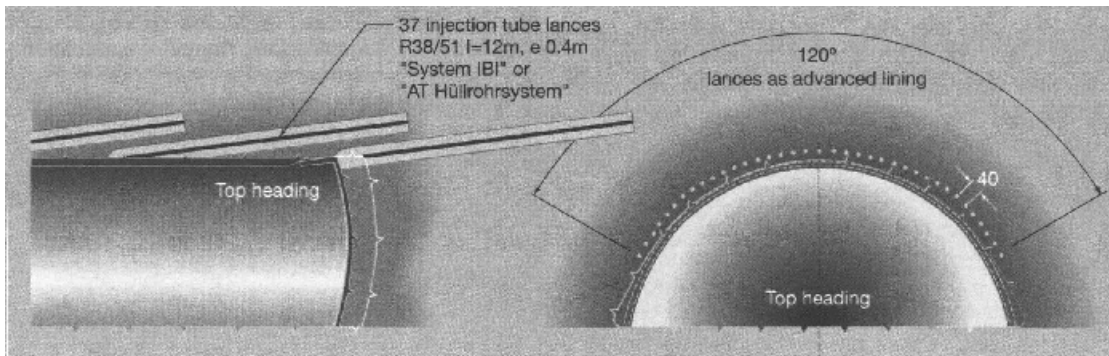
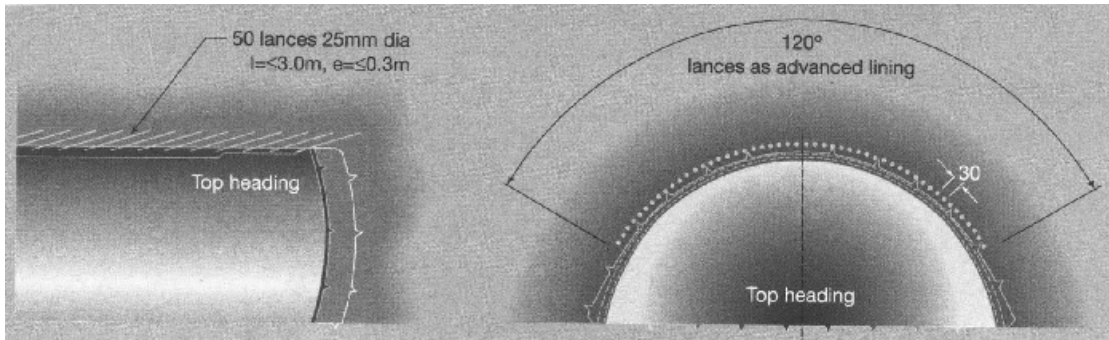
4.5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

1. Εκσκαφή μετώπου-βαθμίδας (top heading - bench - invert)
2. Εκσκαφή με πλευρικές στοές (side-wall drifts)









4.6 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΤΗ NATM

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού και εφαρμογής που θα ακολουθηθούν κατά την κατασκευή της σήραγγας με τη NATM είναι οι ακόλουθες:

α) Ταξινόμηση της μάζας του πετρώματος και καθορισμός μέτρων προσωρινής υποστήριξης και προστασίας

Πριν από τη διάνοιξη της σήραγγας, με βάση τα ερευνητικά γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία που αναφέρονται στην περιοχή της διάνοιξης, διακρίνονται τα μήκη των τμημάτων της σήραγγας που κατατάσσονται σε ειδικές κατηγορίες εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης. Κάθε κατηγορία απαιτεί διαφορετική υποστήριξη και εφαρμογή των πετρωμάτων που συναντώνται, γίνεται εκ νέου κατάταξη σε κατηγορίες και αποφασίζεται η εφαρμογή των αντίστοιχων μέτρων υποστήριξης και προστασίας των υπογείων εκσκαφών σύμφωνα με τα αντίστοιχα για κατασκευή σχέδια, πριν από κάθε προχώρηση και για το επόμενο τμήμα που πρόκειται να διανοιχτεί.

β) Μετρήσεις

Η μέθοδος απαιτεί την εγκατάσταση ολοκληρωμένου συστήματος οργάνων γεωτεχνικών μετρήσεων εκτελουμένων ανά τακτές προχωρήσεις, για την παρακολούθηση της εξέλιξης των παραμορφώσεων του πετρώματος και του φορτίου που μεταβιβάζεται στο σύστημα υποστήριξης. Οι μετρήσεις αυτές, σε συνδυασμό με τη γεωλογική και τεχνικογεωλογική χαρτογράφηση της σήραγγας, παρέχουν πληροφορίες για την ευστάθεια της υπόγειας εκσκαφής και καθιστούν δυνατή τη

βελτιστοποίηση του συστήματος υποστήριξης και τη δημιουργία του πλέον κατάλληλου από πλευράς ακαμψίας και μηχανικών χαρακτηριστικών ισχυροποιημένου δακτυλίου του πετρώματος.

Κατ' ελάχιστον απαιτείται η διενέργεια:

- Μετρήσεων σύγκλισης: Εκτιμήσεις της ευστάθειας του πετρώματος και της επάρκειας των μέτρων υποστήριξης.
- Δοκιμών εξόλκευσης αγκυρίων: Εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας των κοχλιών.
- Μετρήσεων μηκυνσιομέτρων: Προσδιορισμός του βάθους της διαταραγμένης ή πλαστικοποιημένης ζώνης πετρώματος, του απαιτούμενου μήκους κοχλιών και της αποτελεσματικότητας των μέτρων υποστήριξης και έλεγχος των αποτελεσμάτων της ανάλυσης κατά τη φάση σχεδιασμού.
- Μετρήσεων κυττάρων (κελιών) μέτρησης φορτίων: Κελιά μέτρησης φορτίου στους κοχλίες, στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και / ή στα χαλύβδινα πλαίσια. Εκτίμηση της επάρκειας των προσωρινών αντιστηρίξεων από πλευράς μήκους, διατομής, φέρουσας ικανότητας κλπ.

γ) Ενεργοποίηση της αντοχής της μάζας του πετρώματος

Η NATM βασίζεται στη διατήρηση και εσωτερική ισχυροποίηση της αντοχής της περιβάλλουσας μάζας του πετρώματος, η οποία ως ένα βαθμό υποβοηθείται για να αποτελέσει την κύρια συνιστώσα υποστήριξης της υπόγειας εκσκαφής. Το σύστημα προσωρινής υποστήριξης, που τοποθετείται αμέσως μετά την ολοκλήρωση του κύκλου προχώρησης, έχει σκοπό να καταστήσει δυνατή την

αυτοϋποστήριξη της μάζας του πετρώματος. Γι' αυτό, πρέπει να έχει την κατάλληλη μηχανική ακαμψία και να τοποθετείται στον κατάλληλο χρόνο μετά από κάθε προχώρηση.

δ) Άμεση προστασία

Για τη διατήρηση της ικανότητας ανάληψης φορτίου από τη μάζα του πετρώματος θα πρέπει τα φαινόμενα χαλάρωσης και σημαντικής παραμόρφωσης της βραχώμαζας να ελαχιστοποιούνται. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κατάλληλου πάχους στρώσεων εκτοξευόμενου σκυροδέματος συνήθως σε συνδυασμό με κατάλληλο σύστημα αγκυρίων ή ελαφρών χαλύβδινων πλαισίων ή δικτυωτών πλαισίων και εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή και συνδυασμών των προηγούμενων ανάλογα με τη φύση του πετρώματος, αμέσως μετά την προχώρηση. Βεβαίως, προκειμένου να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα και να αξιοποιούνται περισσότερο αποτελεσματικά τα εγκατεστημένα μέτρα υποστήριξης είναι απαραίτητο το σύστημα υποστήριξης να βρίσκεται σε πλήρη επαφή με το πέτρωμα και να έχει τη δυνατότητα ανταπόκρισης στις εκδηλούμενες παραμορφώσεις.

ε) Εξέταση της ευκαμψίας του συστήματος υποστήριξης

Η μέθοδος χαρακτηρίζεται από προσαρμοστικότητα και ευελιξία, στοιχεία τα οποία οδηγούν στην απαίτηση χρήσης εύκαμπτου και όχι άκαμπτου συστήματος αντιστήριξης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ενεργό και όχι παθητικό σύστημα υποστήριξης, το οποίο αποτελεί σύστημα σχετικά υψηλής ευκαμψίας (ενδοτικότητας στα παραλαμβανόμενα φορτία) και συνήθως συνδυάζει εκτοξευόμενο

σκυρόδεμα, αγκύρια, ράβδους προεντεταμένων ή μη αγκυρώσεων και ελαφρά χαλύβδινα ή δικτυωτά πλαίσια.

στ) Κλείσιμο της διατομής στο δάπεδο



Η εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης της διατομής στο δάπεδο των σηρράγων ώστε να σχηματιστεί ολοκληρωμένος, κλειστός, δακτύλιος παραλαβής φορτίου από τη μάζα του πετρώματος είναι βασική προϋπόθεση επιτυχίας της μεθόδου, σε περιπτώσεις ασταθών, αποσαθρωμένων και χαμηλών μηχανικών χαρακτηριστικών γεωλογικών σχηματισμών. Μετά την προχώρηση της εκσκαφής κατά το προβλεπόμενο σε κάθε περίπτωση βήμα, ο δακτύλιος των μέτρων υποστήριξης που διαμορφώνεται στην περίμετρο της διατομής της εκσκαφής θα πρέπει να ολοκληρώνεται γρήγορα και με κλείσιμο του δαπέδου, ενώ σημειώνεται ότι κανένα τμήμα της διατομής της εκσκαφής δεν πρέπει να μείνει ανυποστήρικτο έστω και προσωρινά.

Ένα σημαντικό ποσοστό των αναγκών υποστήριξης της σήραγγας παρέχεται από τη μάζα του πετρώματος που περιβάλλει άμεσα το δημιουργηθέν υπόγειο άνοιγμα. Συνεπώς, είναι αναγκαία η διατήρηση, η ισχυροποίηση, της ικανότητας ανάληψης φορτίων της μάζας του πετρώματος με την τοποθέτηση μέτρων υποστήριξης κατά τη διάρκεια της εκσκαφής. Παράλληλα θα πρέπει να αποτρέπεται η ανεξέλεγκτη χαλάρωση και η υπερβολική παραμόρφωση της μάζας του πετρώματος που είναι άμεσο αποτέλεσμα της μείωσης της αντοχής του. Οι

παραμορφώσεις του πετρώματος πρέπει να ελέγχονται με τέτοιο τρόπο ώστε, αφενός με την αναδιανομή των τάσεων περί την εκσκαφή να σχηματιστεί ένας θόλος υποστήριξης μέσα στο άνοιγμα, αλλά αφετέρου η μείωση της αντοχής να κρατηθεί σε χαμηλό ποσοστό.

Ακόμη, η προσωρινή υποστήριξη πρέπει να εφαρμοστεί την κατάλληλη χρονική στιγμή, ούτε πού νωρίς αλλά ούτε και πολύ αργά, και η πίεση στην υποστήριξη πρέπει να παραλαμβάνεται κυρίως από την προσωρινή υποστήριξη υπό συνθήκες σχετικά υψηλής και οπωσδήποτε ικανοποιητικής ευκαμψίας. Πρέπει να προσδιορίζεται ο χρόνος σύγκλισης και αυτοϋποστήριξης του υπόγειου ανοίγματος με επιστημονικά τεκμηριωμένες μεθόδους παρακολούθησης της εκσκαφής με επί τόπου μετρήσεις και από συνεχή έλεγχο και ενδεχόμενη αναθεώρηση της γεωτεχνικής ταξινόμησης της μάζας του πετρώματος.

Σε περίπτωση αντιμετώπισης μεγάλων παραμορφώσεων ή απώλειας (μερικής ή ολικής) της μηχανικής αντοχής της περιβάλλουσας βραχώμαζας, η προσωρινή υποστήριξη πρέπει να εφαρμόζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δρα σε όλη την εσωτερική επιφάνεια του πετρώματος αναπτύσσοντας μια ισχυρή μηχανική αλληλεπίδραση με το πέτρωμα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται κυρίως εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και διάφοροι τύποι κοχλιών.

Η λειτουργία της μεθόδου μπορεί να δράσει αποφασιστικά στην ασφάλεια της κατασκευής γιατί επηρεάζει το χρόνο σύγκλισης της μάζας του πετρώματος. Η διακύμανση του βάθους της εκσκαφής, ο χρόνος τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης, το μήκος της προχώρησης και η δράση της υποστήριξης, αποτελούν σημαντικές παραμέτρους για τον έλεγχο της διαδικασίας εξισορρόπησης του συστήματος μάζα πετρώματος – προσωρινή / τελική υποστήριξη. Το σύστημα μάζα

πετρώματος – επένδυση πρέπει να είναι σταθερό ακόμα και αν η υποστήριξη δεν είναι μόνιμη. Η εσωτερική επένδυση αποτελεί επιπλέον ασφάλεια. Αν υπάρχει υδροστατική πίεση, η εσωτερική επένδυση πρέπει να είναι ικανή από μόνη της να σταθεροποιεί πλήρως τη μάζα του πετρώματος. Η υδροστατική πίεση τόσο στη μάζα του πετρώματος όσο και πάνω στην επένδυση απελευθερώνεται διαμέσου αποστραγγιστικών οπών, συνήθως με φίλτρα αλλά κυρίως με τη χρήση αποστραγγιστικών στρώσεων από γεωύφασμα και μονωτική μεμβράνη.

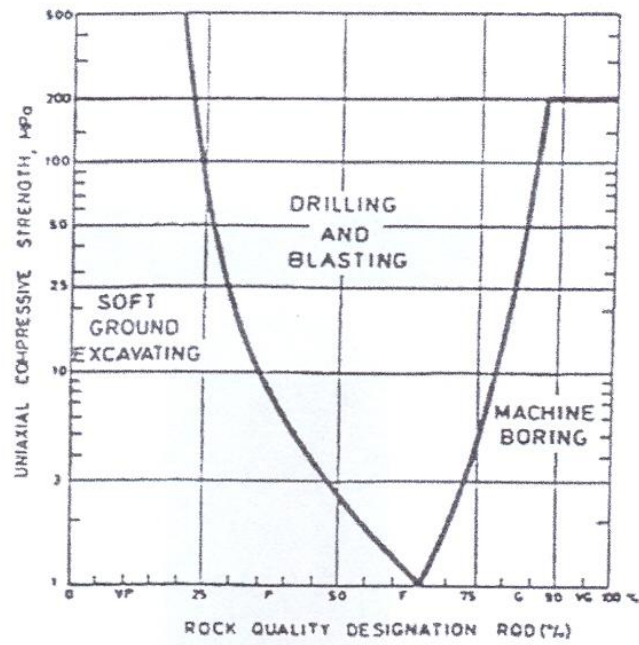
4.7 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ (ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ Η ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ)

Οι κατηγορίες βραχώμαζας που αναμένεται να συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας είναι οι A, B1, B2, C1, και C2. Σε όλες τις κατηγορίες βραχώμαζας προβλέπεται η διάνοιξη της σήραγγας σε δύο στάδια, αρχικώς η διάνοιξη της άνω ημιδιατομής (ύψους 6,1m έως 6,4m ανάλογα με την κατηγορία βραχώμαζας) και ακολούθως η διάνοιξη της κάτω ημιδιατομής – βαθμίδας.

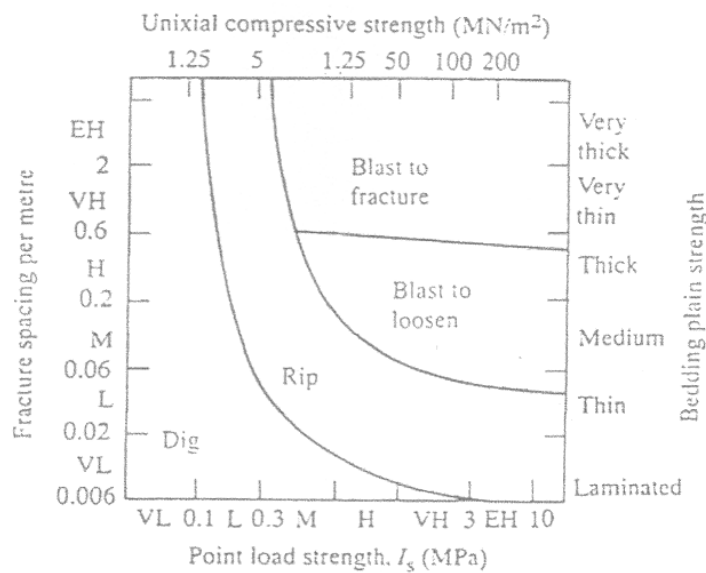
Όσον αφορά στον τρόπο εκσκαφής της σήραγγας για κάθε κατηγορία βραχώμαζας (χρήση εκρηκτικών υλών ή μηχανικών μέσων), παρουσιάζεται εν συνεχεία η σχετική διερεύνηση μέσω κατάλληλων διαγραμμάτων, βάσει της οποίας προκύπτει ο τρόπος εκσκαφής για κάθε κατηγορία βραχώμαζας, σύμφωνα με τα μηχανικά χαρακτηριστικά της

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα Muir Wood (1972), όπου συσχετίζονται τυπικές τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων της ορυσσόμενης βραχώμαζας με τη μέθοδο διάνοιξης, για την κάθε κατηγορία βραχώμαζας A, στην οποία η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη είναι

περίπου 20MPa για την τεχνικογεωλογική ενότητα TE-1 και 40MPa περίπου για την τεχνικογεωλογική ενότητα TE-7, ενώ η τιμή του δείκτη RQD είναι μεγαλύτερη του 60%, η πλέον ενδεδειγμένη τεχνική διάνοιξης της σήραγγας είναι αυτή των διαδοχικών διατρήσεων και ανατινάξεων. Για την κατηγορία βραχώμαζας B1, για την οποία η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη είναι περίπου 15MPa και η τιμή του δείκτη RQD κυμαίνεται από 30% έως 60%, για τη διάνοιξη της σήραγγας μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως μηχανικά μέσα και κατά θέσεις εκρηκτικές ύλες. Για την κατηγορία βραχώμαζας B2, για την οποία η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη είναι περίπου 12MPa και η τιμή του δείκτη RQD κυμαίνεται από 0% έως 30%, για τη διάνοιξη της σήραγγας μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως μηχανικά μέσα και σποραδικές ανατινάξεις εάν απαιτηθεί. Για τις κατηγορίες βραχώμαζας C1 και C2, στις οποίες η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη είναι 7MPa και 5MPa αντίστοιχα, και η τιμή του δείκτη απόληψης πυρήνα είναι μικρότερη του 10%, η πλέον ενδεδειγμένη τεχνική διάνοιξης της σήραγγας είναι αυτή της συμβατικής μηχανικής εκσκαφής. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα καταλήγει και η σχετική διερεύνηση μέσω των διαγραμμάτων των Franklin et al (1971), όπου για τις προαναφερθείσες τιμές αντοχής σε μονοαξονική θλίψη, για λεπτές έως παχιές διαστρώσεις της ορυσσόμενης βραχώμαζας, για τη διάνοιξη της σήραγγας, προκύπτει η χρήση εκρηκτικών υλών για την κατηγορία A, μηχανικών μέσων και όπου απαιτείται εκρηκτικών υλών για τις κατηγορίες B1 και B2 και μηχανικών μέσων για τις κατηγορίες C1 και C2.



Σχήμα 4.1: Προσδιορισμός Μεθόδου Όρυξης Σηράγγων Συναρτήσεως της Αντοχής του Πετρώματος και του Δείκτη RQD (Muir Wood 1972)



Σχήμα 4.2 : Προσδιορισμός Μεθόδου Όρυξης Σηράγγων κατά Franklin et al (1971)



Η μηχανική εκσκαφή είναι δυνατόν να διεξαχθεί, είτε με χρήση κοινής αυτοκινούμενης υδραυλικής σφύρας ή τσάπας, είτε με χρήση μηχανής «σημειακής» προσβολής του μετώπου. Η τεχνική αυτή μπορεί να εκμεταλλευτεί αποτελεσματικά και αποδοτικά τις συναντώμενες

τεκτονικές διαταραχές, πτυχώσεις και εναλλαγές τις ποιότητας της βραχώμαζας και της λιθολογικής σύστασης των πετρωμάτων. Ακόμη, η μηχανική εκσκαφή προκύπτει εύλογα ως τεχνική επιλογή με βάση τις χαμηλές αντοχές των βραχωδών και εδαφικών σχηματισμών, συνεπάγεται μειωμένες διαταραχές των περιβαλλόντων πετρωμάτων, προκαλεί την αναδιανομή των τάσεων ως αποτέλεσμα της δημιουργίας του ανοίγματος και ενεργοποιεί το μηχανισμό αυτοϋποστήριξης της βραχώμαζας.

Για την κατηγορία Α και εν μέρει για την κατηγορία Β1, προσδιορίζεται η συστηματική εφαρμογή εξόρυξης με εκρηκτικές ύλες μέσω της συμβατικής τεχνικής διαδοχικών διατρήσεων και πυροδοτήσεων σε όλο το μήκος



εφαρμογής τους, με υιοθέτηση μεθόδων ελεγχόμενης χρήσης εκρηκτικών υλών. Η μέθοδος εξασφαλίζει ικανοποιητικούς ρυθμούς προχώρησης των μετώπων της σήραγγας, εντατική χρήση του μηχανικού εξοπλισμού, μειωμένο αρχικό κεφάλαιο επένδυσης και ευελιξία αντιμετώπισης των

εναλλαγών της λιθολογικής σύστασης των συγκεκριμένων κατηγοριών βραχόμαζας.

4.8 ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Η μέθοδος που επιλέγεται για την όρυξη της σήραγγας σε βραχόμαζα κατηγορίας A και εν μέρει B1, με χρήση διατρημάτων και εκρηκτικών, είναι ευπροσάρμοστη γενικά στα διάφορα είδη πετρωμάτων και παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με τη μέθοδο ολομέτωπης κοπής με μηχανικό εξοπλισμό (Full Facers), όπως η δυνατότητα προσαρμογής στα διάφορα πετρώματα, η πολλαπλή χρήση του διατρητικού εξοπλισμού (διάτρηση οπών διατρημάτων, αγκυρίων, στραγγιστηρίων κλπ.).

Προκειμένου να αποφευχθούν υπερεκσκαφή και διαταραχή του πετρώματος θα πρέπει να προσαρμόζεται η τεχνική και οι μέθοδοι ανατινάξεων ανάλογα με τη φύση των συναντώμενων πετρωμάτων, ελέγχοντας κατάλληλα τη σχέση μεταξύ των διαφόρων συντελεστών επιρροής, όπως η θέση, οι διαστάσεις και τα στάδια εκσκαφής, το εκάστοτε φορτίο, οι αποστάσεις και το μέγεθος των οπών των διατρημάτων, η ποσότητα και ο τύπος του εκρηκτικού, το βάθος τοποθέτησης της γόμωσης, οι σχετικοί χρόνοι πυροδότησης κλπ.

Κατά τη διάνοιξη της σήραγγας θα πρέπει να πυροδοτούνται πρώτα τα διατρήματα προεκσκαφής (στο μέσον συνήθως της διατομής προς ανατίναξη) που έχουν ως σκοπό τη δημιουργία μίας βοηθητικής ελεύθερης επιφάνειας και ακολούθως τα διατρήματα της κυρίας εκσκαφής και τα περιμετρικά.

Οι ανατινάξεις θα πρέπει να εκτελούνται έτσι, ώστε να αποφεύγεται η διαταραχή και χαλάρωση του πετρώματος, πέρα από τις προβλεπόμενες από τη μελέτη γραμμές εκσκαφής και το πέτρωμα ή η βραχώμαζα, που παραμένει μετά την



ανατίναξη, να διατηρεί στο μέτρο του εφικτού, την ανθεκτικότητά του και να αποτελεί, όσο το δυνατόν, ασφαλές και αυτοστηριζόμενο σύστημα.

Σε περιπτώσεις όπου, λόγω της φύσης των πετρωμάτων, η αποφυγή υπερεκσκαφών ή η διαταραχή του πετρώματος δεν είναι δυνατή με τη συμβατική μέθοδο των ανατινάξεων, θα εφαρμοσθεί μέθοδος ελεγχόμενης ήπιας ανατίναξης (Smooth Blasting), που έχει ως σκοπό:

- Τη μείωση της ρηγμάτωσης του πετρώματος με το σχηματισμό μίας επιφάνειας μετάτμησης.
- Τη μείωση της υπερβάλλουσας εκσκαφής.
- Την καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας της έκρηξης, για θρυμματισμό του εξορυσσόμενου υλικού.
- Τη μείωση των παραγόμενων δονήσεων.

Η εκτέλεση ανατινάξεων θα πρέπει να γίνεται μόνον εφόσον έχουν ληφθεί προηγουμένως όλα τα επιβαλλόμενα από τους Κανονισμούς

Ασφαλείας μέτρα προφύλαξης για την προστασία και ασφάλεια του προσωπικού και του έργου.

Για την όρυξη της σήραγγας σε βραχώμαζα κατηγορίας C1, C2, B2 και εν μέρει B1 θα χρησιμοποιηθούν μηχανικοί εκσκαφείς (π.χ. τσάπα ή Road Header) και η προχώρηση θα διενεργείται στα προβλεπόμενα μικρότερα βήματα. Πάντως όπου τα πετρώματα το επιτρέπουν η εκσκαφή ενδέχεται να γίνεται με καθαρώς μηχανικά μέσα.



Η εκσκαφή της κάτω ημιδιατομής θα πρέπει να ακολουθεί σε ικανή απόσταση την εκσκαφή της άνω ημιδιατομής η οποία θα υπερβαίνει το μήκος των $4D$, όπου D ή διάμετρος της σήραγγας, ή θα εκτελεστεί

μετά την αποπεράτωση της άνω ημιδιατομής και πάντα σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οριστικής μελέτης.

4.9 ΓΡΑΜΜΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (Α) ΥΠΕΡΕΚΣΚΑΦΗΣ (Β)

Η εκσκαφή των διατομών της σήραγγας θα γίνει στις γραμμές και κλίσεις και διαστάσεις που δείχνονται στα σχέδια. Κατά τη διαστασιολόγηση της σήραγγας έχουν ορισθεί λεπτομερώς τα στοιχεία εκείνα που καθορίζουν τη γεωμετρία των χαρακτηριστικών γραμμών εκάστης διατομής, τα οποία είναι τα παρακάτω:

- **Γραμμή Ελάχιστης Εκσκαφής "Α"** είναι η γραμμή εκείνη από την οποία δεν επιτρέπεται η παραμονή μη εκσκαφέντος τμήματος της βραχόμαζας οποιουδήποτε είδους και διαστάσεων.

Οι θεωρητικές ακτίνες, που καθορίζουν σε κάθε θέση των διατομών της σήραγγας τη Γραμμή "Α" περιλαμβάνουν:

- Ø Την ακτίνα της διατομής χρήσης R.
- Ø Το στατικώς απαιτούμενο πάχος της τελικής επένδυσης d_3 .
- Ø Την πρόβλεψη για εκδήλωση σύγκλισης και τις κατασκευαστικές ανοχές d_2 .
- Ø Το στατικώς απαιτούμενο πάχος της άμεσης υποστήριξης d_1 .

- **Γραμμή "Β"** είναι η γραμμή που εμφανίζεται στα σχέδια και η οποία καθορίζει τα εξωτερικά όρια ως τα οποία δικαιολογείται πρόσθετη εκσκαφή (πέραν της γραμμής ελάχιστης εκσκαφής "Α") για την οποία θεωρείται έντεχνη η κατασκευή της σήραγγας.

Η γραμμή "Β" απέχει από τη γραμμή ελάχιστης εκσκαφής "Α" απόσταση d_0 .

Θα λαμβάνεται κάθε μέτρο για την αποφυγή χαλάρωσης υλικού πέραν της γραμμής "Β".

Μόλις ολοκληρωθεί η εκσκαφή σε διατομές στις οποίες δεν έχουν εφαρμοστεί τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης, όλο το χαλαρωμένο υλικό, το οποίο ενδέχεται να πέσει ή να μετακινηθεί, θα απομακρύνεται.

Οι πραγματοποιούμενες εκσκαφές θα πρέπει να ελέγχονται με λήψη διατομών, των οποίων οι θέσεις και τα διαστήματα θα καθορίζονται σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας. Οι διατομές αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται με χρήση τοπογραφικών οργάνων

ή με χρήση ηλεκτρονικών μηχανημάτων μέτρησης και μέσων και μεθόδων που θα προτείνει και θα εγκρίνει η Υπηρεσία.

Τα παραπάνω μεγέθη παρουσιάζονται αναλυτικά στα σχέδια εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης κάθε τυπικής διατομής που συνοδεύουν την παρούσα οριστική μελέτη και συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 14 : Πάχη εκσκαφής κάθε κατηγορίας βραχόμαζας

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΓΡΑΜΜΩΝ "Α" & "Β"	ΣΤΑΤΙΚΟ ΠΑΧΟΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΣΥΓΚΛΙΣΕΙΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΟΧΕΣ	ΣΤΑΤΙΚΟ ΠΑΧΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ
	d_0 (cm)	d_1 (cm)	d_2 (cm)	d_3 (cm)
A	20	15	8	40
B1	20	20	10	40
B2	20	25	10	40
C1	20	25	12	40
C2	20*	30	15	40
ΚΣΠΑΔ	20*	30	15	40

* Εκτός της περιοχής εφαρμογής των δοκών προπορείας

Κατά τη διάρκεια των εργασιών εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης, οι διαστάσεις των πραγματοποιούμενων εκσκαφών θα εξασφαλίζουν το εσωτερικό περιτύπωμα της σήραγγας το οποίο προκύπτει μετά την κατασκευή της άμεσης υποστήριξης και της τελικής επένδυσης και το οποίο θα πρέπει να έχει τις προβλεπόμενες από τα σχετικά σχέδια κατασκευής διαστάσεις.

4.10 ΣΤΑΔΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

4.10.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ Α

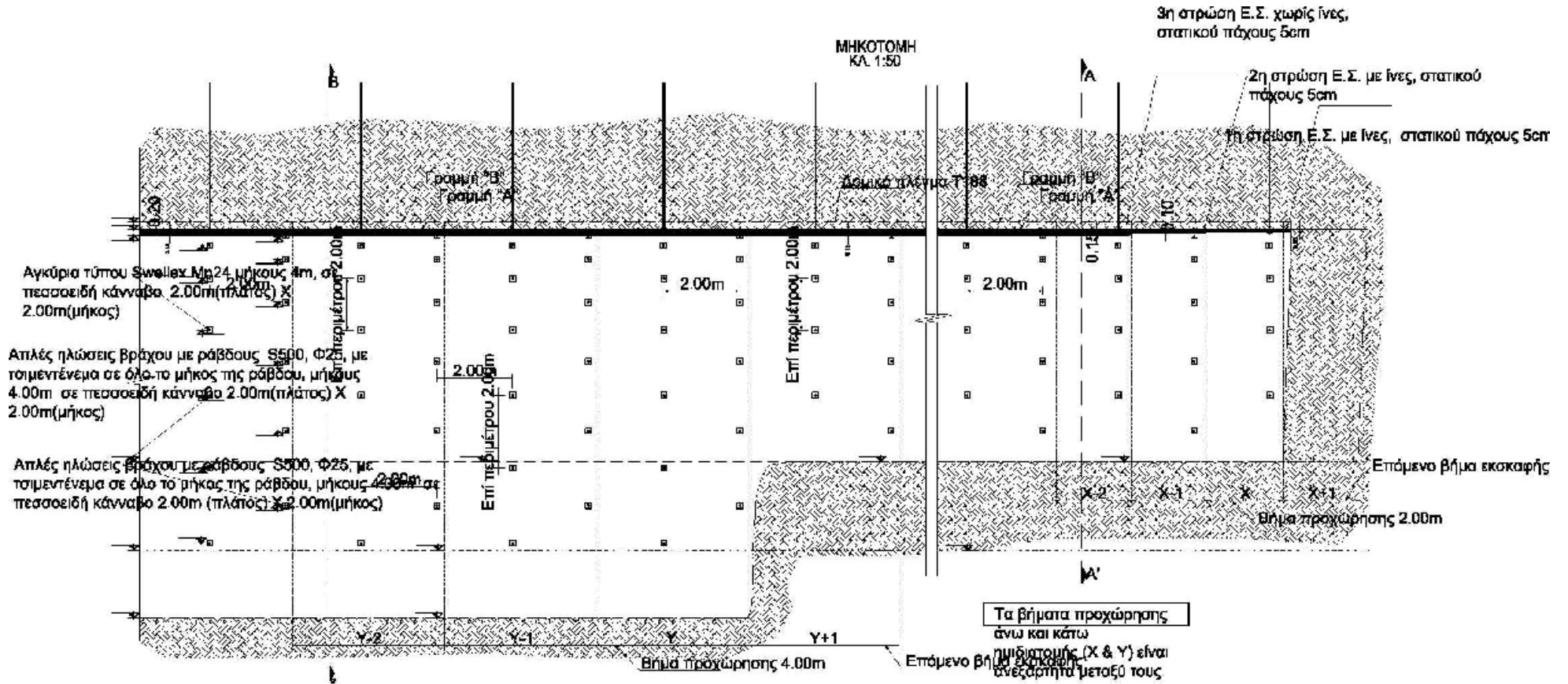
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Επειδή η δομή της βραχώμαζας Α είναι κερματισμένη και κερματισμένη – διαταραγμένη με ποιότητα ασυνεχειών, κατά την ταξινόμηση GSI, καλή και μέτρια προβλέπονται μόνο **απλές ηλώσεις βράχου και αγκύρια Swellex.**

Αντιπροσωπευτικές τιμές σχεδιασμού των γεωτεχνικών παραμέτρων της βραχομάζας

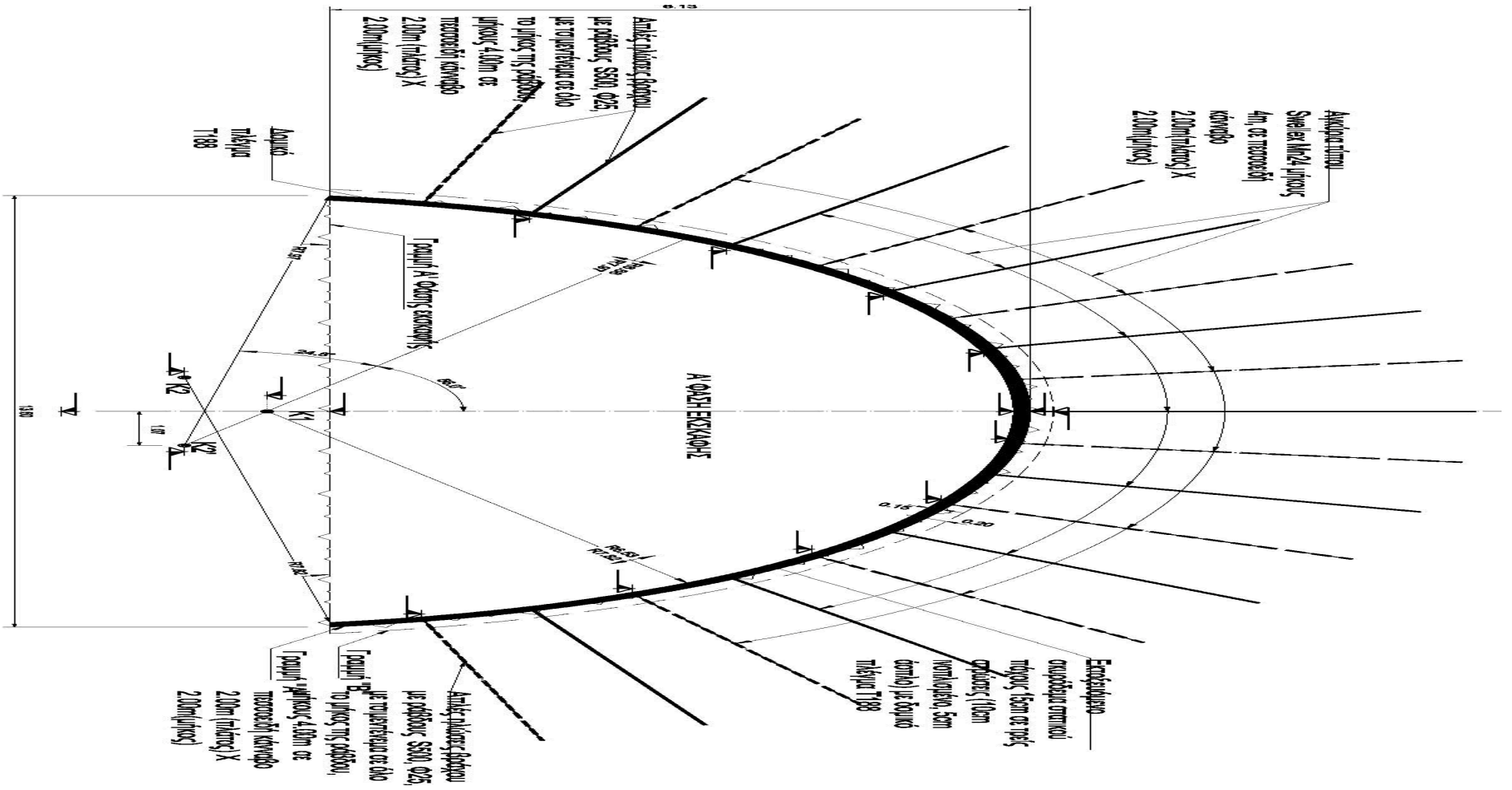
Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΤΕ1	ΤΕ7	ΜΟΝΑΔΕΣ
		ΤΙΜΕΣ		
1.	GSI	45-55	35-45	
2.	σ_{ci}	20	40	MPa
3.	E	2.50	2.00	GPa
4.	m_i	25	10	
5.	γ	28	27	KN/m ³
6.	σ	250	200	KPa
7.	ϕ	45	40	(^ο)
8.	Υπερκ.	58	58	m
9.	ν	0.22	0.22	

Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ GSI				
<p>1. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΕ-1 : Συμπαγείς έως ελαφρά κερματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), χαμηλής αντοχής, με δείκτη ποιότητας πετρώματος μεγαλύτερο του 60%, βαθμονόμηση κατά RMR 45 έως 65 (κατηγορία III έως II κατά BIENIAWSKI 1989) και εκτιμώμενο GSI 45-55.</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΕ-7 : Ασβεστολιθικά σώματα, μέσης αντοχής, έντονα πτυχωμένα και κερματισμένα έως κατά θέσεις πολλά έντονα κερματισμένα. Εκτιμώμενο GSI: 35-45.</p> <p>Σταθερή συμπεριφορά κατά την εκσκαφή. Δεν παρατηρείται συστηματική χαλάρωση τεμαχών πετρώματος και ανάλογα με τη γεωμετρία των ασυνεχειών ενδέχεται να σχηματίζονται σφηνοειδείς ολισθήσεις ή αποκαλλήσεις. Συστηματική υποστήριξη για την εξασφάλιση των σφηνών. Αναμένεται κατά θέσεις παρουσία υδροφόρου ορίζοντα. Καμία πρακτικά επιρροή του υπόγειου νερού στην αντοχή της βραχώμαζας.</p> <p><u>Υπερκείμενα: έως 58m (από την ερυθρά της χάραξης)</u></p>	<p>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</p> <p>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχείς, μη αποσπασθαιμένες</p> <p>ΚΑΛΗ Τραχείς, ελαφρώς αποσπασθαιμένες, χρωματισμένες με οξείδια σιδήρου</p> <p>ΜΕΤΡΙΑ Ομοιές, μέτρια αποσπασθαιμένες, ή ελαφρά εφελκυσμένες</p> <p>ΚΑΚΗ Ποικιλοπείθε (εξοπείθε) πολύ αποσπασθαιμένες, με υλικό επιπέδωσης ή πλήρωσης αποσπασθαιμένο από γυψώδεις κοίλας</p> <p>ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ Γυαλοπείθε (ελλοκοπείθε) πολύ αποσπασθαιμένες, με αργυλώ υλικό πλήρωσης ή επικάλυψης</p>				
<p>2. ΠΙΕΣΕΙΣ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ</p> <p>Ασήμαντη έως χαμηλή παραμόρφωση. Ασήμαντες έως χαμηλές πλειμερικές πιέσεις. Φόρτιση της προσωρινής υποστήριξης από ενδεχόμενες σφηνοειδείς αποκαλλήσεις. Αντοχή βραχώμαζας σημαντικά μεγαλύτερη από τις αναπτυσσόμενες τάσεις στην περίμετρο της εκσκαφής.</p>	<p>ΔΟΜΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ</p> <p>ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ Η ΣΥΜΠΑΓΗΣ Αδιατάρακτα τεμάχια βραχώμαζας ή συμπαγής βραχώμαζας με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση</p>				
<p>3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ</p> <p>Με χρήση εκρηκτικών υλών και εφαρμογή μεθόδων ελεγχόμενης πυροδότησης για τη μείωση της διατάραξης της περιβάλλουσας βραχώμαζας. Διάνοιξη της διατομής με προπαρεία του άνω μισού (βάθου) σε πρώτη φάση, στο επίπεδο +2,35 από το επίπεδο (χαμηλότερης) κεφαλής σιδηροτροχιάς TOR (Top of tall). Η εκσκαφή του κάτω μισού της διατομής (βαθμίδα) ακολουθεί σε δεύτερη ανεξάρτητη φάση στο επίπεδο -1,80 από το επίπεδο (χαμηλότερης) κεφαλής σιδηροτροχιάς TOR, με χρήση εκρηκτικών μέσων.</p>	<p>ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ Η ΣΥΜΠΑΓΗΣ Αδιατάρακτα τεμάχια βραχώμαζας ή συμπαγής βραχώμαζας με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση</p>				
<p>4. ΒΗΜΑ ΠΡΟΧΩΡΗΣΗΣ</p> <p>Άνω ημιδιατομή: 2.0m Βαθμίδα: 4.0m</p>	<p>ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ Αλληλοεμπλεκτή κυβοειδών τεμαχών που σχηματίζονται από τρία συστήματα ασυνεχειών</p> <p>ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ Μέτρια διαταραγμένη βραχώμαζα με καλή αλληλοεμπλεκτή πολυέδρων γωνιακών τεμαχών σχηματιζόμενα από τέσσερα ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών</p> <p>ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ - ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ Πτυχωμένη ή και ρηγματωμένη βραχώμαζα με πολλές διασπασθαιμένες ασυνέχειες που σχηματίζουν γωνιώδη τεμάχια με μέτρια αλληλοεμπλεκτή. Εμφάνιση των σφηνωτών στρώσης ή οχιστότητας</p> <p>ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Κατακερματισμένη έως μολυντωμένη βραχώμαζα αποτελούμενη από μίγμα γωνιωδών και στρογγυλεμένων κόκκων με μικρή αλληλοεμπλεκτή</p>				
<p>4. ΒΗΜΑ ΠΡΟΧΩΡΗΣΗΣ</p> <p>Άνω ημιδιατομή: 2.0m Βαθμίδα: 4.0m</p>	<p>ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ - ΣΧΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ Πλήρης έλλειψη διάκρισης τεμαχών λόγω της πολύ πυκνής σχετιότητας ή των εμφανεκών διάτρησης</p>				

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΚΑ. 1:50



ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΑΝΩ ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΜΗ Α-Α' ΚΛ. 1:50 ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΟΥΝΕΛ



ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

A. ΑΝΩ ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗ

ΒΗΜΑ ΠΡΟΧΩΡΗΣΗΣ 2,00m

1. Εκσκαφή άνω ημιδιατομής
2. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων
3. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος στατικού πάχους 5cm
4. Τοποθέτηση πλέγματος T188 στην άνω ημιδιατομή
5. Τοποθέτηση αγκυρίων SWELLEX Mn24 και απλές ηλώσεις βράχου με ράβδους Ø25, S500 με τσιμεντένεμα σε όλο το μήκος της ράβδου, μήκους 4m σε πεσσοειδή κάναβο 2m x 2m
6. 2^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm
7. 3^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος 5cm χωρίς ίνες
8. Διάταξη αποστράγγισης και υδατοστεγάνωσης
- 9* Τελική στρώση εξομάλυνσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος

B. ΚΑΤΩ ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗ

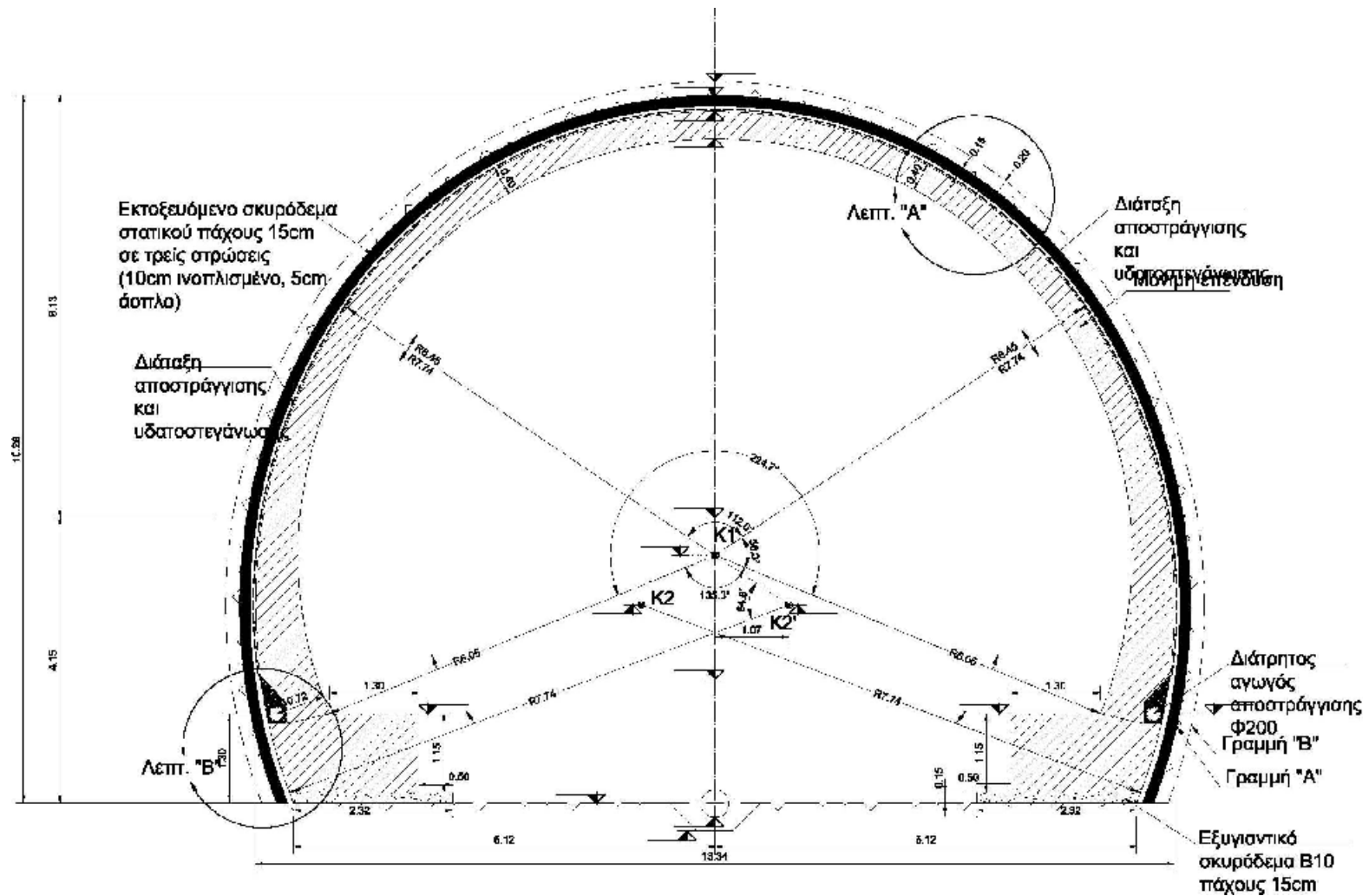
ΒΗΜΑ ΠΡΟΧΩΡΗΣΗΣ 4,00m

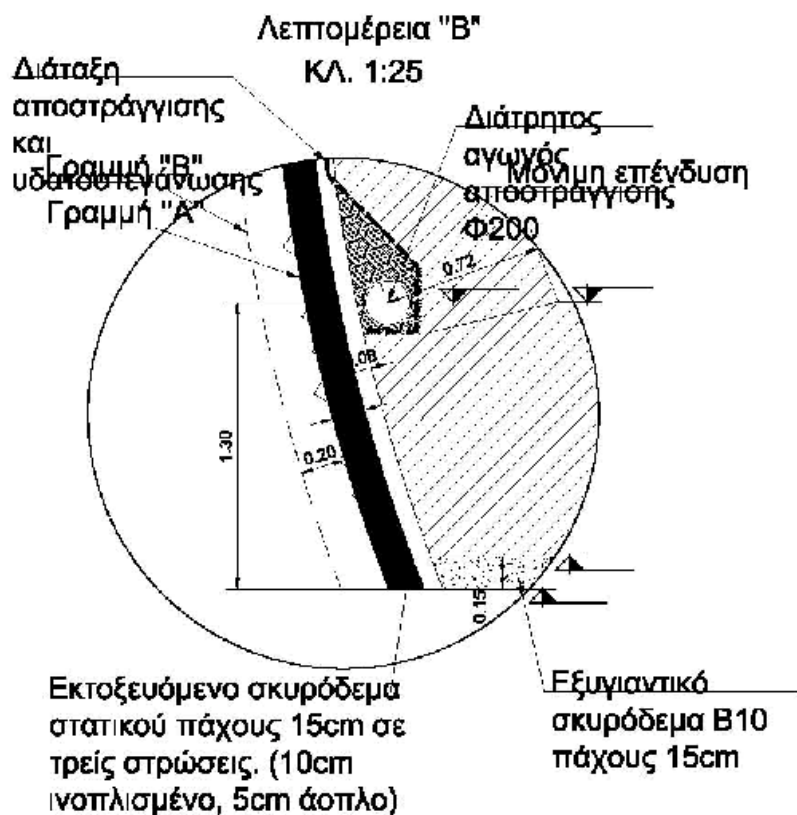
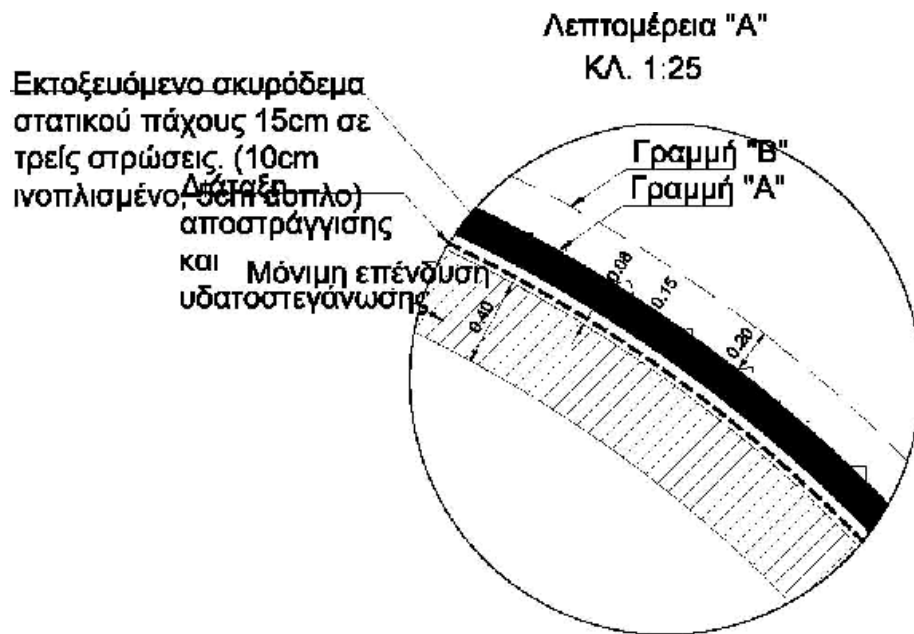
1. Εκσκαφή κάτω ημιδιατομής
2. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων
3. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος στατικού πάχους 5cm
4. Τοποθέτηση πλέγματος T188 στην κάτω ημιδιατομή
5. Τοποθέτηση αγκυρίων SWELLEX Mn24 και απλές ηλώσεις βράχου με ράβδους Ø25, S500 με τσιμεντένεμα σε όλο το μήκος της ράβδου, μήκους 4m σε πεσσοειδή κάναβο 2m x 2m
6. 2^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm
7. 3^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος 5cm χωρίς ίνες
8. Τελική στρώση εξομάλυνσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος
- 9*. Διάταξη αποστράγγισης και υδατοστεγάνωσης
10. Κατασκευή διάτρητου σωλήνα αποστράγγισης Ø200, εγκιβωτισμένο στην μόνιμη επένδυση

Σημειώσεις:

- 1(*) Η τελική στρώση εξομάλυνσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος, θα τοποθετείται ανεξαρτήτως βήματος προχώρησης, εάν απαιτείται, για τη δημιουργία κατάλληλης επιφάνειας για την τοποθέτηση της μεμβράνης.
2. Εάν απαιτείται η διαμόρφωση ράμπας μεταξύ του δαπέδου εκσκαφής της Β' φάσης και του δαπέδου εκσκαφής της Α' φάσης, αυτή θα μορφώνεται με υλικά επίχωσης κατά μήκος τμήματος της κάτω ημιδιατομής στο οποίο θα έχει ολοκληρωθεί η εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης.
3. Ως στάθμη ± 0.00 θεωρείται η κεφαλή της χαμηλής σιδηροτροχιάς.
4. Επειδή για ορισμένους συνδυασμούς συστημάτων ασυνέχειας της βραχόμαζας παρουσιάζεται μικρό ενδεχόμενο δημιουργίας αποσφηνώσεων στο μέτωπο εκσκαφής, εφόσον κατά τη διάνοιξη διαπιστώνεται η δημιουργία επισφαλών όγκων βραχόμαζας στην επιφάνεια του μετώπου και κατόπιν της σύμφωνης γνώμης της επίβλεψης δύναται να εφαρμόζεται τοπικά για τις εκάστοτε συνθήκες, κατάλληλη διάταξη αγκυρίων τύπου SWELLEX Mn24 ή 5cm ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΚΛ. 1:50 ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΟΥΝΕΛ





4.10.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ Β1

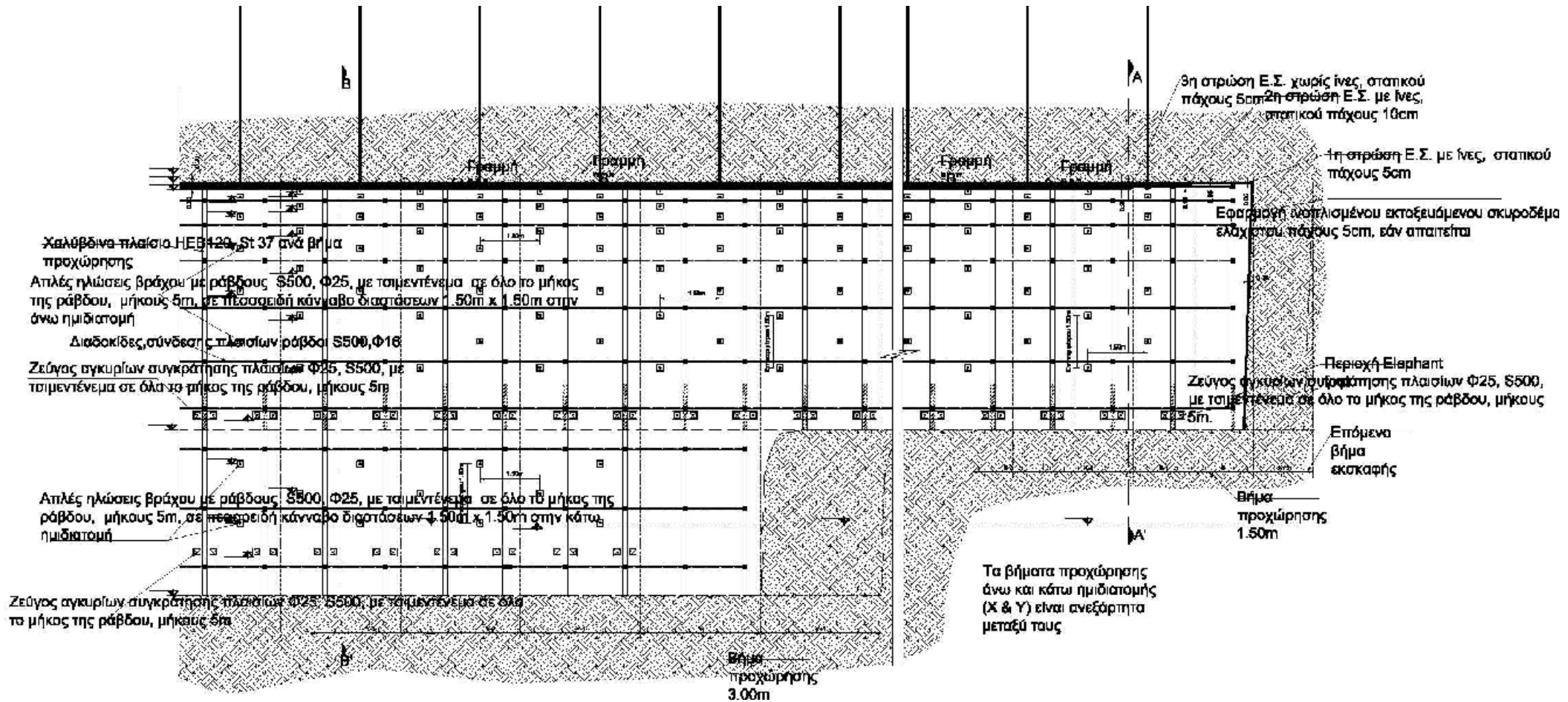
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Επειδή η δομή της βραχώμαζας Β1 είναι ελαφρώς κερματισμένη, περισσότερο κερματισμένη – διαταραγμένη και πλησιάζει στην αποδιοργάνωσή της με ποιότητα ασυνεχειών, κατά την ταξινόμηση GSI, καλή και μέτρια, προς κακή, προβλέπεται **περισσότερη ενίσχυση με χαλύβδινα πλαίσια και elephant feet καθώς και απλές ηλώσεις βράχου.**

Αντιπροσωπευτικές τιμές σχεδιασμού των γεωτεχνικών παραμέτρων

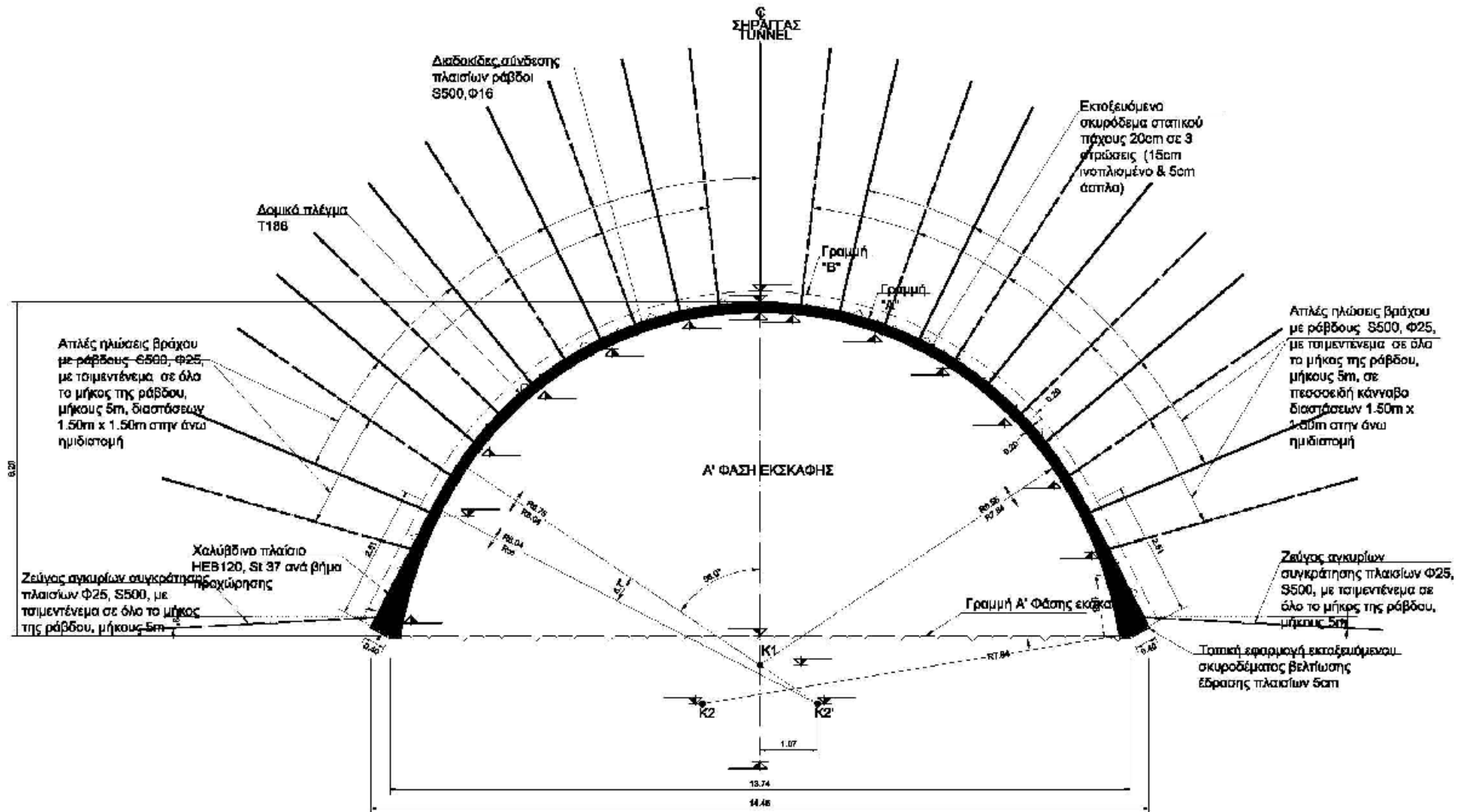
A/A	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΤΙΜΕΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ
1.	GSI	35-45	
2.	Σ_{ci}	15	MPa
3.	E	1.20	GPa
4.	M_i	20	
5.	γ	26	KN/m ³
6.	c	170	KPa
7.	ϕ	37	ο
8.	Υπερκ.	58	m
9.	ν	0.25	

Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ GSI									
<p>1. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</p> <p>ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΕ-2: Έντονα κερματισμένοι βασάλτες (δολερίτες), χαμηλής αντοχής, με δείκτη ποιότητας πετρώματος 30% έως 60%, βαθμονόμηση κατά RMR 35 έως 45 (κατηγορία IV έως III κατά BIENIAWSKI 1989) και εκτιμώμενο GSI 35-45.</p> <p>Βραχώμαζα έντονα κερματισμένη. Παρατηρείται χαλάρωση τεμαχίων και σχηματισμός σφηνών. Απαιτείται συστηματική υποστήριξη της βραχώμαζας για την εξασφάλιση των σφηνών. Παρουσία κατά θέσεις υπαγείου νερού. Μικρή επιρροή του υπαγείου νερού στην αντοχή της βραχώμαζας.</p> <p><u>Υπερκείμενα: έως 58m (από την ερυθρά της χάραξης)</u></p>	<p style="text-align: center;">ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ Πολύ τραχείες, μη αποσπασθείσες</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">ΚΑΚΗ Τραχείες, ελαφρώς αποσπασθείσες, χρωματισμένες με σέβδα σιδήρου</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">ΜΕΤΡΙΑ Ουσιές, μέτρια αποσπασθείσες, ή ελαφρά εδαλωμένες</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">ΚΑΚΗ Γυαλιστερές (επιτελειώσιμες) πολύ αποσπασθείσες, με υλικό επικάλυψης ή πλήρωσης αποτελούμενο από γωνιώδεις κόκκους</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ Γυαλιστερές (επιτελειώσιμες) πολύ αποσπασθείσες, με αργυρώδες υλικό πλήρωσης ή επικάλυψης</td> </tr> </table>					ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ Πολύ τραχείες, μη αποσπασθείσες	ΚΑΚΗ Τραχείες, ελαφρώς αποσπασθείσες, χρωματισμένες με σέβδα σιδήρου	ΜΕΤΡΙΑ Ουσιές, μέτρια αποσπασθείσες, ή ελαφρά εδαλωμένες	ΚΑΚΗ Γυαλιστερές (επιτελειώσιμες) πολύ αποσπασθείσες, με υλικό επικάλυψης ή πλήρωσης αποτελούμενο από γωνιώδεις κόκκους	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ Γυαλιστερές (επιτελειώσιμες) πολύ αποσπασθείσες, με αργυρώδες υλικό πλήρωσης ή επικάλυψης
ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ Πολύ τραχείες, μη αποσπασθείσες						ΚΑΚΗ Τραχείες, ελαφρώς αποσπασθείσες, χρωματισμένες με σέβδα σιδήρου	ΜΕΤΡΙΑ Ουσιές, μέτρια αποσπασθείσες, ή ελαφρά εδαλωμένες	ΚΑΚΗ Γυαλιστερές (επιτελειώσιμες) πολύ αποσπασθείσες, με υλικό επικάλυψης ή πλήρωσης αποτελούμενο από γωνιώδεις κόκκους	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ Γυαλιστερές (επιτελειώσιμες) πολύ αποσπασθείσες, με αργυρώδες υλικό πλήρωσης ή επικάλυψης	
<p>2. ΠΙΕΣΕΙΣ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ</p> <p>Περιορισμένη ζώνη παραμόρφωσης της βραχώμαζας. Η σύγκλιση εκδηλώνεται μέσα σε λίγες ημέρες. Αντοχή βραχώμαζας μεγαλύτερη από τις αναπτυσσόμενες τάσεις στην περίμετρο της εκσκαφής.</p>	<p style="text-align: center;">ΔΟΜΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ</p> <p style="text-align: center;">max min</p> <p style="text-align: center;">ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</p> <p>ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ Η ΣΥΜΠΑΓΗΣ Αδιατάρακτα τεμάχια βραχώμαζας ή συμπαγής βραχώμαζα με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση</p>									
<p>3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ</p> <p>Εκσκαφή με χρήση εκρηκτικών υλών και μηχανικών μέσων. Διάνοιξη της διατομής με προπορεία του άνω μισού (θόλου) σε πρώτη φάση, στο επίπεδο +2,35m από το επίπεδο (χαμηλότερης) κεφαλής σιδηροτροχιάς TOR (Top of rail). Η εκσκαφή του κάτω μισού της διατομής (βαθμίδα) ακολουθεί σε δεύτερη ανεξάρτητη φάση στο επίπεδο -1,80m από το επίπεδο (χαμηλότερης) κεφαλής σιδηροτροχιάς TOR, με χρήση με χρήση εκρηκτικών υλών και μηχανικών μέσων.</p>	<p style="text-align: center;">ΑΝΑΓΛΩΣΤΙΚΟΚΗ ΤΕΜΑΧΙΩΝ</p> <p>ΤΕΜΑΧΙΩΔΗΣ Αλληλοεμπλοκή κυβοειδών τεμαχίων που σχηματίζονται από τρία συστήματα ασυνεχειών</p> <p>ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ Μέτρια διαταραγμένη βραχώμαζα με καλή αλληλοεμπλοκή πολυεδρικών γωνιακών τεμαχίων σχηματιζόμενα από τέσσερα ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών</p> <p>ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ - ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ Πυκνωμένη ή και ρηγματωμένη βραχώμαζα με πολλές διαταραγμένες ασυνέχειες που σχηματίζουν γωνιώδη τεμάχια με μέτρα αλληλοεμπλοκή. Ερμονή των επιφανειών στρέψης ή σχιστότητας</p>									
<p>4. ΒΗΜΑ ΠΡΟΧΩΡΗΣΗΣ</p> <p>Άνω ημδιατομή: 1.5m Βαθμίδα: 3.0m</p>	<p>ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ Κατακερματισμένη έως μυλονιτωμένη βραχώμαζα αποτελούμενη από μίγμα γωνιωδών και στρογγυλεμένων κόκκων με μικρή αλληλοεμπλοκή</p>									
	<p>ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ - ΣΧΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ Πλήρης έλλειψη διάκρισης τεμαχίων λόγω της πολύ πυκνής σχιστότητας ή των επιφανειών διάτμησης</p> <p style="text-align: center;">min</p>									

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΚΑ. 1:50

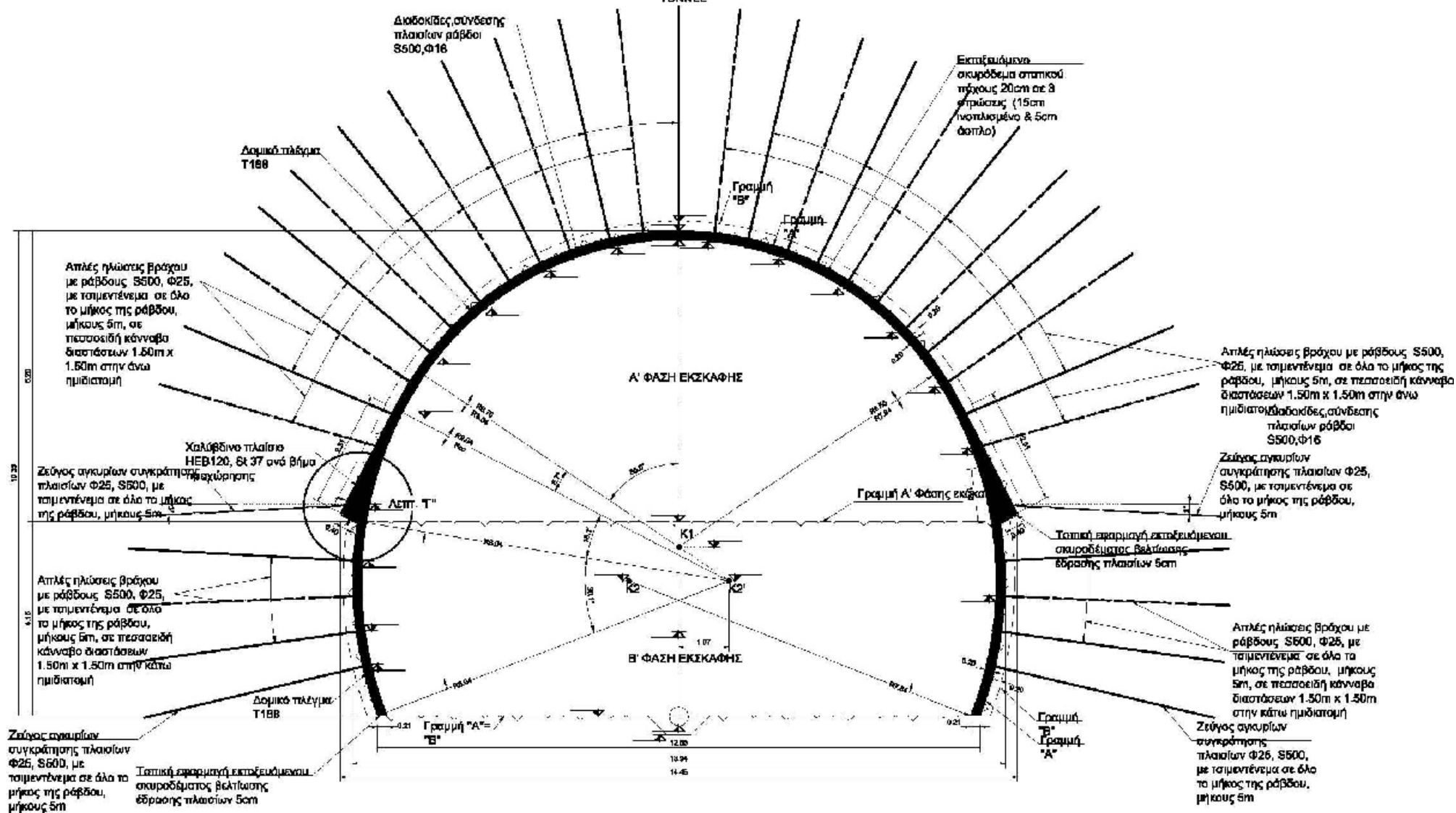


ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΑΝΩ
ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗΣ Α-Α'
ΚΑ. 1:50

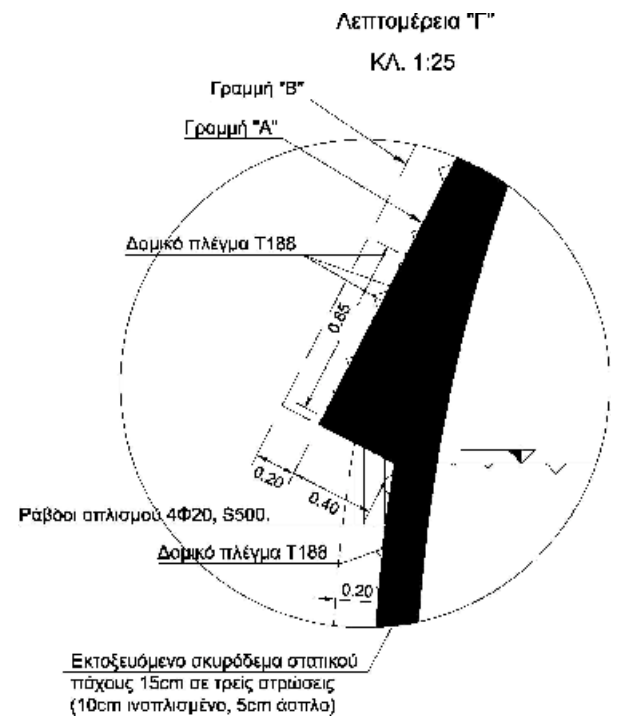
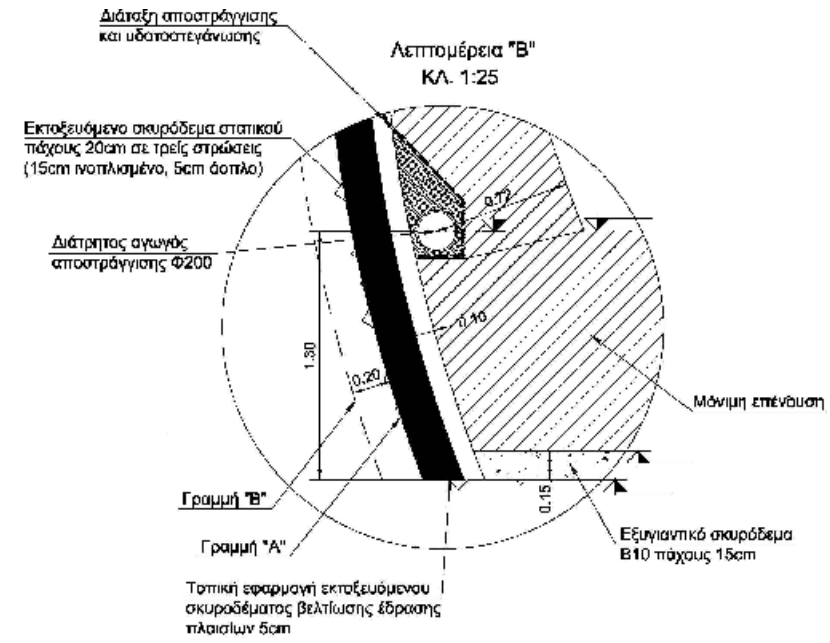
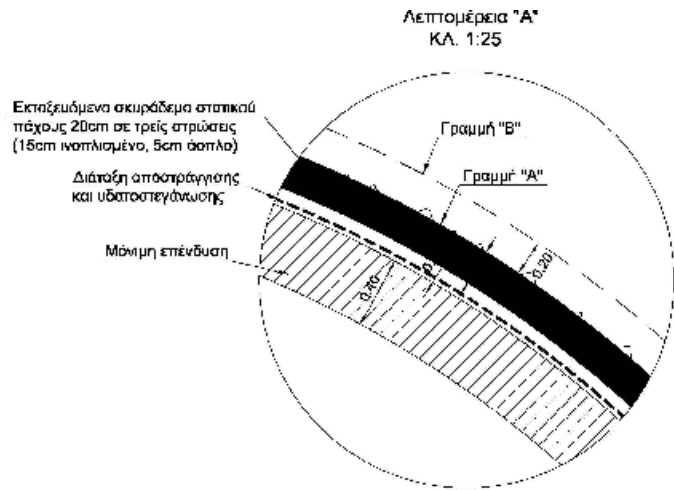


1. Εκσκαφή άνω ημιδιατομής. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά την εκσκαφή της περιοχής θεμελίωσης των πλαισίων τύπου elephant foot, ώστε να αποφευχθούν υπέρεκσκαφές
2. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων
3. Τοποθέτηση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm στο μέτωπο της υπόγειας εκσκαφής, εφόσον απαιτείται
4. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm στο θόλο και τις παρειές.
5. Τοποθέτηση πλέγματος T188 στον θόλο και τις παρειές
6. Προσεκτική προετοιμασία της περιοχής της εκσκαφής κάτω από το elephant foot
7. Τοποθέτηση μεταλλικού πλαισίου HEB 120
8. Εφαρμογή πλέγματος T188 και ράβδων οπλισμού στην περιοχή του elephant foot και περιμετρικά
9. Εφαρμογή ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην περιοχή των elephant feet ώστε να πακτωθεί το πλαίσιο
10. 2^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος πάχους 10cm
11. Τοποθέτηση αγκυρίων και απλές ηλώσεις βράχου με ράβδους S500, Ø25 με τσιμεντένεμα σε όλο το μήκος της ράβδου, μήκους 5m, σε πεσσοειδή κάνναβο διαστάσεων 1,5x1,5m
12. Τοποθέτηση αγκυρίων συγκράτησης πλαισίων
13. 3^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος 5cm, χωρίς ίνες
14. Τελική στρώση εξομάλυνσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος
15. Διάταξη αποστράγγισης και υδατοστεγάνωσης

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΠΛΗΡΟΥΣ
ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΜΗ Β-Β'
ΚΑ. 1:50
ΣΗΡΑΓΓΑΣ
TUNNEL



1. Εκσκαφή κάτω ημιδιατομής
2. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων
3. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm στην κάτω ημιδιατομή
4. Εφαρμογή πλέγματος T188 στην κάτω ημιδιατομή
5. Προετοιμασία θέσεων έδρασης πλαισίου με εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος 5cm. Τοποθέτηση μεταλλικού πλαισίου HEB 120
6. 2^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος πάχους 10cm
7. Τοποθέτηση ζεύγους αγκυρίων συγκράτησης πλαισίων Ø25, S500, με τσιμεντένεμα σε όλο το μήκος της ράβδου, μήκους 5m, σε πεσσοειδή κάναβο διαστάσεων 1,5x1,5m
8. Τοποθέτηση αγκυρίων και απλές ηλώσεις βράχου με ράβδους S500, Ø25, με τσιμεντένεμα σε όλο το μήκος της ράβδου μήκους 5m, σε πεσσοειδή κάναβο διαστάσεων 1,5x1,5m
9. 3^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος 5cm χωρίς ίνες
10. Τελική στρώση εξομάλυνσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος
11. Διάταξη αποστράγγισης και υδατοστεγάνωσης
12. Κατασκευή διάτρητου σωλήνα αποστράγγισης Ø200, εγκιβωτισμένο στην μόνιμη επένδυση



4.10.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ C1

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Επειδή η δομή της βραχώμαζας C1 είναι ιδιαίτερα αποδιοργανωμένη και ελάχιστα διατμημένη και σχιστοποιημένη με ποιότητα ασυνεχειών, κατά την ταξινόμηση GSI, ιδιαίτερα κακή, προβλέπεται για την άνω όσο και για την κάτω ημιδιατομή, ενίσχυση με **χαλύβδινα πλαίσια και elephant foot με προσωρινό ανάστροφο τόξο** στην άνω ημιδιατομή και με μέτρα υποστήριξης όπως **38 ράβδους προπορείας και αγκύρια τύπου self drilling.**

Αντιπροσωπευτικές τιμές σχεδιασμού των γεωτεχνικών παραμέτρων της βραχομάζας

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ	ΤΙΜΕΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ
1.	GSI	20-25	
2.	σ_{ci}	7	MPa
3.	E	0.40	GPa
4.	m_i	15	
5.	γ	22	KN/m ³
6.	c	85	KPa
7.	ϕ	28	(°)
8.	Υπερκ.	58	m
9.	ν	0.30	

38 Ράβδοι προτοπίες Φ51/10, S137, μήκους 4.00m, μέσης αξονικής απόστασης 0.35m, ανά βήμα προχώρησης, υπό ανωκαρκά κλίση 19°

Διαδοκίμες ονδύσες πλάστων ράβδων S500 Φ16

Χαλαρότερο πλάσσο HEB140, S137 ανά βήμα προχώρησης

Αγκύρα τύπου Self drill ing 300kN, μήκους 8m, σε πεσοειδή κώνο 1.50m (πλάτος) x 1.00m (μήκος), στην άνω ημιδομή φέρουσας

Ζεύγος αγκυρών τύπου Be drill ing, συγκρότησης μεταλλικού πλάστου μήκους 8.00m, άνω ημιδομής φέρουσας κωνότητας 300kN

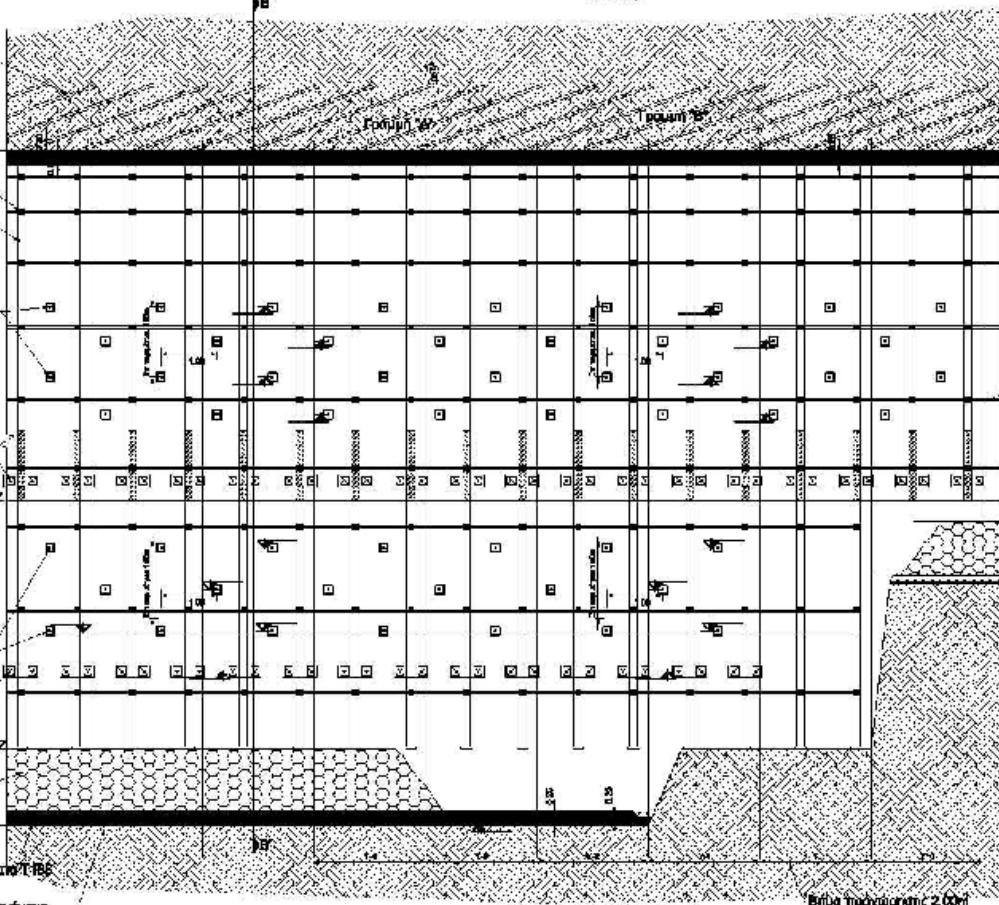
Αγκύρα τύπου Self drill ing 300kN, μήκους 8m, σε πεσοειδή κώνο 1.50m (πλάτος) x 1.00m (μήκος), στην κάτω ημιδομή φέρουσας

Ζεύγος αγκυρών τύπου F-drilling, συγκρότησης αλλοδαπού πλάστου ίσους 8.00m, κάτω ημιδομής φέρουσας κωνότητας 300kN

Επιτόμια διαμόρφωσης διαπέδου κρησσοίς κάτω ημιδομής με διαμετρήσεις 7.15m

Εκτοξευμένο σκυρόδεμα στατικό πάχος 25cm

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΚΑ. 1:50



Βάση ημιδομής 2.00m

ΒΑ

4η απόδοση Ε.Σ. χωρίς η/εσ, στατικό πάχος 30cm

3η απόδοση Ε.Σ. χωρίς η/εσ, στατικό πάχος 30cm

2η απόδοση Ε.Σ. με η/εσ, στατικό πάχος 30cm

DB ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ: επένδυση με 110 S137 ράβδους 4.00m μήκους, οριζόντιες, διαστάσεις 4.25m ανά βήμα προχώρησης υπό ανωκαρκά κλίση 19°

Τοποθέτηση 8 ράβδων τύπου Self drill ing 300kN, μήκους 1.20m, στατικό πάχος 30cm στην άνω ημιδομή φέρουσας κωνότητας 300kN

Τοποθέτηση 8 ράβδων τύπου Be drill ing, συγκρότησης μεταλλικού πλάστου μήκους 8.00m, άνω ημιδομής φέρουσας κωνότητας 300kN

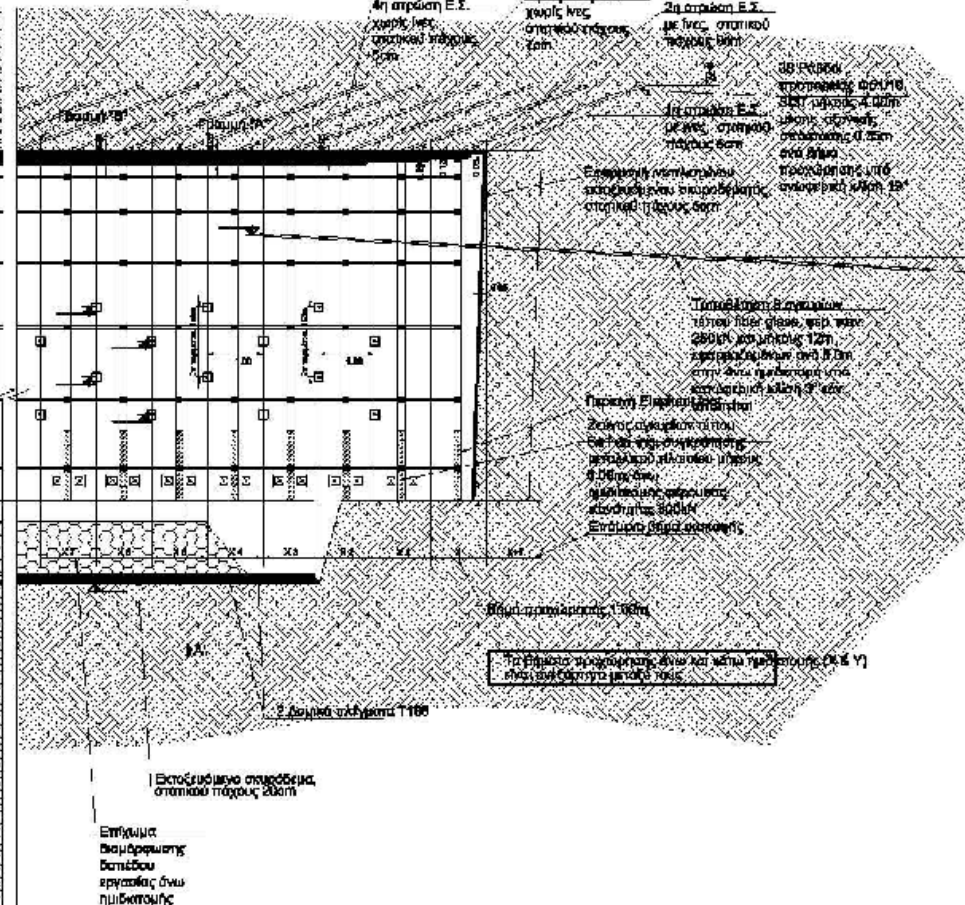
80cm πλάτος 1.00m

Το φέροντα με κρησσοίς άνω και κάτω ημιδομής 0.6 & 0.7m ανά βήμα προχώρησης

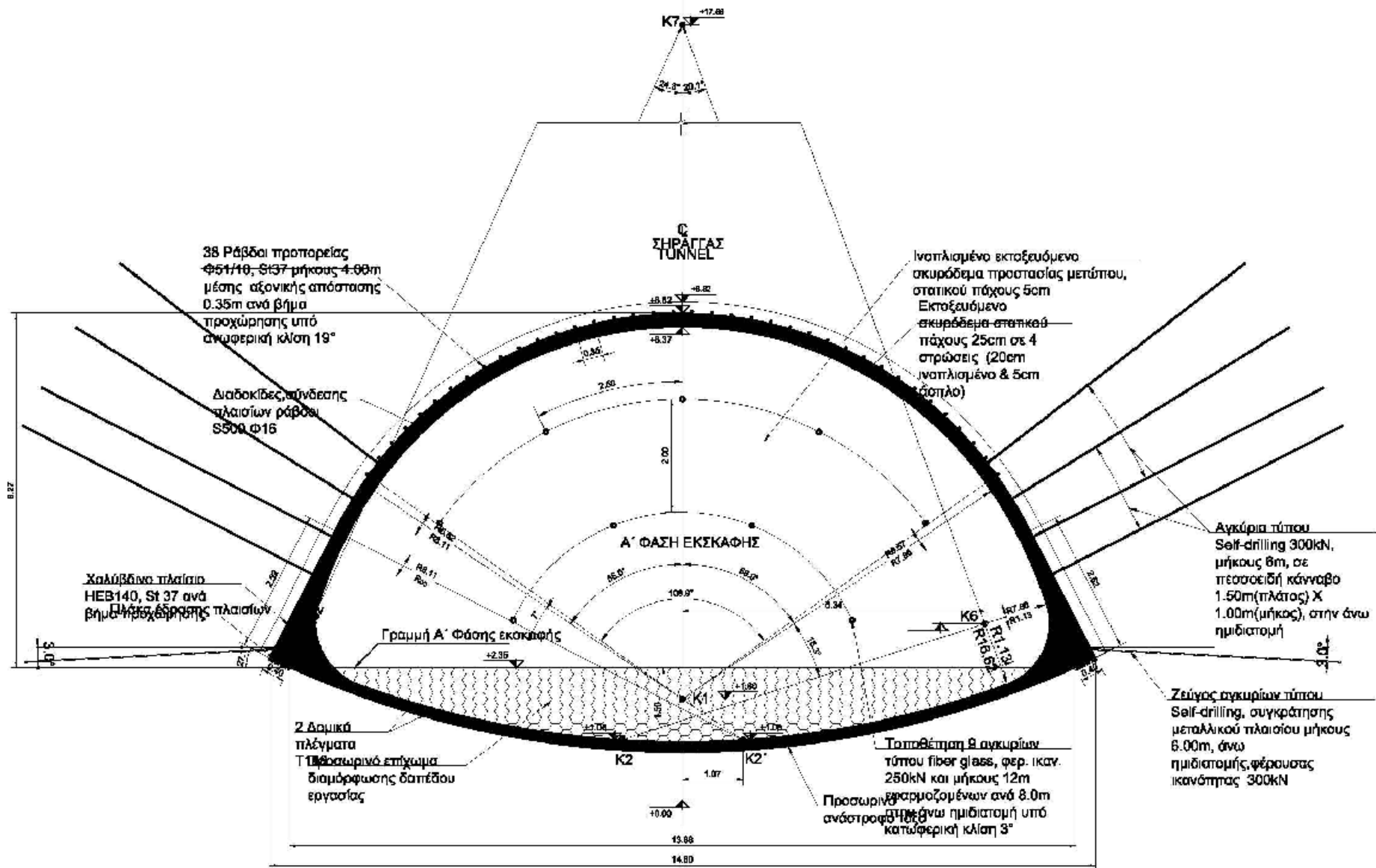
2.00m κρησσοίς T100

Εκτοξευμένο σκυρόδεμα, στατικό πάχος 30cm

Επιτόμια διαμόρφωσης διαπέδου κρησσοίς άνω ημιδομής



ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΑΝΩ
ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΜΗ Α-Α'
ΚΛ. 1:50



1. Εκσκαφή άνω ημιδιατομής. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά την εκσκαφή της περιοχής θεμελίωσης των πλαισίων, τύπου elephant foot, ώστε να αποφευχθούν υπερεκσκαφές.
2. Τοποθέτηση 9 αγκυρίων τύπου fiber glass φέρουσας ικανότητας 250KN και μήκους 12m εφαρμοζόμενων ανά 8m στην άνω ημιδιατομή υπό καταφερική κλίση 3°. Επανάληψη εργασίας κάθε 8m προχώρησης, σε διαφορετικούς χρόνους από τις ράβδους προπορείας. Τοποθέτηση 38 ράβδων προπορείας $\varnothing 51/10$, St37, μήκους 4m μέσης αξονικής απόστασης 0,35m ανα βήμα προχώρησης υπό ανωφερική κλίση 19°.
3. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων.
4. Τοποθέτηση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm στο μέτωπο της υπόγειας εκσκαφής.
5. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm στο θόλο και τις παρειές.
6. Προσεκτική προετοιμασία της περιοχής της εκσκαφής κάτω από το elephant foot.
7. Τοποθέτηση μεταλλικού πλαισίου HEB 140, St37 ανά βήμα προχώρησης.
8. Εφαρμογή πλέγματος T188 και ράβδων οπλισμού 4 $\varnothing 20$, S500 στην περιοχή του elephant foot και περιμετρικά.
9. Εφαρμογή ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην περιοχή των elephant feet, ώστε να πακτωθεί το πλαίσιο.
10. 2^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 8cm.
11. Τοποθέτηση αγκυρίων τύπου self drilling φέρουσας ικανότητας 300KN, μήκους 6m, τοποθετημένα σε πεσσοειδή κάρναβο 1,5m(πλάτος) x 1,0m(μήκος), και ζεύγος αγκυρίων τύπου self drilling, συγκράτησης μεταλλικού πλαισίου μήκους 6m και φέρουσας ικανότητας 300KN.
12. 3^η στρώση ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος, πάχους 7cm.
13. 4^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm, χωρίς ίνες.

14. Εκσκαφή προσωρινού ανεστραμμένου τόξου. Τοποθέτηση 20cm εκτοξευόμενου σκυροδέματος και 2 πλεγμάτων T188. Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm. Τοποθέτηση 1^{ου} δομικού πλέγματος T188. Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10cm. Τοποθέτηση 2^{ου} δομικού πλέγματος T188. Εφαρμογή τελικής στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm. Εάν απαιτείται, θα πρέπει να γίνεται επανεπίχωση τυχόν υπερεκσκαφής με θραυστά σκύρα, ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Προσοχή πρέπει να δοθεί, ώστε κανένας μηχανικός εξοπλισμός να μην πατήσει πάνω στο νωπό κέλυφος του προσωρινού ανάστροφου τόξου. Τοποθέτηση του δομικού πλέγματος T188 στην περιοχή συναρμογής. Εφαρμογή ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.
15. Διαμόρφωση προσωρινού δαπέδου εργασίας στην άνω ημιδιατομή με πλήρωση του ανεστραμμένου τόξου στην περιοχή που αντιστοιχεί στα βήματα προχώρησης
16. Διάταξη υδατοστεγάνωσης και αποστράγγισης.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΠΛΗΡΟΥΣ
ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΜΗ Β-Β'

ΚΛ. 1:50

Κ5 +11.00

Κ4 +10.80

ΣΗΡΑΓΓΑΣ
TUNNEL

18.60

18.82

18.37

10.2%

25.1°

24.9°

Α' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

109.9°

109.9°

12.25

11.00

Κ1

11.00

Κ2

11.00

Κ2'

11.00

1.07

10.00

Β' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

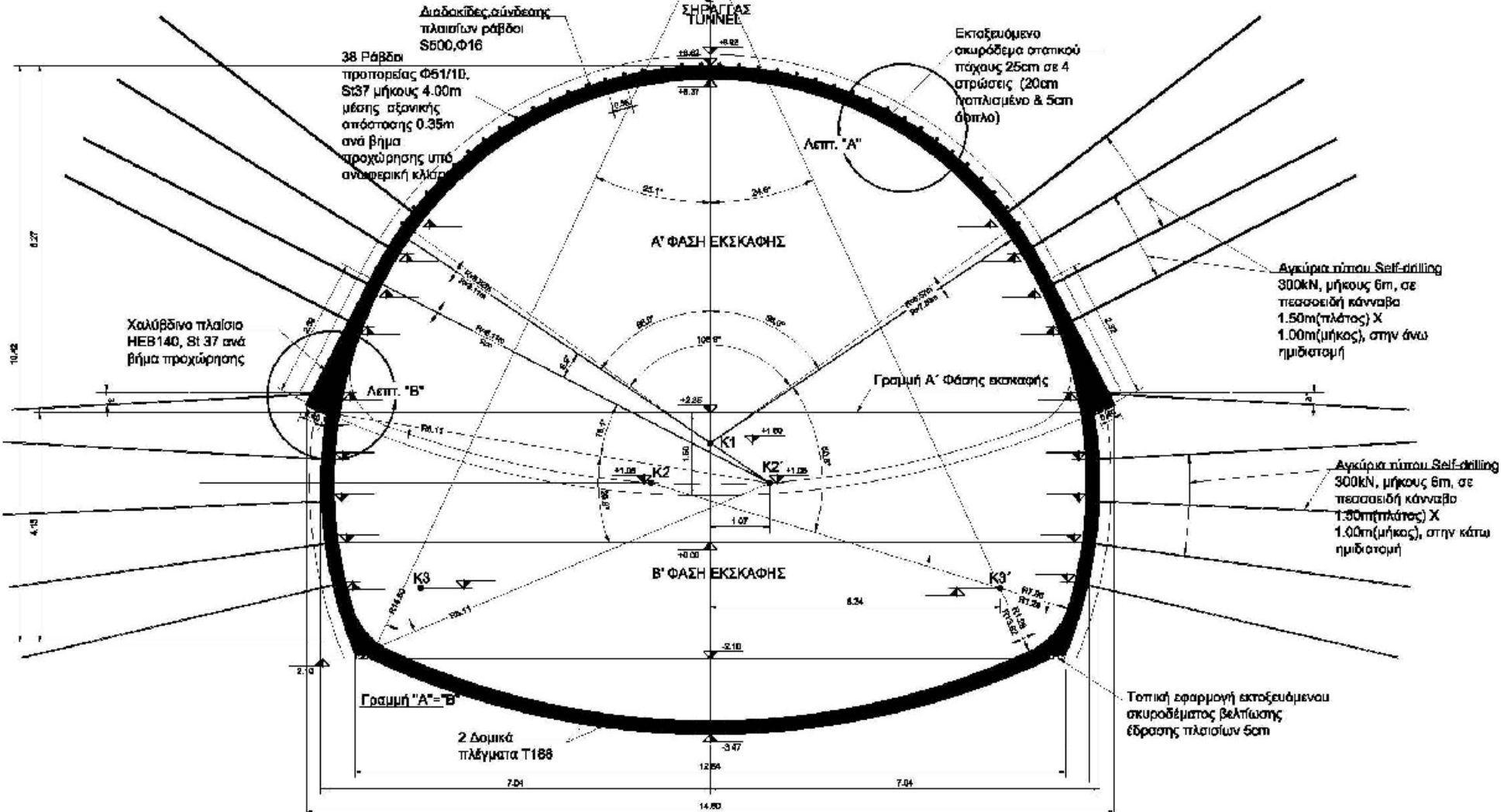
12.25

12.25

12.25

12.25

12.25

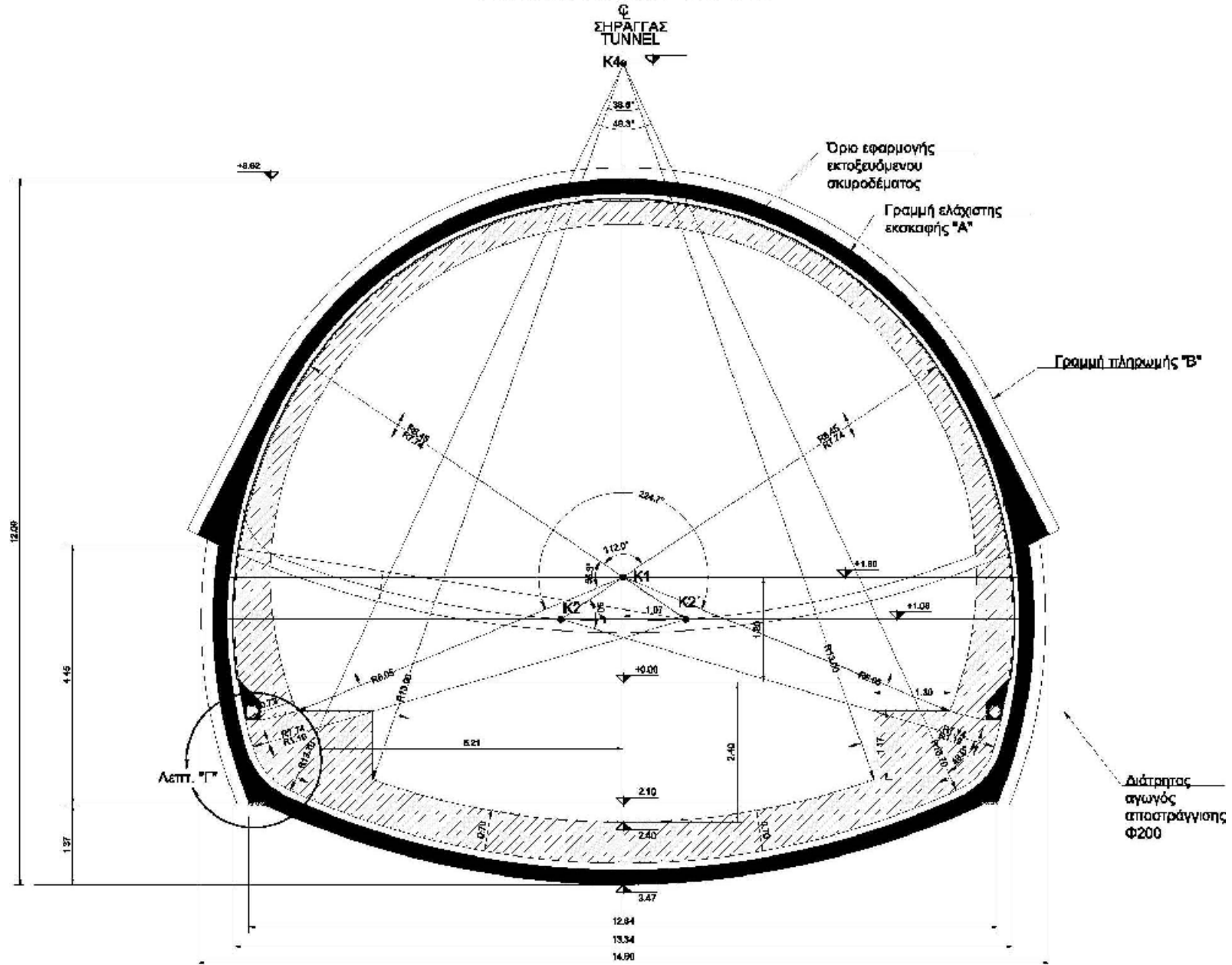


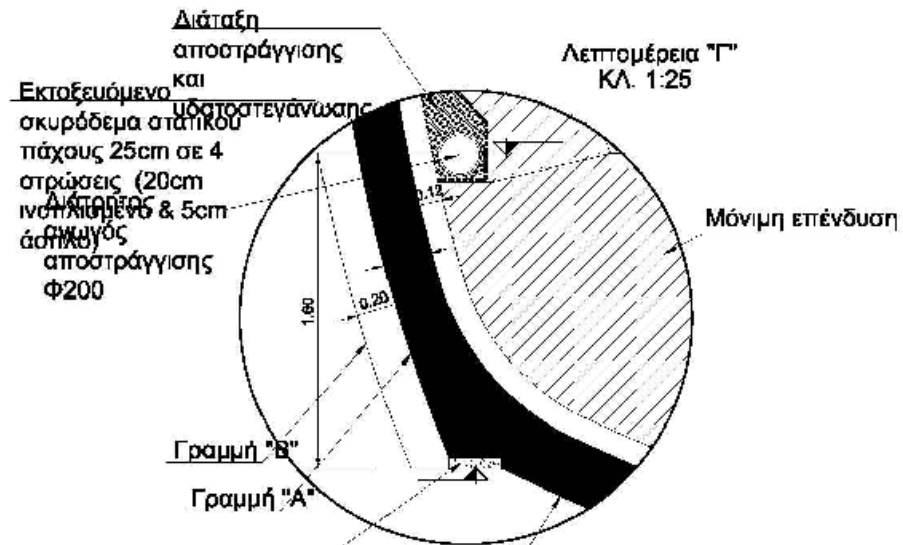
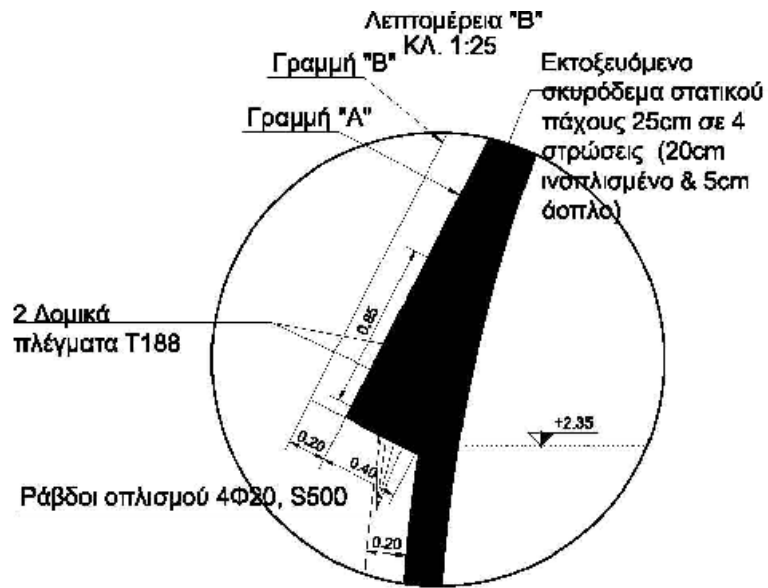
1. Εκσκαφή κάτω ημιδιατομής.
2. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων.
3. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος πάχους 5cm.
4. Προετοιμασία θέσεων έδρασης πλαισίου. Τοποθέτηση μεταλλικού πλαισίου HEB 140, St37, ανά βήμα προχώρησης.
5. 2^η και 3^η στρώση ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 15cm.
6. Τοποθέτηση αγκυρίων τύπου self drilling φέρουσας ικανότητας 300KN, μήκους 6m, τοποθετημένα σε πεσσοειδή κάνναβο 1,5m(πλάτος) x 1,0m(μήκος), και ζεύγος αγκυρίων τύπου self drilling, συγκράτησης μεταλλικού πλαισίου μήκους 6m και φέρουσας ικανότητας 300KN.
7. 4^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm, χωρίς ίνες.
8. Εκσκαφή τελικού ανεστραμμένου τόξου. Τοποθέτηση 25cm εκτοξευόμενου σκυροδέματος και 2 πλεγμάτων T188. Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm. Τοποθέτηση 1^{ου} δομικού πλέγματος T188.Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 15cm. Τοποθέτηση 2^{ου} δομικού πλέγματος T188. Εφαρμογή τελικής στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm. Προσοχή πρέπει να δοθεί, ώστε κανένας μηχανικός εξοπλισμός να μην πατήσει πάνω στο νωπό κέλυφος του τελικού ανάστροφου τόξου.
9. Διάταξη υδατοστεγάνωσης και αποστράγγισης.
10. Τοποθέτηση διάτρητου σωλήνα Ø200, αποστράγγισης εγκιβωτισμένο στην μόνιμη επένδυση.

Σημειώσεις:

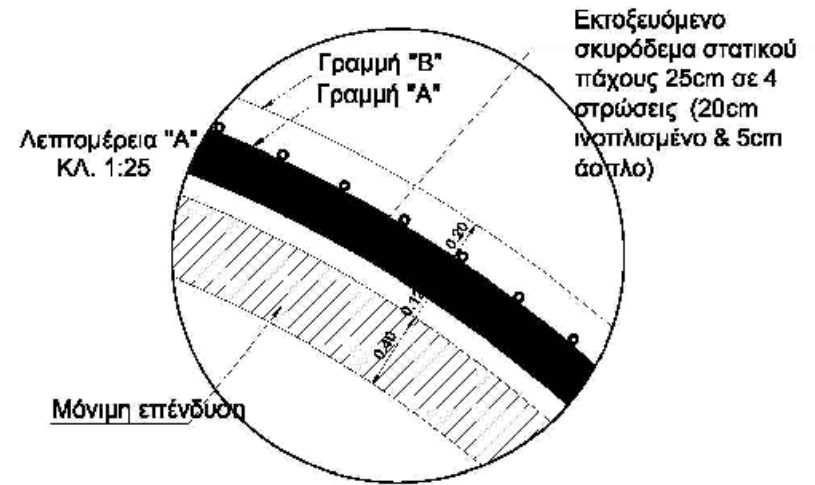
1. Η εκτέλεση των εργασιών εκσκαφής και υποστήριξης του προσωρινού και μόνιμου ανεστραμμένου τόξου, μπορεί να εκτελείται σε κατάλληλες ομάδες βημάτων, το συνολικό μήκος των οποίων δεν θα υπερβαίνει τα 5m.
2. Εάν απαιτείται η διαμόρφωση ράμπας μεταξύ του δαπέδου εκσκαφής της Β' φάσης και του δαπέδου εκσκαφής της Α' φάσης, αυτή θα μορφώνεται με υλικά επίχωσης κατά μήκος τμήματος της κάτω ημιδιατομής στο οποίο θα έχει ολοκληρωθεί η εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης.
3. Η τοποθέτηση των ράβδων προπορείας θα γίνεται όσο το δυνατόν οριζόντια αλλά πάντα θα περνούν πάνω από τα πλαίσια.
4. Αν απαιτηθεί από τις επί τόπου συνθήκες θα εφαρμοσθούν τοπικά και μη συστηματικά μέτρα προστασίας του μετώπου της Β' φάσης εκσκαφής, όπως: ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, πάχους 5-10cm, και αγκύρια fiber glass.

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ





Τοπική εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος βελτίωσης έδρασης πλαισίων 5cm

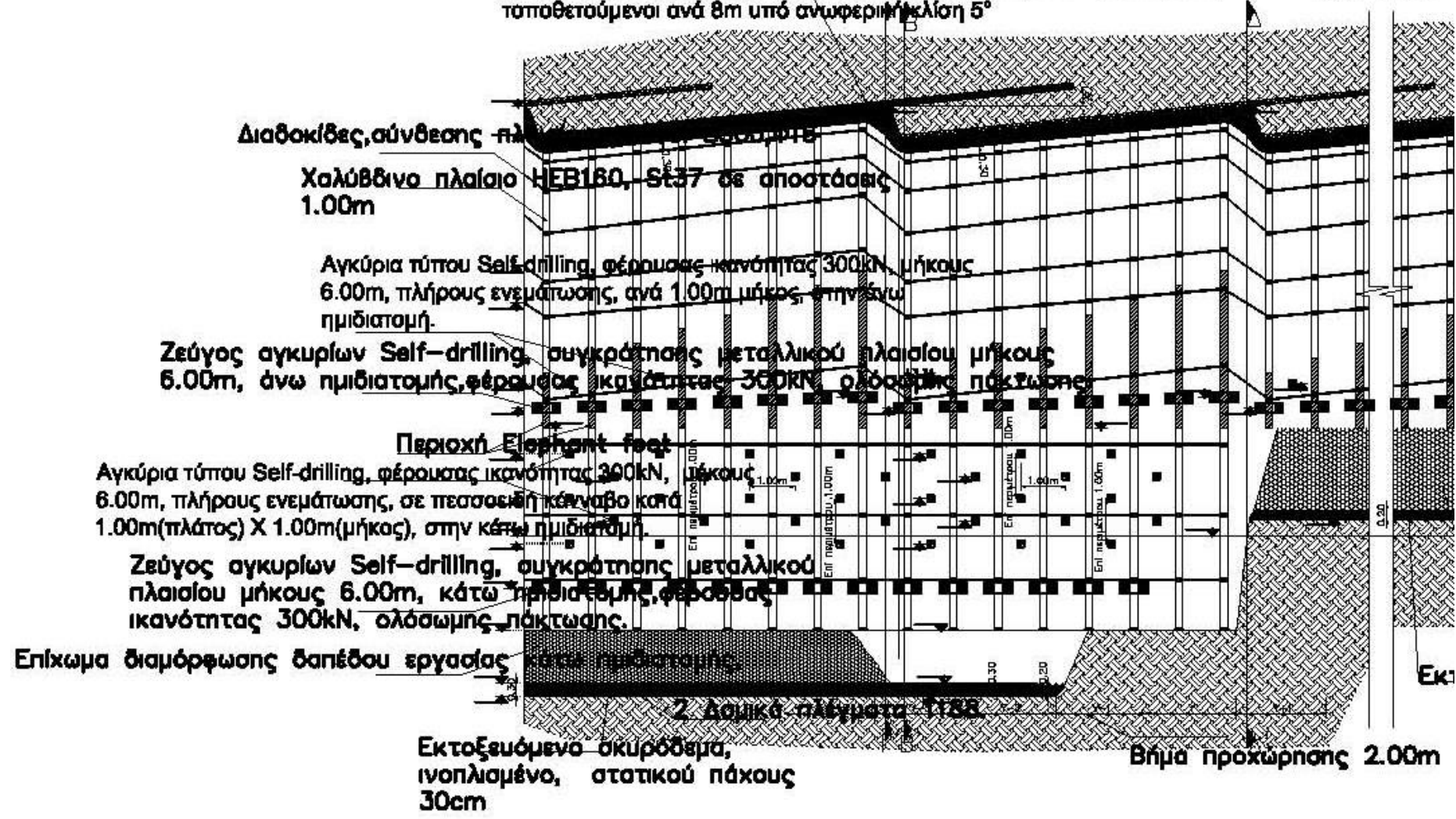


4.10.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ C2

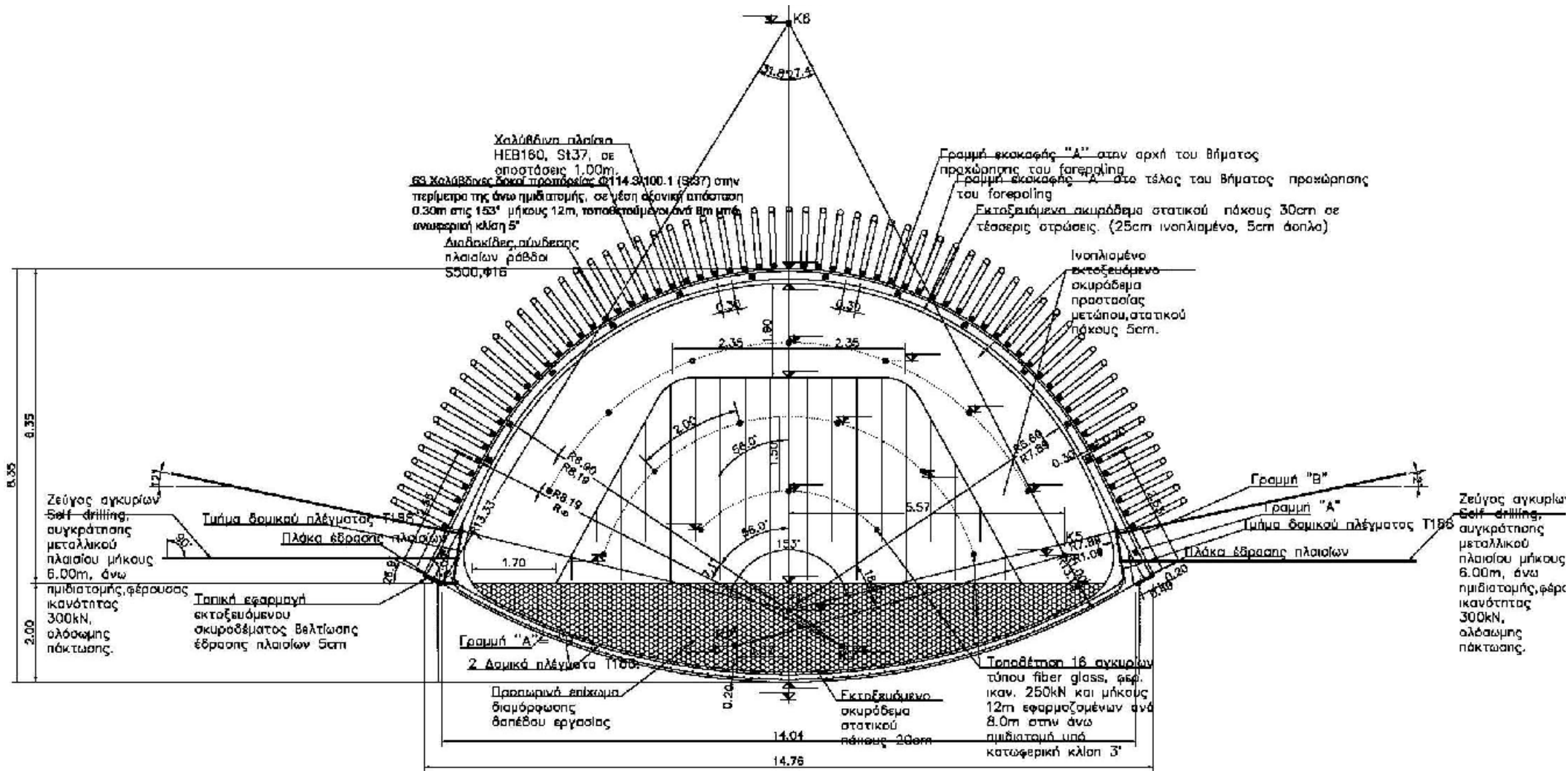
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η δομή της βραχώμαζας C2 καθώς και η ποιότητα των ασυνεχειών κατά τον δείκτη αντοχής GSI είναι ίδια με την κατηγορία βραχώμαζας C1. Επιπλέον στην κατηγορία αυτή παρατηρείται έντονη χαλάρωση του εδάφους και συνεπώς προβλέπεται η τοποθέτηση **8 διαφορετικών διευρύνσεων χαλύβδινων πλαισίων και elephant feet από την ελάχιστη ως την μέγιστη διεύρυνση για κάθε βήμα προχώρησης. Τέλος προβλέπεται ενίσχυση με 63 χαλύβδινες δοκούς προπορείας, 16 αγκυρίων τύπου fiber glass και αγκύρια τύπου self drilling.**

63 Χαλύβδινες δοκοί προπορείας Φ114.3/100.1 (St37) στην περίμετρο της άνω ημιδιατομής, σε μέση αξονική απόσταση 0.30m στις 153° μήκους 12m, τοποθετούμενοι ανά 8m υπό ανωφερική κλίση 5°

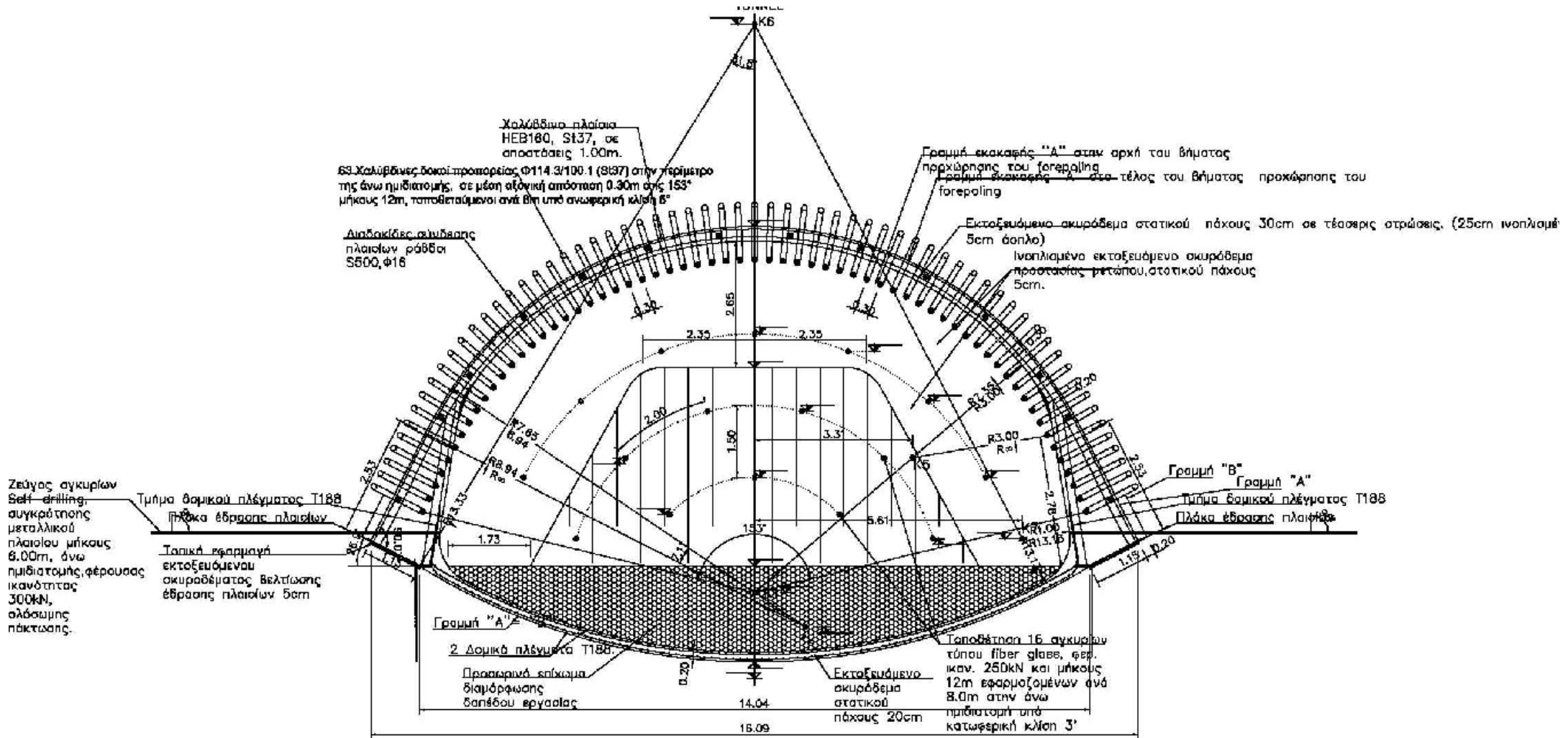
ΜΗΚΟΤΟΜΗ
ΚΛ. 1:50



ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗΣ ΑΝΩ ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΜΗ Δ-Δ' ΚΛ. 1:50 ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΟΥΝΕΛ



ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗΣ ΑΝΩ ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΜΗ Α-Α' ΚΛ. 1:50 ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΟΥΝΕΛ



1. Τοποθέτηση 63 χαλύβδινων δοκών προπορείας $\varnothing 114.3/100.1(St37)$ στην περίμετρο της άνω ημιδιατομής, σε μέση αξονική απόσταση 0,30m στις 153° , μήκους 12m, τοποθετούμενοι ανά 8m υπό ανωφερική κλίση 5° .
2. Τοποθέτηση 16 αγκυρίων fiber glass μετώπου φέρουσας ικανότητας 250KN και μήκους 12m υπό κατωφερική κλίση 3° . Επανάληψη της εργασίας κάθε 8m προχώρησης, σε διαφορετικούς χρόνους από τις δοκούς προπορείας.
3. Εκσκαφή άνω ημιδιατομής. Περιμετρική ζώνη και αντίστοιχα τμήματα πυρήνα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά την εκσκαφή της περιοχής θεμελίωσης των πλαισίων, τύπου elephant foot ώστε να αποφευχθούν οι υπερεκσκαφές.
4. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων.
5. Εφαρμογή στρώσης προστασίας μετώπου από εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα ελάχιστου στατικού πάχους 10cm στις θέσεις κατασκευής των δοκών προπορείας και 5cm στα ενδιάμεσα βήματα προχώρησης.
6. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος 5cm στο θόλο και τις παρειές.
7. Προσεκτική προετοιμασία της περιοχής της εκσκαφής κάτω από το elephant foot.
8. Τοποθέτηση μεταλλικού πλαισίου(*)HEB 160, St37 σε αποστάσεις 1m.
9. Εφαρμογή πλέγματος T188 και ράβδων οπλισμού $4\varnothing 20$, S500 στην περιοχή του elephant foot.
10. 2^η και 3^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος στατικού πάχους 20cm.

11. Τοποθέτηση αγκυρίων τύπου self drilling φέρουσας ικανότητας 300KN, μήκους 6m πλήρους ενεμάτωσής τους ανά 1m μήκους και ζεύγος αγκυρίων self drilling συγκράτησης μεταλλικού πλαισίου μήκους 6m, φέρουσας ικανότητας 300KN με ολόσωμη πάκτωση.
12. 4^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm, χωρίς ίνες.
13. Εκσκαφή προσωρινού ανεστραμμένου τόξου ανά 2 βήματα εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης. Τοποθέτηση 20cm εκτοξευόμενου σκυροδέματος και 2 πλεγμάτων T188. Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm. Τοποθέτηση 1^{ου} δομικού πλέγματος T188. Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10cm. Τοποθέτηση 2^{ου} δομικού πλέγματος T188. Εφαρμογή τελικής στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm. Εάν απαιτείται, θα πρέπει να γίνεται επανεπίχωση τυχόν υπερεκσκαφής με θραυστά σκύρα, ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Προσοχή πρέπει να δοθεί, ώστε κανένας μηχανικός εξοπλισμός να μην πατήσει πάνω στο νωπό κέλυφος του προσωρινού ανάστροφου τόξου. Τοποθέτηση του δομικού πλέγματος T188 στην περιοχή συναρμογής. Εφαρμογή ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.
14. Διαμόρφωση προσωρινού δαπέδου εργασίας στην άνω ημιδιατομή με πλήρωση του ανεστραμμένου τόξου στην περιοχή που αντιστοιχεί στα βήματα προχώρησης.
15. Διάταξη υδατοστεγάνωσης και αποστράγγισης.
16. Τελική στρώση εξομάλυνσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗ

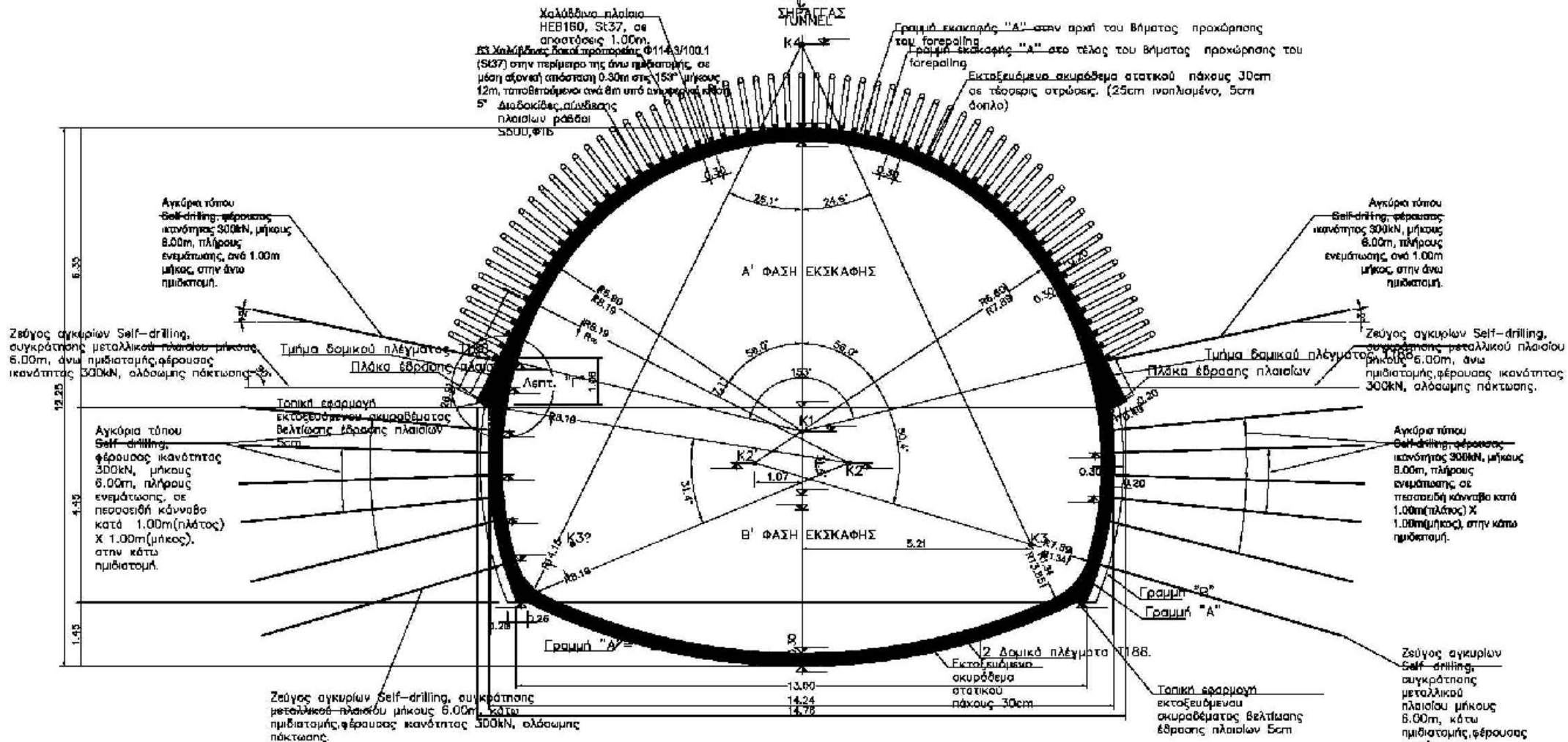
ΠΛΗΡΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

ΤΟΜΗ Β Β'

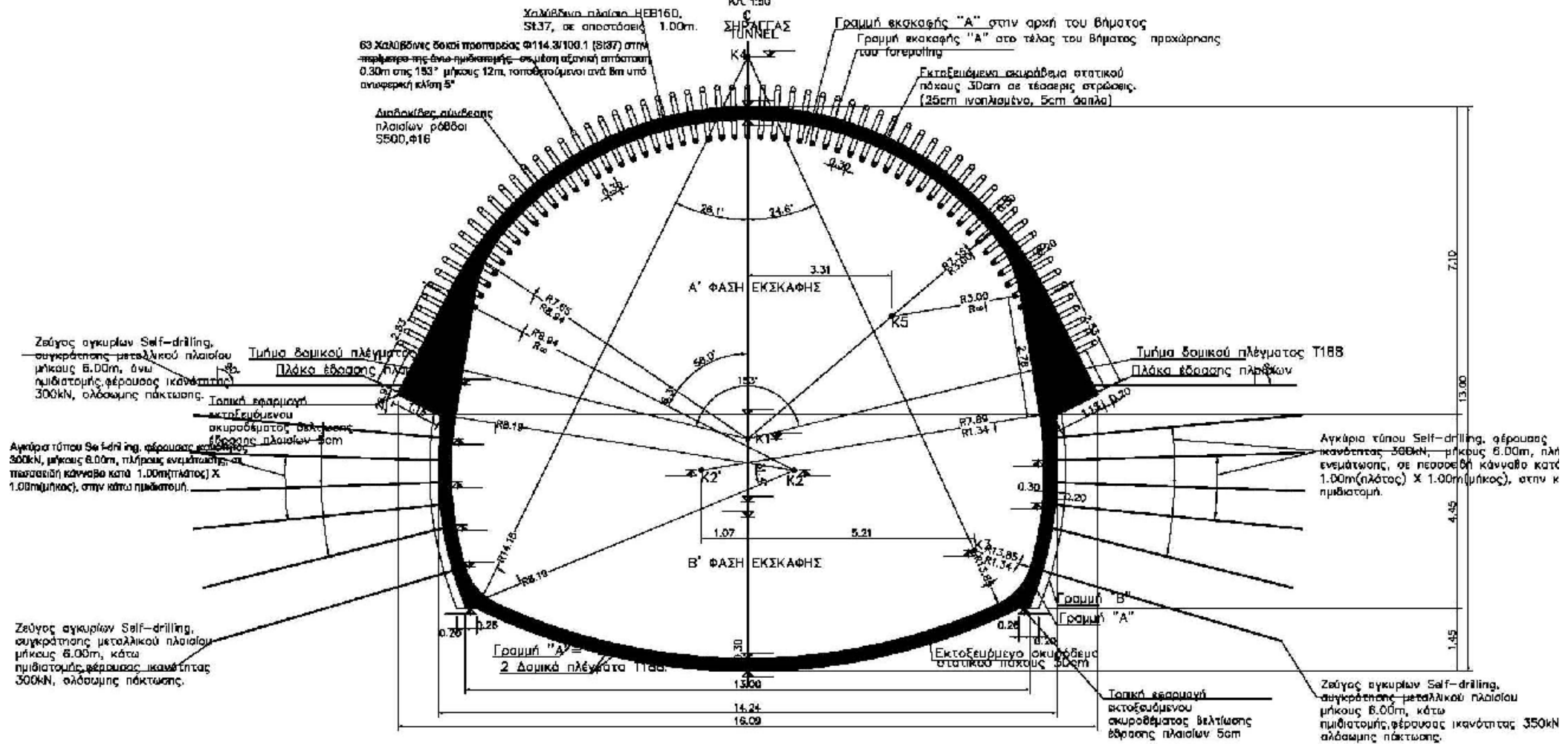
ΚΑ 1:50

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

TUNNEL



ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗ
ΠΑΡΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ
ΤΟΜΗ Γ-Γ'
ΚΑ. 1:30

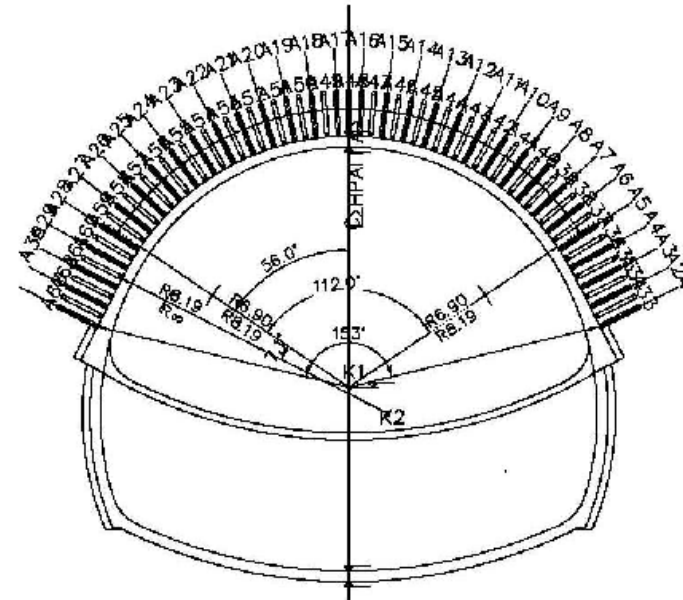
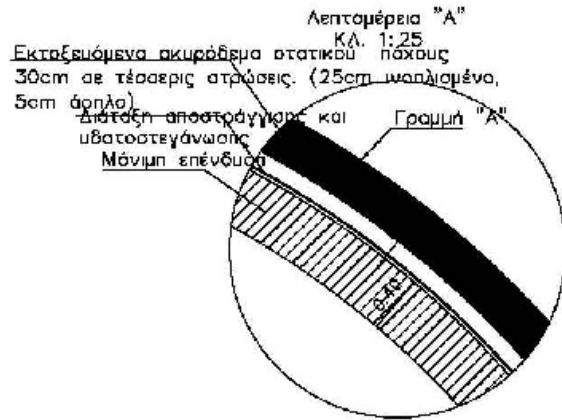


1. Εκσκαφή βαθμίδας κάτω ημιδιατομής.
2. Μηχανική απόσπαση επισφαλών όγκων.
3. 1^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος πάχους 5cm.
4. Προετοιμασία θέσεων έδρασης πλαισίου. Τοποθέτηση μεταλλικού πλαισίου(*)HEB 160, St37 σε αποστάσεις 1m.
5. 2^η και 3^η στρώση εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος πάχους 20cm.
6. Τοποθέτηση αγκυρίων τύπου αυτοδιάτρησης (self drilling) φέρουσας ικανότητας 300KN, μήκους 6m πλήρους ενεμάτωσής τους ανά 1m μήκους και ζεύγος αγκυρίων self drilling συγκράτησης μεταλλικού πλαισίου μήκους 6m, φέρουσας ικανότητας 300KN με ολόσωμη πάκτωση.
7. 4^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm, χωρίς ίνες.
8. Εκσκαφή τελικού ανεστραμμένου τόξου. Τοποθέτηση 30cm εκτοξευόμενου σκυροδέματος και 2 πλεγμάτων T188. Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10cm. Τοποθέτηση 1^{ου} δομικού πλέγματος T188. Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 15cm. Τοποθέτηση 2^{ου} δομικού πλέγματος T188. Εφαρμογή τελικής στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5cm. Εάν απαιτείται, θα πρέπει να διενεργείται επανεπίχωση τυχόν υπερεκσκαφής με θραυστά σκύρα(απαραίτητη η συμπύκνωση) ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Προσοχή πρέπει να δοθεί, ώστε κανένας μηχανικός εξοπλισμός να μην πατήσει πάνω στο νωπό κέλυφος του τελικού ανάστροφου τόξου.
9. Διάταξη υδατοστεγάνωσης και αποστράγγισης.
10. Τελική στρώση εξομάλυνσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος.
11. Τοποθέτηση διάτρητου σωλήνα αποστράγγισης Ø200, εγκιβωτισμένου στη μόνιμη επένδυση.

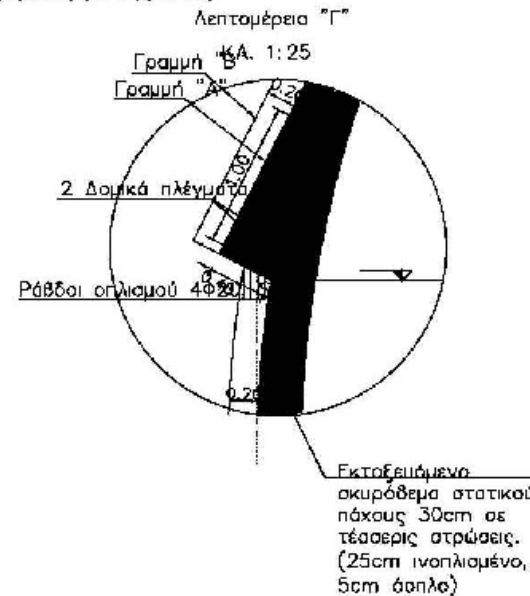
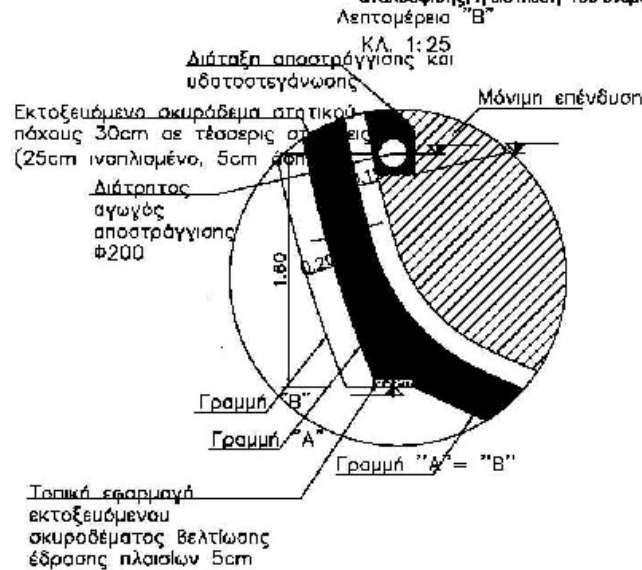
Σημειώσεις:

(*). Για την παρούσα διατομή της εκσκαφής θα χρησιμοποιηθούν **8 διαφορετικές διευρύνσεις χαλύβδινων πλαισίων καθώς και elephant foot**, ξεκινώντας από το 1^ο χαλύβδινο πλαίσιο που είναι η ελάχιστη διεύρυνση, καταλήγοντας στο 8^ο χαλύβδινο πλαίσιο που είναι η μέγιστη διεύρυνση της διατομής.

Χρονική τοποθέτηση δοκών προπορείας.
ΚΑ. 1:100



ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η πλήρωση με τσιμεντένεμα των δοκών προπορείας διενεργείται σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει δίδοση των οπών Α1 έως Α32, τοποθέτηση των σωλήνων και ενεργάτωση αυτών. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει δίδοση των οπών Α33 έως Α63, τοποθέτηση των σωλήνων και ενεργάτωση αυτών. Όταν πληρωθεί ο σωλήνας με υλικό και επιστραφεί αυτό απ'τον σωλήνα ανακούφισης ,σφραγίζεται ο σωλήνας ανακούφισης, και επισιέζουμε ένεμα επιπλέον 5 έως 6 φορές, υπό 3-4 bar. Στο σφράγισμα του σωλήνα ανακούφισης, η εισπίση του ενέματος γίνεται με μεγαλύτερη πίεση (5-6 bar).



Τοπική εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος βελτίωσης έδρασης πλασιών 5cm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ



5. ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

Με τον όρο “Μέτρα Άμεσης Υποστήριξης” αναφέρονται όλα τα μέτρα, που πρέπει να ληφθούν κατά τη διάρκεια της εκσκαφής ή αμέσως μετά από αυτή και τα οποία θα επιτρέψουν την ασφαλή προχώρηση της εκσκαφής. Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης εμποδίζουν την πιθανή κατάρρευση της βραχώμαζας ή την εκδήλωση παραμορφώσεων, που δεν είναι αποδεκτές, πριν ολοκληρωθεί η κατασκευή της τελικής επένδυσης. Επιπλέον, τα μέτρα άμεσης υποστήριξης προστατεύουν από κινδύνους καταστροφών τις κατασκευές και εξασφαλίζουν το εργαζόμενο προσωπικό από τον κίνδυνο ατυχημάτων γενικά.

Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που προτείνονται να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της σήραγγας, είναι τα ακόλουθα:

- α. Αγκύρια και ράβδοι αγκύρωσης
- β. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
- γ. Μεταλλικό πλέγμα ή / και χαλύβδινες ίνες
- δ. Χαλύβδινα πλαίσια
- ε. Ράβδοι (spiling) ή δοκοί προπορείας (forepoling)

Οι λεπτομέρειες υποστήριξης και σταθεροποίησης της διατομής της σήραγγας ποικίλουν σε σχέση με το σχηματισμό μέσα στον οποίον γίνεται η διάνοιξη. Τα μέτρα υποστήριξης καθορίζονται στα σχέδια για κάθε κατηγορία βραχώμαζας. Τα μέτρα αυτά προσαρμόζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των πραγματικά συναντώμενων συνθηκών, σε ότι αφορά τις θέσεις και τα όρια των ζωνών εφαρμογής τους.

Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης αποτέλεσαν αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης και περιγράφονται αναλυτικά στη σχετική παράγραφο του παρόντος τεύχους. Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την κατηγορία, στην οποία κατατάσσεται το κάθε τμήμα της σήραγγας.

Η συμπεριφορά της βραχώμαζας στο μέτωπο και πίσω από το μέτωπο απαιτεί, σχεδόν πάντοτε, ταχείες επεμβάσεις για τη σταθεροποίησή της. Εξάλλου είναι σαφές ότι ο κάθε τύπος διατομής επιβάλλει ιδιαίτερο τρόπο τοποθέτησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

Από την παρούσα οριστική μελέτη προέκυψαν τα σχέδια των Τυπικών Διατομών στα οποία περιγράφονται λεπτομερώς τα μέτρα Άμεσης Υποστήριξης για κάθε κατηγορία μέτρων υποστήριξης (Α, Β1, Β2, C1, C2), όπου και αναφέρονται οι αντίστοιχες φάσεις εκτέλεσης των εργασιών.

Ακολούθως, δίνεται σύντομη περιγραφή των μέτρων της άμεσης υποστήριξης που καθορίζονται στην παρούσα οριστική για κάθε τυπική διατομή.

5.1 ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



Το εκτοξευμένο σκυρόδεμα προδιαγράφεται με αντοχή σε θλίψη ίση με 25MPa (C25/30) και πρέπει να περιλαμβάνει στη σύνθεσή του πρόσμικτο επιταχυντικό για ταχεία ανάπτυξη της αντοχής του. Στις πρώιμες φάσεις λειτουργίας του το μέτρο ελαστικότητας πρέπει να θεωρείται μειωμένο και σταδιακά αυξανόμενο από πλευράς των χαρακτηριστικών του τιμών για τη

μονοαξονική θλιπτική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας αυτού για λόγους ρεαλιστικής προσομοίωσης της διαδικασίας κατασκευής κατά την αριθμητική ανάλυση.

Το στατικό πάχος ανά τυπική διατομή προβλέπεται οπλισμένο με χαλύβδινες ίνες τύπου και περιεκτικότητας σύμφωνα με την ειδική μελέτη σύνθεσης, η οποία θα πρέπει να καλύπτει τις ελάχιστες απαιτήσεις που θα περιγράφονται στις Τεχνικές Προδιαγραφές της Σύμβασης. Επιπλέον θα χρησιμοποιηθεί και σκυρόδεμα της ίδιας ποιότητας χωρίς ίνες για τις τελικές στρώσεις της προσωρινής επένδυσης, καθώς και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, οπλισμένο με δομικό πλέγμα τύπου T131 ή T188. Τέλος, χρησιμοποιούνται ποσότητες εκτοξευόμενου σκυροδέματος εξομάλυνσης το οποίο θα εφαρμόζεται σύμφωνα με τις σχετικές Τεχνικές προδιαγραφές Σηράγγων της Υπηρεσίας.

Πέραν των ανωτέρω, η εξομάλυνση είναι διαδικασία η οποία δεν εξαρτάται από κάποιο στάδιο κατασκευής ώστε να μην υφίστανται καθυστερήσεις στη διαδικασία κατασκευής της προβλεπόμενης άμεσης υποστήριξης και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να συγχέεται ή να συνυπολογίζεται στο στατικό πάχος.

Αμέσως μετά την εκσκαφή γίνεται διάστρωση υποστρώσης ινοπλισμένου



σκυροδέματος άμεσης υποστήριξης πάχους 5cm. Το υπόλοιπο του πάχους συμπληρώνεται με τη διαδοχική διάστρωση στρώσεων κατάλληλου πάχους ώστε να επιτυγχάνεται το στατικό πάχος που

ορίζεται στις φάσεις κατασκευής. Συστηματική στρώση εφαρμογής ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος προβλέπεται και στα μέτωπα εκσκαφής κάθε βήματος για τις τυπικές διατομές B2, C1 και C2 ενώ στην κατηγορία B1 όπου απαιτείται.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η αυστηρή τήρηση των σχετικών Τεχνικών Προδιαγραφών όσον αφορά στον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας και στην επιλογή των χειριστών του σχετικού εξοπλισμού.

5.2 ΑΓΚΥΡΙΑ

Τα αγκύρια που προτείνονται στην παρούσα οριστική μελέτη, είναι τύπου Swellex MN24, απλές ηλώσεις βράχου με τσιμεντένεμα Φ25, S500, αγκύρια αυτοδιατρούμενα (self drilling) φέρουσας ικανότητας 300kN και θυσιαζόμενα αγκύρια μετώπου fiber glass, φέρουσας ικανότητας 250kN. Το μήκος των αγκυρίων ποικίλλει ανάλογα με την τυπική διατομή και κυμαίνεται από 4m έως 6m και 12m για τα αγκύρια fiber glass. Οι θέσεις εφαρμογής των εν λόγω ηλώσεων παρουσιάζονται λεπτομερώς στα σχέδια των τυπικών διατομών εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας ανά κατηγορία βραχώμαζας που συνοδεύουν την παρούσα οριστική μελέτη.

Η διάτρηση θα πρέπει να γίνει με κλασσικά υδραυλικά διατρητικά φορεία κατακόρυφης ή κεκλιμένης διάτρησης. Σε περίπτωση που κλείνει το διάτρημα, θα πρέπει να γίνεται διάτρηση με επιβολή κατ' εξοχήν περιστροφικής προχώρησης και μειωμένης κρούσης. Ειδικότερα στην περίπτωση βραχώμαζας κατηγορίας B2, όπου προβλέπεται συστηματικά η εφαρμογή αγκυρίων Φ25, S500, θα εφαρμόζονται αγκύρια τύπου αυτοδιάτρησης, self drilling εάν διαπιστώνεται ότι δεν διατηρείται ευσταθές το τοίχωμα των διατρημάτων τοποθέτησης των αγκυρίων. Η διαδικασία των ενεματώσεων και η σύνθεση των ενεμάτων, θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τις Τεχνικές Προδιαγραφές της Υπηρεσίας. Τονίζεται η σπουδαιότητα που έχει για τη συνολική ευστάθεια του έργου, η σωστή ενεμάτωση των αγκυρίων μετώπου, συγκράτησης πλαισίου και βράχου. Η ενεμάτωση καθενός από τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να συνεχίζεται μέχρι αρνήσεως της βραχώμαζας να δεχθεί επιπλέον ποσότητα ενέματος.

Αμέσως μετά από τη σύσφιξη των αγκυρίων τα προεξέχοντα τμήματα των σπειρωμάτων τους θα πρέπει να κόπτονται με χρήση τροχού (απαγορεύεται ρητά η χρήση θερμικής κοπής) με σκοπό την ελαχιστοποίηση του προεξέχοντος τμήματος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η φέρουσα ικανότητα ($\Phi 1$) ενός συστήματος αγκύρωσης, προκύπτει (σύμφωνα και με τις σχετικές οδηγίες της ISRM) από τη συνδυασμένη αξιολόγηση επαρκούς στατιστικά αριθμού δοκιμών απόσπασης ή εκρίζωσης (pull-out tests) μέσω της επιβολής φόρτισης και αντίστοιχης μέτρησης των σημειούμενων παραμορφώσεων – ολισθήσεων – μετακινήσεων. Ως εκ τούτου, η $\Phi 1$ ενός συστήματος αγκύρωσης ολόσωμης πάκτωσης, δεν εξαρτάται μόνο από τα μηχανικά χαρακτηριστικά του χάλυβα της ράβδου αγκύρωσης αλλά και από τα μεγέθη διατμητικής αντοχής των κρίσιμων διεπιφανειών διαβίβασης τάσεων του συστήματος (χάλυβας – ένεμα, ένεμα – πέτρωμα), ως επίσης και από τα χαρακτηριστικά φόρτισης της διάταξης πλάκας συγκράτησης – πεικοχλίου – ημισφαιρίου προσαρμογής και σπειρώματος του αγκυρίου. Επιπροσθέτως, η $\Phi 1$ εξαρτάται ευθέως και από τη δυνατότητα του συστήματος αγκύρωσης κατά τα επιβαλλόμενα στάδια φόρτισης, να ανταποκρίνεται με λειτουργικά αποδεκτές παραμορφώσεις.

5.2.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ ΑΜΕΣΗΣ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΥΠΟΥ "SWELLEX"

Οι τύποι των αγκυρίων που επιλέγονται στα υπόγεια έργα σε περίπτωση συναρτάται άμεσα με τα χαρακτηριστικά του πετρώματος, τις απαιτήσεις αντιστήριξης και το επιθυμητό αποτέλεσμα ευστάθειας, σε συνδυασμό με την ασφάλεια, την ταχύτητα κατασκευής και την εν γένει οικονομία του έργου.

Ιδιαίτερα οι κοχλίες πλήρους μηχανικής επαφής (τριβής), αποτελούν τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία των κοχλιώσεων και έχουν ήδη βρει εκτεταμένη εφαρμογή. Η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα των αγκυρίων αυτής της κατηγορίας έχει αποδειχθεί διεθνώς από την εφαρμογή τους σε εξαιρετικά μεγάλο αριθμό υπόγειων έργων.

Από τεχνικής πλευράς, ως συστήματα κοχλίωσης πλήρους μηχανικής επαφής και αγκυριζόμενα δια τριβής χαρακτηρίζονται οι διατάξεις εκείνες οι οποίες, μόλις τοποθετηθούν ασκούν ακτινική πίεση επί της συνολικής επιφάνειας των τοιχωμάτων του διατρήματος και των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην αναπτυσσόμενη μηχανική τριβή μεταξύ αυτών και της μάζας του πετρώματος. Οι κοχλίες ως προς το γεγονός ότι η λειτουργία τους δεν βασίζεται σε συγκολλητικές ύλες και δεν επηρεάζεται από τις συνθήκες υγρασίας της βραχώμαζας. Παράλληλα, δρουν εξίσου ικανοποιητικά σε περιπτώσεις ύπαρξης διακένων μικρών διαστάσεων στη μάζα του πετρώματος, τα οποία αποτελούν συνήθεις οδούς διαφυγής της συγκολλητικής ύλης (ενέματος, ρητίνης κ.α.).

Σ' αυτή την κατηγορία αγκυρίων υπάγεται ο κοχλίας SWELLEX, που αναπτύχθηκε από την εταιρεία ATLAS COPCO AB (Σουηδία), ο οποίος βρίσκει πολλές εφαρμογές και είναι τεχνικά ελκυστικός, όσον αφορά

στην αμεσότητα του επιτυγχανόμενου αποτελέσματος και στην ταχύτητα εγκατάστασης. Το σύστημα αυτό, αποτελείται από S355 ποιότητας χαλύβδονο σωλήνα, που φέρει στα δύο του άκρα ένα κλειστό και ένα ανοικτό πώμα. Η εξωτερική του διάμετρος είναι διαμορφωμένη κατά τέτοιο τρόπο (διπλωμένη), ώστε να είναι μικρότερη από αυτή του διατρήματος στο οποίο θα τοποθετηθεί. Μετά την πλήρη εισαγωγή του κοχλία στο διάτρημα, διοχετεύεται από ειδική αντλία νερό υπό υψηλή πίεση (280-300 bar) που προκαλεί έντονη και δυναμική διόγκωση του σωλήνα, ούτως ώστε αυτός να προσαρμόζεται με ισχυρή πρόσφυση στα τοιχώματα του διατρήματος. Ο μηχανισμός δράσης του συστήματος βασίζεται στην ανάπτυξη δυνάμεων αντίστασης δια τριβής λόγω ακτινικών δυνάμεων. Στην περίπτωση του κοχλία SWELLEX οι ακτινικές δυνάμεις που προκαλούν τις αντιστάσεις τριβής οφείλονται στη διαστολή του σωλήνα, αλλά και στη δημιουργούμενη μηχανική αλληλεμπλοκή του σώματος της ράβδου και των τοιχωμάτων του διατρήματος. Αυξάνεται περαιτέρω η αποτελεσματικότητα της αγκύρωσης κατά τη μικρομετακίνηση των τεμαχίων βραχόμαζας επί ασυνεχειών.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης και το γεγονός ότι η αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα, προκαλεί λόγω αντίστοιχης γραμμικής συστολής του στελέχους του κοχλία, περιορισμό του μήκους του και επομένως άσκηση αξονικής πίεσης εκ μέρους της πλάκας συγκράτησης επί της ελεύθερης επιφάνειας του πετρώματος στην περιοχή του στομίου του διατρήματος, η οποία ασκεί αρχικής προέκτασης, μικρού μεγέθους.

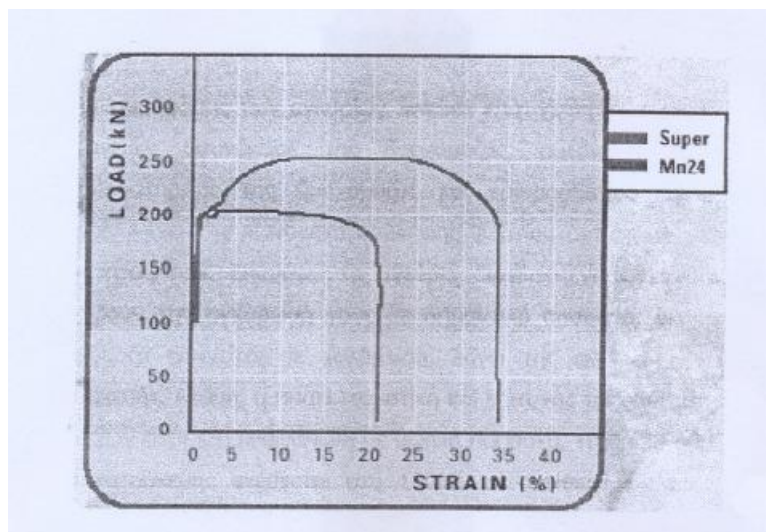
Ο κοχλίας SWELLEX διακρίνεται για την ταχεία διαδικασία τοποθέτησης, τη δυνατότητα άμεσης ανάληψης φορτίων, την αποτελεσματική του συμπεριφορά στην αντιμετώπιση πάσης φύσεως

δονήσεων ή οριζοντίων μετακινήσεων του πετρώματος και τον εύκολο μη καταστροφικό του επανέλεγχο. Η επιτυχής τοποθέτηση του κοχλία εξαρτάται πολύ λιγότερο από την επιδεξιότητα του χειριστή, σε σύγκριση με άλλα συστήματα κοχλίωσης. Απαραίτητα φυσικά είναι η ύπαρξη της ειδικής αντλίας υψηλής πίεσης για τη διοχέτευση του νερού.

Επισημαίνεται επίσης και τονίζεται ιδιαίτερος ότι επιτρέπει την ελεγχόμενη ολίσθηση της βραχόμαζας χωρίς ο ίδιος να οδηγηθεί σε αστοχία ή να περιορισθεί η φέρουσα ικανότητά του, εν αντιθέσει με τους κοχλίες κατανεμημένης αγκύρωσης, των οποίων η παραμένουσα αντοχή μετά από περιορισμένη ολίσθηση στη διεπιφάνεια αγκυρίου – βραχόμαζας περιορίζεται σημαντικά σε σχέση με την αρχική φέρουσα ικανότητα.

Μεταξύ των εναλλακτικών τύπων αγκυρίων SWELLEX που διατίθενται από τον οίκο κατασκευής, τα αγκύρια SWELLEX Manganese Line (SWELLEX Mn) προσφέρουν σημαντικώς υψηλότερα μηχανικά χαρακτηριστικά, καθώς επίσης και τη δυνατότητα συνδέσεως ώστε να επιτυγχάνονται μεγαλύτερα μήκη αγκυρώσεως μέσα από περιορισμένους υπόγειους χώρους, προς επίτευξη του συνολικού απαιτούμενου μήκους.

Τα νέα αγκύρια SWELLEX διαθέτουν ικανότητες από 120 έως 240kN έναντι 100-200kN των προγενέστερων τύπων SWELLEX και περίπου 10% μεγαλύτερη δυνατότητα παραμόρφωσης. Ενδεικτικά τα ανωτέρω φαίνονται στο επόμενο σχήμα όπου δίδεται το διάγραμμα φορτίου – παραμόρφωσης των εν λόγω αγκυρίων και προέκυψε από δοκιμές φόρτισης που διενήργησε ο οίκος κατασκευής σε αγκύρια Swellex και Sxellex Mn24.



Σχήμα 5: Διάγραμμα φορτίου – παραμόρφωσης σε δοκιμές φόρτισης αγκυρίων SUPER SWELLEX και SWELLEX Mn24

Οι νέες υψηλές μηχανικές ιδιότητες των αγκυρίων τύπου Swellex Mn και κυρίως η αυξημένη δυνατότητα παραμόρφωσης με ταυτόχρονη διατήρηση της αντοχής αποτελούν ιδιαίτερα επιθυμητές ιδιότητες για τη λειτουργικότητά τους στις αναπτυσσόμενες συνθήκες παραμόρφωσης των τυπικών διατομών υποστήριξης υπογείων έργων.

Επιπροσθέτως, σημειώνονται τα ακόλουθα ως προς τη δράση των αγκυρίων τύπου Swellex Mn:

Ø Από την υφιστάμενη εμπειρία του οίκου κατασκευής κατά την εφαρμογή των αγκυρίων Swellex Mn σε συνθήκες αντίστοιχες με τις συνθήκες που αναμένονται στο συγκεκριμένο έργο, προκύπτει ότι τα εν λόγω αγκύρια εξασφαλίζουν την υποστήριξη της βραχόμαζας, σε πλατιές σήραγγες ορυσσόμενες σε ποικίλες γεωτεχνικές συνθήκες. Όταν εφαρμόζονται συστηματικά, σε συγκεκριμένο κάρναβο, τα εν λόγω αγκύρια δρουν επί της βραχόμαζας κατά τρόπον ώστε να επιτυγχάνεται η αυτοϋποστήριξη της βραχόμαζας, παρά ως μέτρα ανάληψης φορτίου. Κατά συνέπεια, λόγω του μηχανισμού δράσης των αγκυρίων Swellex Mn είναι δυνατή η περισσότερο αποτελεσματική

υποστήριξη της υπόγειας εκσκαφής σε σχέση με την υποστήριξη που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή αγκυρίων των οποίων ο μηχανισμός δράσης είναι η ανάρτηση της χαλαρωμένης βραχώμαζας.

Ø Λόγω της δράσης των αγκυρίων Swellex επιτυγχάνεται η ισχυροποίηση των επιφανειών ασυνέχεια της βραχώμαζας, αυξάνοντας την ικανότητα αυτοϋποστήριξης της βραχώμαζας και επιπροσθέτως το στέλεχος του αγκυρίου έχει την ικανότητα ανάληψης φορτίου αντίστοιχου της φέρουσας ικανότητάς του. Επιπλέον τα αγκύρια Swellex έχουν τη δυνατότητα να διατηρούν την αγκύρωσή τους σε σημαντικό ποσοστό, ακόμη και όταν η βραχώμαζα οδηγείται σε χαλάρωση, λόγω της εκτέλεσης των εργασιών κατασκευής. Ακόμη, η αποτελεσματική και επιτυχής τοποθέτηση των εν λόγω αγκυρίων είναι εξασφαλισμένη σε υψηλό ποσοστό, το οποίο σύμφωνα με τον οίκο κατασκευής ανέρχεται στο 100%, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους τύπους αγκυρίων. Επίσης, με τα αγκύρια Swellex επιτυγχάνεται άμεση υποστήριξη, η οποία διατηρείται κατά τη φάση κατασκευής.

Ø Σε αντίθεση με τα ανωτέρω, τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης με τσιμεντένεμα δρουν επί της βραχώμαζας παθητικά, και η φέρουσα ικανότητά τους καθορίζεται από το βαθμό επιτυχίας της εγκατάστασής τους και ειδικότερα από την ικανότητα ανάληψης φορτίου μέσω της διεπιφάνειας ενέματος – βραχώμαζας και ενέματος μεταλλικής ράβδου. Κατά συνέπεια, τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης χαρακτηρίζονται από την αδυναμία εξασφάλισης της επιτυχούς τοποθέτησης και αποφυγής αστοχιών που σχετίζονται με το βαθμό αγκύρωσης κατά μήκος των αγκυρίων. Βάσει σχετικών δοκιμών και ελέγχων έχει διαπιστωθεί ότι τουλάχιστον σε ποσοστό 30% και σε ορισμένες περιπτώσεις σε ποσοστό 50% των αγκυρίων ολόσωμης πάκτωσης δεν επιτυγχάνεται αποτελεσματική ενεμάτωση.

Επιπροσθέτως, τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης χαρακτηρίζονται από το ότι η φέρουσα ικανότητά τους επηρεάζεται από το βαθμό χαλάρωσης της βραχόμαζας και κατ' επέκταση διατάραξης του ενέματος αγκύρωσης. Έχει διαπιστωθεί ότι δύναται να παρουσιασθεί απώλεια της φέρουσας ικανότητας των αγκυρίων σε ποσοστό άνω του 50%, όταν προκληθεί παραμόρφωση στη βραχόμαζα και κατ' επέκταση εκτόνωση των αναπτυσσομένων τάσεων. Επίσης, τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης δεν παρέχουν άμεση υποστήριξη, δρουν μόνο παθητικά επί της βραχόμαζας η οποία θα εκδηλωθεί πριν από την ανάπτυξη πίεσης υποστήριξης από τα αγκύρια, η απαιτούμενη πίεση υποστήριξης για την επίτευξη ισορροπίας θα είναι μεγαλύτερη.

Συγκεντρωτικά και στο πλαίσιο όσων αναφέρονται ανωτέρω, σημειώνεται ότι ο τύπος αγκυρίου SWELLEX παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά συγκριτικά πλεονεκτήματα από τεχνικής πλευράς έναντι των προβλεπόμενων αγκυρίων, τα οποία συνοπτικά είναι:

- Άμεση υποστηρικτική δράση επί της βραχόμαζας, ακριβώς από τη στιγμή της τοποθέτησης του αγκυρίου, με ανάληψη από αυτό της τελικής φέρουσας ικανότητάς του.
- Εφαρμογή μικρής δύναμης προέντασης επί της επιφάνειας του πετρώματος επαρκούς και απαραίτητης για τη συγκράτηση μικρών διαστάσεων επισφαλών όγκων βραχόμαζας στην περίμετρο της υπόγειας εκσκαφής.
- Αγκύριο με χαρακτηριστική ευκαμψία ως προς την ανταπόκρισή του στα ασκούμενα εκ της βραχόμαζας φορτία.
- Διατήρηση σχεδόν όλων των πλεονεκτημάτων που χαρακτηρίζουν τις συμβατικές κατανεμημένες αγκυρώσεις.

- Χαρακτηριστική ευκολία και ταχύτητα στην τοποθέτηση, διασφαλισμένη ορθότητα τοποθέτησης ανεξάρτητη των μεταβολών της διαμέτρου του διατρήματος και άμεσος ποιοτικός έλεγχος από το χειριστή της αντλίας τοποθέτησης.
- Βέλτιστη προσαρμογή στις οδοντώσεις του διατρήματος, που θεωρούνται αναπόφευκτες εξαιτίας των αλληπάλληλων επιφανειών ασυνέχειας της βραχόμαζας.
- Καμία αρνητική επίδραση από δονήσεις εξαιτίας πυροδοτήσεων διατρημάτων ή λειτουργίας εκσκαπτικών μηχανημάτων.
- Συγκριτικά μεγαλύτερη ευκαμψία σε σχέση με τις κοινές ράβδους.
- Έχουν τη δυνατότητα να παραλαμβάνουν με επιτυχία διατμητικές δυνάμεις τιμής έως και 90% της φέρουσας ικανότητάς τους υπό συνθήκες διατμητικών μετατοπίσεων ίσων με τη διάμετρο του διατρήματος.
- Η λειτουργία των αγκυρίων δεν επηρεάζεται σε καμία περίπτωση από την παρουσία νερού.

Επιπροσθέτως, στα πλαίσια κατασκευής του έργου με την εφαρμογή του συγκεκριμένου τύπου αγκυρίων επιτυγχάνονται:

- Ø Άμεση εξασφάλιση υποστήριξης της δημιουργούμενης εκσκαφής
- Ø Ταχύτητα ολοκλήρωσης των εργασιών εφαρμογής των αγκυρίων
- Ø Σημαντική αύξηση του ρυθμού προχώρησης με την απαιτούμενη ασφάλεια.

Τα ανωτέρω συνιστούν την ποιοτική αξιολόγηση των αγκυρίων τύπου Swellex Mn, τα οποία προτείνεται από την παρούσα οριστική μελέτη να εφαρμοσθούν στις τυπικές διατομές εκσκαφής και προσωρινής

υποστήριξης της σήραγγας, στις περιπτώσεις που ορίζονται στα σχετικά σχέδια που συνοδεύουν την παρούσα οριστική μελέτη.

5.3 ΑΥΤΟΔΙΑΤΡΟΥΜΕΝΑ ΑΓΚΥΡΙΑ ΒΡΑΧΟΥ

Στην υπό μελέτη σήραγγα και ειδικότερα στις κατηγορίες βραχόμαζας C1 και C2, η βραχόμαζα χαρακτηρίζεται ως συστηματικά και έντονα τεκτονισμένη και διατμημένη, ιδιαίτερα μειωμένης αντοχής και πολύ έντονης αποσάθρωσης. Άμεση και υψηλή τιμή παραμόρφωσης. Πολύ εκτεταμένη ζώνη διαρροής της βραχόμαζας. Εκτεταμένη χαλάρωση και αστάθεια του μετώπου. Αντοχή πετρώματος πολύ μικρότερη από τις αναμενόμενες τάσεις. Για τις ανωτέρω συνθήκες βραχόμαζας, με βάση τη διαθέσιμη εμπειρία σε ανάλογες τεχνικογεωλογικές συνθήκες, διαπιστώνεται ότι υφίστανται σοβαρές δυσχέρειες διατήρησης των διατηρημάτων, λόγω κατάρρευσης των τοιχωμάτων τους, με αποτέλεσμα να καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη η τοποθέτηση των αγκυρίων. Εξαιτίας των εν λόγω προβλημάτων, προκαλούνται σημαντικές καθυστερήσεις στην πρόοδο εκτέλεσης των εργασιών και στην ολοκλήρωση των απαιτούμενων μέτρων προσωρινής υποστήριξης ανά μ.μ. σήραγγας. Επιπροσθέτως, λόγω της χρονικής επιβάρυνσης στην εκτέλεση των εργασιών τοποθέτησης των μέτρων προσωρινής υποστήριξης, προκαλείται περαιτέρω χαλάρωση της βραχόμαζας, με ενδεχόμενο εκδήλωσης αστοχίας. Προς αντιμετώπιση των ανωτέρω δυσχερειών είναι απαραίτητη η εφαρμογή αυτοδιατρούμενων αγκυρίων βράχου, η φέρουσα ικανότητα των οποίων προσδιορίζεται σε κάθε τυπική διατομή εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης.

Συγκεκριμένα, για τις προβλεπόμενες αγκυρώσεις στις κατηγορίες βραχόμαζας C1 και C2, θα χρησιμοποιηθούν αυτοδιατρούμενα αγκύρια βράχου, φέρουσας ικανότητας 300kN, μήκους 6,00m, ενώ για την κατηγορία βραχόμαζας B2 ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν αυτοδιατρούμενα αγκύρια βράχου, μήκους 5,00m. Οι ακριβείς τύποι και οι θέσεις εφαρμογής των εν λόγω ηλώσεων παρουσιάζονται λεπτομερώς στα σχέδια των τυπικών διατομή εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας.

Η διάτρηση θα γίνει με κλασσικά υδραυλικά διατρητικά φορεία κατακόρυφης ή κεκλιμένης διάτρησης. Η ενεμάτωση των αγκυρίων θα γίνει μέσω της κεντρικής διαμήκουσ οπής του στελέχους.

Η εργασία ενεμάτωσης των εν λόγω αγκυρίων, καθώς και των ηλώσεων βράχου με ενεμάτωση, θα πρέπει να εκτελείται επιμελώς ώστε να επιτυγχάνεται πλήρωση του διατρήματος στο σύνολο. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στην εφαρμογή του ενέματος στα ανωφερή διατρήματα, στα οποία εν γένει διαπιστώνονται προβλήματα πλήρωσής τους.

Προκειμένου να επιτυγχάνεται η κατά δυνατόν αποτελεσματικότερη προσαρμογή τόσο των εν λόγω αγκυρίων, όσο και των υπολοίπων τύπων αγκυρίων που εφαρμόζονται στις τυπικές διατομές εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης, θα πρέπει να εφαρμόζονται τα αγκύρια με ημισφαίρια προσαρμογής, ή με πλάκες συγκράτησης με κατάλληλη θολοειδή διαμόρφωση.

Προς επιβεβαίωση των παραδοχών της παρούσας οριστικής μελέτης ως προς τη φέρουσα ικανότητα των αγκυρίων, θα πρέπει να διενεργηθούν δειγματοληπτικά δοκιμές εξόλκευσης ή ελέγχου της ποιότητας

εγκατάστασης όλων των τύπων αγκυρίων που εφαρμόζονται. Ο αριθμός των δοκιμών που θα εκτελεστούν θα προσδιορίζεται επί τόπου κατά τρόπον ώστε να καλύπτεται το σύνολο των συνθηκών εφαρμογής με ικανοποιητική αξιοπιστία.

5.4 ΑΓΚΥΡΙΑ ΜΕΤΩΠΟΥ ΤΥΠΟΥ FIBER GLASS

Για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών ευστάθειας των μετώπων εκσκαφής της άνω ημιδιατομής ιδιαίτερα στις τυπικές διατομές που εφαρμόζεται στις κατηγορίες βραχόμαζας C1 και C2 (και όπου το απαιτούν οι συνθήκες για την κατηγορία B2), τοποθετούνται στο μέτωπο και σε κατάλληλη διάταξη, διαμήκη θυσιαζόμενα αγκύρια τύπου fiberglass, ώστε να είναι ευχερής η αποκοπή τους σε κάθε βήμα προχώρησης.

Τα αγκύρια έχουν μήκος 12m και φέρουσα ικανότητα 250kN και τοποθετούνται σε διατρήματα διαμέτρου 70mm περίπου, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό του αναδόχου. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί επί τόπου ότι οι εν λόγω οπές δεν δύνανται να διατηρηθούν ανοικτές, αναφέρεται ενδεικτικά, παρά το γεγονός ότι η πιθανότητα αντιμετώπισης τέτοιων συνθηκών είναι εξαιρετικά περιορισμένη, ότι τότε θα εφαρμόζεται είτε διάτρηση μεγαλύτερης διαμέτρου (π.χ. Φ130mm) με ή χωρίς ταυτόχρονη σωλήνωση, είτε επιπρόσθετη ποσότητα ινοπλισμένου εκτοξευομένου σκυροδέματος κατάλληλου πάχους, σύμφωνα με τις οδηγίες και τις εντολές της Επίβλεψης του έργου. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να παρακολουθείται και να καταγράφεται συστηματικά η συμπεριφορά του μετώπου και οι όποιες ενδείξεις αστάθειας αυτού, ώστε να καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση της επάρκειας και της αποτελεσματικότητας των

εφαρμοζομένων μέτρων σε κάθε περίπτωση. Η ενεμάτωση των αγκυρίων γίνεται κατά τη διαδικασία που περιγράφεται για τις δοκούς προπορείας.

Η διάταξη και η πυκνότητα των θυσιαζομένων αγκυρίων του μετώπου δύναται να μεταβάλλονται κατά θέσεις (πύκνωση/αραίωση) προκειμένου να προσαρμόζεται στις επί τόπου συνθήκες σύμφωνα με τις οδηγίες της Επίβλεψης του έργου.

Η τοποθέτηση κάθε ομάδας αγκυρίων ανά 8,00m, σε διαφορετικό βήμα, ως προς τη θέση τοποθέτησης των δοκών προπορείας, ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματική επικάλυψη των αγκυρίων του μετώπου και των δοκών προπορείας στις θέσεις των εργασιών εφαρμογής τους.

5.5 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Τα μεταλλικά πλαίσια που προτείνονται στην παρούσα οριστική μελέτη είναι ΗΕΒ120, ΗΕΒ140 και ΗΕΒ160, ανάλογα με την τυπική διατομή



εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης. Τα μεταλλικά πλαίσια τοποθετούνται σε κάθε βήμα εκσκαφής, κατά μήκος του άξονα της σήραγγας και συνδέονται μεταξύ τους με ράβδους Φ16 από χάλυβα ΒSt500/500 σε διάφορες στάθμες καθ' ύψος. Η ενσφήνωσή τους στις

παρειές πρέπει να γίνεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, το οποίο πρέπει να τα καλύπτει εξ ολοκλήρου μετά την τοποθέτησή τους.



Η διατομή των σιδηροδοκών είναι HEB120 για την τυπική διατομή B1, HEB140 για τις τυπικές διατομές B2 και C1 και HEB160 για την τυπική

διατομή C2, από χάλυβα St37.

Στο εργοτάξιο θα πρέπει να προσκομίζονται σε τεμάχια καμπυλωμένα, τα οποία να συνδέονται μεταξύ τους μέσω



μετωπικών ελασμάτων ελαχίστου πάχους 15mm και κοχλιοφόρων ήλων M30. Στις τυπικές διατομές B1, B2, C1 και C2 προβλέπεται διάταξη τύπου "elephant foot" της περιοχής θεμελίωσης των πλαισίων στην άνω ημιδιατομή της σήραγγας, καθώς και διαμήκεις οπλισμοί για την επίτευξη "γεφυρωμένης" στατικής λειτουργίας, στα διαστήματα μεταξύ των πλαισίων.

Σημειώνεται εν προκειμένω η ιδιαίτερη σημασία της επιμελούς και προσεκτικής εκτέλεσης της εκσκαφής στην περιοχή του elephant foot (με ελαφρά χειρωνακτικά μηχανικά μέσα) και η σοβαρή ανάγκη για αποφυγή με οιονδήποτε τρόπο της όποιας υποσκαφής κάτω από την πλάκα θεμελίωσης. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να προηγείται πάντα συστηματικός καθαρισμός της περιοχής από τα προϊόντα εκσκαφής, τοπική επίχωση (εάν απαιτείται από τις συνθήκες) με βραχώδη αδρανή υλικά και εφαρμογή μικρής ποσότητας εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την ασφαλή έδραση του πλαισίου. Τονίζεται επίσης ιδιαιτέρως η ανάγκη για αποφυγή διαταραχής της περιοχής θεμελίωσης του κελύφους της Α'

φάσης κατά την καθαίρεση του προσωρινού ανεστραμμένου τόξου και η ανάγκη για δημιουργία αρχικής διαμήκους εγκοπής στην περιοχή συναρμογής με το ανεστραμμένο τόξο με χρήση μηχανικών κοπτικών μέσων πριν από τη μαζική καθαίρεση αυτού με βαρύ μηχανικό εξοπλισμό.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει τα μεταλλικά πλαίσια να εγκιβωτίζονται πλήρως εντός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, το οποίο πρέπει να εφαρμόζεται με επιμελή διάστρωση και να αποφεύγονται ενδιάμεσα κενά και «κουφώματα» λόγω ατελούς διάστρωσης, τα οποία επιφέρουν ουσιαστικές δυσμενείς επιδράσεις, τόσο στη δομική συμπεριφορά της σύμμεικτης κατασκευής, όσο και στη στατική επάρκεια του φορέα.

Στα ενδιάμεσα των πλαισίων τμήματα θα πρέπει να εφαρμόζονται συστηματικά οι προβλεπόμενοι οπλισμοί πριν από την ολοκλήρωση της διάστρωσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Μεγάλης σημασίας είναι η αυστηρή τήρηση της προβλεπόμενης από τη μελέτη γεωμετρίας των ανάστροφων τόξων της διατομής και του χρονισμού εφαρμογής αυτών, για την αποφυγή ανάπτυξης καθιζήσεων και την επίτευξη της μελετηθείσας στατικής λειτουργίας του δακτυλίου των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

5.6 ΡΑΒΔΟΙ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ (SPILES)

Ράβδοι προπορείας τοποθετούνται στις τυπικές διατομές B2 και C1, κατά τη διάνοιξη της σήραγγας. Η εξωτερική διάμετρος των ράβδων προπορείας θα είναι 51mm, το πάχος των τοιχωμάτων θα είναι 10mm, ήτοι Φ51/5,5 St52. Αυτές οι ράβδοι πρέπει να τοποθετούνται ανά ένα ή δύο βήματα προχώρησης υπεράνω των ήδη εγκατεστημένων μεταλλικών πλαισίων. Λόγω της συνεχούς τοποθέτησής τους, δημιουργούν μία περιοχή με αυξημένη φέρουσα ικανότητα και έχουσα τη δυνατότητα μεταφοράς φορτίου κατά τη διαμήκη έννοια σε ένα μήκος το οποίο είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της ομπρέλας στο τέλος του τμήματος των 3m. Η γεωμετρία της σήραγγας διατηρείται σταθερή και δεν απαιτείται να μεταβάλλεται η γεωμετρία της για την εφαρμογή των ράβδων προπορείας.

Είναι αναγκαίο να τοποθετείται η ράβδος αμέσως μετά την αποπεράτωση της όρυξης του διατρήματος. Συνιστάται να υπάρχει μία οπή εγχύσεως ενέματος ανά μέτρο κάθε ράβδου. Το ένεμα πρέπει να περιέχει επιταχυντικό, πρόσμικτο στοιχείο με το οποίο επιτυγχάνεται έναρξη της διαδικασίας σκλήρυνσης, δύο ώρες μετά την έγχυση. Με την εφαρμογή ράβδων προπορείας, μια ζώνη περίπου 1m, με αυξημένη αντοχή δημιουργείται περί τη σήραγγα.

Οι ράβδοι πρέπει να είναι διαμορφωμένες με ένα αιχμηρό άκρο. Εάν απλώς είναι κομμένες κανονικά και δείχνουν ένα ανοικτό άκρο στην κορυφή τους, η εγκατάστασή τους μπορεί να αποτύχει εάν ένα τεμάχιο πετρώματος παρεμβληθεί προ της εγκατάστασης της ράβδου.

Η ποιότητα του χάλυβα των ράβδων είναι κατ' ελάχιστο St37. Χαμηλότερες ποιότητες δεν είναι αποδεκτές.

5.7 ΔΟΚΟΙ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ (FOREPOLES)

Οι δοκοί προπορείας τοποθετούνται κατά τις γενέτειρες κωλουροκωνικής επιφάνειας με άξονα παράλληλα στον άξονα της σήραγγας και προβλέπονται συστηματικά στην τυπική διατομή C2. Οι μέσες αξονικές αποστάσεις μεταξύ των δοκών είναι 0,40m. Οι δοκοί προπορείας τοποθετούνται σε τόξο του θόλου της ως άνω ημιδιατομής που αντιστοιχεί σε γωνία 112°.



Οι δοκοί είναι διάτρητες έχουν μήκος 12,00m, και έχουν διατομή σωλήνα εξωτερικής διαμέτρου 114,3mm και εσωτερικής διαμέτρου 100,1mm και συνίστανται από χάλυβα St37.

Οι δοκοί πρέπει να τοποθετούνται σε διατρήματα διαμέτρου 130-140mm, τα οποία πληρούνται με τσιμεντένεμα. Αρχικά η ενεμάτωση γίνεται με χαμηλή πίεση 3 bar και μετά την έξοδο ενέματος από το σωληνίσκο εξαερισμού ακολουθεί η εφαρμογή υψηλότερης πίεσης της τάξης των 5-6 bar. Οι εν λόγω πιέσεις αφορούν στην κεφαλή του τουμποσωλήνα και όχι στην έξοδο της αντλίας ενεμάτωσης.



Η διάτρηση, τοποθέτηση και ενεμάτωση των δοκών προπορείας, πρέπει να γίνεται δύο τουλάχιστον ομάδες, κάθε μία από τις οποίες πρέπει να περιλαμβάνει μια εναλλακτική σειρά δοκών. Οι εργασίες τοποθέτησης της 2^{ης} ομάδας πρέπει να γίνεται μετά την ενεμάτωση των δοκών της πρώτης ομάδας. Η διάτρηση και τοποθέτηση πρέπει να γίνεται με χρήση συγκροτήματος τύπου Casagrande με κεφαλή διάτρησης και προώθησης σε βραχίονα ώστε να εκτελεί προσεγγίσεις σε κυλινδρικό σύστημα αναφοράς από σταθερό κέντρο.

Η εμπειρία κατασκευής δοκών προπορείας μεγάλου μήκους σε ανάλογους γεωλογικούς σχηματισμούς έχει αναδείξει σε ορισμένες περιπτώσεις την ανάγκη για ταυτόχρονη σωλήνωση, παράλληλα με την εργασία διάτρησης, λόγω της εμφανούς (ενδεχομένως) αδυναμίας των διατρημάτων να παραμείνουν ανοικτά με ανέπαφα σχετικά τοιχώματα που να επιτρέπουν τη μεταγενέστερη σωλήνωση.

Συνεπώς, εάν απαιτείται η επιλογή δοκών προπορείας διαφορετικού πάχους ή διαμέτρου εξαιτίας της χρήσης ειδικού εξοπλισμού, τότε αυτό είναι επιτρεπτό εφόσον ικανοποιείται η στατική ισοδυναμία και βέβαια εφόσον επιβεβαιωθεί και τεκμηριωθεί σχετικά από την αξιολόγηση των επιτόπου συνθηκών.

Οι διαδοχικές ομπρέλες των δοκών προπορείας εφαρμόζονται κάθε 8,00m μήκους σήραγγας, οπότε η προηγούμενη ομπρέλα υπέρκειται της επόμενης επί μήκους περίπου 4,00m.

5.8 ΟΠΕΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ – ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΤΙΚΕΣ ΟΠΕΣ



Στην παρούσα οριστική μελέτη προβλέπεται ενδεικτικός κάρναβος αποστραγγιστικών οπών μήκους 6m και διαμέτρου 3''. Στις οπές θα τοποθετείται διάτρητος σωλήνας Φ2'' για τη διατήρηση του ανοίγματος. Σε περίπτωση

ύπαρξης ποσότητας αργιλικών ικανών να φράξει τους διάτρητους σωλήνες θα πρέπει να γίνεται και εφαρμογή γεωφάσματος. Ο κάρναβος τοποθέτησης των αποστραγγιστικών οπών προτείνεται πεσσοειδής διαστάσεων 2.5m x 2m. Η χρήση των αποστραγγιστικών οπών θα πρέπει να εξαρτάται από τις επί τόπου συνθήκες υδροφορίας.

Ανακουφιστικές οπές θα ορύσσονται στην επιφάνεια του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε περιοχές όπου θα εμφανίζεται αυξημένη υδροφορία και

θα παρατηρείται «εφίδρωση» της επιφάνειας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Μεγάλης σημασίας είναι η διαχείριση των νερών κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Σε κάθε περίπτωση αυτά δεν πρέπει να επιβαρύνουν την περιοχή των θεμελιώσεων του κελύφους, αλλά να οδηγούνται με αυλάκια ή σωληνώσεις εκτός αυτών, ακόμα και εάν απαιτείται η εκτέλεση αντλήσεων.

5.9 ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΙΣ ΕΠΑΦΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Οι τσιμεντενέσεις επαφής θα πρέπει να εκτελούνται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται ότι όλα τα κενά πίσω από το σκυρόδεμα της επένδυσης ή μεταξύ του σκυροδέματος επένδυσης και των παρενθεμάτων υποστήριξης θα πληρούνται με ένεμα.

Η έγχυση του κονιάματος και τσιμεντενέματος θα πρέπει να γίνεται σε χαμηλές πιέσεις, που δεν θα υπερβαίνουν τα 300 kPa για κάθε τμήμα. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως ένεμα μίγμα τσιμεντοκονιάματος μέγιστης αναλογίας νερού – τσιμέντου – άμμου 1 : 1 : 1 (κατά βάρος).

Για την εκτέλεση τσιμεντενέσεων σε κοιλότητες υπερεκσκαφών, οι οποίες δεν δύνανται να πληρωθούν με σκυρόδεμα, θα πρέπει να τοποθετηθούν σωλήνες εξαερισμού μέσα στην από σκυρόδεμα, θα πρέπει να τοποθετηθούν σωλήνες εξαερισμού μέσα στην από σκυρόδεμα επένδυση για την απελευθέρωση αέρα και νερού. Μετά το τέλος των τσιμεντενέσεων σε οποιαδήποτε οπή, η πίεση θα διατηρείται με κατάλληλο σύστημα, μέχρις ότου επέλθει η αρχική πήξη του τσιμεντενέματος.

Πίνακας 15.1 : Χρόνος εκσκαφής ανά βήμα προχώρησης της σήραγγας

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	Χρόνος (min)				
	A	B1	B2	C1	C2
Μετακίνηση εξοπλισμού	20	20	20	20	20
Διάτρηση	100	80	-	-	-
Καθαρισμός διατρημάτων	30	30	-	-	-
Γόμωση διατρημάτων	80	80	-	-	
Μηχανική Εκσκαφή – Ξεσκάρωμα	30	30	180	180	180
Πυροδότηση – Αερισμός	40	40	-	-	
Χειρισμοί εγκατάστασης – Ελιγμοί	15	15	15	15	15
Καθυστερήσεις	15	15	20	25	30
Σύνολο:	330	310	235	240	245

Πίνακας 15.2 : Χρόνος αποκομιδής προϊόντων εκσκαφής ανά βήμα προχώρησης της άνω ημιδιατομής της σήραγγας

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	Χρόνος (min)				
	A	B1	B2	C1	C2
Μέγιστο βάρος μεταφερομένου υλικού (τόνοι)	355	260	260	230	230
Μετακίνηση εξοπλισμού	10	10	10	10	10
Αποκομιδή υλικών	60	45	45	40	40
Χειρισμοί εγκατάστασης – Ελιγμοί	10	10	10	10	10
Σύνολο:	80	65	65	60	60

Πίνακας 15.3 : Χρόνος τοποθέτησης συστηματικών μέτρων προσωρινής υποστήριξης ανά βήμα προχώρησης της άνω ημιδιατομής της σήραγγας

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	Χρόνος (min)				
	A	B1	B2	C1	C2
1 ^η στρώση ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος	60	60	60	60	60
Αγκύρια βράχου	100	180	60	60	60
2 ^η στρώση ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος	60	80	100	100	120
Τοποθέτηση και αγκύρωση μεταλλικών πλαισίων	-	30	40	40	45
3 ^η στρώση ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος	-	85	100	100	120
Προστασία μετώπου	-	-	90	120	120
Ράβδοι προπορείας	-	-	120	120	-
Δοκοί προπορείας	-	-	-	-	120
4 ^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	-	60	60	60	60
Σύνολο:	220	495	630	660	705
Γεωτεχνικές μετρήσεις	240	180	180	60	60
Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εξομάλυνσης	240	180	120	60	60

Σημείωση: Η σειρά εκτέλεσης των ανωτέρω προβλεπόμενων εργασιών δύναται να διαφοροποιηθεί ανά κατηγορία

Η τοποθέτηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος εξομάλυνσης δύναται να εφαρμοσθεί σε μεταγενέστερο χρόνο.

Οι γεωτεχνικές μετρήσεις υπολογίζονται με βάση 10ωρη απασχόληση ανά 10m προχώρηση και θα εκτελούνται παράλληλα με άλλες βοηθητικές εργασίες.

Σύμφωνα με τα στοιχεία των ανωτέρω πινάκων, η μέση ημερήσια προχώρηση που δύναται να επιτευχθεί ανά κατηγορία βραχώμαζας δίδεται στον ακόλουθο πίνακα.

Ο ρυθμός προχώρησης της άνω ημιδιατομής ουσιαστικά καθορίζει την προχώρηση εκσκαφής και υποστήριξης της σήραγγας, αφού η βαθμίδα δύναται να ακολουθεί το μέτωπο σε δεδομένη απόσταση και οι εκτελούμενες εργασίες της βαθμίδας δύνανται να προσαρμοστούν αναλόγως προς τις εκάστοτε απαιτήσεις του προγράμματος κατασκευής.

Επισημαίνεται επιπλέον ότι η κατασκευή του σκυροδέματος B10 προς πλήρωση και αποκατάσταση της διατομής (ΚΣΠΑΔ) που προσδιορίστηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης να κατασκευαστεί από τη Χ.Θ. 10+233.54 έως τη Χ.Θ. 10+245.31 θα εκτελεσθεί σε παράλληλο χρόνο με τις υπόγειες εκσκαφές. Ωστόσο σε κάθε περίπτωση η κατασκευή του ΚΣΠΑΔ θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί ένα μήνα πριν την έναρξη των υπογείων εκσκαφών στην περιοχή (Χ.Θ. 10+227.00 έως τη Χ.Θ. 10+251.00) προκειμένου το σκυρόδεμα να έχει αποκτήσει τη μέγιστη αντοχή του. Σημειώνεται ότι η εργασία θα πρέπει να διενεργείται καθημερινά σε τρεις βάρδιες εκ των οποίων η τρίτη βάρδια θα χρησιμοποιείται κυρίως για την εκτέλεση των βοηθητικών εργασιών (επέκταση δικτύων νερού – αέρα, διατάξεων βοηθητικού αερισμού, βελτίωση φωτισμού, αντλήσεις κλπ.). Συνεπώς, η πραγματική εργασία υπολογίζεται σε 20ωρο/ημέρα.

Πίνακας 16 : Μέση ημερήσια προχώρηση που δύναται να επιτευχθεί ανά κατηγορία βραχώμαζας σήραγγας.

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	Χρόνος (min)				
	A	B1	B2	C1	C2
Συνολικός απαιτούμενος χρόνος ανά βήμα προχώρησης (ώρες)	10.5	14.5	15.5	16.0	16.8
Μήκος εκσκαφής και αντιστήριξης ανά βήμα προχώρησης (m)	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
Μέση ημερήσια προχώρηση (m)	3.6 - 4.0	1.9 - 2.3	1.7 - 2.1	1.1 - 1.5	1.0 – 1.4

Με βάση τα στοιχεία του ανωτέρω πίνακα σε συνδυασμό και με την εκτίμηση των συνολικών μηκών εφαρμογής της κάθε μίας εκ των κατηγορίας βραχόμαζας που αναμένεται να συναντηθούν κατά μήκος της σήραγγας δύναται να εκτιμηθεί ο απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωση των εργασιών όρυξης της σήραγγας του έργου.