

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΗΡΑΓΓΑ 13B ΑΚΡΑΤΑΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

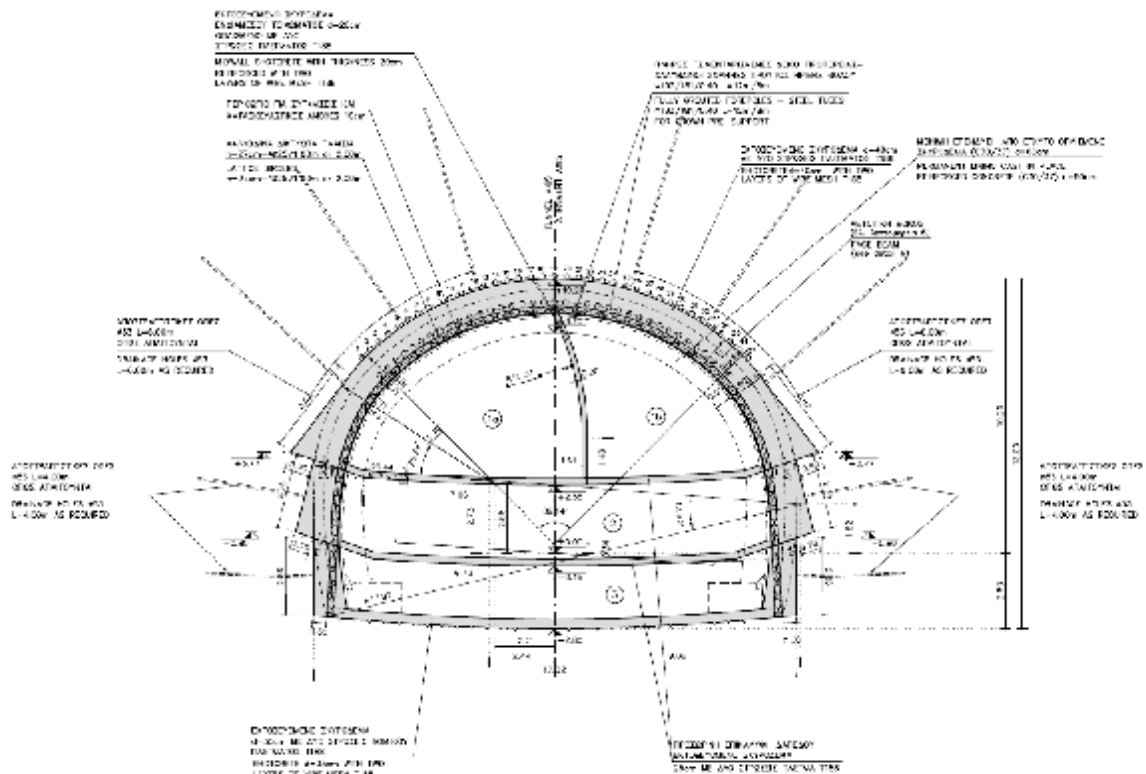


FIG. 2.2 TYPICAL SECTION GEOMETRY AT MAXIMUM POSITION

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: ΚΑΤΣΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ ΣΤΥΛΙΑΝΗ
(Α.Μ.4950)

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΠΑΤΡΑ – 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και ασχολείται με την μέθοδο κατασκευής της Σήραγγας 13B στην Ακράτα, η οποία αποτελεί μέρος της Ολυμπίας Οδού, καθώς και στις εμπειρικές μεθόδους που εφαρμόστηκαν.

Ευχαριστούμε θερμά την Εποπτεύουσα Καθηγήτρια μας κα. Βγενοπούλου Ειρήνη, καθώς επίσης τον κ. Παπαδημητρίου, διευθυντή του εργοταξίου στην Ακράτα, και τους κ. Φραγκόπουλου Βαγγέλη και κ. Γκλάβα Ανδρέα για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφεραν για την πραγματοποίηση αυτής της Εργασίας.

Κάτσου Ελένη

Σπυροπούλου Στυλιανή

Ιανουάριος 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται καταρχάς στη διαδικασία που ακολουθήθηκε για την κατασκευή της Σήραγγας 13B στην Ακράτα και εν συνεχεία στις εμπειρικές μεθόδους κατασκευής εκτίμησης των ιδιοτήτων των υπερκείμενων πετρωμάτων.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε δύο κεφάλαια όπου αναπτύσσονται κατά το δυνατό τα παραπάνω αντικείμενα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην κατασκευή και περιγραφή του έργου της Ολυμπίας Οδού και στις γεωλογικές συνθήκες στην ευρύτερη περιοχή. Επίσης γίνεται αναφορά στις συνθήκες τοποθεσίας και τα κριτήρια σχεδιασμού για την Σήραγγα 13B και στην περιγραφή του συστήματος υποστήριξης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις μεθόδους κατασκευής σηράγγων και στην εφαρμογή των εμπειρικών μεθόδων GSI και RMR. Έχοντας τις τιμές του GSI από τη γεωλογική μελέτη, στην παρούσα πτυχιακή εργασία υπολογίστηκε η τιμή RMR και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ 13B	6
1.1 Γενική περιγραφή του έργου της Ολυμπίας Οδού.....	6
1.2 Ακράτα Σήραγγες 13Α και 13B	9
1.2.1. Γεωλογικές συνθήκες από την ευρύτερη περιοχή.....	9
1.2.2 Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής	14
1.2.3 Φαινόμενα κατολισθήσεων.....	14
1.3 Η Σήραγγα 13B.....	15
1.3.1 Γεωλογικές συνθήκες και γεωτεχνικά δεδομένα.....	16
1.3.2 Παραδοχές και ιδέες σχεδίασης	20
1.3.3 Περιγραφή συστήματος υποστήριξης και επακόλουθη κατασκευή ...	22
1.4 Εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη.....	23
1.4.1 Ανάλυση οριζοντιογραφίας – γενική διάταξη.....	23
1.4.2 Ανάλυση της κατά μήκος τομής	25
1.5 Στάδιο ακολουθίας κατασκευής	29
1.5.1 Εγκάρσιες τομές	29
1.5.2 Κατά μήκος τομή.....	36
1.6 Τυπική διατομή – γεωμετρία και διάταξη.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ- ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	45

2.1 Μέθοδος ανοιχτού ορύγματος CUT&COVER.....	45
2.1.1 Μεθοδολογία Κατασκευής	45
2.2 Μέθοδος υπόγειας διάνοιξης NATM.....	47
2.2.1 Μεθοδολογία κατασκευής	47
2.3 Περιγραφή και ταξινόμηση της βραχόμαζας.....	49
2.3.1 Περιγραφή της βραχόμαζας	49
2.3.2 Μηχανική αντοχή του πετρώματος	49
2.3.3 Δείκτης κερματισμού της βραχόμαζας (RQD)	51
2.3.4 Συστήματα ταξινόμησης της βραχόμαζας	53
2.4 Δείκτης Γεωλογικής Αντοχής,GSI.....	53
2.4.1 Συστάσεις και περιορισμοί στην εφαρμογή του Δείκτη.....	55
2.4.2 Πεδία μεταβολών του Δείκτη ανάλογα με τον τύπο του πετρώματος	58
2.4.3 Για τη σήραγγα 13B	66
2.5 Σύστημα RMR (Bieniawski)	67
2.5.1 Μέτρα υποστήριξης σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά RMR	70
2.5.2 Σύγκριση RMR με GSI:	72
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	79

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κοινοπραξία ΟΛΥΜΠΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. επελέγη κατόπιν διαγωνισμού από το ΥΠΕΧΩΔΕ για να σχεδιάσει, να χρηματοδοτήσει, να κατασκευάσει και να λειτουργήσει τον αυτοκινητόδρομο για μια περίοδο 30 ετών, με αφετηρία το έτος 2008. Οι εταιρίες που μετέχουν στην κοινοπραξία διαθέτουν μεγάλη εμπειρία στο σχεδιασμό και την υλοποίηση παρόμοιων μεγάλων έργων, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Η κατασκευή των νέων τμημάτων του αυτοκινητόδρομου Κορίνθου-Πατρών βρίσκεται σε εξέλιξη. Με την ολοκλήρωση, το έργο θα έχει 19 νέες σήραγγες συνολικού μήκους 18,5 km και καινούργια υποδομή 365km όταν θα δοθεί στην κυκλοφορία. Μέρος της Ολυμπίας Οδού αποτελούν και οι σήραγγες 13Α και 13Β στην Ακράτα. Και οι δυο σήραγγες αντιμετώπισαν προβλήματα τεχνικά και συγκεκριμένα στη σήραγγα 13Β υπήρξε έντονο πρόβλημα εμφάνισης υπόγειου νερού με αποτέλεσμα να υπάρξει σημαντική καθυστέρηση στην ολοκλήρωση του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ 13B

1.1 Γενική περιγραφή του έργου της Ολυμπίας Οδού

Οι εργασίες κατασκευής - πριν την παύση εργασιών - των νέων τμημάτων του αυτοκινητοδρόμου Κορίνθου-Πατρών επικεντρώνονται κυρίως στις μεγάλες κατασκευές, όπως η κατασκευή σηράγγων, γεφυρών, άνω και κάτω διαβάσεων και αντιπλημμυρικών έργων, καθώς και σε διαπλατύνσεις της υφισταμένης οδού αφού ο νέος αυτοκινητόδρομος ακολουθεί κατά κύριο λόγο την υφιστάμενη χάραξη.

Τμήμα	Μήκος	Περιγραφή
Θήβα-Ελευσίνα I/C μέχρι Αρχαία Κόρινθο I/C	63.2km	Υπάρχων αυτοκινητόδρομος με μετατροπές στην υποδομή του
Αρχαία Κόρινθος I/C μέχρι Πάτρα παράκαμψη πρώτη I/C (K1)	120.0km	Νέος αυτοκινητόδρομος θα κατασκευαστεί στον ήδη υπάρχοντα Εθνικό δρόμο
Πάτρα παράκαμψη πρώτη I/C (K1) μέχρι τελευταίο I/C (K7 Μιτιλόγλι)	18.3km	Υπάρχων αυτοκινητόδρομος με μετατροπές στην υποδομή του
Πάτρα παράκαμψη τελευταία I/C (K7 Μιτιλόγλι) μέχρι Αλφειό I/C	87.5km	Νέος αυτοκινητόδρομος θα κατασκευαστεί σε απόσταση από τον ήδη υπάρχοντα Εθνικό Δρόμο
Αλφειό I/C μέχρι Τσακώνα	76.2km	Νέος αυτοκινητόδρομος θα κατασκευαστεί και εν μέρει θα ταυτίζεται με τον υπάρχοντα Εθνικό δρόμο
Συνολικά	365.2km	Ολόκληρο το μήκος θα παραχωρηθεί μετά το τέλος όλων των εργασιών

Οι γεωλογικές συνθήκες, οι γεωτεχνικές δυσκολίες και οι περιβαλλοντικές συνθήκες στο τμήμα της Κορίνθου-Πατρών, καθώς και οι απαιτήσεις των σύγχρονων προδιαγραφών χάραξης αυτοκινητοδρόμων με επαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά, επιβάλλουν σε πολλές περιπτώσεις την κατασκευή ενός μεγάλου αριθμού σηράγγων.

Ο νέος αυτοκινητόδρομος Κορίνθου – Πατρών θα έχει πάνω από 16 χιλιόμετρα σηράγγων. Οι βασικότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί μέσα από τους οποίους διέρχονται οι σήραγγες είναι μάργες, χαλαρά κροκαλοπαγή, χαλαροί ψαμμίτες και ασβεστόλιθοι. Η διάνοιξη των σηράγγων, παρά τις δυσκολίες, προχώρησε με εντυπωσιακούς ρυθμούς.

Οι κατασκευαστικές δραστηριότητες εστιάζονται:

α). Στην κατασκευή των νέων τμημάτων αυτοκινητοδρόμου συνολικού μήκους 284 χιλιομέτρων

- Στα 120 χιλιόμετρα του τμήματος Κορίνθου-Πατρών, με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και λωρίδα έκτακτης ανάγκης ανά κατεύθυνση, και διαχωριστικό διάζωμα.
- Στα 164 χιλιόμετρα των τμημάτων Πατρών-Πύργου και Αλφειού-Τσακώνας, με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και λωρίδα έκτακτης ανάγκης ανά κατεύθυνση και διαχωριστικό διάζωμα για το πρώτο τμήμα, και δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση με διαχωριστικό διάζωμα για το δεύτερο τμήμα.

β). Στην αναβάθμιση των υφισταμένων τμημάτων αυτοκινητοδρόμου συνολικού μήκους 82 χιλιομέτρων

- Στα 63 χιλιόμετρα του τμήματος Ελευσίνας-Κορίνθου, το οποίο αποτελεί υφιστάμενο αυτοκινητόδρομο τριών λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.
- Στα 18 χιλιόμετρα της Ευρείας Παράκαμψης Πατρών, η οποία αποτελεί υφιστάμενο αυτοκινητόδρομο δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.

Οι 5 νέες σήραγγες στο Δερβένι, τα Μαύρα Λιθάρια, την Ακράτα, τον Πλάτανο και την Παναγοπούλα θα μικρύνουν τις αποστάσεις, θα μειώσουν το θόρυβο και την ατμοσφαιρική ρύπανση και θα προσφέρουν στον ταξιδιώτη μεγαλύτερη ασφάλεια και άνεση. Πλήρης διάνοιξη έχει επιτευχθεί στις μεγαλύτερες σήραγγες του έργου στην περιοχή της Παναγοπούλας (τμήμα 4.003m προς Κόρινθο + τμήμα 3.160m προς Πάτρα), στη σήραγγα Δερβενίου (δύο σήραγγες προς Κόρινθο) και, επίσης, απομένει μικρό τμήμα στη σήραγγα Μαύρων

Λιθαρίων. Η φάση εκσκαφής όλων των σηράγγων είναι κατά 62% ολοκληρωμένη.



1.2 Ακράτα Σήραγγες 13Α και 13Β

Διαδοχικά τμήματα σήραγγας συνδέονται με γέφυρα, από σήραγγα 13Β μήκους 252 m και σήραγγα 13Α μήκους 790 m με κατεύθυνση προς Αθήνα.



Όλες οι εισοδοί των σηράγγων κατασκευασμένες από Cut & Cover (προσωρινοί πάσσαλοι, πλάκες) έχουν ολοκληρωθεί, εκτός από μία είσοδο σήραγγας, όπου τα έργα έχουν καθυστερήσει εξαιτίας αρχαιολογικών ευρημάτων.

1.2.1. Γεωλογικές συνθήκες από την ευρύτερη περιοχή

Η Βόρεια Πελοπόννησος, στην παράκτια περιοχή της μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρεις βασικές λιθογραφικές ενότητες:

1. Στην κατώτερη ομάδα που αποτελείται από ποτάμιες-λιμναίες εναποθέσεις.
2. Στη μεσαία ομάδα που αποτελείται από ένα δέλτα τύπου Gilbert
3. Στην ανώτερη ομάδα συμπεριλαμβανομένων των εναποθέσεων στην πλαγιά και το δέλτα τύπου Gilbert που για να ενισχυθεί ανυψώθηκε.

Ο προσδιορισμός της ηλικίας της κατώτερης ομάδας κυμαίνεται από το Άνω Πλειόκαινο (υποδιαίρεση της τριτογενούς γεωλογικής περιόδου της Γης και των αντίστοιχων πετρωμάτων) έως το Κάτω Πλειστόκαινο (υποδιαίρεση της τεταρτογενούς γεωλογικής περιόδου της Γης).

Οι εκτιμήσεις για την μεσαία ομάδα κυμαίνονται από (~ 1,8 - 0,8 Ma) Καλαβρίας (υποδιαίρεση της Πλειστόκαινου Εποχής) μέχρι το Μέσο Πλειστόκαινο ενώ για τις ηλικίες της ανώτερης ομάδας κυμαίνονται από 0.8Ma έως 305 χρόνια π.Χ. Όπως συμπεραίνεται από την εξάπλωση των εναποθέσεων, κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαινού, στον Κορινθιακό κόλπο κατέλαβαν μια μεγάλη περιοχή της βόρειας Πελοποννήσου, που έχει επεκταθεί από 25-30 χιλιόμετρα προς τα νότια. Μεταξύ του Άνω Πλειόκαινου και του κάτω Τεταρτογενούς, λόγω της δράσης του σεισμού (E) και του βάρους (W) έχουν δημιουργηθεί κανονικά ρήγματα και έτσι αποκτά σταδιακά τη σημερινή μορφή.

Η κατώτερη ομάδα μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρεις βασικούς σχηματισμούς. Αυτοί είναι, σε στρωματογραφική σειρά : ο σχηματισμός Εξοχής, ο σχηματισμός Βάλιμι και ο σχηματισμός Αιγές

- Ο Σχηματισμός Εξοχής περιλαμβάνει μια προσχωσιγενή εναπόθεση και αποτελείται κυρίως από την λανθασμένη ταξινόμηση βότσαλων με μορφή φακοειδών στρώσεων βότσαλων, ψαμμιτών και ιλυόλιθων.

- Ο σχηματισμός Βάλιμι αποτελείται από κόκκους σε ομάδες συσσωματωμένων στρώσεων βότσαλων από άργιλο και ιλυόλιθο με υφάλμηρη επιφάνεια. Τοπικά αποτελείται από χονδρόκοκκο ψαμμίτη, άργιλο, ιλυόλιθο και στρώσεις λιγνίτη ,και έτσι εκπροσωπούν το δέλτα τύπου Gilbert με εναποθέσεις στην στέψη του δέλτα.

- Ο σχηματισμός Αιγές αποτελείται από εύσχιστους (κελυφώδης) ιλυόλιθους και μάργες, που εναποτίθενται σε λιμναίο περιβάλλον, σε αραιές στρώσεις ψαμμίτη.

Η μεσαία ομάδα αντιστοιχεί σε ένα γιγαντιαίο (πάνω από 500 μέτρα σε ύψος) δέλτα τύπου Gilbert και ένα σύστημα θολότητας που αποτελείται από:

- Κακώς ταξινομημένες ομάδες στρώσεων κόκκων με λεπτότερους κόκκους σε διαβρωτικές στρώσεις (εναποθέσεις στέψης).

-Συσσωματωμένοι κόκκοι βότσαλων τείνουν να διαχωριστούν και να ταξινομηθούν σε στρώσεις λεπτής υφής (εναποθέσεις στην μέση).

- Κόκκοι σε συσσωματωμένες στρώσεις βότσαλων ταξινομούνται σε κόκκους ψαμμιτών ή ιλυόλιθων (εναποθέσεις στο κάτω μέρος).

Η ανώτερη ομάδα αντιστοιχεί σε μικρό (1-80m) δέλτα τύπου Gilbert ή θαλάσσιο ύψωμα εναποθέσεων.

Ένα δέλτα είναι ένας προσχωσιγενής ταμιευτήρας του οποίου η μπροστινή του ενέργεια είναι μια διασύνδεση με το νερό, θαλάσσια ή λιμναία, στην οποία το δέλτα είναι ακτογραμμική και με την οποία αλληλεπιδρά. Τα δέλτα τύπου Gilbert έχουν απότομη διακοπή της κλίσης πάνω ή κοντά στην ακτή.

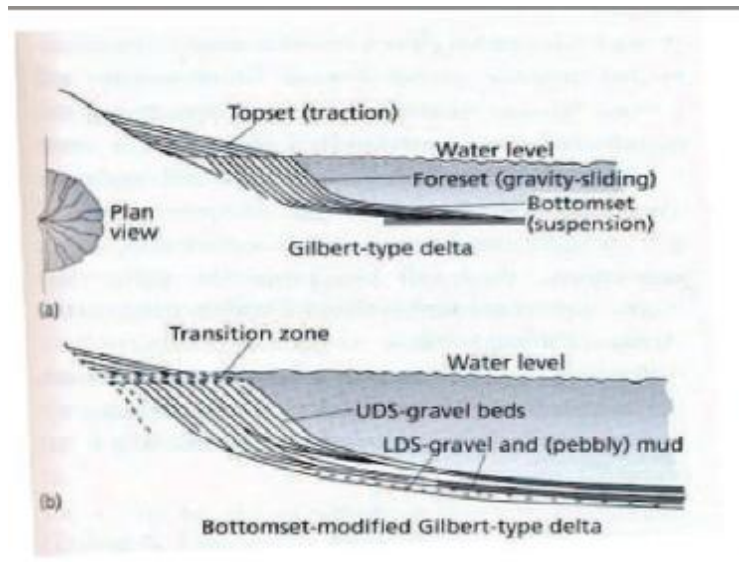
Τα δέλτα τύπου Gilbert (1885) είναι χοντροκομμένοι κόκκοι και μπορούν να διακριθούν σε τρεις γεωμετρικές ενότητες: υφαλοκρηπίδα (topset), πλαγιά (foreset) και λεκάνη απορροής (bottomset). Η γεωμετρία των πρόσφατων δέλτα σήμερα αποτελεί την υπεράκτια περιοχή του Κορινθιακού κόλπου και είναι το εξής:

- Η υφαλοκρηπίδα είναι περιορισμένη ,με το πλάτος της να κυμαίνεται μεταξύ 50 - 250 μέτρα και τα σύνορά της βρίσκονται 100 - 250 μέτρα βάθος.

- Η πλαγιά είναι επίσης περιορισμένη, κάμψη 16m έως 30m και τοπικά υπερβαίνει τα 50m.

- Η λεκάνη απορροής είναι σχεδόν οριζόντια και βρίσκεται κάτω από 750m βάθους.

Οι παλαιότεροι ταμιευτήρες εμφανίζονται στις ανεπτυγμένες ακτές της Βόρειας Πελοποννήσου και έχουν παρόμοια γεωμετρία. Οι ταμιευτήρες αναπτύχθηκαν τόσο στο παρόν όσο και στο παρελθόν, η ανάπτυξη αυτή οφείλεται στις ευνοϊκές συνθήκες που επικρατούν στον Κορινθιακό κόλπο, που είναι ο συνδυασμός του έντονου μορφολογικού ανάγλυφου και των υψηλών ποσοστών ιζημάτων.

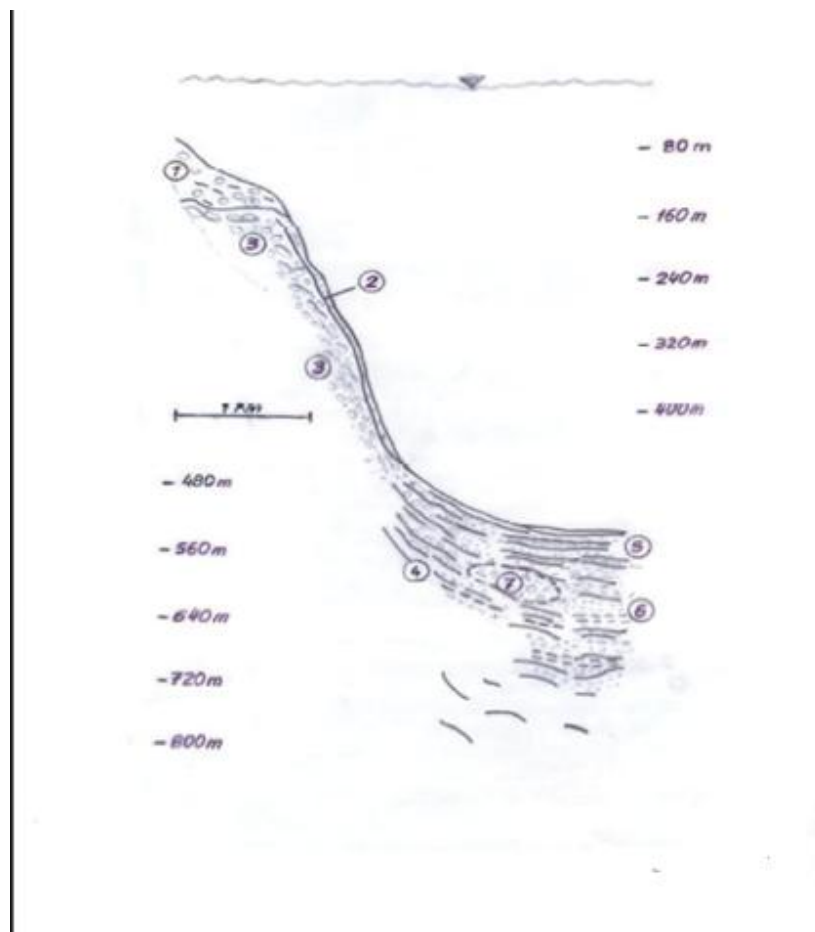


Σχήμα 1.1: Δέλτα τύπου Gilbert

Οι σχηματισμοί που αναμένεται να εμφανιστούν σε ένα είδος δέλτα τύπου Gilbert παρατηρούνται στο σχήμα 2 και είναι οι εξής:

1. Ποτάμια τύπου δέλτα εναποθέσει συσσωρεύονται στην υφαλοκρηπίδα σε ένα ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον. Έχουν πρισματική μορφή και μικρό πάχος. Ακουμπούν απαλά προς την πλαγιά και απλώνουν ακανόνιστα στα υπάρχοντα υλικά.
2. Χονδρόκοκκη άμμος και χαλίκι εναποτίθενται ως ροή μάζας κατά τη μετάβαση του ορίου από την αρχή του σχηματισμού του δέλτα έως και το τέλος του όπου υπάρχει νερό. Βρίσκονται κάτω από την υφαλοκρηπίδα έχουν ακανόνιστη γεωμετρία και μορφή στην κλίση της πλαγιάς. Αντιπροσωπεύουν την κλίση των εναποθέσεων στην μπροστινή πλευρά του δέλτα, κατά τη διάρκεια της τελευταίας ύφεσης στο επίπεδο της θάλασσας.
3. Στους δύο προαναφερθέντες σχηματισμούς, υπάρχει εμφάνιση ακανόνιστων εναποθέσεων χονδρόκοκκου πλειστόκαινου, σχετικά συνεκτική υφαλοκρηπίδα και εναποθέσεις πλαγιάς. Εμφανίζουν ακανόνιστη εσωτερική γεωμετρία.
4. Χονδρόκοκκη άμμος και χαλίκι εναποτίθεται στη ποδιά της πλαγιάς, στο σύνορο με την λεκάνη απορροής και αποτελούν συνέχεια του σχηματισμού 2. Αυτοί αντιπροσωπεύονται από στρώσεις μικτής γεωμετρίας που βρίσκεται σχεδόν σε οριζόντια θέση προς την κάτω καμπυλωτή πλευρά και σχεδόν κάθετα προς την κατεύθυνση της άνω πλευράς.

5. Διαδοχικές στρώσεις ρευμάτων θολότητας από την ετερογενή κατανομή του μεγέθους των κόκκων, αναμιγνύεται με λεπτόκοκκες στρώσεις και εναποτίθενται στην λεκάνη απορροής. Αποτελούν διαδοχικές παράλληλες στρώσεις λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων υλικών με μεγάλη εξάπλωση.
6. Αυτός ο σχηματισμός εναλλάσσεται με τον προηγούμενο δημιουργώντας μια συνεχή αλληλουχία στρώσεων από ρεύματα θολότητας στη βάση της πλαγιάς και στην λεκάνη απορροής. Μπορεί να διακριθεί από τον προηγούμενο σχηματισμό μέσω της ομοιογενούς κατανομής του μεγέθους των κόκκων. Αυτοί αποτελούνται από λασπώδες και αμμώδεις ενστρώσεις.
7. Αντιπροσωπεύουν ομοιογενείς μάζες ιζημάτων που προέρχονται από τις ενιαίες ή διαδοχικές κατολισθήσεις χωρίς εσωτερική δομή, συσσωρεύονται στη βάση της πλαγιάς και στη λεκάνη απορροής κάτω ή μεταξύ των δύο προηγούμενων σχηματισμών.



Σχήμα 1.2: Τυπική ιζηματογενής δομή του δέλτα τύπου Gilbert όπως εμφανίζεται δυτικά του Κορινθιακού κόλπου.

1.2.2 Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής

Η σημερινή μορφολογία της περιοχής Κορίνθου είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης των εξής:

-Υψηλά ιζήματα-''φορτωμένα'' ποτάμια.

-Αλλαγές της στάθμης της θάλασσας (62-70m πτώση από το σημερινό επίπεδο), εξαιτίας των οποίων κατά τη διάρκεια της εποχής των παγετώνων ο κόλπος μετατράπηκε προσωρινά σε λίμνη.

-Κανονικά σφάλματα.

-Θαλάσσια και αιολική διάβρωση

-Κλίμα.

Οι σήραγγες που πρόκειται να ανασκαφούν στους παράκτιους λόφους του Μαρμαρά και Γουμαίκα, ο κύριος άξονας των οποίων έχουν Β-N κατεύθυνση. Εμφάνιση δομής Πλειο-Πλειστόκαινου ιζημάτων ανάμεσα στους δύο λόφους. Το αποχετευτικό σύστημα της περιοχής αποτελείται από την 4η τάξη του Θολοπόταμου ποταμού, που ρέει μεταξύ των δύο λόφων. Η ανατολική είσοδος της σήραγγας 13Α βρίσκεται στο εσωτερικό του Κριού ποταμού, που στραγγίζει ολόκληρη σχεδόν την επαρχία Αιγιαλείας. Το υψόμετρο στην περιοχή της σήραγγας κυμαίνεται από 20 m έως 149m. Η φυσική πλαγιά είναι ήπια σε γενικές γραμμές, κυρίως λόγω της παρουσίας του χονδρόκοκκου υλικού γεγονός που καθιστά πιο ομαλή την μείωση της εμφάνισης των Πλειο -Πλειστόκαινων σχηματισμών.

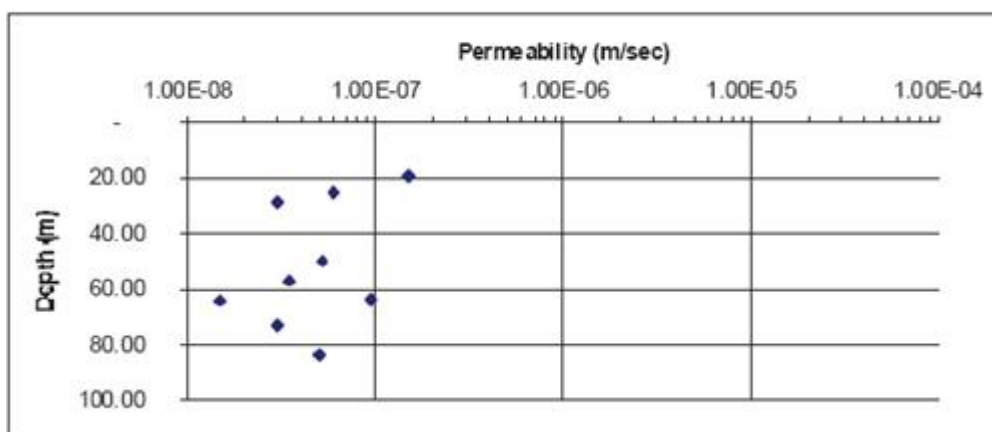
1.2.3 Φαινόμενα κατολισθήσεων

Όπως φαίνεται στους γεωλογικούς χάρτες στις σήραγγες 13Α και 13Β στις ανατολικές εισόδους εμφανίζονται αποσαθρωμένα υλικά. Από την ερμηνεία των δεδομένων από τις διερευνητικές τομές 59Φ1-59Φ3, στην ανατολική πύλη της σήραγγας 13Α, ο σχηματισμός αποσαθρωμένων υλικών αναμένεται να είναι παχύς, στη θέση στην οποία η υπόγεια εκσκαφή αρχίζει, αναμένεται να είναι της τάξης των 3,50m - 8,00m. Σύμφωνα με το γεωλογική διασταύρωση και τις επιμήκεις τομές, το πάχος των αποσαθρωμένων υλικών αυξάνεται στα βόρεια και στα ανατολικά.

Στη σήραγγα 13Β η ανατολική είσοδος μπορεί να εκτιμηθεί πώς έχει πάχος 3,00 m σε 5,00 m από αποσαθρωμένα υλικά. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποσαθρωμένα υλικά που προέρχονται από την αποσύνθεση των μαζικών ομογενοποιημένων σχηματισμών, εμφανίζονται στις υψηλότερες τοπογραφικές περιοχές ή / και από ανατροπή και συρόμενη από αυτές, που προκαλούνται από

την απώλεια στήριξης, λόγω της διάβρωσης του υποκείμενου χαλαρού χαλικιού- ομογενοποιημένου σχηματισμού. Η κλίση της κάτω πλευράς της ανατολικής εισόδου που βρίσκεται στην περιοχή του ποταμού Θολοπόταμος εμφανίζει αποσαθρωμένα λεπτόκοκκα υλικά.

Στην περιοχή της σήραγγας 13B στη δυτική είσοδο η αρχική κατολίσθηση που πιθανολογήθηκε τελικά επιβεβαιώθηκε από την γεωτεχνική έρευνα. Στην γεώτρηση 59ΓΝ 8 μεταξύ βάθους 7.20m-8,00 m, ένα στρώμα από κόκκινη άργιλο βρέθηκε, που αντιστοιχεί σε μια κοντινή επιφάνεια από παλιά υλικά εκτόνωσης και θάφτηκε από κατολίσθηση σε χερσαίο περιβάλλον. Στην ίδια γεώτρηση σε βάθος 13.20m βρέθηκε επίσης ένα λείο επίπεδο με ραβδώσεις που αντιπροσωπεύουν μια παλαιότερη κατολίσθηση που πιθανώς έλαβε χώρα στο θαλάσσιο περιβάλλον. Στην γεώτρηση 59 ΓΝ9 στις επιφάνειες που βρίσκονταν σε βάθος 7.20 m και 10.40m βρέθηκαν τα αντίστοιχα. Επίσης στο δρόμο προς το κοντινό νεκροταφείο, τοξωτές ρωγμές παρατηρήθηκαν, αποκαλύπτοντας οριζόντια και κάθετη μετατόπιση σε τοπικό επίπεδο.



Σχήμα 1.3: Διάγραμμα Διαπερατότητας/Βάθους

1.3 Η Σήραγγα 13B

Η σήραγγα σύμφωνα με το σχέδιο θα ανασκαφεί στο παραθαλάσσιο λόφο των οικισμών Γκουμαίικα που βρίσκεται δεξιά, μετά την κοιλάδα του ποταμού Θολοπόταμος, σχηματισμένη ανάμεσα σε δύο λόφους (ο άλλος λόφος είναι ο Μαρμαράς), μέσω της οποίας η διάβαση για Ακράτα θα γίνεται από το τμήμα του αυτοκινητόδρομου που είναι ήδη κατασκευασμένος. Ανάμεσα σε αυτούς τους λόφους έχει βρεθεί δομή πλειόκαινων (υποδιαίρεση της τριτογενούς γεωλογικής περιόδου της Γης και των αντίστοιχων πετρωμάτων) και

πλειστόκαινων (υποδιαίρεση της τεταρτογενούς γεωλογικής περιόδου της Γης)
ιζημάτων.

1.3.1 Γεωλογικές συνθήκες και γεωτεχνικά δεδομένα

Συγκεκριμένα για την παρούσα σήραγγα 13B, οι κυρίαρχοι σχηματισμοί μεταξύ των μαζών της είναι λεπτόκοκκο και χονδρόκοκκο χαλίκι με μορφή τσιμέντου σε εναλλασσόμενες στρώσεις – συσσωματωμένο (ιλυώδης χάλικες “τσιμεντωμένοι”) και χαλαρό ιλυώδη ψαμμίτη (ιλυώδης άμμος “τσιμεντωμένη”). Αυτά εναποτίθενται ως ρεύματα θολότητας στη βάση της πλαγιάς ή στο επίπεδο λεκάνης απορροής. Τα εναλλασσόμενα στρώματα έχουν πάχος της τάξης των 0,50 ~ 2,50m και εμφανίζονται σχεδόν σε οριζόντια θέση. Οι παραπάνω σχηματισμοί που υπερκαλύπτουν τους σχηματισμούς της μάργας και αποτελούν το βράχο της περιοχής.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών συμπεραίνεται ότι τα στρώματα των σχηματισμών της μάργας βρίσκονται σε ένα ικανοποιητικό βάθος (σε βάθος μεγαλύτερο από την σήραγγα), δεδομένου ότι δεν έχει εμφανιστεί σε καμία γεώτρηση στην εξεταζόμενη περιοχή. Η εμφάνιση κίτρινο-καφέ διαβρωμένης μάργας σε μια μόνο γεώτρηση σε ένα μικρότερο βάθος από αυτό της σήραγγας, η οποία έχει γίνει κοντά στην ανατολική πλευρά της, θεωρείται ως μία ένδειξη ότι το στρώμα μάργας ή παρεμβολή αυτής, θα μπορούσε να βρεθεί σε ένα ορισμένο βαθμό στην πρόσοψη της σήραγγας (προς το κάτω μέρος του τμήματος), αλλά αυτό είναι πολύ απίθανο να κυριαρχήσει σε μεγάλο μήκος και σε όλη την περιοχή της πρόσοψης.

Λόγω του διαβρωμένου περιβάλλοντος μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα μέρος των κυρίαρχων εναλλασσόμενων στρωμάτων, που θεωρείται ως ένα από τα λεπτόκοκκα στρώματα μάργας. Επίσης λαμβάνοντας υπόψη ότι αυτό εμφανίζεται κοντά στην ανατολική είσοδο της σήραγγας, ακόμα κι αν προέκυψε μια πιο παχιά ζώνη της πιο συνεκτικής μάργας, την επηρεάζει σε τέτοιο βαθμό που θα πρέπει η αντιμετώπιση της πλευρά να είναι πιο συντηρητική.

Στις εισόδους της σήραγγας και για τα πρώτα μέτρα της υπόγειας εκσκαφής, οι ακόλουθοι σχηματισμοί τοποθετούνται πάνω από τους κυρίαρχους σχηματισμούς που έχουν ήδη περιγραφεί πιο πάνω.

- Στην ανατολική είσοδο, υπάρχει μια ζώνη λίθινων θραυσμάτων με πάχος 5-7m όπου υπάρχει μια ανηφορική μείωση. Αποτελείται κυρίως από ιλυώδης κόκκινη άμμο και ψηφίδα τα οποία είναι ελαφρώς κολλημένα μεταξύ τους και δεν έχουν καμία έλλειψη στην δομή. Για τα πρώτα 25m της εκσκαφής αναμένεται να βρεθεί στην κορυφή της στέψης της σήραγγας. Επίσης εμφανίζεται αποσαθρωμένος βράχος, περίπου 3.00m-

5.00m πάχους. Στη σήραγγα 13B η ανατολική είσοδος μπορεί να εκτιμηθεί πώς έχει πάχος 3,00 m σε 5,00 m από αποσαθρωμένα υλικά. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποσαθρωμένα υλικά που προέρχονται από την αποσύνθεση των μαζικών ομογενοποιημένων σχηματισμών, εμφανίζονται στις υψηλότερες τοπογραφικές περιοχές ή / και από ανατροπή και συρόμενη από αυτές, που προκαλούνται από την απώλεια στήριξης, λόγω της διάβρωσης του υποκείμενου χαλαρού χαλικιού-συσσωματωμένου σχηματισμού.

- Στην δυτική είσοδο η αρχική κατολίσθηση που πιθανολογήθηκε τελικά επιβεβαιώθηκε από την γεωτεχνική έρευνα. Στην γεώτρηση 59ΓΝ 8 μεταξύ βάθους 7.20m-8,00 m, ένα στρώμα από κόκκινο άργιλο βρέθηκε, που αντιστοιχεί σε μια κοντινή επιφάνεια από παλιά υλικά εκτόνωσης και θάφτηκε από κατολίσθηση σε χερσαίο περιβάλλον. Επίσης υπάρχει ένα στρώμα από φερτά υλικά το οποίο βρίσκεται στα πρώτα 10-12m από την επιφάνεια. Το στρώμα αυτό περιλαμβάνει κυρίως χονδρόκοκκα υλικά, αποτελούμενο από αργιλώδη ή ιλυώδη άμμο και χαλίκια, ενώ μερικά λεπτόκοκκα (ιλυώδης ή αργιλώδης μάργα) έχουν εμφάνιση και ως λεπτά και ως χονδρά τα οποία εναλλάσσονται σχηματικά στην κυρίαρχη περιοχή, και επίσης εμφανίζεται να έχει υποχωρήσει στο κατερχόμενο τμήμα. Στην ίδια γεώτρηση σε βάθος 13.20m βρέθηκε επίσης ένα λείο επίπεδο με ραβδώσεις που αντιπροσωπεύουν μια παλαιότερη κατολίσθηση που πιθανώς έλαβε χώρα στο θαλάσσιο περιβάλλον. Στην γεώτρηση 59 ΓΝ9 στις επιφάνειες που βρίσκονταν σε βάθος 7.20 m και 10.40m βρέθηκαν τα αντίστοιχα, καθώς και στη γεώτρηση 60ΓΝ4, σε βάθος 5,40 m και 8,80 m. Κατά την έναρξη της υπόγειας εκσκαφής κάτω από την κατολίσθηση, μόνο στη δυτική πλαγιά χρειάζεται ειδικός σχεδιασμός λόγω της κατολίσθησης. Όλα αυτά είναι αποτελέσματα των παλαιότερων κατολισθήσεων που συνέβησαν διαμέσου σχηματισμών χαλαρού υλικού με μορφή τσιμέντου. Λεπτά στρώματα αργίλου με στοιχεία διάτμησης που βρέθηκαν κατά την διάρκεια της έρευνας, αντιπροσωπεύουν πιθανότατα μια παλιά χαλαρή επιφάνεια, αλλά ταυτόχρονα μπορεί να περιλαμβάνει μια δυνητική ενεργή ζώνη διάτμησης. Η κατολίσθηση μπορεί να συνδεθεί με μια πιθανή δευτερογενή βλάβη. Αν η βλάβη πραγματικά υπάρχει, τότε θα εντοπιστεί στην επιφάνεια σε απόσταση 30.00m περίπου από τη δυτική είσοδο. Θα πρέπει να είναι περίπου 1 χιλιόμετρο σε μήκος και να έχει ταξινομηθεί ως μη σημαντικό ενεργό σφάλμα.

Ποικίλα τεκτονικά χαρακτηριστικά υπάρχουν στην ευρεία περιοχή, έτσι ώστε η πιθανή διέλευση των τεκτονικών περιοχών να μην μπορεί να αποκλειστεί και να πρέπει να γίνει με κατάλληλες προσεγγιστικές εκτιμήσεις στο σχεδιασμό.

Οι εναλλαγές των στρωμάτων χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων σχηματισμών έχουν κατ'εκτίμηση δείκτη GSI που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 25, ανάλογα με το βαθμό της αποσύνθεσης και της οριοθέτησης του υλικού.

Ο υδροφόρος ορίζοντας αναμένεται σε βάθος μεγαλύτερο από αυτό που επηρεάζεται από το βάθος των έργων. Η εμφάνιση υπογείου νερού αναμένεται να είναι ασήμαντη μέσα στην μάζα εκσκαφής, εφόσον προέκυψαν ξηρές συνθήκες κατά τις γεωτρήσεις που έγιναν. Ωστόσο, κάποια ποσότητα νερού μπορεί να εμφανιστεί κατά την διάρκεια του χειμώνα, διαμέσου ψαμμίτη και συσσωματωμένων στρώσεων.

Ο άξονας της σήραγγας πηγαίνει στη σωστή γωνία ως προς το φυσικό πρανές, που έχει απότομη κλίση $7^\circ - 49^\circ$ πάνω από την πύλη.

ΦΟΡΤΙΑ

Ίδιο βάρος ενισχυμένου σκυροδέματος	25 KN/ m ³
Ειδικό βάρος εδάφους	Σύμφωνα με τις παραμέτρους σχεδίασης κάθε τάξης

ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Αυτά δημιουργούνται αυτόματα από την προσομοίωση των ποικίλων σταδίων κατασκευής και την δύναμη ανακατανομής των σε δυσδιάστατο ή μονοδιάστατο μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων.

ΥΛΙΚΑ

Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	C20/25
Ράβδοι χάλυβα και πλέγμα	S500s
Κόκκοι πέτρας και ράβδοι χάλυβα	S500s
Fiber glass αγκυρίων μετώπου	απόλυτο φορτίο 320 KN από 200 KN (εξαρτάται από την τάξη υποστήριξης)
Ίνες ενισχυμένου σκυροδέματος (εάν χρησιμοποιείται στην πρόσοψη) - ίνες χάλυβα 40Kg/m ³	C20/25
Ράβδοι πλέγματος	S500s

Δομικά στοιχεία χάλυβα	Fe360
------------------------	-------

Κατηγορία CV υπερκειμένων 20m	
GSI	15
σ_{ci}	5 MPa
m_i	20
σ_{cm}	0.5 MPa
c'	50kPa
φ	36°
E	250 MPa
γ	22.5 KN/m ³
K_o	0.5-1.00

Οι παραπάνω πίνακες είναι επιπρόσθετοι παράμετροι που λήφθηκαν για το πρώτο μέρος της σήραγγας (περίπου για 50m), όπου το ύψος υπερκειμένων (δηλαδή ότι είναι πάνω από την σήραγγα) είναι χαμηλότερο από το κανονικό, υπολογισμένο για δυσμενείς συνθήκες που αναμένονται στην περιοχή της εισόδου της σήραγγας. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα από την εφαρμογή Hoek-Brown για το ύψος υπερκειμένων 10m και ακολουθώντας ακόμη μια πιο συντηρητική προσέγγιση για τις παραμέτρους, που λαμβάνονται επίσης στους υπολογισμούς.

Κατηγορία CV υπερκειμένων <20m (μέση τιμή υπερκειμένων για μοντελοποίηση 12m)	
c'	30kPa

φ	36°
E	150 MPa
γ	22.5 KN/m ³
K_o	0.5-1.00

1.3.2 Παραδοχές και ιδέες σχεδίασης

Η εκσκαφή και η προσωρινή στήριξη του συστήματος, έχουν βασιστεί στις ακόλουθες βασικές παραδοχές οι οποίες σχετίζονται με την ταυτότητα του έργου:

- Οι διαστάσεις του τμήματος της σήραγγας είναι αρκετά μεγάλες, το άνοιγμα της εκσκαφής είναι περίπου 16.50m.
- Το ύψος των υπερκειμένων είναι χαμηλό σε όλο το μήκος της σήραγγας. Το μέσο ύψος των υπερκειμένων είναι στην περιοχή των εισόδων (για 50 μέτρα μήκος από κάθε είσοδο) είναι 12m, ενώ για τα υπόλοιπα 150 m, το μέσο ύψος των υπερκειμένων είναι 20-25m. Λαμβάνοντας υπόψη το τμήμα των υπερκειμένων/διακύμανση ανοίγματος η οποία κυμαίνεται από 0.7 έως 1.50, και αυτό γίνεται μια βασική παράμετρος.
- Η συμπεριφορά του κυρίαρχου σχεδιασμού, όπως ήδη έχει αναφερθεί, φαίνεται σχετικά χαλαρή στις εναλλαγές της, με διαφορετικό βαθμό συγκόλλησης, που μπορεί να παρέχει μια συνεκτική συμπεριφορά και δύναμη μέχρι ενός σημείου. Όμως δεν φαίνεται να φτάνει σε τέτοιο σημείο ώστε να παρέχει πολύ ευνοϊκές συνθήκες. Ακόμα και στην περίπτωση αυτή είναι πιθανόν η εμφάνιση πολύ χαλαρών στρωμάτων που δεν μπορούν να αποκλειστούν. Εάν αυτά, ακόμα κι αν δεν κυριαρχούν στο μέτωπο της σήραγγας εμφανίζονται στην κορυφή της στέψης ή στην βάση της στέψης ή ακόμα και χαμηλότερα στις ανάστροφες πλευρές. Η κατάσταση αυτή μπορεί να γίνει πολύ δυσμενής για τη σταθερότητα του τμήματος αυτού.
- Οι παλαιότερες κατολισθήσεις ήδη έχουν αναγνωριστεί στην περιοχή της δυτικής εισόδου και γενικότερα τα τεκτονικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν στην περιοχή. Τα ρήγματα και οι ρωγμές δεν μπορούν να

εξαιρεθούν από τις εκτιμήσεις και πρέπει να ληφθούν υπόψη ως χαμηλής ποιότητας υλικά με δυσμενή συμπεριφορά κατά την εκσκαφή.

- Η ικανότητα εκσκαφής του σχηματισμού αναμένεται να ποικίλει από σχετικά εύκολη σε σχετικά δύσκολη, με μηχανολογικούς εξοπλισμούς εκσκαφής (εκσκαφέας ή φορτωτής). Στην καλύτερη ποιότητα υλικών(αυξημένου βαθμού τσιμέντωσης) μπορεί να χρειαστεί περιστασιακά η χρήση πιο δυνατού εξοπλισμού.
- Η σταθερότητα του μετώπου, της στέψης και των πλευρικών τοιχωμάτων καθώς και των ανάστροφων πλευρών θεωρείται ότι είναι δυσμενής, αλλά μπορεί να βελτιωθεί με την κίνηση συνεκτικών υλικών. Αυτό επίσης εξαρτάται από το εάν τα στρώματα στάσης και εμβύθισης του εδάφους είναι ευνοϊκά ή όχι. Γενικά, τα στρώματα εμφανίζονται σχεδόν οριζόντια το οποίο αποτελεί μια θετική παράμετρο.
- Η ύπαρξη λίθων και παλιών κατολισθήσεων στο τμήμα και στην κορυφή της στέψης της σήραγγας, επίσης λαμβάνονται υπόψη για τα πρώτα 25m από τις εισόδους της σήραγγας.
- Μη σημαντικές εισροές νερού αναμένονται στην εκσκαφή, δεδομένου ότι δεν βρέθηκε υδροφόρος ορίζοντας και αυτό θα συσχετίζεται κυρίως με την είσοδο του νερού από την επιφάνεια. Σε κάθε περίπτωση, η κυκλοφορία του νερού μπορεί να επηρεάσει την αντοχή της γεωλογίας της περιοχής και οι απαραίτητες παροχές μπορούν να βοηθήσουν στην σωστή αποστράγγιση κατά την διάρκεια της κατασκευής.

Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους και συνθήκες, λαμβάνονται υπόψη το μικρό μήκος της σήραγγας και ο τρόπος σχεδιασμού, τα οποία καθορίζουν την μέθοδο εκσκαφής, το προτεινόμενο σύστημα υποστήριξης βασίζεται σε δυο βασικούς παράγοντες:

1. Η σταθερότητα της εκσκαφής προσόψεως πρέπει να εξασφαλιστεί, τα μέτρα της προ-υποστήριξης της στέψης πρέπει να εφαρμοστούν με σκοπό να αποφθεχθούν και να ελέγξουν τις αστάθειες οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε εκτεταμένες αποτυχίες ακόμα και στην επιφάνεια.
2. Παράλληλα με την εγκατάσταση των κατάλληλων μέτρων υποστήριξης από άποψη λειτουργικής ικανότητας σε ακαμψία και αντοχή (ικανά να φέρουν φορτία και να ελέγχουν τις υπερβολικές παραμορφώσεις του εδάφους).

Ακολουθώντας την παραπάνω εκσκαφή θα ακολουθήσει μια πολύ-σταδιακή μέθοδος εκσκαφής με την προστασία μιας βαριάς «ομπρέλας» δοκίδων προπορείας (fore poling) από σωλήνες για όλο το μήκος της σήραγγας. Η λεπτομερής περιγραφή του συστήματος υποστήριξης και της κατασκευής, αναφέρεται πιο κάτω.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι για τις δύο κατηγορίες υποστήριξης (C_{iv} και C_v) δεν υπάρχουν σημαντικές τροποποιήσεις. Οι διαφορές αφορούν μόνο στην περίμετρο και στα μέτρα υποστήριξης της πρόσοψης.

Λαμβάνοντας υπόψη τις προβλεπόμενες συνθήκες και όλα τα άλλα ζητήματα που περιγράφονται παραπάνω, η διανομή και η εκτιμώμενη διάρκεια εφαρμογής για τις κατηγορίες υποστήριξης παρουσιάζονται στο κατά μήκος επισυναπτόμενο τμήμα.

1.3.3 Περιγραφή συστήματος υποστήριξης και επακόλουθη κατασκευή

Με βάση τα κριτήρια και την ιδέα που ήδη έχουν περιγραφεί, η κατασκευή της σήραγγας θα ακολουθήσει μια πολύ-σταδιακή μέθοδος εκσκαφής: κάτω από την προστασία μια βαριάς «ομπρέλας» δοκίδων προπορείας από σωλήνες για όλο το μήκος της σήραγγας. Το προτεινόμενο σύστημα υποστήριξης αποτελείται από 40cm πάχους στρώμα εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ενισχυμένο με πλέγμα, πλαισιωτά δοκάρια και πλέγμα από δυο στρώσεις. Η εκσκαφή της στέψης θα εκτελεστεί εν μέρει (σε δυο υποκατηγορίες-φάσεις), σε μήκος το οποίο θα συσχετιστεί με το μήκος των ήδη εγκατεστημένων σωλήνων fore poling, ενώ η εκσκαφή του υπόλοιπου τμήματος ακολουθεί δύο επιμέρους φάσεις (εκσκαφή μετώπου και αναστροφή). Η εκσκαφή μετώπου μπορεί να ξεκινήσει μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής στέψης και υποστήριξη σε μήκος τουλάχιστον 50m, ενώ η εκσκαφή αναστροφής μπορεί να ακολουθήσει την εκσκαφή μετώπου σε απόσταση των 16m.

Η υποστήριξη στη βάση της κάθε φάσης εξασφαλίζεται από μπουλόνια χάλυβα. Η σταθερότητα του μετώπου ελέγχεται, εκτός από τους fore poling σωλήνες, από πλήρεις ίνες γυαλιού (fiber glass) οι οποίες έχουν το ίδιο μήκος με το μήκος των σωλήνων fore poling.

Οι τρεις βασικές φάσεις εκσκαφής εξαρτώνται από τα παρακάτω:

1. Εκσκαφή στέψης περιοχής $90m^2$, έχει μέσο όρο ύψους 7.00m
2. Εκσκαφή μετώπου περιοχής $53m^2$, περίπου ύψος 3.00m
3. Εκσκαφή αναστροφής περιοχής $42m^2$, περίπου ύψος 2.40

1.4 Εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη

1.4.1 Ανάλυση οριζοντιογραφίας – γενική διάταξη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΣΧΕΔΙΟ 23023

- Αρχή τεχνικού Cover & Cut – Αρχή ανοιχτής εκσκαφής: σημείο 1 (X.Θ 60+125.34 m).
- Αρχή τμήματος Cover & Cut – Τέλος ανοιχτής εκσκαφής: σημείο 2 (X.Θ 60+139.73 m).
- Από το σημείο 1 προς το σημείο 2 γίνεται στήριξη πρανών με πασσαλότοιχο.
- Αρχή υπόγειας διάνοιξης: σημείο 3 (X.Θ 60+153.72m).
- Από το σημείο 2 στο σημείο 3 έγινε εκσκαφή και κατασκευή του φορέα με Cover & Cut.
- Αρχή υπόγειας διάνοιξης: σημείο 4 (X.Θ 60+405.57m).
- Αρχή τμήματος Cover & Cut- Τέλος ανοιχτής εκσκαφής: σημείο 5 (X.Θ 60+416.91m).
- Στο μέτωπο που βρίσκεται προς Αθήνα από το σημείο 3 έως το σημείο 4 στο μέτωπο προς Πάτρα, κατασκευάστηκε προσωρινή επένδυση από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Σε όλο το μήκος της σήραγγας υπάρχει μόνιμη επένδυση από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37 και πάχους $d=60\text{cm}$.
- Από το σημείο 3 (X.Θ 60+150) και μετά, για τμήμα 60 m η κατηγορία υποστήριξης είναι $C_v=100\%$. Από το σημείο αυτό και σε απόσταση 132m η κατηγορία υποστήριξης είναι $C_{iv}=80\%$ και $C_v=20\%$, τέλος σε απόσταση 60m $C_v=100\%$ όπου ξεκινάει η Υπόγεια διάνοιξη στο σημείο 4 (X.Θ 60+410).
- Όπως φαίνεται στο σχέδιο στις αποστάσεις R υπάρχει εσοχή που θα παραμείνει στη σήραγγα.

Σημειώσεις

- Το μήκος της διάνοιξης που θα γινόταν από κάθε κατεύθυνση (και μέτωπο της σήραγγας) δεν ήταν καθορισμένο. Κατά συνέπεια η παρουσίαση στην κάτοψη είναι ενδεικτική.
- Ο διαχωρισμός των τμημάτων εκσκαφής σε R και T που σημειώνεται στην κάτοψη και μηκοτομή γίνεται προκειμένου να παρουσιαστεί η διαφορά γεωμετρίας μεταξύ των τμημάτων όπου ενσωματώνονται εντός της διεύρυνσης εκσκαφής οι εσοχές που κατασκευάζονται στη σήραγγα, έναντι των άλλων τυπικών τμημάτων χωρίς εσοχές

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα με τις θέσεις εσοχών και καθώς βρίσκονται η μία απέναντι από την άλλη, συμβολίζονται με E1,i όπου Εσοχή ΕΑΣ και ελέγχου αποστράγγισης και E2,i όπου Εσοχή ελέγχου αποστράγγισης.

ΘΕΣΕΙΣ ΕΣΟΧΩΝ

A/A	Χ.Θ.
E1.1,E2.1	60+159.01
E1.2,E2.2	60+207.78
E1.3,E2.3	60+256.54
E1.4,E2.4	60+305.30
E1.5,E2.5	60+354.07
E1.6,E2.6	60+400.27

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα Ισοδύναμο της κατηγορίας σκυροδέματος	C20/25
Περιεκτικότητα μεταλλικών ινών Ινοπλισμένου σκυροδέματος	P=40kg/m ³
Ποιότητα χάλυβα	BSt500S- fyk=500MPa
Πλέγματα	BSt500M-fyk=500MPa
Ράβδοι ηλώσεων	BSt500S-fyk=500MPa

Ράβδοι δικτυωτών πλαισίων	BSI500S
Ράβδοι ηλώσεων fiber glass Υποστήριξης μετώπου – Κατηγορία Cν	Ultimate tensile load 320KN Ultimate tensile load 200KN
Υποστήριξης μετώπου – Κατηγορία Civ	
Στοιχεία δομικού χάλυβα	Fe360

Επικαλύψεις:

Επικάλυψη για προσωρινές κατασκευές από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
min =15mm

1.4.2 Ανάλυση της κατά μήκος τομής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:ΣΧΕΔΙΟ 23024

Κριτήρια αναγνώρισης κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	CIII	CIV	CV
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ			
ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Εναλλαγές χαλικοκροκαλοπαγών και ιλυούχων ψαμμιτοπαγών, ήτοι συνόλων κοκκωδών υλικών (λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων) με ποικίλο βαθμό συγκόλλησης (από μικρό έως μέτριο και αρκετό) κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες Ciii έως Cν, όπου η Cν αντιστοιχεί σε μικρό έως πολύ μικρό βαθμό συγκόλλησης, η Civ σε μέτριο βαθμό συγκόλλησης και η Ciii σε αρκετό βαθμό συγκόλλησης, μεγαλύτερος βαθμός συγκόλλησης (ήτοι μεγάλος έως πολύ μεγάλος), δεν αναμένεται στην υπόψη περιοχή. Οι σχηματισμοί ως προϊόντα ιζηματοπόθεσης παρουσιάζουν στρωσιγένεια. Ενδείξεις υπάρχουν για πάχη στρώσεως 0.5m-2.5m (έως		

	και λίγα μέτρα). Εν γένει οι στρώσεις αναμένονται οριζόντιες, αλλά δεν αποκλείονται και κεκλιμένες προς κάθε κατεύθυνση. Εικόνα πτύχωσης δεν έχει νόημα να αναμένεται ή να ληφθεί υπόψη στην κατηγορία αυτού του υλικού. Οι σχηματισμοί μπορεί στο επίπεδο του εκάστοτε μετώπου να είναι ομοιογενείς (οπότε η διατομή χαρακτηρίζεται από την κατάσταση του ομοιομόρφως παρουσιαζόμενου συστήματος), αλλά ενίοτε μπορεί να είναι ανομοιογενείς, με ενδιάμεσες εμφανιζόμενες ασθενέστερες μάζες (που μπορεί να είναι σαφώς χαλαρότεροι ίδιοι σχηματισμοί ή μαλακές ιλυώδεις ή και αργλικές ενστρώσεις).		
ΤΕΚΤΟΝΙΣΜΟΣ-ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ, ΙΧΝΗ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΙΝΗΣΗΣ, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΛΛΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΑΥΤΑ ΠΟΥ ΣΥΝΙΣΤΟΥΝ ΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ	Δεν παρατηρείται	Μέτρια	Έντονη
ΡΩΓΜΕΣ-ΡΗΓΜΑΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΡΩΓΜΩΝ Ή ΔΙΑΡΗΞΕΩΝ ΑΝΟΙΧΤΩΝ Ή ΓΕΜΑΤΩΝ ΜΕ ΜΑΛΑΚΟ ΥΛΙΚΟ	Δεν παρατηρείται	Μέτρια	Έντονη
ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΥΔΑΤΩΝ	Απλή υγρασία	Στάξιμο-Ελαφρά ροή	Μέτρια έως έντονη ροή
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ			
ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	Μεγάλος	Μέτριος	Μικρός
ΕΥΘΡΙΠΤΟΤΗΤΑ	Τρίβεται πολύ δύσκολα με το χέρι	Τρίβεται δύσκολα με το χέρι- Αφήνει λίγο υλικό	Τρίβεται εύκολα με το χέρι- Αφήνει πολύ υλικό
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΦΥΡΑΣ ΜΕ ΕΝΑ ΧΤΥΠΗΜΑ	<2cm	2cm-5cm	>5cm
ΕΚΣΚΑΨΙΜΟΤΗΤΑ			
ΑΝΑΓΚΗ ΣΦΥΡΑΣ	Ναι	Πιθανόν τοπικά	Όχι

ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥΣ ΣΙΑΓΟΝΕΣ	Δύσκολα	Εύκολα	Πολύ εύκολα- Δεν απαιτείται
ΜΕ ΤΣΑΠΑ	Δύσκολα	-	Εύκολα
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ			
ΜΕΤΩΠΟ	Καλή χωρίς καταπτώσεις	Μέτρια(πιθανή ή χρήση αναβαθμού)	Κακή, χρειάζεται ενίσχυση
ΘΟΛΟΣ	Ασφαλής	Αμφίβολη, μικρέςπτώσεις	Κακή
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ(ΒΑΘΜΙΔΑ,ΔΑ ΠΕΔΟ)	Καλή	Αμφίβολη	Κακή
ΔΑΠΕΔΟ(ΒΥΘΙΣΗ ΕΔΡΑΣΗΣ/ΑΝΥΨΩΣΗ)	Δεν αναμένεται	Μικρή πιθανότητα/ Δεν αναμένεται	Πιθανή
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΟΣ	Καλή	Μέτρια	Κακή
ΗΛΩΣΙΜΟΤΗΤΑ,ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΗΛΩΣΕΩΝ	Καλή	Μέτρια	Κακή
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ- ΣΥΓΚΛΙΣΕΙΣ(ΒΑΣΕΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΟΜΟΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΩΠΟΥ ΣΕ ΠΡΟΗΓΗΘΕΙΣΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ)	Μικρότερες της πρόβλεψης	Σύμφωνα με την πρόβλεψη	
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ(ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ) ΑΠ'ΕΥΘΕΙΑΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗ (ΒΑΣΕΙ ΕΠΟΠΤΙΚΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ)	Ciii	Civ	Cv

Σημείωση:

Τα παρουσιαζόμενα κριτήρια δίνονται για την υποβοήθηση την επιλογής κατηγορίας εκσκαφής και υποστήριξης με βάση την παρατήρηση του αποκαλυπτόμενου μετώπου εκσκαφής, πρόκειται για ποιοτικά κριτήρια που βασίζονται στην εμπειρία που αποκτάται με την πρόοδο της υπόγειας διάνοιξης και αντιστοιχούν στις παραδοχές σχεδιασμού. Σημειώνεται ότι για την επιλογή της κατηγορίας θα πρέπει να αναγνωρίζονται συνδυαστικά περισσότερα του ενός κριτηρίου(π.χ. τουλάχιστον 3-4). Επίσης διευκρινίζεται ότι η παρουσία της κατηγορίας CIII στον ανωτέρω πίνακα έχει τον χαρακτήρα της δυνατότητας αναγνώρισης συνθηκών ευμενέστερες από αυτές που περιλαμβάνονται στις παραδοχές του σχεδιασμού. Για την περίπτωση υποδεέστερων συνθηκών από τις περιγραφόμενες ισχύουν τα προβλεπόμενα μέτρα αντιμετώπισης.

Κατηγορία υποστήριξης		Παράμετροι Σχεδιασμού
Civ Υπερκείμενα h=20m-30m		GSI(typical)= 20-25 $\gamma=22.5\text{KN/m}^3$, $K=0,5-1,0$ $c'=80\text{kPa}$, $\phi'=41^\circ$, $E=450\text{MPa}$ $\tau(\text{bond})=250\text{kPa}$ (ultimate bond strength) *
Cv	Υπερκείμενα h<20m	GSI(typical)<15 $\gamma=22.5\text{KN/m}^3$, $K=0,5-1,0$ $c'=30\text{kPa}$, $\phi'=36^\circ$, $E=150\text{MPa}$ $\tau(\text{bond})=200\text{kPa}$ (ultimate bond strength) *
	20m<Υπερκείμενα<30m	GSI(typical)=15 $\gamma=22.5\text{KN/m}^3$, $K=0,5-1,0$ $c'=50\text{kPa}$, $\phi'=36^\circ$,

		$E=250\text{MPa}$ $\tau(\text{bond})=200\text{kPa}$ (ultimate bond strength) *
--	--	---

- Προς επιβεβαίωση με δοκιμές εξόλκευσης σύμφωνα με τις προδιαγραφές

1.5 Στάδιο ακολουθίας κατασκευής

1.5.1 Εγκάρσιες τομές

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:ΣΧΕΔΙΟ 23026

Η εκσκαφή και η υποστήριξη της φάσης 1α αφορά τα τμήματα μήκους 8m που σχετίζονται με τις εγκατεστημένες σειρές δοκών προπορείας. Η εγκατάσταση των δοκών προπορείας καθώς και των ηλώσεων υποστήριξης μετώπου γίνεται πριν την έναρξη των εργασιών εκσκαφής του κάθε τμήματος 8m.

Φάση 1^α

Γενικά

Για χαλαρό έδαφος έχουμε βήμα προχώρησης 1.00m-Κατηγορία C_v και για συμπαγές έδαφος έχουμε βήμα προχώρησης 2.00m –Κατηγορία C_{iv}

a. Θόλος

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=30\text{cm}$.
- Χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27\text{cm}$ ανά βήμα προχώρησης.
- Αποστραγγιστικές οπές $\Phi 53$ μήκους $L=6.00\text{m}$ όπου απαιτούνται.

b. Ενδιάμεσο τοίχωμα

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=20\text{cm}$ οπλισμένο με δύο στρώσεις πλέγματος T188.

- Αποστραγγιστικές οπές $\Phi 53$ μήκους $L=6.00m$ όπου απαιτούνται.
- Επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=25cm$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.

Αναλυτικά

Από υψόμετρο $+2.55$ πάνω από το σημείο αναφοράς μας και θα φτάσει στο υψόμετρο $+9.25 \sim +10.20$.

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=30cm$ στον θόλο.
- Χρησιμοποιούνται χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27cm-4\Phi 25$ ανά $1.00m$ ή $2.00m$.
- Πλήρως τσιμενταρισμένες δοκοί προπορείας. Χαλύβδινοι σωλήνες προ-υποστήριξης θόλου $\Phi 193/181/0.40$ μήκους $L=12m$ ανά $8.00m$.
- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ενδιάμεσου τοιχώματος πάχους $d=20cm$, οπλισμένο με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Προσωρινή επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $20cm$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Αποστραγγιστικές οπές $\Phi 53$ μήκους $L=6.00m$ όπου απαιτούνται.
- Πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις υαλοινών οριακού φορτίου $320KN$ ή $200KN$ αν απαιτούνται.

Φάση 1b

Γενικά

Για χαλαρό έδαφος έχουμε βήμα προχώρησης $1.00m$ –Κατηγορία Cv ενώ για συμπαγές έδαφος έχουμε βήμα προχώρησης $2,00m$ – Κατηγορία Civ.

Μέτρα προσωρινής υποστήριξης

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40cm$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27cm$ ανά βήμα εκσκαφής.
- Αποστραγγιστικές οπές $\Phi 53$ μήκους $L=6.00m$ όπως απαιτούνται.

- Διαδοχική καθαίρεση ενδιάμεσου τοιχώματος ανά βήμα εκσκαφής.
- Επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=25\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Εγκατάσταση ηλώσεων στήριξης δικτυωτών πλαισίων 2X2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις ανά 1.00m ή 2.00m βήμα προχώρησης $\Phi 25$ S500 μήκους $L=8.00\text{m}$.

Η εγκατάσταση των ηλώσεων μπορεί να γίνει μετά την εκκίνηση της εκσκαφής στο επόμενο τμήμα των 8m και πάντως πριν την έναρξη της εκσκαφής της φάσης 2. Διευκρινίζεται ότι για λόγους επιπρόσθετης ασφάλειας όταν η φάση 1 ολοκληρωθεί σε μήκος 24m, οι ηλώσεις θα πρέπει να εγκατασταθούν στη φάση αυτή και πριν η εκσκαφή της 1^{ης} φάσης εξελιχθεί σε μεγαλύτερο μήκος.

Αναλυτικά

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με πάχος $d=40\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Χρησιμοποιούνται αποστραγγιστικές οπές διαμέτρου $\Phi 53$ και μήκους $L=6.00\text{m}$ όπου απαιτούνται.
- Προσωρινή επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=20\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Χρησιμοποιούνται 2 πλήρες τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου ώστε να υπάρχει στήριξη των δικτυωτών πλαισίων, δηλαδή οι ράβδοι έχουν διάμετρο $\Phi 25$, S500 ή τύπου αυτοδιάτρησης μήκους $L=8.00\text{m}$ ανά 1.00m ή 2.00m βήμα προχώρησης εκσκαφής.
- Πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις υάλινων οριακού φορτίου 320KN ή 200KN αν απαιτούνται (αναλόγως κατηγορία υποστήριξης).

Σημείωση:

1. Η εκσκαφή των φάσεων 1a και 1b προβλέπεται να ολοκληρωθεί σε μήκος τουλάχιστον 50m πριν την έναρξη της φάσης 2.
2. Η τελευταία στρώση 10cm εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την συμπλήρωση του συνολικού πάχους 40cm τοποθετείται στο

ολοκληρωμένο τμήμα του θόλου πριν την εγκατάσταση της νέας σειράς δοκών προπορείας που απαιτούνται για την εκσκαφή του επόμενου τμήματος 8m.

3. Η ολοκλήρωση της σκυροδέτησης της μετωπικής δοκού (στο τελικό μέτωπο- μέγιστη θέση εκσκαφής στο πέρας των 8m) γίνεται μετά την εγκατάσταση της νέας σειράς των δοκών προπορείας που απαιτούνται για την εκσκαφή του επόμενου τμήματος 8m.

Παρατηρήσεις για υποστήριξη μετώπου:

1. Η σφράγιση των ενδιάμεσων μετώπων (φάσεων 1a και 1b) που σύμφωνα με την μελέτη είναι ευσταθή, θα γίνεται αναλόγως των συνθηκών και αν απαιτηθεί με την εφαρμογή 5cm ινοπλισμένου σκυροδέματος κάτι ελάχιστον. Η απαίτηση για επιπλέον σειρά (ηλώσεις) εξαρτάται επίσης από τις επιτόπου συνθήκες.

Σε περιόδους παύσης εργασιών διάνοιξης ή κατά τη διάτρηση των νέων σειρών δοκών προπορείας και ηλώσεων μετώπου, το μέτωπο σφραγίζεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ελάχιστους πάχους 15cm (ινοπλισμένου ή εναλλακτικά με πλέγμα T188) και θα διανοίγονται αποστραγγιστικές οπές αν απαιτείται αναλόγως της εμφάνισης υδάτων.

2. Η τοποθέτηση ηλώσεων στη θέση του τελικού μετώπου (ολοκλήρωση φάσεων 1a και 1b) θα γίνουν άμεσα και πριν την τοποθέτηση της σειράς δοκών προπορείας.

Φάση 2

Η εκσκαφή της φάσης 2 θα ξεκινήσει μετά την ολοκλήρωση της φάσεως 1 σε μήκος τουλάχιστον 50m.

Εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη βαθμίδας:

Γενικά

Για χαλαρό έδαφος έχουμε βήμα προχώρησης εκσκαφής 2.00m –Κατηγορία Cν και για συμπαγές έδαφος έχουμε βήμα προχώρησης 4.00m-Κατηγορία Civ.

Μέτρα προσωρινής υποστήριξης:

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Προέκταση των χαλύβδινων δικτυωτών πλαισίων στην παρούσα στάθμη εκσκαφής.

- Επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=25\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Αποστραγγιστικές οπές διαμέτρου $\Phi 53$ μήκους $L=4.00\text{m}$ όπου απαιτούνται.
- 2X2 ηλώσεις πλήρως τσιμενταρισμένες για στήριξη πλαισίων διαμέτρου $\Phi 25$, S500 και μήκους $L=8.00\text{m}$ ανά 1.00m ή 2.00m

Η εγκατάσταση μπορεί να γίνει σε οποιαδήποτε στιγμή κατά την διάρκεια της 2^{ης} φάσης. Η σφήνωση τους πρέπει να γίνει πριν την έναρξη της εκσκαφής της φάσης 3. Διευκρινίζεται ότι για λόγους επιπρόσθετης ασφάλειας όταν η φάση 2 ολοκληρωθεί σε μήκος 8m , οι ηλώσεις θα πρέπει να εγκατασταθούν στην φάση αυτή και πριν η εκσκαφή της 2^{ης} φάσης εξελιχθεί σε μεγαλύτερος μήκος.

Αναλυτικά

Η εκσκαφή γίνεται από το $+2,55$ έως το -0.45 υψόμετρο.

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Τοποθετούνται χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27\text{cm}-4\Phi 25/1.00\text{m}$ ή 2.00m .
- Προσωρινή επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 25cm με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Ανοίγονται αποστραγγιστικές οπές διαμέτρου $\Phi 53$ και μήκους $L=4.00\text{m}$ όπου απαιτούνται.
- 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων. Χρησιμοποιούνται ράβδοι διαμέτρου $\Phi 25$, S500 και μήκους $L=8.00\text{m}/1.00\text{m}$ ή 2.00m βήμα προχώρησης.

Φάση 3

Η εκσκαφή της φάσης 3 θα ξεκινήσει μετά την ολοκλήρωση της φάσης 2 σε μήκος τουλάχιστον 16m .

Εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη δαπέδου:

Γενικά

Έχουμε για χαλαρό έδαφος βήμα προχώρησης 2.00m-Κατηγορία Cν ενώ για πιο συμπαγές έδαφος έχουμε βήμα προχώρησης 4.00m-Κατηγορία Civ

Μέτρα προσωρινής υποστήριξης:

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188 στα πλευρικά τοιχώματα.
- Προέκταση των χαλύβδινων δικτυωτών πλαισίων στην παρούσα στάθμη εκσκαφής.
- Επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=35\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Αποστραγγιστικές οπές $\Phi 53$, μήκος $L=4.00\text{m}$ όπου απαιτούνται.
- 2Χ2 ηλώσεις πλήρως τσιμενταρισμένες για στήριξη πλαισίων $\Phi 25, S500$ και μήκος $L=6.00\text{m}$ ανά 1.00m ή 2.00m.

Αναλυτικά

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
- Τοποθετούνται χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27\text{cm}-4\Phi 25$ ανά 1.00m ή 2.00m.
- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=35\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188 για την επικάλυψη του δαπέδου.
- Ανοίγονται αποστραγγιστικές οπές $\Phi 53$, μήκους $L=4.00\text{m}$ όπου απαιτούνται.
- Τοποθετούνται 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων. Ράβδοι $\Phi 25, S500$ ή τύπου αυτοδιάτρησης μήκους $L=6.00\text{m}$ ανά 1.00m ή 2.00m.

Ηλώσεις

Το φορτίο λειτουργίας για τις ηλώσεις στήριξης των δικτυωτών πλαισίων καθώς και για τις ηλώσεις υποστήριξης μετώπου πρέπει να επιβεβαιωθεί με δοκιμές εξόλκευσης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις ακόλουθες τιμές.

- $F_{work} > 165\text{KN}$ για όλες τις ηλώσεις στήριξης πλαισίων ανεξαρτήτως μήκους και κατηγορίας.
- $F_{work} > 195\text{KN}$ (για μήκος $L=6.00\text{m}$) για τις ηλώσεις υποστήριξης μετώπου- Κατηγορία C_v.
- $F_{work} > 135\text{KN}$ για τις ηλώσεις υποστήριξης μετώπου- Κατηγορία C_{iv} (ανεξαρτήτως μήκους).

Παρατήρηση

Όλες οι πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις που παρουσιάζονται μπορούν να αντικατασταθούν από ηλώσεις τύπου αυτοδιάτρησης ισοδύναμου οριακού φορτίου.

Υλικά

Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ισοδύναμο της κατηγορίας σκυροδέματος	C20/25
Περιεκτικότητα μεταλλικών ιών ινοπλισμένου σκυροδέματος	$P=40\text{Kg/m}^3$
Ποιότητα χάλυβα	BSt500S- $f_{yk}=500\text{MPa}$
Πλέγματα	BSt500M- $f_{yk}=500\text{MPa}$
Ράβδοι ηλώσεων	BSt500S- $f_{yk}=500\text{MPa}$
Ράβδοι δικτυωτών πλαισίων	BSt500S
Ράβδοι ηλώσεων fiber glass	
Υποστήριξη μετώπου- Κατηγορία C _v	Ultimate Tensile load 320KN
Υποστήριξη μετώπου-Κατηγορία C _{iv}	Ultimate Tensile load 200KN
Στοιχεία δομικού χάλυβα	Fe360

Επικαλύψεις

Επικάλυψη για προσωρινές κατασκευές από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
 $\text{min} = 15\text{mm}$.

Γενικές σημειώσεις:

- Όλες οι διαστάσεις δίνονται σε μέτρα εκτός αν σημειώνονται διαφορετικά.
- Οι στάθμες σκυροδέματος αναφέρονται στο γυμνό σκυρόδεμα.
- Οι διαστάσεις των μεταλλικών στοιχείων δίνονται σε χιλιοστά.
- Όλες οι σχετικές στάθμες δίνονται σε σχέση με την στάθμη ερυθράς.

1.5.2 Κατά μήκος τομή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:ΣΧΕΔΙΟ 23027

Γενικά

Φάση 1a- Ακολουθία κατασκευής

Προ της έναρξης εκσκαφής κάθε τμήματος 8m γίνεται η εγκατάσταση των ηλώσεων υποστήριξης μετώπου και τοποθέτηση των δοκών προπορείας στην περίμετρο του θόλου.

1a-A

Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης (σφράγισης) εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=4cm (θόλος και ενδιάμεσο τοίχωμα).

1a-B

- Τοποθέτηση πλέγματος T188 στο θόλο και στο πλευρικό τοίχωμα.
- Τοποθέτηση δικτυωτών πλαισίων στο θόλο.
- Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=10cm στο θόλο και στο πλευρικό τοίχωμα.

1a-C

- Εφαρμογή 3^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=16cm στο θόλο.

- Τοποθέτηση πλέγματος T188 και εφαρμογή 3^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=5cm στο πλευρικό τοίχωμα.
- Τοποθέτηση πλέγματος T188 και σκυροδέτηση προσωρινού δαπέδου.

Φάση 1b- Ακολουθία κατασκευής

1b-A

- Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης (σφράγισης) εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=4cm.
- Τοποθέτηση πλέγματος T188.

1b-B

- Τοποθέτηση δικτυωτών πλαισίων.
- Καθαίρεση πλευρικού τοιχώματος.
- Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=10cm.

1b-C

- Εφαρμογή 3^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=16cm.
- Τοποθέτηση πλεγμάτων T188 και σκυροδέτηση προσωρινού δαπέδου.

1b-D

- Τοποθέτηση 2^{ης} στρώσης πλέγματος T188 σε όλο το θόλο και εφαρμογή τελευταίας στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους d=10cm.
- Εγκατάσταση ηλώσεων στήριξης δικτυωτών πλαισίων (μπορεί να γίνει και μετά την εκκίνηση της εκσκαφής στο επόμενο τμήμα 8m και πάντως πριν την εκσκαφή της φάσεως 2.

Σημείωση:

1. Η φάση 1b μπορεί να ξεκινήσει αφού έχει ολοκληρωθεί η φάση 1^α στο μήκος των 8m κάθε σειράς δοκών προπορείας.
2. Με την ολοκλήρωση της φάσεως 1b (πλήρης εφαρμογή μέτρων υποστήριξης σε όλο το τμήμα των 8m) γίνεται η εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης μετώπου του θόλου και η εγκατάσταση της νέας σειράς δοκών προπορείας. Πριν την έναρξη των φάσεων 1a-1b στο νέο τμήμα 8m τοποθετείται το πλαίσιο GTO και σκυροδετείτε η μετωπική οδός.

Φάση 2- Ακολουθία κατασκευής

2-A

- Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=4\text{cm}$.
- Τοποθέτηση πλέγματος T188.
- Τοποθέτηση δικτυωτών πλαισίων.
- Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}$.

2-B

Εφαρμογή 3^{ης} και 4^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}+10\text{cm}=20\text{cm}$.

2-C

- Τοποθέτηση πλέγματος T188 και εκτόξευση τελευταίας στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=6\text{cm}$.
- Τοποθέτηση πλεγμάτων T188 και σκυροδέτηση προσωρινού δαπέδου.

Σημείωση:

1. Οι ηλώσεις στην βάση των δικτυωτών πλαισίων μπορούν να κατασκευάζονται σε οποιαδήποτε στιγμή κατά την διάρκεια της 2^{ης} φάσης. Η σφήνωση τους πρέπει να γίνει πριν την εκσκαφή της επόμενης φάσης κατά την ολοκλήρωση της βάσης έδρασης του πλαισίου.
2. Η έναρξη της εκσκαφής της φάσης 2 μπορεί να γίνει μετά την προχώρηση της φάσης 1 (1a-1b) κατά 50m τουλάχιστον.

Φάση 3- Ακολουθία κατασκευής

3-A

- Εφαρμογή 1^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=4\text{cm}$.
- Τοποθέτηση πλέγματος T188.
- Τοποθέτηση δικτυωτών πλαισίων.

- Εφαρμογή 2^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}$.
- Τοποθέτηση πλέγματος T188 και σκυροδέτηση 15cm στο δάπεδο.

3-B

- Εφαρμογή 3^{ης} και 4^{ης} στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}+10\text{cm}=20\text{cm}$.
- Τοποθέτηση πλέγματος T188 και εκτόξευση τελευταίας στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=6\text{cm}$.
- Ολοκλήρωση σκυροδέτησης δαπέδου.

Σημείωση:

Η έναρξη της εκσκαφής της φάσης 3 μπορεί να γίνει μετά την προχώρηση της φάσης 2 κατά 16m .

Κατηγορία C_v – Απόσπασμα μηκοτομής με ακολουθία κατασκευής

Για την φάση 1a και 1b

- 1^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=4\text{cm}$.
 - 2^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}$.
 - 3^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=16\text{cm}$.
 - 4^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}$ η οποία εφαρμόζεται σε όλο το θόλο κατά την εκσκαφή της φάσης 1b.
- Τοποθετούνται πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις υάλινων οριακού φορτίου 320KN αν απαιτούνται κατά τις ενδιάμεσες φάσεις 1a και 1b και οπωσδήποτε στην ολοκλήρωση αυτών με μήκος $L=6.00\text{m}$.

Σημείωση:

Αναλόγως των συνθηκών η τοποθέτηση των ηλώσεων που απαιτούνται για το τελικό μέτωπο στην ολοκλήρωση των φάσεων 1a και 1b μπορεί να γίνει και πριν την ολοκλήρωση της φάσης 1b. Σε κάθε περίπτωση το απαιτούμενο μήκος μετρούμενο από την θέση του τελικού μετώπου και προς το επόμενο τμήμα εκσκαφής πρέπει να είναι 6m .

- Τοποθετούνται πλήρως τσιμενταρισμένες δοκοί προπορείας. – χαλύβδινοι σωλήνες προϋποστήριξης θόλου $\Phi 193/181/0.40$ και μήκος $L=12\text{m}/8\text{m}$.

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40\text{cm}$ με δυο στρώσεις πλέγματος T188.
- Προσωρινή επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=25\text{cm}$ με δυο στρώσεις πλέγματος T188.

Για την φάση 2

- Τοποθετούνται χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27\text{cm}$ και διαμέτρου $4\Phi 25/1.00\text{m}$.
- Προσωρινή επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=25\text{cm}$ με δυο στρώσεις πλέγματος T188.

Για την φάση 3

- Τοποθετείται μετά την εγκατάσταση της νέας σειράς δοκών προπορείας χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27\text{cm}-4\Phi 25/1.00\text{m}$.
- 1^η και 2^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=15\text{cm}$.
- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=35\text{cm}$ με δυο στρώσεις δομικού πλέγματος T188.
- Τοποθετούνται 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων – Ράβδοι $\Phi 25$ S500 ή τύπου αυτοδιάτρησης μήκους $L=8.00\text{m}/1.00\text{m}$ (μπορεί να γίνει μετά την εκκίνηση της εκσκαφής στο επόμενο τμήμα των 8m και πάντως πριν την έναρξη της εκσκαφής της φάσης 2).
- Τοποθετούνται 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων – Ράβδοι $\Phi 25$ S500 ή τύπου αυτοδιάτρησης μήκους $L=8.00\text{m}/1.00\text{m}$ (η εγκατάσταση τους πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν την έναρξη της φάσης 3).
- Τοποθετούνται 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων – Ράβδοι $\Phi 25$ S500 ή τύπου αυτοδιάτρησης μήκους $L=6.00\text{m}/1.00\text{m}$.

Κατηγορία C_{iv} – Απόσπασμα μηκοτομής με ακολουθία κατασκευής

Για την φάση 1a και 1b

- 1^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=4\text{cm}$.

- 2^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}$.
 - 3^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=16\text{cm}$.
 - 4^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=10\text{cm}$.
- Τοποθετούνται πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις υάλων οριακού φορτίου 200KN αν απαιτούνται. Πιθανή είναι επίσης η διατήρηση αναβαθμού στο τελικό μέτωπο (χωρίς απαίτηση ηλώσεων).
 - Τοποθετούνται πλήρως τσιμενταρισμένες δοκοί προπορείας – Χαλύβδινοι σωλήνες προϋποστήριξης θόλου $\Phi 193/181/0.40$ και μήκος $L=12\text{m}/8\text{m}$.
 - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=40\text{cm}$ με δύο στρώσεις πλέγματος T188.
 - Προσωρινή επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=25\text{cm}$ με δυο στρώσεις πλέγματος T188.

Για την Φάση 2

- Χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27\text{cm}-4\Phi 25/1.00\text{m}$.
 - Προσωρινή επικάλυψη δαπέδου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=25\text{cm}$ με δυο στρώσεις πλέγματος T188.
- Τοποθετείται μετά την εγκατάσταση της νέας σειράς δοκών προπορείας- Χαλύβδινα δικτυωτά πλαίσια ύψους $h=27\text{cm}-4\Phi 25/1.00\text{m}$.

Για την φάση 3

- 1^η στρώση και 2^η στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους $d=15\text{cm}$.
 - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους $d=35\text{cm}$ με δυο στρώσεις δομικού πλέγματος T188.
- Τοποθετούνται 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων – Ράβδοι $\Phi 25$ S500 ή τύπου αυτοδιάτρησης μήκους $L=8.00\text{m}/2.00\text{m}$ (μπορεί να γίνει μετά την εκκίνηση της εκσκαφής στο επόμενο τμήμα των 8m και πάντως πριν την έναρξη της εκσκαφής της φάσης 2).
 - Τοποθετούνται 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων – Ράβδοι $\Phi 25$ S500 ή τύπου

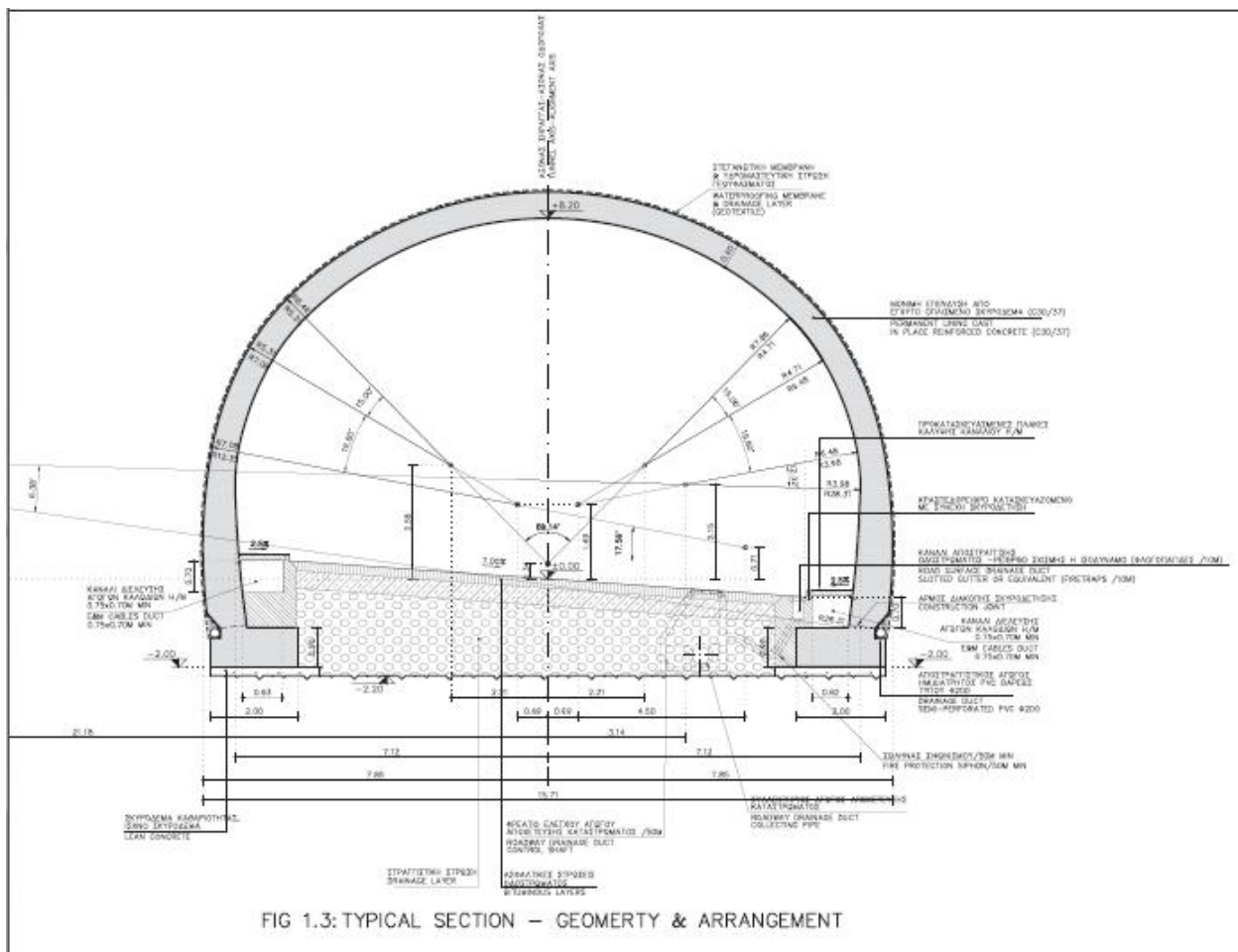
αυτοδιάτρησης μήκους $L=8.00\text{m}/2.00\text{m}$ (η εγκατάσταση τους πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν την έναρξη της φάσης 3).

- Τοποθετούνται 2 πλήρως τσιμενταρισμένες ηλώσεις βράχου για την στήριξη των δικτυωτών πλαισίων – Ράβδοι $\Phi 25$ S500 ή τύπου αυτοδιάτρησης μήκους $L=6.00\text{m}/2.00\text{m}$.

1.6 Τυπική διατομή – γεωμετρία και διάταξη

- Γύρω από την διατομή υπάρχει στεγανωτική μεμβράνη και υδρομαστευτική στρώση γεωφάσματος. Μετά από αυτή την στρώση υπάρχει μόνιμη επένδυση από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα (C30/37) και μετά από αυτό υπάρχει η τελική στρώση.
- Η διατομή ξεκινάει από το επίπεδο αναφοράς $+0.00\text{m}$ και φτάνει σε ύψος $+8.20\text{m}$ και κάτω από το επίπεδο αναφοράς σε -2.20m .
- Δεξιά και αριστερά της διατομής υπάρχει κανάλι διέλευσης αγωγών καλωδίων H/M $0.75 \times 0.70\text{m}$ min το οποίο καλύπτεται με προκατασκευασμένη πλάκα και έχοντας κλίση 2.5% προς το εσωτερικό της διατομής.
- Δίπλα ακριβώς από το δεξί κανάλι H/M υπάρχει κρασπεδόρειθρο κατασκευασμένο με συνεχή σκυροδέτηση.
- Ακολουθεί κανάλι αποστράγγισης οδοστρώματος – ρείθρο σχισμής ή ισοδύναμο (φλογοπαγίδες/10m) το οποίο συνδέεται με σωλήνα σιφωνισμού/50m min και καταλήγει σε φρεάτιο ελέγχου αγωγού αποχέτευσης καταστρώματος/50m. Μέσα στο φρεάτιο υπάρχει συλλεκτήριος αγωγός αποχέτευσης καταστρώματος.
- Δεξιά και αριστερά στο πόδι του ελέφαντα υπάρχει αποστραγγιστικός αγωγός ημιδιάτρητος PVC βαρέως τύπου $\Phi 200$.

- Κάτω από το επίπεδο αναφοράς υπάρχει ασφαλτική στρώση έχοντας κλίση 7.00% από τα αριστερά προς τα δεξιά και κάτω από αυτό στραγγιστική στρώση έχοντας την ίδια κλίση.
- Εκεί που γίνεται το πάτημα της σήραγγας και βάθος -2.00m υπάρχει σκυρόδεμα καθαριότητας, ισχύο σκυρόδεμα.



Σχήμα 1.5: Τυπική διατομή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ:ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ-ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μέθοδοι κατασκευής σηράγγων

2.1 Μέθοδος ανοιχτού ορύγματος CUT&COVER

Οι υπόγειες μέθοδοι διάνοιξης σηράγγων, είτε με μηχανήματα TBM είτε με συμβατικά μηχανικά μέσα (NATM), επιλέγονται ιδιαίτερα στις κεντρικές περιοχές των πόλεων, ενώ σε πιο απομακρυσμένες περιοχές προτιμάται η μέθοδος ανοικτής εκσκαφής για την κατασκευή τόσο σηράγγων όσο και σταθμών Μετρό. Χρήση αυτής της μεθόδου γίνεται και σε περιπτώσεις όπου, ακόμα και αν δεν βρισκόμαστε στο κέντρο της πόλης, υπάρχει διαθέσιμος χώρος. Αυτό συμβαίνει διότι η μέθοδος ανοικτής εκσκαφής είναι περισσότερο απλή, ασφαλής και κυρίως ελέγξιμη στην υλοποίηση της. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι για την εφαρμογή της πρέπει: α) να απομακρυνθούν όλοι οι αγωγοί κοινής ωφελείας που ευρίσκονται στην περιοχή όπου θα γίνουν οι εκσκαφές, β) να προηγηθεί αρχαιολογική έρευνα για εντοπισμό τυχόν αρχαιοτήτων, και γ) να γίνουν οι απαιτούμενες παρακάμψεις της κυκλοφορίας. Οι επεμβάσεις αυτές είναι χρονοβόρες, αυξάνουν το κόστος, ενώ συγχρόνως οι αρχαιολογικές έρευνες εμπεριέχουν μεγάλη αβεβαιότητα όσον αφορά τη διάρκεια και το τελικό κόστος τους.

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

2.1.1 Μεθοδολογία Κατασκευής

Η μεθοδολογία της ανοικτής εκσκαφής είναι απλή ως σύλληψη. Αρχικά σκάβεται το ορύγμα και αντιστηρίζονται τα πρανή του καταλλήλως. Ακολούθως «κτίζεται» ο μόνιμος φορέας του σταθμού ή της σήραγγας ξεκινώντας από τη θεμελίωση προς τα επάνω δηλαδή ως μια συνήθης οικοδομή. Τέλος, γίνεται επικάλυψη της κατασκευής με επίχωση ως την επιφάνεια του εδάφους και αποκαθίσταται η περιοχή. Αναλυτικότερα τα στάδια έχουν ως εξής:

1. Εκτελείται γεωτεχνική/γεωλογική έρευνα και δοκιμές (επί τόπου και εργαστηριακές) για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του εδάφους στην περιοχή όπου έχει σχεδιασθεί να γίνει η κατασκευή μας.

2. Γίνεται η μελέτη (υπολογισμοί και σχέδια) εκσκαφής και προσωρινής αντιστήριξης, με βάση τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους που προέκυψαν στο προηγούμενο στάδιο. Επίσης, εκτελείται και η μελέτη του μόνιμου φορέα της κατασκευής.
3. Πριν την έναρξη των κυρίως εργασιών εκτελούνται οι απαιτούμενες αρχαιολογικές έρευνες στη περιοχή όπου θα εκτελεσθούν οι εκσκαφές, απομακρύνονται όλοι οι αγωγοί κοινής ωφελείας (ύδρευσης, ηλεκτρισμού, τηλεφώνου, κλπ) και πραγματοποιούνται οι ενδεχόμενες κυκλοφοριακές παρακάμψεις.
4. Η προσωρινή αντιστήριξη της εκσκαφής αποτελείται συνήθως από πασσάλους σκυροδέματος, κυκλικής διατομής, που τοποθετούνται ανά αποστάσεις μεταξύ τους περιμετρικά της προβλεπόμενης εκσκαφής προτού αυτή αρχίσει. Η πασσαλοστοιχία συνδέεται στην κορυφή της με ισχυρή δοκό σκυροδέματος. Η εκσκαφή πραγματοποιείται με συμβατικά μηχανικά μέσα (εκσκαφείς, σφύρες, κλπ) έως ένα καθορισμένο βάθος και στη συνέχεια τοποθετούνται αγκύρια σε οπές που διανοίγονται στο έδαφος μέσω των πασσάλων. Τα αγκύρια αυτά έχουν μεγάλο μήκος και προεντίνονται με την προβλεπόμενη από τη μελέτη δύναμη. Κατόπιν εφαρμόζεται δομικό πλέγμα σε όλη την περιμετρική επιφάνεια του σκάμματος και τοποθετείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Μετά από αυτά, συνεχίζεται η εκσκαφή ως την επόμενη στάθμη και τοποθετείται και προεντίνεται άλλη μια σειρά αγκυρίων. Ο κύκλος αυτός συνεχίζεται έως την τελική στάθμη εκσκαφής όπου θα θεμελιωθεί η κατασκευή. Εάν υπάρχει παρουσία υπογείων υδάτων στις επιφάνειες του σκάμματος, αυτά εκτονώνονται με συστηματικά διατρήματα / σωληνώσεις επί της αντιστήριξης / εκσκαφής και απομακρύνονται με κατάλληλο σύστημα αποστράγγισης.
5. Το σύστημα υδατοστεγάνωσης της κατασκευής, τοποθετείται στον πυθμένα και στις περιμετρικές επιφάνειες του σκάμματος και αποτελείται συνήθως από γεωφάσματα, μεμβράνη υδατοστεγάνωσης και υδατοφραγμούς.
6. Η κατασκευή του φέροντος οργανισμού γίνεται κατά φάσεις αρχίζοντας από την θεμελίωση, ακολουθούν τα τοιχεία και κατόπιν η πλάκα οροφής εάν πρόκειται για την περίπτωση σήραγγας, ενώ για τους σταθμούς γίνεται, επιπλέον, και η κατασκευή ενδιάμεσων επιπέδων πλακών και τοιχείων. Η κατασκευή αρχίζει με την τοποθέτηση των σιδηρών οπλισμών της πλάκας θεμελίωσης (ή γενικής κοιτόστρωσης) όπως προβλέπονται από τη μελέτη. Κατόπιν γίνεται η έγχυση του σκυροδέματος, κατά φάσεις κατά το μήκος της κατασκευής με πρόβλεψη καταλλήλων αρμών.

Παρομοίως γίνεται και η κατασκευή των υπολοίπων στοιχείων της μόνιμης κατασκευής.

Αύτη η μέθοδος χρησιμοποιείται και στη Σήραγγα 13B. Η αρχή ανοιχτής εκσκαφής ξεκινάει στη χιλιομετρική θέση 60+125.34m και τελειώνει στη χιλιομετρική θέση 60+139.73m στο μέτωπο που βρίσκεται προς Αθήνα.

Στο μέτωπο προς Πάτρα, το τέλος της ανοιχτής εκσκαφής βρίσκεται στη χιλιομετρική θέση 60+416.91.

2.2 Μέθοδος υπόγειας διάνοιξης NATM

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

Στις αστικές περιοχές όπου κατασκευάζονται Μητροπολιτικοί Σιδηρόδρομοι (Μετρό) ενδιαφέρει πρωτίστως να μην διαταραχθούν οι λειτουργίες της πόλης, έστω και αν αυτό συνεπάγεται αύξηση του κόστους των έργων. Με τις υπόγειες μεθόδους κατασκευής σταθμών και σηράγγων ελαχιστοποιείται η κατάληψη χώρων στην επιφάνεια (πλατειών, οδών, ιδιωτικών οικοπέδων, κλπ), οι μετατοπίσεις αγωγών κοινής ωφελείας (νερού, ηλεκτρισμού, τηλεφώνου, κλπ), οι παρακάμψεις της οδικής κυκλοφορίας και οι αρχαιολογικές ανασκαφές.

2.2.1 Μεθοδολογία κατασκευής

Βασική αρχή της μεθόδου αυτής είναι να διατηρηθεί η αντοχή του περιβάλλοντος στη σήραγγα εδάφους και να γίνει πλήρης αξιοποίηση της. Ελεγχόμενη παραμόρφωση του εδάφους παρουσία εύκαμπτης υποστήριξης - σε αντίθεση με τις παλαιότερες απόψεις περί «βαρείας» υποστήριξης - επιδρά θετικά και έχει ως αποτέλεσμα την ασφαλή ανάπτυξη της αντοχής του. Η μεθοδολογία μελέτης / κατασκευής του έργου είναι η ακόλουθη:

1. Εκτελείται γεωτεχνική/γεωλογική έρευνα και δοκιμές (επί τόπου και εργαστηριακές) για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του εδάφους στην περιοχή όπου έχει σχεδιασθεί να γίνει η διάνοιξη της σήραγγας.
2. Γίνεται η μελέτη (υπολογισμοί και σχέδια) εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας, βάσει των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών του εδάφους που προέκυψαν στο προηγούμενο στάδιο. Επίσης, γίνεται και η μελέτη της μόνιμης (τελικής) επένδυσης της σήραγγας.

3. Εκτελείται η εκσκαφή με συμβατικά μηχανικά μέσα (εκσκαφέας σημειακής κοπής, συμβατικός εκσκαφέας, κλπ) και ενίοτε γίνεται και άμεση υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής κατά φάσεις, ανάλογα με την ποιότητα του εδάφους.
4. Μετά την εκσκαφή, που γίνεται τμηματικά αναλόγως των χαρακτηριστικών των πετρωμάτων και του έργου, ακολουθεί η τοποθέτηση ενός συστήματος προσωρινής αντιστήριξης που αποτελείται από επένδυση εκτοξευόμενου σκυροδέματος (guniting), μπουλόνια/αγκύρια (rockbolts), σιδηρά πλαίσια, κλπ. Σε περίπτωση εδαφών με φτωχά χαρακτηριστικά πριν από την εκσκαφή τοποθετούνται δοκοί προπορείας (forepoling) σε όλη την περιοχή πάνω από το θόλο της σήραγγας σε μορφή «ομπρέλας» προστασίας του μετώπου εκσκαφής. Αρκετές φορές η εκσκαφή γίνεται σε δύο φάσεις, άνω ημιδιατομή (θόλος) και κάτω ημιδιατομή (πυθμένας). Ανάλογα με το υπέδαφος και τη γεωμετρία της σήραγγας μπορεί να χρειασθεί η εκσκαφή να γίνει και σε περισσότερες φάσεις. Η χρονική στιγμή τοποθέτησης της αρχικής αντιστήριξης καθώς και η ολοκλήρωση του πλήρους δακτυλίου της επένδυσης είναι βασικής σημασίας για τον έλεγχο των παραμορφώσεων. Το σύστημα της άμεσης υποστήριξης μαζί με το περιβάλλον έδαφος αποτελούν το στατικό φορέα της σήραγγας στη φάση αυτή.
5. Καθ' όλη τη διάρκεια της κατασκευής γίνονται συστηματικές μετρήσεις παρακολούθησης (monitoring) της συμπεριφοράς του υπεδάφους και της προσωρινής αντιστήριξης, δηλαδή μετρώνται οι καθιζήσεις στην επιφάνεια του εδάφους και στα γειτονικά κτίρια, οι συγκλίσεις μέσα στη σήραγγα, η αυξομείωση της στάθμης του υπογείου ύδατος, κλπ. . Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συγκρίνονται με τις παραδοχές και τα αποτελέσματα της μελέτης και, εάν χρειάζεται, γίνονται οι απαραίτητες τροποποιήσεις στο σύστημα υποστήριξης και τη χρονική σειρά των εργασιών. Επίσης, τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό ή και τον έλεγχο των παραδοχών της μελέτης της μόνιμης επένδυσης της σήραγγας που θα ακολουθήσει στη συνέχεια.
6. Η τελική (μόνιμη) επένδυση της σήραγγας κατασκευάζεται όταν το σύστημα της αρχικής υποστήριξης έχει φθάσει σε συνθήκες ισορροπίας. Η μόνιμη επένδυση προσφέρει αυξημένη ασφάλεια στο χρόνο ζωής του έργου, δημιουργεί μία ομοιόμορφη εσωτερική επιφάνεια και βελτιώνει την στεγανότητά της. Η μόνιμη επένδυση των σιηράγγων κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, έγχυτο επί τόπου. Χρησιμοποιούνται ειδικοί σιδηρότυποι, συνήθως αυτοφερόμενοι, κάτι που μειώνει σημαντικά το χρόνο και το κόστος του έργου. Υπάρχουν υδραυλικοί μοχλοί που μπορούν να ρυθμίζουν το επιθυμητό πάχος της επένδυσης. Το συνολικό

μήκος τέτοιων καλουπιών είναι της τάξεως των 10-12 μ, αναλόγως της διατομής. Σε πρώτη φάση κατασκευάζεται το κάτω μέρος της σήραγγας (πυθμένας) και στους κατασκευαστικούς αρμούς τοποθετούνται ειδικοί υδατοφραγμοί (waterstop) για υδατοστεγάνωση. Σε επόμενη φάση σκυροδετείτε ο θόλος με τη χρήση του αυτοφερόμενου σιδηρότυπου. Ο χρόνος αφαίρεσης του σιδηροτύπου είναι της τάξεως ωρών απο την έγχυση. Για την ανάπτυξη επαρκούς αντοχής του σκυροδέματος σε σύντομο χρόνο, χρησιμοποιούνται στη σύνθεση του ειδικά χημικά πρόσμεικτα. Επειδή πάντοτε απομένει μικρό κενό μεταξύ της στέψης του σκυροδέματος και του εδάφους στην οροφή της σήραγγας, ακολουθούν τσιμεντενέσεις πλήρωσης αυτών των κενών.

Εμπειρικές μέθοδοι

2.3 Περιγραφή και ταξινόμηση της βραχόμαζας

2.3.1 Περιγραφή της βραχόμαζας

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

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

2.3.2 Μηχανική αντοχή του πετρώματος

Η μηχανική αντοχή του πετρώματος από το οποίο δομείται η βραχόμαζα εκφράζεται μέσω της αντοχής (σ_{ci}) που προκύπτει κατά τη δοκιμή μοναξονικής θλίψης (uniaxial compression strength) σε κυλινδρικά δοκίμια του "συμπαγούς" πετρώματος. Συχνά, τα αποτελέσματα των δοκιμών

επηρεάζονται από την παρουσία εντός των δοκιμίων επιφανειών μικρής αντοχής σε δυσμενή διεύθυνση, όπως επιφανειών στρώσης, διακλάσεων ή άλλων ασυνεχειών, με συνέπεια οι μετρούμενες τιμές της αντοχής να μην είναι αντιπροσωπευτικές της αντοχής του "συμπαγούς" πετρώματος.

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

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

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες Πετρωμάτων με βάση την αντοχή

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

Κατηγορία πετρώματος	Περιγραφή
Υγιές (F)	Χωρίς ίχνη αποσάθρωσης
Ελάχιστα αποσαθρωμένο (F.W)	Η αποσάθρωση περιορίζεται στις επιφάνειες των ασυνεχειών
Ολίγον αποσαθρωμένο (S.W)	Έντονη αποσάθρωση στις επιφάνειες των ασυνεχειών και ελαφρά αποσάθρωση στη μάζα του υλικού
Μετρίως αποσαθρωμένο (M.W)	Εκτεταμένη αποσάθρωση στη μάζα του υλικού, χωρίς το υλικό να παρουσιάζει ευθρυπτότητα
Έντονα αποσαθρωμένο (H.W)	Εκτεταμένη αποσάθρωση στη μάζα του υλικού, με τοπική ευθρυπτότητα του υλικού

Πλήρως αποσαθρωμένο (C.W)	Πλήρης αποσάθρωση και μεγάλη ευθρυπτότητα του υλικού, με διατήρηση της υφής και της δομής
Έδαφος (R.S)	Η υφή και δομή του υλικού έχει καταστραφεί και το υλικό μπορεί να χαρακτηριστεί ως έδαφος (υπολειμματικός σχηματισμός)

Πίνακας 2.2: Κατηγορίες Πετρωμάτων με βάση το βαθμό αποσάθρωσης

2.3.3 Δείκτης κερματισμού της βραχόμαζας (RQD)

Ο δείκτης κερματισμού της βραχόμαζας (Rock Quality Designation - RQD) αποτελεί ποσοτική εκτίμηση του κερματισμού της βραχόμαζας με βάση τους πυρήνες γεωτρήσεων. Ο δείκτης RQD ορίζεται ως το ποσοστό (επί τοις εκατό) των τεμαχών μήκους άνω των 100mm σε κάποιο μήκος της γεώτρησης, δηλαδή:

$$RQD = \frac{\sum \text{μήκους τεμαχών μήκους} > 10 \text{ cm}}{\text{Ολικό μήκος του πυρήνα}} * 100$$

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

1. Είναι πολύ ευαίσθητος σε μικρές μεταβολές του μήκους των πυρήνων. Για παράδειγμα ένας πυρήνας μήκους 101mm αυξάνει τον δείκτη RQD κατά 10% ενώ ένας πυρήνας μήκους 99mm δεν προκαλεί καμία αύξηση του δείκτη RQD.
2. Είναι πολύ ευαίσθητος στον τρόπο της δειγματοληψίας (είδος και διάμετρος του δειγματολήπτη) αλλά και σε "λεπτομέρειες" της γεώτρησης, όπως η ταχύτητα περιστροφής, η πίεση στην κοπτική κεφαλή, το είδος της κοπτικής κεφαλής κλπ. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν το βαθμό της πυρηνοληψίας και μπορούν να προκαλέσουν δευτερογενή κερματισμό του επιτόπου πετρώματος.
3. Εξαρτάται από το σχετικό προσανατολισμό της γεώτρησης ως προς τις ασυνέχειες της βραχόμαζας. Για παράδειγμα, ο δείκτης RQD μιας γεώτρησης με άξονα παράλληλο προς τις ασυνέχειες δίνει πολύ υψηλότερο δείκτη RQD απ' ό τι μια γεώτρηση κάθετα στις ασυνέχειες.

Ασυνέχειες και τα χαρακτηριστικά τους

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

1. Ρήγματα (faults)

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

Ο αριθμός των ασυνεχειών της βραχόμαζας καθορίζεται από:

1. Τον αριθμό των συστημάτων (οικογενειών) ασυνεχειών (number of joint sets).

Κάθε σύστημα ασυνεχειών αποτελείται από παράλληλες ασυνέχειες του ίδιου τύπου. Για παράδειγμα οι επιφάνειες στρώσης αποτελούν ένα σύστημα ασυνεχειών.

2. Την απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών ενός συστήματος (joint spacing). Η απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών χαρακτηρίζεται ως εξής:

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

Πίνακας 2.3

Η κατάσταση των ασυνεχειών της βραχόμαζας καθορίζεται από:

1. Την τραχύτητα (roughness). Αναλόγως του βαθμού τραχύτητας, οι ασυνέχειες χαρακτηρίζονται ως: πολύ τραχείες, ελαφρώς τραχείες, πρακτικώς λείες, ολισθηρές (slickensided).
2. Το βαθμό εξαλλοίωσης (alteration) των επιφανειών των ασυνεχειών που χαρακτηρίζεται από τη σχετική ολίσθηση που απαιτείται να συμβεί κατά μήκος της ασυνέχειας ώστε να αποκατασταθεί η επαφή των εκατέρωθεν βραχωδών τεμαχών:

(α) Μηδενική ολίσθηση (δηλαδή υφίσταται επαφή)

(β) Ολίσθηση έως 100 mm

(γ) Ολίσθηση άνω των 100mm

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

Επιρροή του υπόγειου νερού

Η παρουσία υπόγειου νερού επηρεάζει δυσμενώς τα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχόμαζας, ιδίως σε βραχόμαζες μικρής αντοχής με σημαντική εξαλλοίωση κατά μήκος των ασυνεχειών (προς αργιλικό υλικό) και σημαντική

αποσάθρωση του πετρώματος. Στις περιπτώσεις αυτές, η παρουσία υπόγειου νερού προκαλεί διόγκωση των αργιλικών ορυκτών, υποβάθμιση της συνοχής και της δομής της βραχόμαζας και μείωση της γωνίας διατμητικής αντοχής. Σε βραχόμαζες χωρίς αξιόλογη αποσάθρωση και με υγιείς ασυνέχειες (χωρίς υλικό πλήρωσης), η δυσμενής επιρροή του υπόγειου νερού είναι μικρή έως αμελητέα, με εξαίρεση τις περιπτώσεις βραχόμαζας με μεγάλη διαπερατότητα και μεγάλο υδραυλικό φορτίο οπότε μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα αστάθειας λόγω των μεγάλων υδατικών παροχών και των μεγάλων δυνάμεων διηθήσεως.

2.3.4 Συστήματα ταξινόμησης της βραχόμαζας

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

Τα πλέον διαδεδομένα συστήματα ταξινόμησης της βραχόμαζας είναι:

1. Δείκτης Γεωλογικής Αντοχής, GSI.
2. Το σύστημα RMR (Bieniawski).

2.4 Δείκτης Γεωλογικής Αντοχής, GSI

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

Ο δείκτης, GSI, εισήχθη από τους Hoek, Wood και Shah επεκτάθηκε ουσιαστικά για τις ασθενείς βραχόμαζες από τους Hoek, Marinos και Benissi και για τον φλύσχη από τους Marinos και Hoek. Τα διαγράμματα του GSI είναι γνωστά αλλά για διευκόλυνση επαναλαμβάνονται στη εργασία αυτή. Ο Δείκτης εκτός από τη γεωτεχνική ταξινόμηση, εκφράζει αριθμητικά την απομείωση των σταθερών του υλικού, ανάλογα με την ρωγμάτωση της βραχόμαζας. Αποτελεί λοιπόν σημαντικό στοιχείο στην επίλυση του κριτηρίου θραύσης Hoek and Brown και προσφέρει λύσεις στο πρόβλημα του προσδιορισμού των πλέον αντιπροσωπευτικών τιμών των παραμέτρων σχεδιασμού των τεχνικών έργων σε περιβάλλον

ρωγματωμένων βράχων. Ο Δείκτης GSI βασίζεται στην εκτίμηση της δομής και της καταστάσεως των ασυνεχειών της βραχώμαζας και επομένως αποτελεί ένα φιλικό, γεωλογικά, δείκτη που μπορεί να εκτιμάται εύκολα.

Η εκτίμηση των ιδιοτήτων της αντοχής της βραχώμαζας μέσω της χρήσης του Γεωλογικού Δείκτη Αντοχής (GSI) έχει επιχειρηθεί με τη χρήση των διαθέσιμων αποτελεσμάτων από τις γεωτρήσεις του τρέχοντος προγράμματος έρευνας, σχετικά με τη λιθολογία, τη δομή από την επιφάνεια της ασυνέχειας και το βαθμό της εδαφοποίησης.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τις περιγραφές και τις φωτογραφίες των δειγμάτων, οι διαφορετικοί ορίζοντες των σχηματισμών που μπορούν να παρατηρηθούν στο στενό χώρο των σηράγγων, ομαδοποιούνται και κατατάσσονται με τη χρήση του διαγράμματος G.S.I. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

GSI	m length / percentage (%)			
	Loose Gravel-Conglomerates	Fine & Coarse Layers Alternations	Yellow Marls (oxidized)	Blue Marls
<10	-	-	-	-
10-15	20.65 / 15.0%	-	-	2.90 / 2.50%
15-20	37.85 / 53.70%	168 / 92.50%	-	-
20-25	15.40 / 31.30%	-	-	-
25-30	-	-	6.05 / 8.10%	3.50 / 3.00%
30-35	-	-	7.70 / 10.30%	3.50 / 3.00%
35-40	-	-	10.665 / 14.20%	0.70 / 0.60%
40-45	-	-	19.465 / 25.90%	13.925 / 12.10%
45-50	-	-	20.80 / 27.70%	20.45 / 17.70%
50-55	-	-	10.35 / 13.80%	36.71 / 31.90%
55-60	-	-	-	31.535 / 27.40%
60-65	-	-	-	2.05 / 1.8%

Σχήμα 2.1: Κατάταξη των σχηματισμών χρησιμοποιώντας το δείκτη G.S.I. για την εκτίμηση των τιμών

-Όπως συμπεραίνεται από τις γεωτρήσεις οι μπλε μάργες έχουν κατ'εκτίμηση δείκτη GSI που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60, ενώ οι κίτρινες μάργες έχουν δείκτη GSI που κυμαίνονται μεταξύ 30 και 50. Οι ομογενοποιημένοι κόκκοι και οι στρώσεις, ανάλογα με το βαθμό της αποσύνθεσης και της οριοθέτησης του υλικού, έχουν κατ'εκτίμηση δείκτη GSI που κυμαίνονται μεταξύ 10 και 25.

- Ο υδροφόρος ορίζοντας αναμένεται να είναι σε βάθος μεγαλύτερο από το βάθος της εκτέλεσης των έργων, εκτός από την δυτική περιοχή της εισόδου όπου το νερό προέκυψε κατά την επαφή μεταξύ των ομογενοποιημένων χαλαρών χαλικιών και των σχηματισμών μάργας. Αυτή η εμφάνιση του νερού

μπορεί να συνδέεται επίσης με τον πίνακα νερού που μετρίεται στην γεώτρηση 59 ΓΝ3 .

2.4.1 Συστάσεις και περιορισμοί στην εφαρμογή του Δείκτη

Ακολουθώντας δίνονται συστάσεις και ορισμένοι περιορισμοί στη χρήση του δείκτη, η ανάγκη διατύπωσης των οποίων προέκυψε από την εμπειρία της μέχρι σήμερα εφαρμογής του.

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

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

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

Πεδίο παρατήρησης και προεκβολή πληροφορίας: Ο δείκτης εξάγεται από την οπτική εξέταση της βραχόμαζας σε επιφανειακές εμφανίσεις, εκσκαφές, μέτωπα σηράγγων ή πυρήνες γεωτρήσεων. Η εκτίμηση του GSI από γεωτρήσεις είναι αξιόπιστη αρκεί να προεκβάλλεται στον χώρο η γραμμική πληροφορία των πυρήνων. Στα πρανή ορυγμάτων αποτιμάται η βραχόμαζα εκείνη μέσα από την οποία εκτιμάται ότι μπορεί να διέλθει μία επιφάνεια θραύσης. Αν υπάρχουν “νησίδες” άλλης ποιότητας υλικού απ’ αυτό που επικρατεί, διορθώνεται κατά κρίση. Δεν συνίσταται γενικώς η εξαγωγή μέσων όρων. Στις σήραγγες πρέπει να εκτιμάται η βραχόμαζα που θα φέρει τα φορτία, έστω μία ζώνη μέχρι περίπου μία διάμετρο. Η συνεκτίμηση μικρών ή μεγάλων αλλαγών στην βραχόμαζα έξω από το ορατό μέτωπο είναι θέμα κρίσεως. Αν εκτιμάται ότι πιο πτωχή ποιότητας βραχόμαζα είναι σημαντικά παρούσα (και ας μην επικρατεί) ή βρίσκεται σε καίριες θέσεις συγκέντρωσης τάσεων (π.χ. περιοχής ελεφαντοπόδαρου), συνίσταται οι τιμές του GSI να αντιστοιχούν στη

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

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

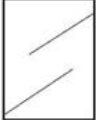
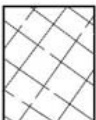




Πολύ μεγάλα βάθη: Σε πολύ μεγάλα βάθη (π.χ. πολλές εκατοντάδες μέτρα) οι βραχόμαζες έχουν τόσο σφικτή δομή που το πέτρωμα πλησιάζει τη συμπεριφορά του άρρηκτου βράχου. Εδώ η τιμή GSI πρέπει να μετακινείται πολύ περισσότερο προς τα αριστερά και προς τα πάνω και οριακά προς την κατάσταση του άρρηκτου βράχου.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

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

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

Αποσαθρωμένη βραχόμαζα: Προφανώς οι τιμές GSI αντιστοιχούν σε πιο δεξιές θέσεις από εκείνες της ίδιας βραχόμαζας όταν δεν είναι αποσαθρωμένη. Αν η αποσάθρωση ή η εξαλλοίωση έχει προχωρήσει και στη θεμελιώδη μάζα, τότε (μόνο) θα πρέπει να μειώνεται ανάλογα και το m_i , s_i . Αν η αποσάθρωση έχει προχωρήσει ώστε να εξαφανισθεί η λογική των ασυνεχειών τότε η μάζα θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με τη λογική του εδάφους.

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

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

Σχήμα 2.2: Το βασικό διάγραμμα του Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής GSI

Συσχέτιση με άλλους δείκτες συστημάτων ταξινόμησης:

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

2.4.2 Πεδία μεταβολών του Δείκτη ανάλογα με τον τύπο του πετρώματος

Τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά κάθε πετρώματος ελέγχουν τους συνδυασμούς των δύο παραμέτρων του GSI και δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη δομών που να αντιστοιχούν σ' όλες τις περιοχές του διαγράμματος. Παρουσιάζονται λοιπόν τα πιο πιθανά πεδία του GSI για τις βραχώμαζες μίας σειράς πετρωμάτων από τα πλέον συνήθη στην Ελλάδα. Τα πεδία αυτά δίνονται περιγραφικά με αναφορά στο βασικό διάγραμμα GSI ή στο διάγραμμα GSI για φλύσχη και έχουν χαρακτήρα προσανατολισμού. Αποκλίσεις ασφαλώς υπάρχουν αλλά πρόκειται για εξαιρέσεις. Επαναλαμβάνεται πάντως ότι η εφαρμογή του διαγράμματος GSI δεν έχει νόημα όταν η τυχόν ανισοτροπία της βραχώμαζας ελέγχει αποκλειστικά την συμπεριφορά της.

Ψαμμίτες-Κροκαλοπαγή: Όχι στην τελευταία σειρά και όχι στις δύο τελευταίες στήλες.

Ιλύολιθοι, Αργιλικοί Σχιστόλιθοι, Αργιλόλιθοι: Όχι στις δύο πρώτες στήλες. Αν δεν είναι διατμημένοι, προβάλλονται κυρίως στην 4η σειρά αλλιώς στην τελευταία.

Ασβεστόλιθοι: Κινούνται σε όλες τις σειρές εκτός από την τελευταία και σε όλες τις κολώνες εκτός από τις δύο τελευταίες. Αν εναλλάσσεται με πηλιτικά στρώματα συνίσταται η χρήση του διαγράμματος GSI για ετερογενείς βραχώμαζες (φλύσχη) (π.χ. τύπος B ή C)

Φλύσχης: Βλέπε ειδικό διάγραμμα σχ. 2. Το διάγραμμα έχει ευρύτατα χρησιμοποιηθεί από την πρώτη εφαρμογή του (Marinos and Hoek, 2000 και 2002) στην Ελλάδα, αλλά επίσης και διεθνώς. Η χρήση του δοκιμάστηκε επιτυχώς με την κατασκευή των έργων στον σχεδιασμό των οποίων η εισαγωγή των παραμέτρων σχεδιασμού στηρίχθηκε στο GSI. Μία παρατήρηση εντούτοις χρήσιμη είναι ότι από την εφαρμογή του πίνακα στην πράξη φαίνεται ότι στην περίπτωση του τύπου G είναι δυνατόν η ανάπτυξη βραχώμαζας φλύσχη με λίγες ασυνέχειες στα επίπεδά των στρωμάτων του ιλύολιθου και η ανάπτυξη πιο συνεχούς βραχώμαζας. Στην περίπτωση

αυτή συνιστάται μια μετακίνηση, ίσως σημαντική (π.χ. κατά 10 μονάδες)

Μολάσσα: Η δομή της είναι πολύ πιο ήρεμη από αυτή του φλύσχη. Αν τα στρώματα-μέλη είναι παχυπλακώδη χωρίς εναλλαγές προτείνεται να αξιολογείται στο κανονικό διάγραμμα. Αν υπάρχουν συχνές εναλλαγές ψαμμιτικών με πηλικά στρώματα και αυτές είναι εκπεφρασμένες με διακριτές ασυνέχειες στα επίπεδα στρώσης, μπορεί να χρησιμοποιείται το διάγραμμα του φλύσχη εκτός από τις περιοχές F,H. Για τις περιοχές C,D,E συνιστάται μια μικρή μετακίνηση προς τα αριστερά (όχι πάντως πάνω από 5 μονάδες). Η κατάσταση αυτή είναι συνηθισμένη στα επιφανειακά τμήματα της βραχόμαζας. Σε βάθος, λόγω της ήρεμης γεωλογικής εξέλιξης της βραχόμαζας, οι στρώσεις αυτές μπορεί να μη διακρίνονται και να είναι «παγιδευμένες» μόνο στη μνήμη της βραχόμαζας (Hoek, et al., 2004).

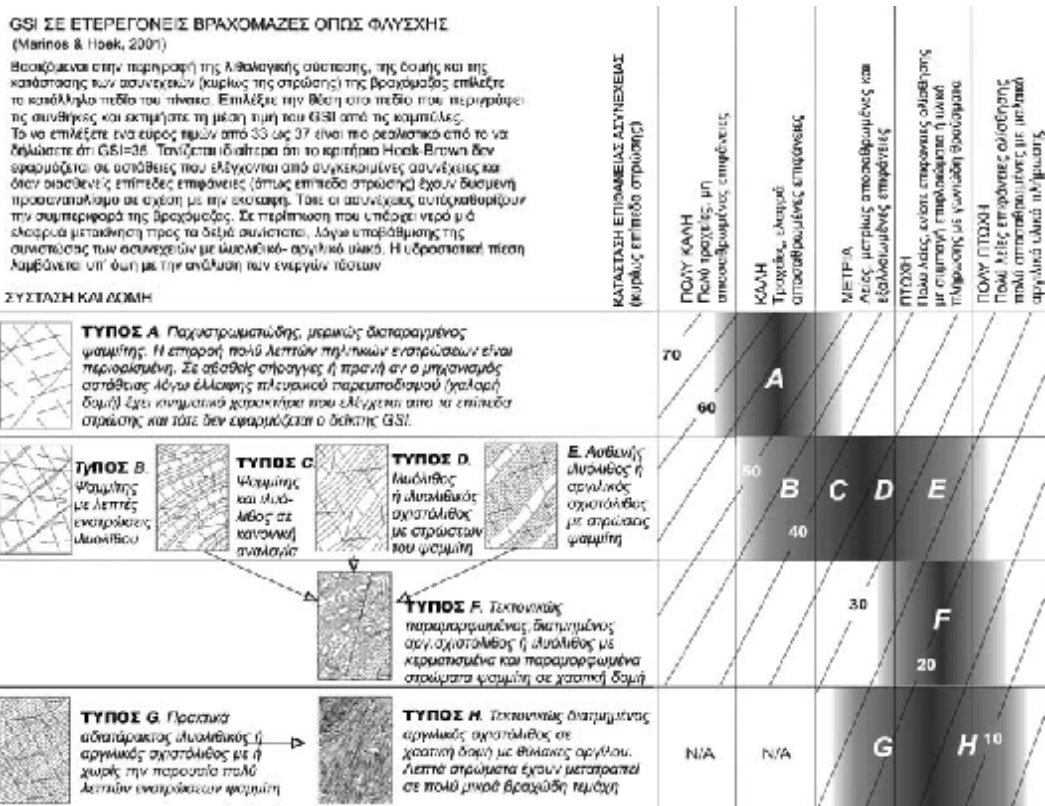
Κερατόλιθοι: Σπάνια συναντώνται μόνοι τους. Αν εναλλάσσονται με ασβεστολίθους ή η βραχόμαζα έχει ψαθυρή συμπεριφορά μπορεί να αξιολογηθούν στο κανονικό διάγραμμα GSI στην περιοχή της 4ης σειράς και στη 2η με 3η στήλη. Αν οι κερατόλιθοι εναλλάσσονται με αργιλικούς σχιστολίθους τότε το σύστημα μπορεί να αξιολογηθεί από το διάγραμμα τύπου φλύσχη.

Μεταλλικές μάργες: Συνιστάται η διεξαγωγή εργαστηριακών δοκιμών για την επιλογή των γεωτεχνικών παραμέτρων. Οι όποιες ασυνέχειες είναι αραιές και δεν έχουν παρά ασήμαντη επίδραση στην ίδια την βραχόμαζα (εκτός για τυχόν τοπική κινηματική αστοχία)

Γρανιτικά πετρώματα: Όταν είναι υγιή αξιολογούνται στις τρεις πρώτες σειρές και δύο πρώτες στήλες. Αν είναι αποσαθρωμένα ο δείκτης μετακινείται προς τα δεξιά και φυσικά αλλάζει και το m_i και το σ_i . Αν είναι αρκετά αποσαθρωμένα αλλά όχι πλήρως τότε το υλικό μπορεί να ταξινομηθεί στην προτελευταία σειρά και δεξιά. Αν είναι εντελώς αποσαθρωμένα τότε είναι εκτός της λογικής του GSI.

Βασικά-Υπερβασικά πετρώματα: Όταν είναι υγιή βαθμονομούνται στις τρεις πρώτες σειρές και τρεις πρώτες στήλες. Αν είναι ιδιαίτερα αποσαθρωμένα, η βραχόμαζα κινείται αναλόγως με την αποσάθρωση στην προτελευταία σειρά και στο δεξιό της τμήμα. Αν η αποσαθρωμένη βραχόμαζα είναι και διατμημένη προβάλλεται στη τελευταία σειρά και στις δύο τελευταίες στήλες.

Ηφαιστειακά: Κινούνται στις τρεις πρώτες γραμμές του διαγράμματος εφόσον δεν είναι κατακερματισμένα και στις τρεις πρώτες στήλες εφόσον δεν είναι αποσαθρωμένα.



Σχήμα 2.3: Εκτίμηση του Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής για ετερογενείς βραχώμαζες. Εδώ ειδικά για τον φλύσχη. Σημείωση: από την εφαρμογή του πίνακα στην πράξη φαίνεται ότι στην περίπτωση του τύπου G είναι δυνατόν η ανάπτυξη βραχώμαζας φλύσχη με λίγες ασυνέχειες στην επιφάνεια των στρωμάτων του ιλυόλιθου και η αναστολή στις συνεχείς βραχώμαζες. Στην περίπτωση αυτή συνιστάται μια μετακίνηση, ίσως σημαντική (π.χ. κατά 10 μονάδες)

Γνεύσιος: Ο δείκτης κινείται κατ' αναλογία με το γρανίτη.


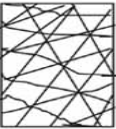


Σχιστόλιθοι: Κινούνται στη 3η ή 4η σειρά. Οι ισχυροί σχιστόλιθοι (π.χ. μαρμαρυγιακοί) τοποθετούνται αριστερά ενώ οι ασθενείς προς τα δεξιά. Στους τελευταίους αν είναι και διατηρημένοι (π.χ. διατηρημένοι φυλλίτες), ο δείκτης μετακινείται στην τελευταία σειρά και στις δύο τελευταίες στήλες.

Χαλαζίτες: Όπως οι ψαμμίτες αλλά ο δείκτης GSI περιορίζεται στις δύο πρώτες στήλες.

Μάρμαρο: Όπως ο ασβεστόλιθος.

Εναλλαγές χαλαζιτών-φυλλιτών: Ο δείκτης κινείται κατά τη λογική του

διαγράμματος του φλύσχη. Λόγω όμως της ισχυροποιημένης κατάστασης των πετρογραφικών μελών και συνεπώς και της καλύτερης κατάστασης των ασυνεχειών συνίσταται μετακίνηση, π.χ. 5 μονάδες, προς τα αριστερά αλλά βέβαια μόνο για τις περιπτώσεις C,D,E,G.

GSI		1	2	3	4	5
			A	80	70	
	B		60	50		
	C			40		
	D				30	20
	E	N/A	N/A			10
						5

Σχήμα2.4: Εκτίμηση Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής (GSI) (Μαρίνος, 1979).

Επεξήγηση σχήμα 2.4:

Η δομή της βραχομάζας περιγράφεται καθέτως, ενώ το είδος των επιφανειών των ασυνεχειών περιγράφεται οριζοντίως.

1. Πολύ καλή ποιότητα: Μη αποσαθρωμένες επιφάνειες.

2. Καλή ποιότητα: Τραχείες ελαφρά αποσαθρωμένες επιφάνειες. Εμφανείς κηλίδες οξείδωσης.

3. Μέτρια ποιότητα: Ομαλές, μέτρια αποσαθρωμένες επιφάνειες.

4. Πτωχή ποιότητα: Επιφάνειες με λεία τοιχώματα ή έντονα αποσαθρωμένες. Το υλικό πλήρωσης των ασυνεχειών είναι γωνιώδη θραύσματα.

5. Πολύ πτωχή ποιότητα: Επιφάνειες επικαλυμμένες με αργιλικό υλικό και λεία τοιχώματα, έντονα αποσαθρωμένες. Το υλικό πλήρωσης των ασυνεχειών είναι αργιλικό.

A. Τεμαχισμένη βραχομάζα: Μη διακοπτόμενη βραχομάζα αποτελούμενη από κυβικούς όγκους βράχου που σχηματίζονται από τρεις ορθογωνικές ομάδες ασυνεχειών.

B. Πολύ τεμαχισμένη βραχομάζα: Μερικώς διακοπτόμενη βραχομάζα αποτελούμενη από πολλαπλά στρώματα γωνιωδών βραχωδών όγκων που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες ομάδες ασυνεχειών.

C. Κατακερματισμένη βραχομάζα: Ρηγματωμένη και πτυχωμένη βραχομάζα με γωνιώδεις βραχώδεις όγκους που σχηματίζονται από πλήθος ομάδων ασυνεχειών.

D. Εξαλλειωμένη βραχομάζα: Τελείως κατεστραμμένη βραχομάζα με μίξη γωνιωδών και στρογγυλών βραχωδών κομματιών.

E. Φολιδωμένη / σχιστοποιημένη βραχομάζα: Λεπτά φολιδωμένη ή σχιστοποιημένη, τεκτονικά διατμημένα ασθενή πετρώματα. Η έντονη σχιστοποίηση υπερισχύει σε οποιαδήποτε άλλη ομάδα ασυνεχειών, έχοντας ως αποτέλεσμα την πλήρη έλλειψη τεμαχών.

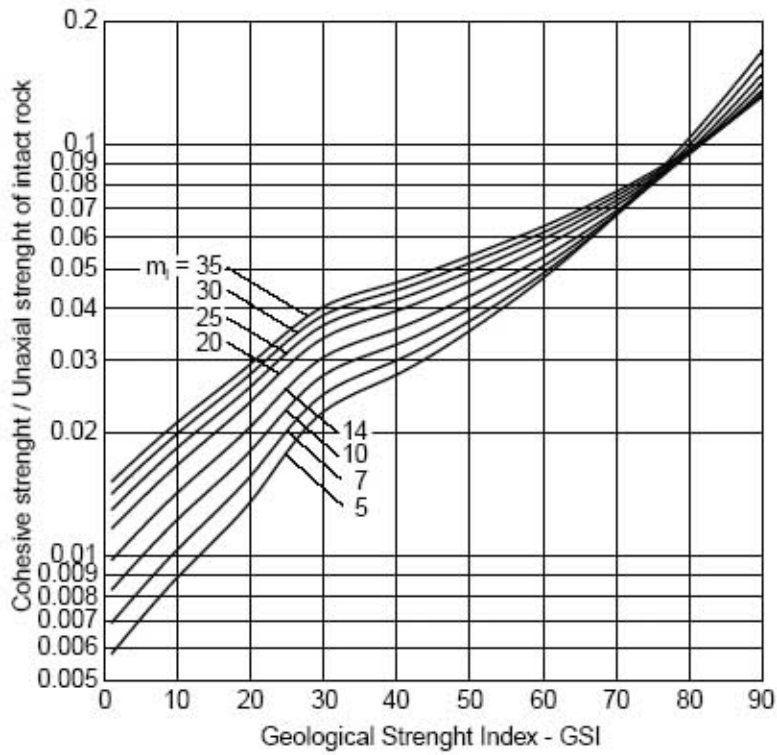
Βαθμός	Χαρακτηρισμός	Μονοαξονική αντοχή(MPa)	Δείκτης Σημειακής φόρτισης(MPa)	Εκτίμηση αντοχής στο πεδίο	Παραδείγματα
R6	Εξαιρετικά σκληρό	1 250	1 10	Τα δείγματα μόνο επιφανειακά χαράσσονται με το γεωλογικό σφυρί	Υγής βασάλτης, διαβάσης, γνεύσιος, γρανίτης, χαλαζίτης
R5	Πολύ σκληρό	100–250	4–10	Χρειάζονται αρκετά κτυπήματα με το γεωλογικό σφυρί για να σπάσουν τα δείγματα	Αμφιβολίτης, ψαμμίτης, βασάλτης, γάββρος, γνεύσιος, γρανοδιορίτης, ασβεστόλιθος, μάρμαρο, ρυόλιθος, υφαιστειακός τόφος
R4	Σκληρό	50–100	2–4	Χρειάζονται πολλά περισσότερα κτυπήματα με το γεωλογικό σφυρί για να σπάσουν τα δείγματα	Ασβεστόλιθος, μάρμαρο, φυλλίτης, ψαμμίτης, σχιστόλιθος
R3	Μέσης σκληρότητας	25–50	1–2	Το δείγμα δεν μπορεί να απολεπηθεί με μαχαίριδιο τσέπης, μπορεί όμως να σπάσει με μια σφυριά.	Αργιλικός σχηματισμός, ιλυόλιθος, λιγνίτης, σκυρόδεμα, αργιλικός σχιστόλιθος
R2	Μαλακό	5–25		Μπορεί να απολεπηθεί, δύσκολα, με μαχαίριδιο τσέπης. Σημάδι μικρού βάθους με σταθερό κτύπημα με την αιχμηρή πλευρά του γεωλογικού σφυριού	Κιμωλία, ορυκτό άλας.
R1	Πολύ μαλακό	1–5		Τσαλάκωμα, με σταθερό κτύπημα με το γεωλογικό σφυρί. Μπορεί να απολεπηθεί με μαχαίριδιο τσέπης.	Πολύ αποσθρωμένα και διαβρωμένα πετρώματα
R0	Εξαιρετικά μαλακό	0.25–1		Χαράσσεται με τον αντίχειρα	Βαθύ αυλάκι με σκαρπέλο

Πίνακας 2.4: Εκτίμηση της μονοαξονικής αντοχής ακεραίου πετρώματος στο πεδίο

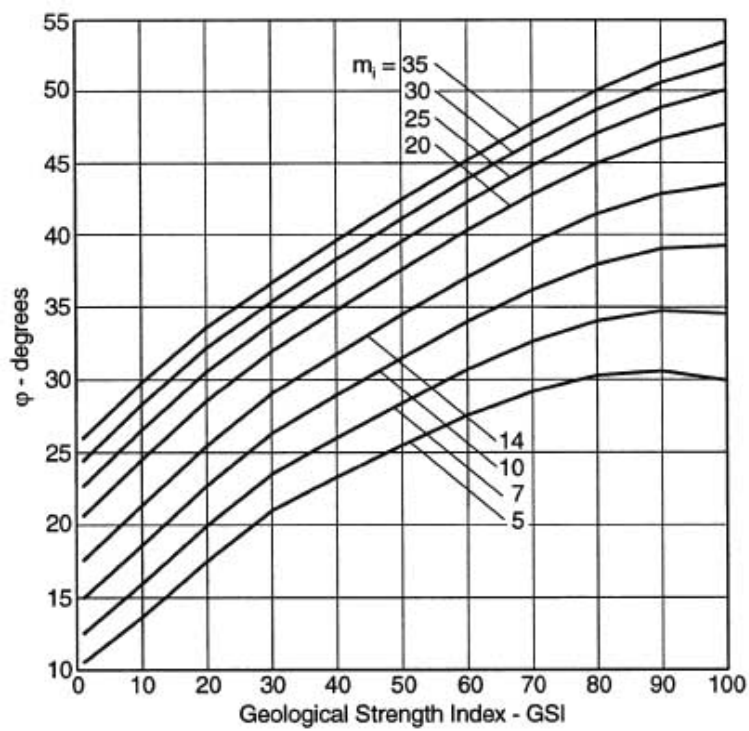
Βαθμονόμηση σύμφωνα με τον Brown .
 Δοκιμές σημειακής φόρτισης με μονοαξονική αντοχή μικρότερη των 25 MPa
 δίδουν αμφίβολα αποτελέσματα.

Πέτρολογικός τύπος	Κατηγορία	Ομάδα	Υφή			
				Αδρόκοκκα	Μεσόκοκκα	Λεπτόκοκκα
Ιζηματογενή	Κλαστικά		Κροκαλοπαγή (22)	Ψαμμίτες-19	Πιόλιθος-19	Συνεκτική άργιλος-4
				Γραουβάκης (18)		
	Μη κλαστικά οργανικά			Κιμωλία - 7		
				Άνθρακας (8-21)		
	Ανθρακικά		Τεκτονικό λατυποπαγές (20)	Σπαρτικός ασβεστόλιθος (10)	Μικριτικός ασβεστόλιθος-8	
	Χημικά			Γύψος - 16	Ανυδρίτης -13	
Μεταμορφωμένα	Μη φυλλόμορφα		Μάρμαρο - 9	Κερατόλιθος (19)	Χαλαζίτης - 24	
	Ελαφρά φυλλόμορφα		Μιγματίτης (30)	Αμφιβολίτης 25-31	Μυλονίτης (6)	
	Φυλλόμορφα		Γνεύσιος - 33	Σχιστίλιθος 4-8	Ρυόλιθος (10)	Αργιλ.σχιστ 9
Πυρηνική	Ανοικτόχρωμα		Γρανίτης - 33		Ρυόλιθος (16)	Οψιδιανός(19)
			Γρανοδιορίτης (30)		Dacite (17)	
			Διορίτης (28)		Ανδεσίτης (19)	
	Σκουρόχρωμα		Γάββρος -27	Dolerite (19)	Basalt (17)	
	Πυροκλαστικοί τύποι		Λατυποπαγές (20)	Τεκτ. Λατυποπ. (18)	Ηφ. Τόφος (15)	

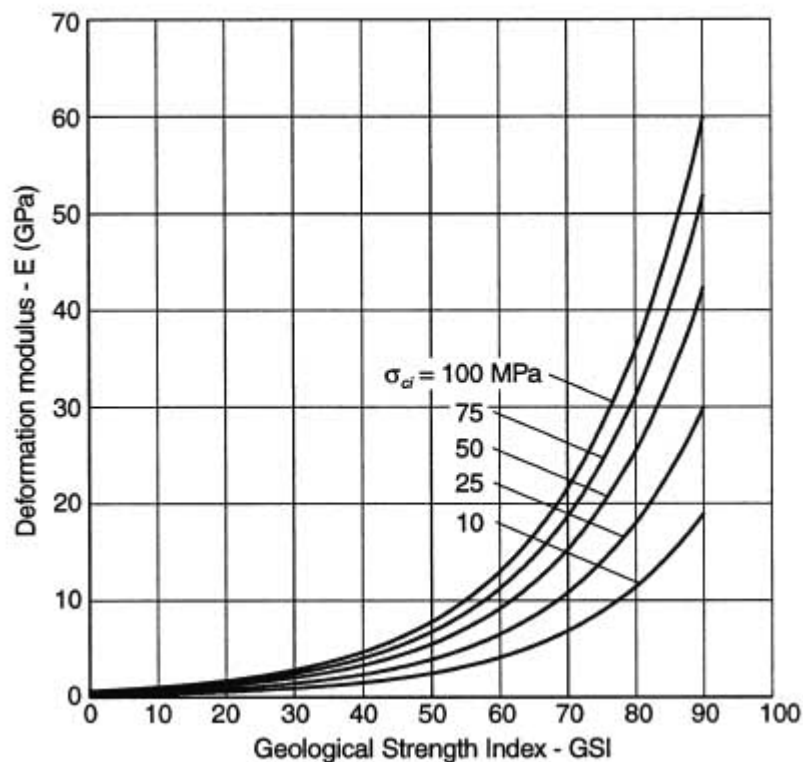
Πίνακας 2.5: Τιμές σταθεράς mi ακέραιου πετρώματος κατά κατηγορία πετρωμάτων. Οι τιμές στις παρενθέσεις είναι κατ' εκτίμηση



Εικόνα 2.1: Διάγραμμα σχέσης συνοχής και GSI (π.χ. GSI=20, $m_i=10$, $c/\sigma_{ci}=0.018$)



Εικόνα 2.2: Διάγραμμα σχέσης γωνίας τριβής και GSI (π.χ. GSI=20, $m_i=10$, $\phi=230$)



Εικόνα 2.3: Διάγραμμα σχέσης μεταξύ των GSI, μονοαξονικής αντοχής υγιούς πετρώματος (σ_{ci}) και επί τόπου μέτρου παραμόρφωσης (E_m), για $\sigma_{ci} < 100$

Συμπεράσματα

Ο Δείκτης GSI έχει γεωλογική λογική και περιορίζει τη “λογιστική” στην συνεκτίμηση των παραγόντων που λαμβάνονται υπ’ όψη στην αριθμητική βαθμονόμηση της βραχώμαζας. Περιορισμοί βέβαια υπάρχουν αλλά η ταξινόμηση καλύπτει με τη γεωλογική κρίση ένα πολύ μεγάλο εύρος βραχομαζών και καταστάσεων.

2.4.3 Για τη σήραγγα 13B

Για την συγκεκριμένη σήραγγα 13B στην Ακράτα όπως συμπεραίνεται από τις γεωτρήσεις οι μπλε μάργες έχουν κατ' εκτίμηση δείκτη GSI που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60, ενώ οι κίτρινες μάργες έχουν δείκτη GSI που κυμαίνονται μεταξύ 30 και 50. Οι ομογενοποιημένοι κόκκοι και οι στρώσεις, ανάλογα με το βαθμό της αποσύνθεσης και της οριοθέτησης του υλικού, έχουν κατ' εκτίμηση δείκτη GSI που κυμαίνονται μεταξύ 10 και 25.

Για την κατηγορία C_v :Για ύψος υπερκειμένων ίσο με 20m ο δείκτης GSI =15.

Για ύψος υπερκειμένων <20m ο δείκτης GSI<15.

Για ύψος 20m<υπερκείμενα<30m ο δείκτης GSI=20-30

Για την κατηγορία C_{iv}:Για ύψος υπερκειμένων ίσο με 20m – 30m ο δείκτης GSI=20 -25.

Το ύψος των υπερκειμένων είναι χαμηλό σε όλο το μήκος της σήραγγας. Το μέσο ύψος των υπερκειμένων είναι στην περιοχή των εισόδων (για 50 μέτρα μήκος από κάθε είσοδο) είναι 12m,ενώ για τα υπόλοιπα 150 m, το μέσο ύψος των υπερκειμένων είναι 20-25m.

2.5 Σύστημα RMR (Bieniawski)

Το σύστημα RMR (Rock Mass Rating) προτάθηκε από τον Bieniawski το 1976, έλαβε την τελική του μορφή το 1979 (Bieniawski, 1979) και παρουσιάστηκε (χωρίς ουσιαστικές τροποποιήσεις) εκ νέου το 1989 (Bieniawski, 1989). Κατά το σύστημα αυτό, η ταξινόμηση της βραχώμαζας γίνεται με έξι (6) παραμέτρους εκάστη των οποίων λαμβάνει μια τιμή. Το άθροισμα των τιμών των έξι παραμέτρων αποτελεί την τιμή του δείκτη RMR. Οι έξι παράμετροι και οι τιμές τους είναι:

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

Αντοχή σ_{ci} (MPa)	Δείκτης R1
> 250	15
100- 250	12- 15
50 - 100	7 - 12
25- 50	4- 7
5 - 25	2- 4
1- 5	1- 2
< 1	0
2. Δείκτης κερματισμού της βραχώμαζας (RQD)	
RQD (%)	Δείκτης R2
> 90	20
75- 90	17- 20
50- 75	13- 17
25- 50	8 - 13
< 25	3

3. Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών

Απόσταση (m)	Δείκτης R3	
> 2	20	
0.6 - 2	15 - 20	
0.2 - 0.6	10 - 15	
0.06 - 0.2	8 - 10	
< 0.06	5	
4. Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών		
Κατάσταση επιφανειών ασυνεχειών		Δείκτης R4
Πολύ τραχείες, χωρίς εξαλλοίωση		30
Ελαφρώς τραχείες, ελαφρά εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης < 1mm		25
Ελαφρώς τραχείες, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης < 1mm		20
Λείες ή γυαλιστερές (slickensided), υλικό πλήρωσης 1-5mm		10
Υλικό πλήρωσης πάχους άνω των 5mm		0
5. Παρουσία υπόγειου νερού		
Παρουσία υπόγειου νερού	Δείκτης R5	
Καθόλου νερό	15	
Παρουσία υγρασίας	10	
Υγρές επιφάνειες	7	
Στάγδην	4	
Με ροή	0	
6. Προσανατολισμός των ασυνεχειών σε σχέση με τη φορά διάνοιξης του έργου		
Προσανατολισμός ασυνεχειών	Δείκτης R6	
Πολύ ευμενής	0	
Ευμενής	-2	
Αδιάφορος	-5	
Δυσμενής	-10	
Πολύ δυσμενής	-12	

Πίνακας 2.6: Ταξινόμηση του Bieniawski (CSIR Geomechanics Classification, 1989)

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

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

Πίνακας 2.7: Κατάταξη βραχόμαζας

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

Παράμετρος	Τιμές	Πιθανές τιμές του δείκτη
Αντοχή	$< 5 \text{ MPa}$	0, 1, 2
RQD	$< 25\%$	3
Απόσταση ασυνεχειών	$< 15 \text{ cm}$	5, 8, 9
Κατάσταση ασυνεχειών	Με υλικό πλήρωσης	0, 10
Παρουσία νερού	Υγρές - Στάγδην	4, 7
Προσανατολισμός ασυνεχειών	Αδιάφορος	-5

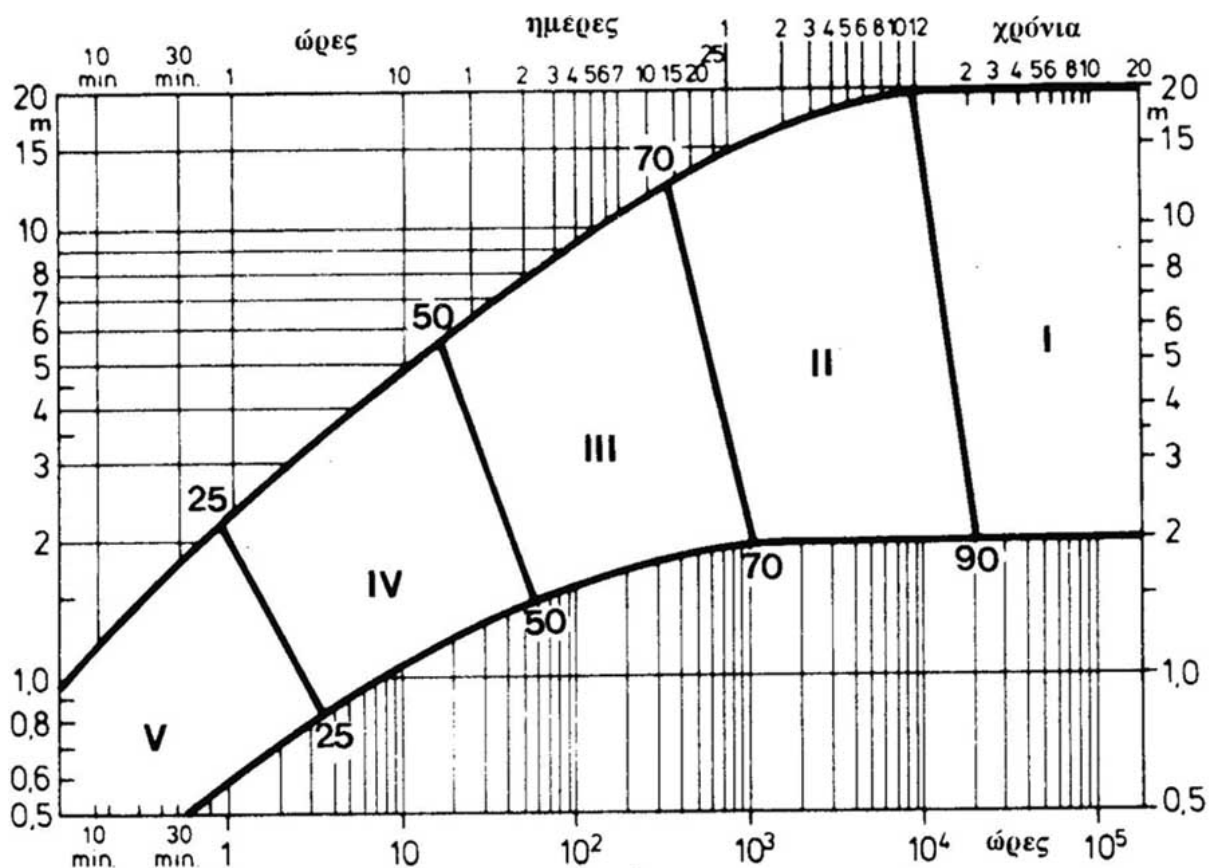
Πίνακας 2.8: Εύρος πιθανών τιμών του δείκτη RMR για πτωχής ποιότητας βραχόμαζες

Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτει ότι οι πιθανές τιμές του RMR είναι 7-26, δηλαδή 20 τιμές. Επιπλέον, στη διαμόρφωση της τιμής του δείκτη RMR έχει τεράστια σημασία η κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών με πιθανό εύρος τιμών 0 ή 10 εάν το πάχος του υλικού πλήρωσεως είναι περισσότερο από 5mm ή λιγότερο από 5mm. Τούτο σημαίνει ότι η τιμή του RMR αλλάζει κατά 10 μονάδες (ποσοστό 50% της συνολικής τιμής) εάν το πάχος του υλικού πλήρωσεως μεταβληθεί από 4.9mm σε 5.1mm. Είναι προφανές ότι η επιρροή αυτή είναι υπερβολική και μάλιστα δεδομένου ότι η εκτίμηση του

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

2.5.1 Μέτρα υποστήριξης σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά RMR

- Μέσος χρόνος διατήρησης της διατομής εκσκαφής χωρίς υποστήριξη
- Επιλογή εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης σπράγγων διαμέτρου 10m σε μικρό βάθος



Σχήμα 2.4

		Εναλλακτικά συστήματα υποστήριξης σε κατασκευή με συμβατικά μέσα		
Ποιότητα βραχομάζας	Μέθοδος εκσκαφής	Ηλώσεις (διάμετρος 20mm με πλήρη πάκτωση)	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	Μεταλλικά πλαίσια
I	Ολομέτωπη εκσκαφή. Βήμα εκσκαφής 3m.	Δεν απαιτείται καμία υποστήριξη εκτός από περιπτωσιακές σημειακές επί τόπου αγκυρώσεις.		
II	Ολομέτωπη εκσκαφή. Βήμα εκσκαφής 1-1,5m. Ολοκλήρωση υποστήριξης 20m από το μέτωπο.	Τοπικά, ηλώσεις στην οροφή μήκους 3m με αραιώση 2,5m και κατά περίπτωση πλέγμα.	50mm στην οροφή όπου χρειάζεται.	Κανένα
III	Εκσκαφή μετώπου και βαθμίδας, εκσκαφή πρώτα στο ανώτερο τμήμα κατά 1,5-3m. Έναρξη υποστήριξης μετά από κάθε ανατίναξη. Ολοκλήρωση υποστήριξης 10m από το μέτωπο.	Συστηματικές ηλώσεις μήκους 4m, με αραιώση 1,5-2m στην οροφή και τους τοίχους και πλέγμα στην οροφή.	50-100mm στην οροφή και 30mm στις πλευρές.	Κανένα
IV	Εκσκαφή μετώπου και βαθμίδας, εκσκαφή πρώτα στο ανώτερο τμήμα κατά 1-1,5m. Τοποθέτηση υποστήριξης συγχρόνως με την εκσκαφή. Ολοκλήρωση υποστήριξης 10m από το μέτωπο.	Συστηματικές ηλώσεις μήκους 4-5m, με αραιώση 1-1,5m στην οροφή και τους τοίχους με πλέγμα.	100-150mm στην οροφή και 100mm στις πλευρές.	Ελαφρά προς μέσα πλαίσια με αραιώση 1,5m όπου απαιτείται.
V	Τμηματική εκσκαφή πολλαπλών φάσεων. Βήμα εκσκαφής στο ανώτερο τμήμα 0,5-1,5m. Τοποθέτηση υποστήριξης συγχρόνων	Συστηματικές ηλώσεις μήκους 5-6m, με αραιώση 1-1,5m στην οροφή και τους τοίχους και	150-200mm στην οροφή, 150mm στις πλευρές και 50mm στο μέτωπο	Μέσα προς βαριά, με αραιώση 0,75m με επικάλυψη λαμαρίνας και στήριξη του

	με την εκσκαφή. Εφαρμογή σκυροδέματος όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά από κάθε ανατίναξη.	χαλύβδινο πλέγμα. Ήλωση του ανάστροφου τόξου.		μετώπου. Κλείσιμο του αντίστροφου τόξου.
--	---	---	--	--

Πίνακας 2.9

Για την σήραγγα 13B υπολογισμός με την εμπειρική μέθοδο Bieniawski:

Σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν προκύψει και τον πίνακα Bieniawski 2.6 έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Αντοχή σε απλή θλίψη: $\sigma_{ci}=5\text{MPa}$	δείκτης R1=2
RQD(%) = 30	δείκτης R2=8
Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών = 0.5m	δείκτης R3=10
Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών =ελαφρά τραχείες, πολύ εξαλλοιωμένες, υλικό πλήρωσης <1mm	δείκτης R4=20
Παρουσία υπόγειου νερού =στάγδην	δείκτης R5=4
Προσανατολισμός των ασυνεχειών = αδιάφορος	δείκτης R6=-5

Άρα το RMR υπολογίζεται:

$$\text{RMR}=\text{R1}+\text{R2}+\text{R3}+\text{R4}+\text{R5}+\text{R6}=39$$

Σύμφωνα με την δεδομένη τιμή του RMR που υπολογίσαμε και τον πίνακα 2.7 προκύπτει κατηγορία βραχώμαζας Πτωχή –IV. Άρα με βάση τον πίνακα 2.8 θα έχουμε εκσκαφή μετώπου και βαθμίδας, εκσκαφή πρώτα στο ανώτερο τμήμα κατά 1-1,5m. Τοποθέτηση υποστήριξης συγχρόνως με την εκσκαφή. Ολοκλήρωση υποστήριξης 10m από το μέτωπο.

2.5.2 Σύγκριση RMR με GSI:

Σύμφωνα με το σχέδιο F23024: εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη κατά μήκος τομής, προκύπτει ότι στην κατηγορία C_{iv} το GSI κυμαίνεται μεταξύ του 20 και 25, ενώ στην κατηγορία C_v το GSI είναι μικρότερο ή ίσο του 15 ($\text{GSI}\leq 15$),

άρα πτωχή ποιότητα βραχώμαζας και στις δύο περιπτώσεις. Σύμφωνα με το δείκτη RMR(που υπολογίσαμε πιο πάνω) προκύπτει ότι έχει τιμή 39 σύμφωνα με τον πίνακα του Bieniawski, και φτάσαμε στο αποτέλεσμα ότι και οι δύο μέθοδοι ταυτίζονται. Προκύπτει εν τέλει ότι η ποιότητα βραχώμαζας στην σήραγγα 13B είναι πτωχή.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑ 13Α

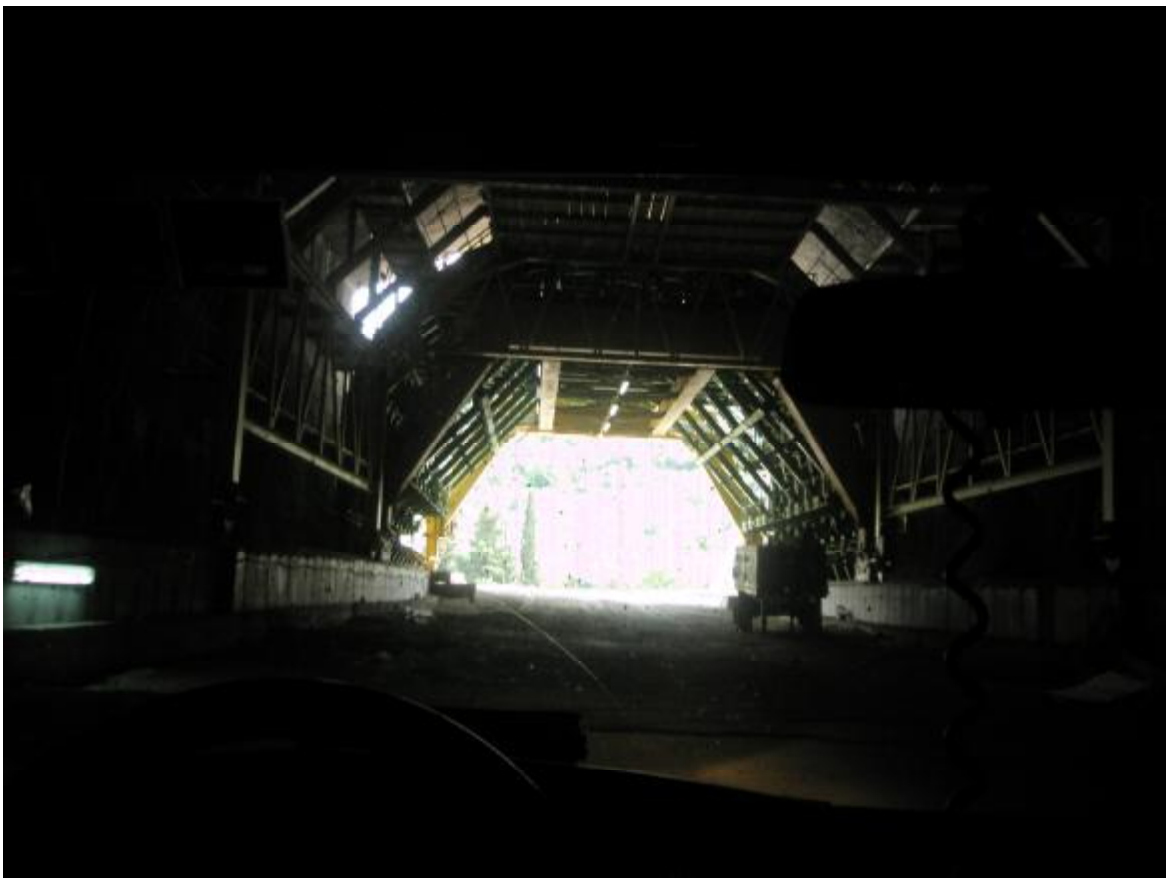




ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑ 13B







ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://www.geo.auth.gr/883/Rock_Class.htm

<http://www.ametro.gr/page/default.asp?la=1&Id=62>

<http://www.geomarinos.gr/el/-gsi-charts->

Αναζήτηση στο google με τις λέξεις κλειδιά :<<δείκτης GSI>>

βρέθηκαν:

http://www.geo.auth.gr/ege2004/articles/TG39_376.pdf

<http://www.geomarinos.gr/el/-gsi-charts->

Αναζήτηση στο google με τις λέξεις κλειδιά: <<δείκτης RMR>>

βρέθηκαν:

<http://www.olympiaodos.gr/index.php>

Σύγγραμμα: Τεχνικά έργα υποδομής, κατασκευές στην επιφάνεια του βράχου , υπόγειες κατασκευές, φράγματα. Χρήστος Ν. Μαραγκός.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

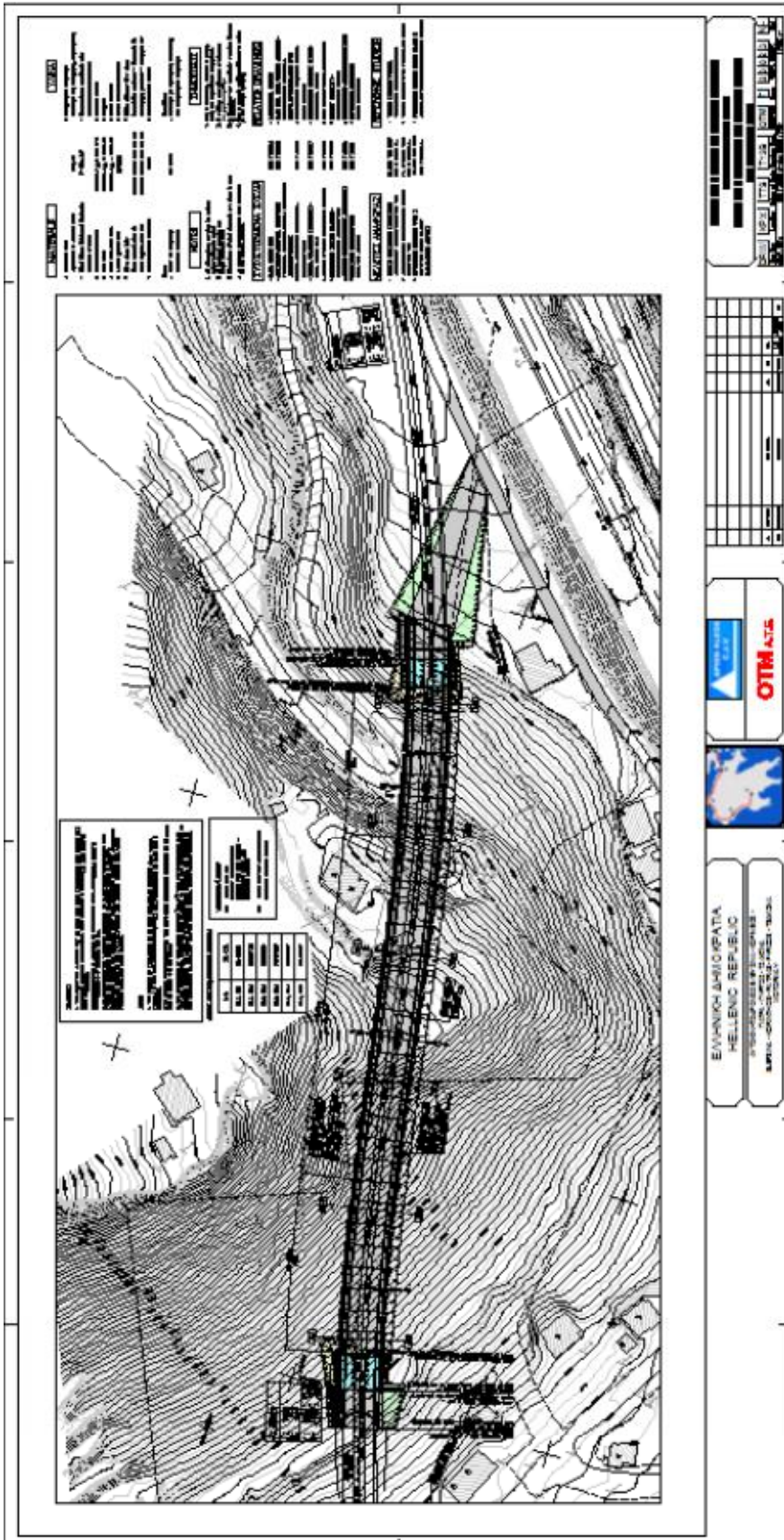
Δέλτα τύπου Gilbert

Ένα δέλτα Gilbert (το όνομά του από Grove Karl Gilbert) είναι ένας ειδικός τύπος του δέλτα που σχηματίζεται από χονδροειδή ιζήματα, σε αντίθεση με ήπια κλίση των δέλτα από λάσπη, όπως εκείνη του Μισισσιπή. Για παράδειγμα, ένα ορεινό ποτάμι με εναποθέσεις των ιζημάτων σε μια λίμνη γλυκού νερού θα αποτελέσει αυτό το είδος του δέλτα. Ενώ μερικοί συγγραφείς περιγράφουν δύο λιμναίες και θαλάσσιες περιοχές των δέλτα τύπου Gilbert, άλλοι επισημαίνουν ότι ο σχηματισμός τους είναι πιο χαρακτηριστικός από τις λίμνες γλυκού νερού, όπου είναι ευκολότερο για το νερό του ποταμού να αναμειχθεί με το νερό της λίμνης ταχύτερα.

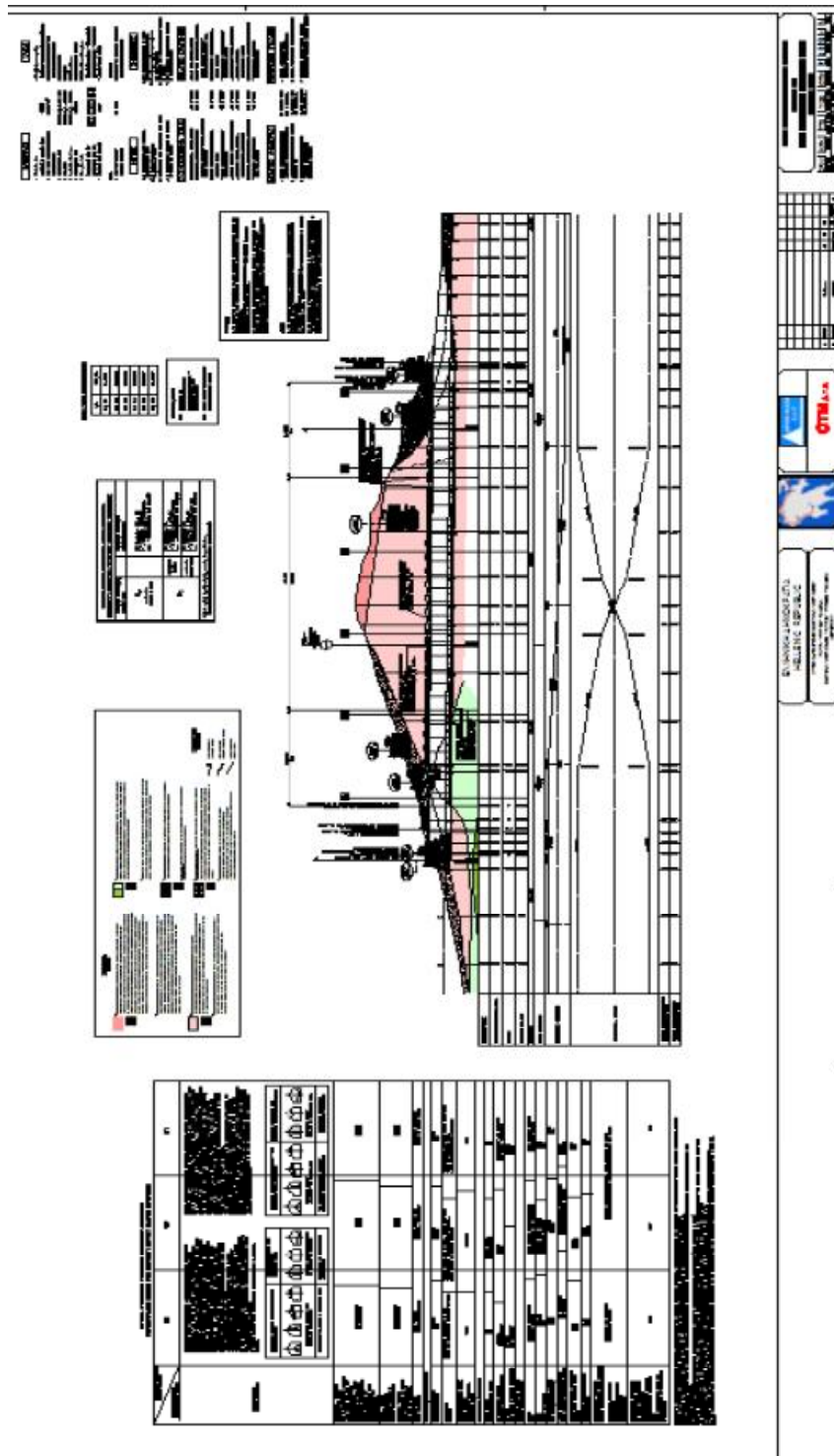
Ηλικιακή και περιβαλλοντική εξέλιξη της πλήρωσης του ρήγματος της νότιας ακτής του κόλπου της Κορίνθου (περιοχή Ακράτα-Δερβένι)

Στη νότια ακτή του κόλπου της Κορίνθου υπάρχουν εναποθέσεις ρηγμάτων, δίνοντας πολύτιμες πληροφορίες για τα πρώτα στάδια της ηπειρωτικής επέκτασης καθώς και τη γεωδυναμική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου. Η στρωματογραφία (σχετική θέση, 3D γεωμετρία, χρονολόγηση) των εναποθέσεων αυτών εξακολουθεί να υπόκειται σε διαμάχες. Η εξέλιξη του ρήγματος του κεντρικού τμήματος της νότιας ακτής της Κορίνθου επανεξεταστεί, με βάση τα νέα ιζηματολογικά και παλαιοντολογικά δεδομένα. Ενώ η οστρακοειδής ανάλυση παρέχει ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τις παλεοπεριβαλλοντικές πρόσφατες εξελίξεις, η παλυνολογία (επιστήμη που εξετάζει τη χλωρίδα παλαιότερων περιόδων) παρέχει μια πιο ακριβή χρονολογία. Για πρώτη φορά, έχουμε θαλάσσια τεκμήρια και αποδείξεις Πλειστόκαινο κάτω από τα γνωστά δέλτα τύπου Gilbert του ρήγματος της Κορίνθου. Η πλήρωση του ρήγματος καταγράφεται σε τρεις φάσεις στην ιστορία: (1) η κατώτερη ομάδα αντιστοιχεί προς το ηπειρωτικό λιμναίο περιβάλλον περνώντας σταδιακά μέχρι το υφάλμυρο περιβάλλον με περιστασιακά θαλάσσιες επιδρομές πριν από 1,8 Ma για κάποιο χρονικό διάστημα μετά από 1,5Ma, (2) η μέση ομάδα αντιστοιχεί στο γιγαντιαίο αλλουβιακών ριπιδίων και με το δέλτα τύπου Gilbert ταξινομείται σε ένα εναλλασσόμενο θαλάσσιο και λιμναίο περιβάλλον από περίπου 1,5 Ma για κάποιο χρονικό διάστημα μετά το 0,7 Ma, και (3) η Άνω Ομάδα αντιστοιχεί σε εναποθέσεις με κλίση, δέλτα τύπου Gilbert και θαλάσσιες αναβαθμίδες που δείχνει την εμφάνιση του ρήγματος των ιζημάτων κατά μήκος της νότιας ακτής από τουλάχιστον 0,4 Ma έως σήμερα, με εναλλασσόμενο θαλάσσια και λιμναία εναπόθεση ελέγχονται από το θέση της στάθμης της θάλασσας της Μεσογείου σε σχέση με το περβάζι Στενό Ρίου.

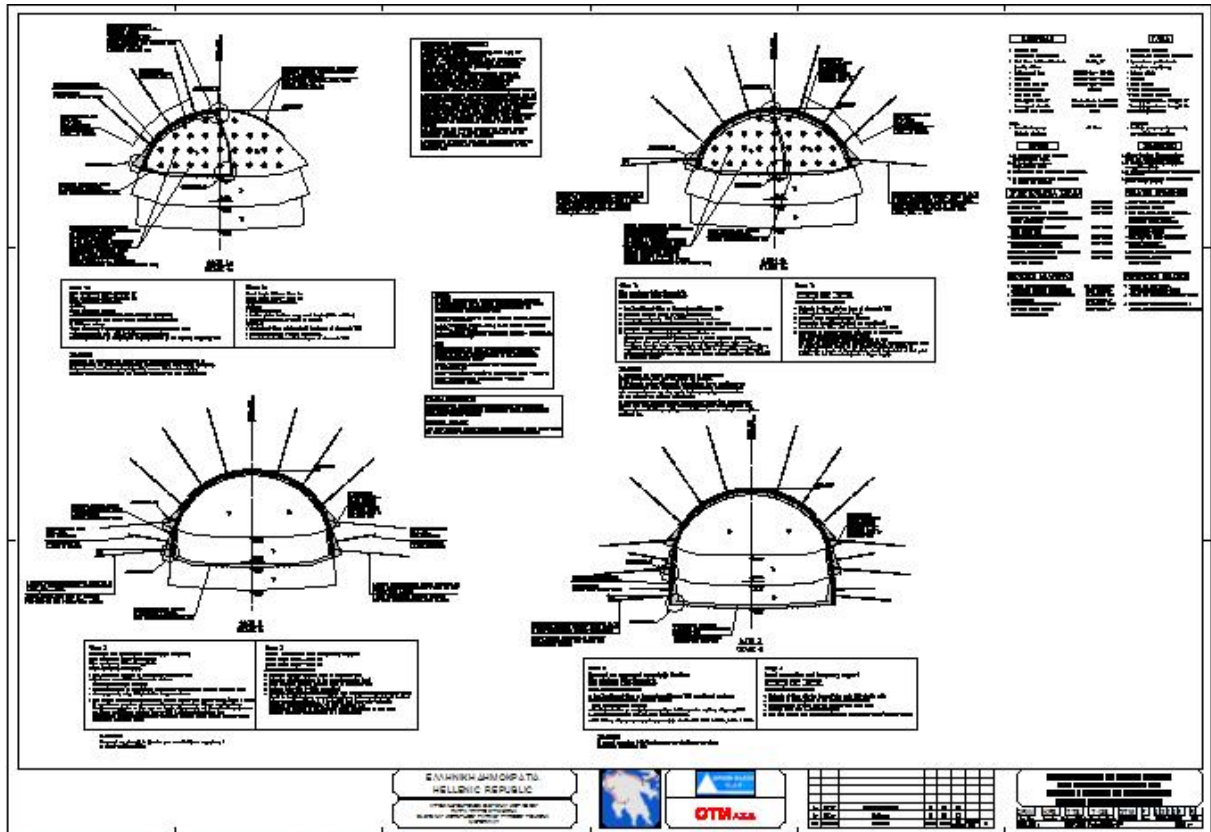
Σχέδιο 23023



Σχέδιο 23024



Σχέδιο 23026



Σχέδιο 23027

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "ΜΕΤΡΟΤΑ"
 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "ΜΕΤΡΟΤΑ"
 ΔΡΑΣΗ "ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ"
 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΩΝ "ΕΚΣΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ"
 ΕΡΓΟΛΗΠΙΑ "ΕΚΣΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ"
ΕΥΡΩΧΡΗΜΑΤΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
HELLENIC REPUBLIC

OTM Α.Ε.
OTM Α.Ε.
OTM Α.Ε.

ΣΧΕΔΙΟ 23027
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "ΜΕΤΡΟΤΑ"
ΕΡΓΟΛΗΠΙΑ "ΕΚΣΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ"
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "ΜΕΤΡΟΤΑ"
ΕΡΓΟΛΗΠΙΑ "ΕΚΣΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ"
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "ΜΕΤΡΟΤΑ"
ΕΡΓΟΛΗΠΙΑ "ΕΚΣΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΛΗΠΙΑΣ"

