



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΛΥΔΩΝΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Ταταράκης Λεωνίδα

Επιβλέπων: Νομικός Παύλος

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα τη «Μηχανική συμπεριφορά της σήραγγας Καλυδώνας κατά τη διάνοιξη της» εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος «Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων» της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Σκοπός της εργασίας αποτέλεσε αφενός η περιεκτική παρουσίαση στοιχείων (γεωλογικών, γεωτεχνικών, μελετητικών) της σήραγγας και αφετέρου η καταγραφή των διαφορών μεταξύ μελέτης και κατασκευής καθώς και ο εντοπισμός κατασκευαστικών προβλημάτων. Με αφορμή την ολοκλήρωσή της θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν στην επίτευξη ενός όσο το δυνατό καλύτερου αποτελέσματος.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νομικό Παύλο, Λέκτορα της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. για την άριστη συνεργασία μας κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε μέσω της υπομονετικής καθοδήγησής του.

Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Σοφιανό Αλέξανδρο, Καθηγητή της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. και διευθυντή του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Διάνοιξης Σηράγγων για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον που μου έδειξε καθώς για τις ουσιαστικές υποδείξεις του όποτε χρειάστηκε.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Γιούτα-Μήτρα Παρασκευή, Υποψήφια Διδάκτορα της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών Ε.Μ.Π. για τη βοήθεια στην εύρεση δεδομένων αλλά και για το χρόνο που μου διέθεσε.

Δεν θα ήθελα να παραλείψω τις ευχαριστίες μου στον κ. Ρόζο Δημήτριο, Επίκουρο Καθηγητή του τομέα Γεωλογικών Επιστημών της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., διευθυντή του Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τις κατασκευάστριες εταιρείες ΤΕΡΝΑ Α.Ε. και FERROVIAL S.A., τους μηχανικούς και γεωλόγους στο εργοτάξιο της σήραγγας Καλυδώνας, και την ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ Ε.Π.Ε. - ΙΣΤΡΙΑ για τη διάθεση αρχείων και της πληροφοριών που αφορούν στην κατασκευή της σήραγγας.

Τέλος, θερμότερες ευχαριστίες στην οικογένειά μου για την υπομονή, την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών και προσπαθειών μου.

Ταταράκης Λεωνίδας
Αθήνα, Ιανουάριος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη της δίδυμης οδικής σήραγγας Καλυδώνας, η οποία αποτελεί τμήμα του αυτοκινητοδρόμου E55 της Ιονίας Οδού. Εντοπίζεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νομού Αιτωλοακαρνανίας και ειδικότερα βόρεια του Ευηνοχωρίου, και σε απόσταση περί τα 8 χλμ. βορειοανατολικά του Μεσολογγίου. Γενικά στοιχεία για τη σήραγγα και την ευρύτερη περιοχή του έργου παρουσιάζονται στο πρώτο κεφάλαιο.

Στο κεφάλαιο 2, παρουσιάζονται τα γεωλογικά - γεωτεχνικά στοιχεία για το σχηματισμό του φλύσχη, τα οποία προέκυψαν ύστερα από γεωτεχνικές έρευνες στην περιοχή. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου περιγράφονται οι κατηγορίες βραχομάζας, οι υδρογεωλογικές συνθήκες αλλά και τα γεωτεχνικά προβλήματα που συναντήθηκαν κατά τη κατασκευή.

Το κεφάλαιο 3 σχετίζεται με τον τρόπο εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας καθώς και τα υλικά κατασκευής προσωρινής υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον γίνεται μια σύγκριση των προβλεπόμενων από το μελετητή τεχνικογεωλογικών συνθηκών και μέτρων υποστήριξης με τις συνθήκες που συναντήθηκαν και τα μέτρα υποστήριξης που εφαρμόστηκαν στην κατασκευή.

Στο κεφάλαιο 4 περιγράφονται τα γεωτεχνικά συστήματα παρακολούθησης που χρησιμοποιήθηκαν και στο κεφάλαιο 5 αναλύεται ο κύκλος εργασιών στην περιοχή του εργοταξίου.

Στη συνέχεια, το επόμενο κεφάλαιο αναφέρεται στη μέθοδο διάνοιξης της σήραγγας με εκρηκτικά. Περιγράφονται, αναλυτικά, το σχέδιο ανατίναξης, ο κάνναβος διατρημάτων, ο τύπος των εκρηκτικών με τα οποία γομώνουν τα διατρήματα, καθώς και το κύκλωμα έναυσης. Επιπλέον, παραθέτονται οι διεργασίες που σχετίζονται με τη μεθοδολογία ανατινάξεων, όπως η γεωλογική χαρτογράφηση, η αποκομιδή προϊόντων και ο αερισμός της σήραγγας.

Στο κεφάλαιο 7, το οποίο αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την κατασκευή της σήραγγας Καλυδώνας.

ABSTRACT

The present Diploma thesis concerns the excavation and primary support of Kalydona twin road tunnel, which is part of the E55 motorway of Ionia Odos. It is located at the southwest part of Aitoakarnania prefecture and in particular north of Evinochori village, at an approximate distance of 8 km northeast of Messolonghi. General data about the tunnel and the wider project area of the construction are presented in the first chapter.

In chapter 2, the geological - geotechnical data of the flysch formation are presented. These data were obtained after a series of geotechnical investigations that were executed at the proposed tunnel area. At the end of this chapter rock mass categories, hydrogeologic conditions and also the geotechnical problems encountered, are described.

Chapter 3 is related to the excavation and primary support of the tunnel, and also to the construction materials which were used for the primary support. In addition, the predicted geotechnical conditions from the project designer are compared with the actual ones encountered and also the predicted primary support measures are compared with the ones applied during the construction process.

In chapter 4 the geotechnical monitoring systems, which were used during the construction, are described and in chapter 5 the sequence of tunnelling works at the construction site are analyzed.

Following, in the next chapter the tunnel excavation method of drill and blast is described. There is a detailed description of the blasting design, the pattern of drilled holes, the type of explosives used to fill the drilled holes, and also the ignition circuit. In addition, there is a presentation of the processes which are related to the excavation method of drill and blast, such as the geological mapping, the disposal of excavated rock and the tunnel ventilation.

In chapter 7, which constitutes the last chapter of this diploma thesis, the conclusions derived from the construction of Kalydona tunnel are presented.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT.....	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1.1. Γενικά.....	12
1.2. Η περιοχή της Αρχαίας Καλυδónας.....	14
1.3. Σήραγγα Καλυδónας.....	16
1.3.1. Γεωγραφική θέση.....	16
1.3.2. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά έργου	19
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	22
2.1. Γενικά γεωλογικά στοιχεία	22
2.2. Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής	26
2.3. Γεωλογική περιγραφή υλικών και ενοτήτων	26
2.4. Γεωτεχνική έρευνα.....	28
2.5. Στοιχεία επιτόπου δοκιμών	29
2.6. Στοιχεία εργαστηριακών δοκιμών.....	31
2.7. Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά βραχομάζας	34
2.7.1. Φυσικά χαρακτηριστικά ψαμμίτη	34
2.7.2. Μηχανικά χαρακτηριστικά ψαμμίτη.....	34
2.7.3. Φυσικά χαρακτηριστικά ιλυόλιθου.....	35
2.7.4. Μηχανικά χαρακτηριστικά ιλυόλιθου	35
2.8. Περιγραφή κατηγοριών βραχομάζας	36
2.8.1. Κατηγορία βραχομάζας A:	36
2.8.2. Κατηγορία βραχομάζας B:.....	37
2.8.3. Κατηγορία βραχομάζας C:.....	37
2.8.4. Κατηγορία βραχομάζας D:	38
2.9. Γεωμηχανικά στοιχεία στο σύνολο της σήραγγας	39

2.10.	Υδρογεωλογικές συνθήκες.....	41
2.11.	Γεωτεχνικά προβλήματα	44
3.	ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	46
3.1.	Γενικά.....	46
3.2.	Κατηγορίες εκσκαφής και υποστήριξης βραχομάζας.....	47
3.3.	Μηκοτομή σήραγγας - Σύγκριση πρόβλεψης με κατασκευή.....	51
3.4.	Συσχετισμός στοιχείων εκσκαφής και υποστήριξης.....	58
3.5.	Οπές αποστράγγισης	60
3.6.	Υλικά κατασκευής προσωρινής υποστήριξης.....	62
3.6.1.	Γενικά.....	62
3.6.2.	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	62
3.6.3.	Ηλώσεις βράχου.....	65
3.6.4.	Πλαίσια	67
3.6.5.	Ράβδοι προπορείας.....	70
4.	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	73
4.1.	Γενικά.....	73
4.2.	Γεωτεχνικά όργανα	74
4.2.1.	Αποκλισιόμετρο	74
4.2.2.	Εξτενσιόμετρα	75
4.2.3.	Κυψέλες φορτίου αγκυρίων	75
4.2.4.	Κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.....	76
4.3.	Τύποι γεωτεχνικών οργάνων μετρήσεων	77
4.4.	Όργανα μέτρησης επικίνδυνων αερίων.....	80
5.	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	81
5.1.	Στοιχεία σχεδιασμού και αλληλουχία εργασιών	81
5.2.	Ανάλυση εργασιών στην περιοχή του έργου	83
5.3.	Συνοπτική παρουσίαση εργασιών	85
6.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΤΙΝΑΞΕΩΝ.....	87
6.1.	Αντικείμενο εργασιών	87
6.2.	Γεωλογική χαρτογράφηση	88
6.3.	Κάνναβος διατρημάτων - Σχέδιο ανατίναξης	89
6.4.	Γόμωση – Πυροδότηση.....	95
6.4.1.	Εκρηκτικές ύλες.....	96

6.4.2.	Γόμωση	99
6.4.3.	Επιγόμωση	99
6.4.4.	Συνδεσμολογία - χρόνοι επιβράδυνσης - κύκλωμα έναυσης.....	100
6.5.	Αερισμός σήραγγας.....	104
6.6.	Αποκομιδή προϊόντων.....	106
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	108
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Χαρακτηριστικά μητρώα και φωτογραφίες γεωτρήσεων.....	112
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Αντιπροσωπευτικές γεωλογικές χαρτογραφήσεις μετώπων	122
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Ημερολόγιο προόδου σήραγγας	127

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Χαρακτηριστικά μητρώα και φωτογραφίες γεωτρήσεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Αντιπροσωπευτικές γεωλογικές χαρτογραφήσεις μετώπων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Ημερολόγιο προόδου σήραγγας

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά σήραγγας Καλυδώνας.....	19
Πίνακας 2.1: Γεωλογική περιγραφή ενοτήτων	27
Πίνακας 2.2: Στοιχεία ερευνών γεωτεχνικής έρευνας	29
Πίνακας 2.3: Στοιχεία επιτόπου δοκιμών πρότυπης διείσδυσης	30
Πίνακας 2.4: Στοιχεία επιτόπου δοκιμών περατότητας.....	30
Πίνακας 2.5: Στοιχεία πιεζομετρικών μετρήσεων στάθμης υδροφόρου	31
Πίνακας 2.6: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών φυσικών χαρακτηριστικών	32
Πίνακας 2.7: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών μηχανικών χαρακτηριστικών βράχου.....	33
Πίνακας 2.8: Στατιστική επεξεργασία φυσικών χαρακτηριστικών ενοτήτων IIISa, IISa	34
Πίνακας 2.9: Στατιστική επεξεργασία μηχανικών χαρακτηριστικών ενοτήτων IIISa, IISa.	34
Πίνακας 2.10: Στατιστική επεξεργασία φυσικών χαρακτηριστικών ενοτήτων IIISi, IISi...	35
Πίνακας 2.11: Στατιστική επεξεργασία μηχανικών χαρακτηριστικών ενοτήτων IIISi, IISi	35
Πίνακας 2.12: Κατηγορίες βραχομάζας, συμπεριφορά βραχομάζας και παράμετροι.....	40
Πίνακας 2.13: Στατιστική επεξεργασία δοκιμών περατότητας	41
Πίνακας 2.14: Εκτιμώμενες τιμές περατότητας των ενοτήτων	41
Πίνακας 3.1: Κατηγορίες και μέτρα υποστήριξης βραχομάζας	48
Πίνακας 3.2: Αντιπαράθεση κατηγοριών βραχομάζας και προσωρινής υποστήριξης (αριστερός κλάδος)	54
Πίνακας 3.3: Αντιπαράθεση κατηγοριών βραχομάζας και προσωρινής υποστήριξης (δεξιός κλάδος)	57
Πίνακας 3.4: Χαρακτηριστικά οπών αποστράγγισης	61
Πίνακας 3.5: Χαρακτηριστικά εκτοξευόμενου σκυροδέματος.....	63
Πίνακας 3.6: Χαρακτηριστικά Ηλώσεων	66
Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά Πλαισίων και αντηρίδων	68
Πίνακας 3.8: Χαρακτηριστικά ράβδων προπορείας	71
Πίνακας 3.9: Χαρακτηριστικά υλικών προσωρινής υποστήριξης.....	72
Πίνακας 4.1: Όργανα παρακολούθησης για κάθε κατηγορία υποστήριξης	79
Πίνακας 6.1: Εκρηκτικές ύλες (χαρακτηριστικά και ιδιότητες)	96

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Δίδυμη οδική σήραγγα Καλυδώνας (α' φάση εκσκαφής)	13
Εικόνα 1.2: Χαρτογράφηση Ιονίας Οδού (τομέας Ιόνια Οδός και Π.Α.Θ.Ε.)	13
Εικόνα 1.3: Ιόνια Οδός κατά μήκος του Ιονίου Πελάγους	14
Εικόνα 1.4: Ιερό Αρτέμιδος Λάφριας	
Εικόνα 1.5: Το ηρώο ή τάφος του λέοντα	15
Εικόνα 1.6: Αρχαίο θέατρο Καλυδώνας (αεροφωτογραφία)	
Εικόνα 1.7: Θολωτός τάφος νότια των τειχών της Αρχαίας Καλυδώνας.....	16
Εικόνα 1.8: Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη ΓΥΣ (ΦΥΛΛΟ ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ).....	17
Εικόνα 1.9: Δορυφορικός χάρτης της περιοχής της σήραγγας Καλυδώνας	18
Εικόνα 2.1: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ (ΦΥΛΛΟ ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ).....	22
Εικόνα 2.2: Εναλλαγές ψαμμιτών και ιλυολίθων της Ιονίας Γεωτεκτονικής ενότητας	25
Εικόνα 2.3: Σχηματισμός του φλύσχη της Ιονίας Γεωτεκτονικής ενότητας	25
Εικόνα 2.4: Φλύσχη με εναλλαγές ψαμμίτη και ιλυόλιθου	27
Εικόνα 2.5: Μικρή υδροφορία στο στόμιο εισόδου της σήραγγας (αριστερός κλάδος)	43
Εικόνα 2.6: Ύδατα οδηγούμενα μέσω ειδικών καναλιών έξω από τη σήραγγα (δεξιός κλάδος).....	43
Εικόνα 3.1: Πρέσα (με ειδική αντλία) εκτοξευόμενου σκυροδέματος.....	64
Εικόνα 3.2: Ειδική αντλία εκτοξευόμενου σκυροδέματος	64
Εικόνα 3.3: Σήραγγα Καλυδώνας υποστηριγμένη με εκτοξευόμενο σκυροδέμα (β' φάση).....	65
Εικόνα 3.4: Αγκύρια πακτωμένα με τσιμεντένεμα στην οροφή της σήραγγας.....	67
Εικόνα 3.5: Ντιζελοκίνητη τσάπα	69
Εικόνα 3.6: Ανέγερση πλαισίου με χρήση τσάπας	69
Εικόνα 3.7: Οι αντηρίδες των μεταλλικών πλαισίων ξεχωρίζουν πάνω από την πρώτη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	70
Εικόνα 3.8: Τοποθετημένοι ράβδοι προπορείας στην κορυφή του στομίου εισόδου.....	71
Εικόνα 5.1: Κύκλος εργασιών στη σήραγγα	82
Εικόνα 6.1: Μέτωπο σήραγγας Καλυδώνας προς γεωλογική χαρτογράφηση	89
Εικόνα 6.2: Διάτρηση μετώπου (κάνναβος διατρημάτων)	93
Εικόνα 6.3: Διατρητικό μηχάνημα υπογείων Jumbo τύπου Atlas Copco	94
Εικόνα 6.4: Διατρητικό μηχάνημα υπογείων Jumbo τύπου Secoma.....	94
Εικόνα 6.5: Γόμωση διατρημάτων με ξύλινο τακαδόρο	96

Εικόνα 6.6: Καμύλια έναυσης	102
Εικόνα 6.7: Σύνδεση του κυκλώματος έναυσης	102
Εικόνα 6.8: Ολοκλήρωση εργασιών συνδεσμολογίας του κυκλώματος έναυσης.....	103
Εικόνα 6.9: Μέτωπο σήραγγας έτοιμο προς ανατίναξη	103
Εικόνα 6.10: Σύστημα αερισμού της σήραγγας (δεξιός κλάδος)	106
Εικόνα 6.11: Φορτωτής Caterpillar 966G (αριστερά) και χωματουργικό φορτηγό dumper (δεξιά)	107

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Οριζοντιογραφία σήραγγας Καλυδώνας από Χ.Θ. 24+037 έως 25+255.....	18
Σχήμα 1.2: Διατομή χρήσης δίδυμης σήραγγας Καλυδώνας.....	20
Σχήμα 2.1: Υπόμνημα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ ΦΥΛΛΟ ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ.....	23
Σχήμα 2.2: Μηκοτομή αριστερού κλάδου και θέσεις γεωτρήσεων.....	28
Σχήμα 3.1: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-A.....	49
Σχήμα 3.2: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-B.....	50
Σχήμα 3.3: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-C.....	50
Σχήμα 3.4: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-D.....	51
Σχήμα 3.5: Διαγραμματική αναπαράσταση χιλιομετρικής θέσης-βήματος προχώρησης-προσωρινής υποστήριξης του αριστερού κλάδου.....	59
Σχήμα 3.6: Διαγραμματική αναπαράσταση χιλιομετρικής θέσης-βήματος προχώρησης-προσωρινής υποστήριξης του δεξιού κλάδου.....	60
Σχήμα 3.7: Μηκοτομή συστήματος αποστράγγισης (κλίμακα 1:100).....	61
Σχήμα 3.8: Διατομή συστήματος αποστράγγισης (κλίμακα 1:100).....	61
Σχήμα 4.1: Διάταξη οργάνων γεωτεχνικής παρακολούθησης.....	74
Σχήμα 4.2: Εξτενσιόμετρα πολλαπλών ράβδων.....	75
Σχήμα 4.3: Κυψέλες φορτίου αγκυρίων (κλίμακα 1:20).....	76
Σχήμα 4.4: Κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος (κλίμακα 1:20).....	77
Σχήμα 6.1: Τυπικό σχέδιο διάτρησης σήραγγας Καλυδώνας α' φάσης (κλίμακα 1:50).....	92
Σχήμα 6.2: Εστιασμένο σχέδιο διάτρησης σήραγγας Καλυδώνας (κεντρικό διάτρημα και διατρήματα διευρύνσεως).....	93
Σχήμα 6.3: Σχέδιο ανατίναξης με χρόνους επιβράδυνσης σε υγιή ψαμμίτη (Iisa).....	101

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Η δίδυμη οδική σήραγγα Καλυδώρας (Εικόνα 1.1) αποτελεί τμήμα του αυτοκινητοδρόμου Ε55 της Ιονίας Οδού (Εικόνες 1.2 και 1.3) και κατασκευάζεται από την κοινοπραξία Euroionia. Η ΤΕΡΝΑ Α.Ε., μέλος της κοινοπραξίας, έχει αναλάβει την κατασκευή της μισής δίδυμης σήραγγας. Το υπόλοιπο μισό κατασκευάζεται από την FERROVIAL S.A. Εκτός της κατασκευής και λειτουργίας του κυρίου έργου (Ιόνια Οδός παραπλεύρως δυτικής ακτής Ελλάδος), η παραχώρηση συμπεριλαμβάνει και την αναβάθμιση, συντήρηση και λειτουργία ενός τμήματος μήκους 182,5 χιλιομέτρων του ήδη υπάρχοντος αυτοκινητόδρομου Αθήνα – Θεσσαλονίκη. Έτσι η παραχώρηση διακρίνεται σε δύο τμήματα: το τμήμα Ιόνια Οδός, που εκτείνεται κατά μήκος της ακτής του Ιονίου Πελάγους, από το Αντίρριο μέχρι τα Ιωάννινα και έχει μήκος 159,4 χιλιόμετρα, και το δεύτερο τμήμα Π.Α.Θ.Ε. (αυτοκινητόδρομος Πατρών-Αθήνας-Θεσσαλονίκης-Ευζώνων), κατά μήκος της Ανατολικής ακτής, από την Βόρεια έξοδο της Αθήνας στα Σκάρφεια του Μαλιακού κόλπου, όπου 161,7 χιλιόμετρα είναι σε λειτουργία και 58 χιλιόμετρα θα ολοκληρωθούν από την κοινοπραξία. Γενικά η χάραξη του δρόμου σε κάποια σημεία περνά από πολύ δύσκολα ανάγλυφα εδάφους. Ο αυτοκινητόδρομος της Ιονίας Οδού ξεκινά μετά τη γέφυρα του Ρίο-Αντίρριο και συνεχίζει περνώντας από το Μεσολόγγι, το Αγρίνιο, την Αμφιλοχία, την Άρτα φτάνει στα Ιωάννινα όπου και συναντά την Εγνατία Οδό. Οι νομοί που διασχίζει είναι οι: Αιτωλοακαρνανίας, Πρέβεζας, Άρτας, Ιωαννίνων. Το έργο ακολουθεί τα πρότυπα κατασκευής και λειτουργίας αυτοκινητοδρόμων, δηλαδή αυτοκινητόδρομος διπλής κατεύθυνσης με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση και όριο ταχύτητας 120 χλμ./ώρα. Η Ιόνια Οδός είναι υπό κατασκευή και η επίτευξη της ολοκλήρωσής της έχει σταματήσει προσωρινά λόγω μειωμένων οικονομικών εισροών και προβλημάτων που αφορούν στη χρηματοδότηση του έργου.



Εικόνα 1.1: Δίδυμη οδική σήραγγα Καλυδώνας (α' φάση εκσκαφής)



Εικόνα 1.2: Χαρτογράφηση Ιονίας Οδού (τομέας Ιόνια Οδός και Π.Α.Θ.Ε.) [1]



Εικόνα 1.3: Ιόνια Οδός κατά μήκος του Ιονίου Πελάγους (Πηγή www.google.gr)

1.2. Η περιοχή της Αρχαίας Καλυδώνας

Πρόκειται για μία από τις αρχαιότερες πόλεις της Αιτωλοακαρνανίας [3], η οποία είναι συνδεδεμένη με σημαντικούς μυθολογικούς κύκλους, με κυριότερο αυτό του Καλυδώνιου Κάπρου. Η ζωή της αρχίζει από τους προϊστορικούς χρόνους και φθάνει μέχρι τους ύστερους Ελληνικούς χρόνους. Από τον Όμηρο, μάλιστα αναφέρεται με την ονομασία «Πετρήεσσα». Από την Ιλιάδα είναι γνωστή για τη συμμετοχή της στην Τρωϊκή Εκστρατεία. Η θέση της πόλης βρίσκεται στο Κάστρο του Κουρταγά περίπου πεντακόσια μέτρα βόρεια του Ευηνοχωρίου, στη δυτική όχθη του Εύηνου, σε σημείο σημαντικό για τον έλεγχο των χερσαίων περασμάτων. Η ίδρυσή της πόλης χρονικά τοποθετείται στην αρχή της προϊστορίας, περίπου την 3^η χιλιετία π.Χ. και σύμφωνα με τις μαρτυρίες που υπάρχουν φτάνει μέχρι τους ύστερους Ελληνιστικούς χρόνους. Η πόλη της Αρχαίας Καλυδώνας ήταν οχυρωμένη με τετράπλευρο περίβολο που περιέκλειε διαδοχικούς λόφους. Στο βορειότερο τμήμα σχηματιζόταν ακρόπολη, που χωριζόταν με διατείχισμα από τον υπόλοιπο περίβολο. Η κύρια πύλη βρισκόταν στο νότιο τείχος, ενώ υπήρχαν και πέντε ακόμα μικρότερες εισοδοί σε άλλα σημεία του περιβόλου. Η πρώιμη εγκατάσταση στην περιοχή υποδηλώνεται από τα αρχαιολογικά ευρήματα, τα οποία ανάγονται στην Πρώιμη Εποχή του Χαλκού, ενώ η κατοίκηση φαίνεται ότι συνεχίστηκε σε όλη την εποχή

του Χαλκού, αλλά και τους Σκοτεινούς αιώνες. Μετά το τέλος του Πελοποννησιακού πολέμου πέρασε στα χέρια των Αχαιών, ως τη μάχη των Λεύκτρων, οπότε κυριεύθηκε από τους Σπαρτιάτες. Το 48 π.χ. αντιστάθηκε στα επεκτατικά σχέδια των Ρωμαίων. Τελικά όμως υποτάχθηκε στις λεγεώνες του Ιουλίου Καίσαρα, και το 30 π.Χ. την κατέστρεψε απ' τα θεμέλια της και την έσβησε εντελώς από το χάρτη, μεταφέροντας τους κατοίκους της στην νεοϊδρυθείσα από αυτόν πόλη της Νικόπολης. Η Καλυδώνα ήταν η μία απ' τις 5 κυριότερες αιτωλικές πόλεις και κατά τους χρόνους του Πελοποννησιακού πολέμου ήταν αυτόνομη, αλλά μετά την μάχη των Λεύκτρων επανήλθε στην Αιτωλική κυριαρχία. Σημαντικά δημόσια κτίρια έχουν ανασκαφεί στο δυτικό τμήμα της πόλης, εκτός των τειχών. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι το Λάφριο ή Λαφριαίο (Εικόνα 1.4) και το Ηρώο (Εικόνα 1.5). Το θέατρο της αρχαίας πόλης (Εικόνα 1.6) βρισκόταν πλησίον της σημερινής εθνικής οδού και είχε σειρές εδωλίων διατεταγμένες σε σχήμα "Π", καθώς και θολωτοί τάφοι (Εικόνα 1.7). Το 1965 αποκαλύφθηκε το βουλευτήριο, που μοιάζει με εκείνο της αρχαίας μικρασιατικής Πριήνης.



Εικόνα 1.4: Ιερό Αρτέμιδος Λάφριας και Απόλλωνος [3]



Εικόνα 1.5: Το ηρώο ή τάφος του λέοντα [3]



Εικόνα 1.6: Αρχαίο θέατρο Καλυδónας (αεροφωτογραφία) [4]



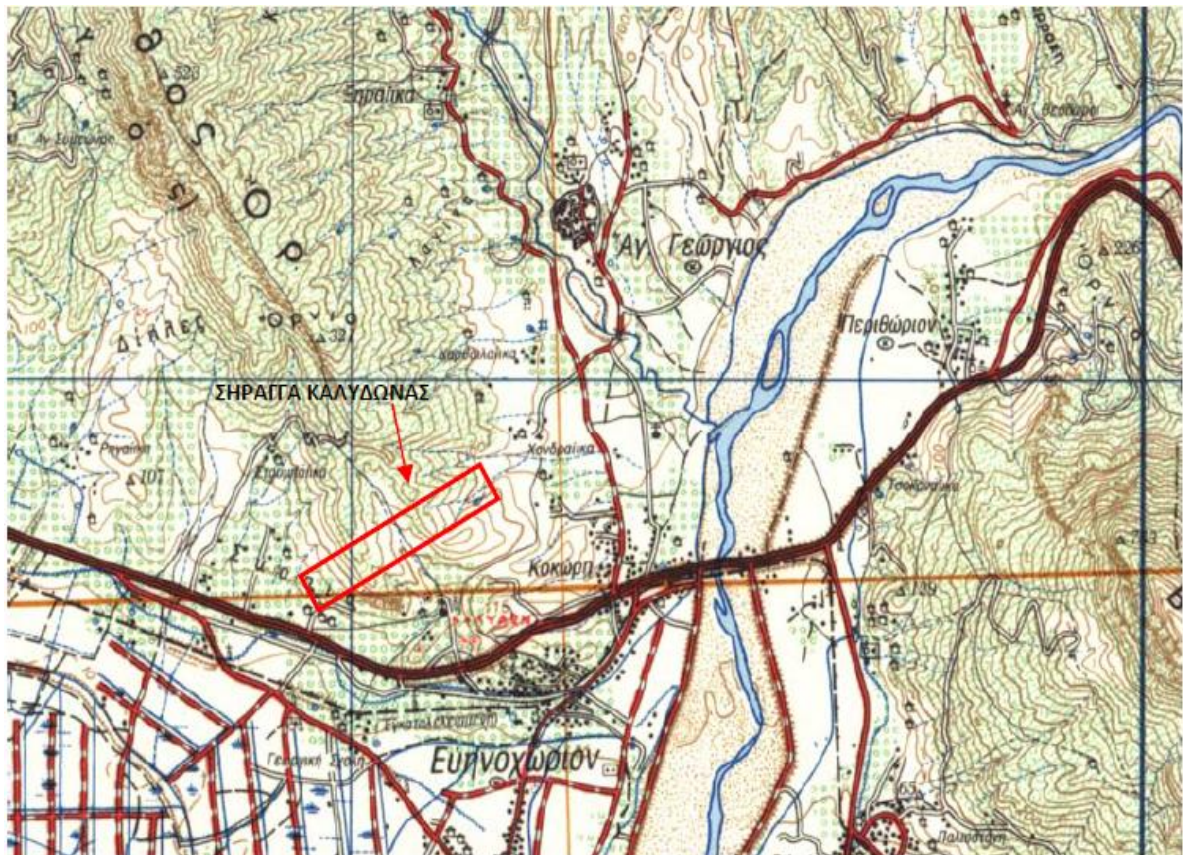
Εικόνα 1.7: Θολωτός τάφος νότια των τειχών της Αρχαίας Καλυδόνας [5]

1.3. Σήραγγα Καλυδόνας

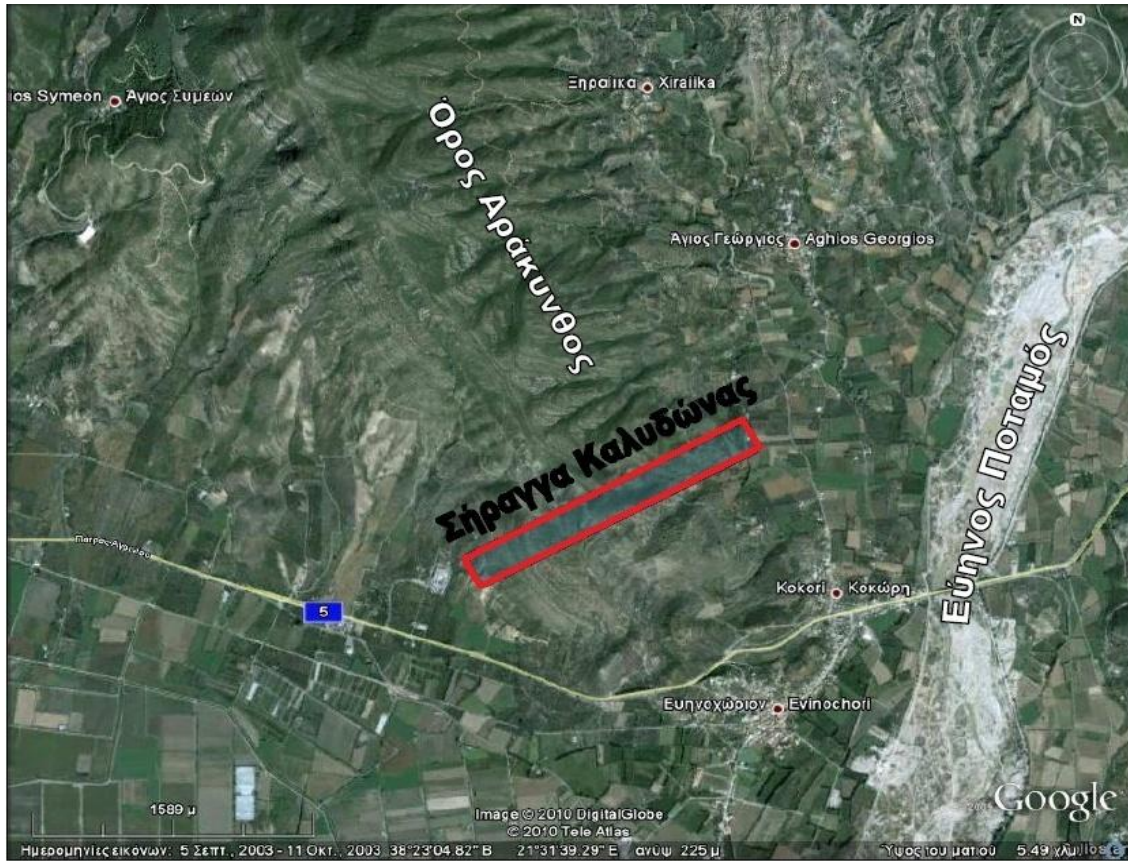
1.3.1. Γεωγραφική θέση

Η δίδυμη οδική σήραγγα Καλυδόνας βρίσκεται εντός των γεωγραφικών και διοικητικών συνόρων του Νομού Αιτωλοακαρνανίας και ειδικότερα βόρεια του Ευηνοχωρίου, σε απόσταση περίπου 8χλμ βορειοανατολικά του Μεσολογγίου. Η ευρύτερη περιοχή του έργου φαίνεται στις Εικόνες 1.8 και 1.9. Η οδική σήραγγα Καλυδόνας αποτελείται από δύο κλάδους (έναν ανά κατεύθυνση) και κατασκευάζεται από τη χιλιομετρική θέση Χ.Θ. 24+036.99 έως Χ.Θ. 25+277.77 με συνολικό μήκος υπόγειου τμήματος 1197.57 μέτρα στον αριστερό κλάδο και μήκους 1190.31 μέτρα στον δεξιό κλάδο (Σχήμα 1.1), οι οποίοι απέχουν μεταξύ τους απόσταση 28 μέτρα περίπου (από άξονα σε άξονα) ώστε να παρεμβάλλεται ενδιαμέσως ικανού πάχους στύλος βραχομάζας. Η ΤΕΡΝΑ Α.Ε. έχει αναλάβει την κατασκευή της μισής δίδυμης σήραγγας από την είσοδο έως τη Χ.Θ. 24+690 στον αριστερό κλάδο και έως τη Χ.Θ. 24+681 στον δεξιό κλάδο. Το υπόλοιπο μισό, έχουν αναλάβει οι Ferrovial Agroman S.A. και η Dragados S.A., ξεκινώντας αντιδιαμετρικά από την Χ.Θ. 25+223 στον αριστερό κλάδο και από την Χ.Θ. 25+211 στον δεξιό κλάδο. Το μέγιστο πάχος υπερκείμενων της σήραγγας είναι περίπου 100 m. Το τεχνικό έργο της

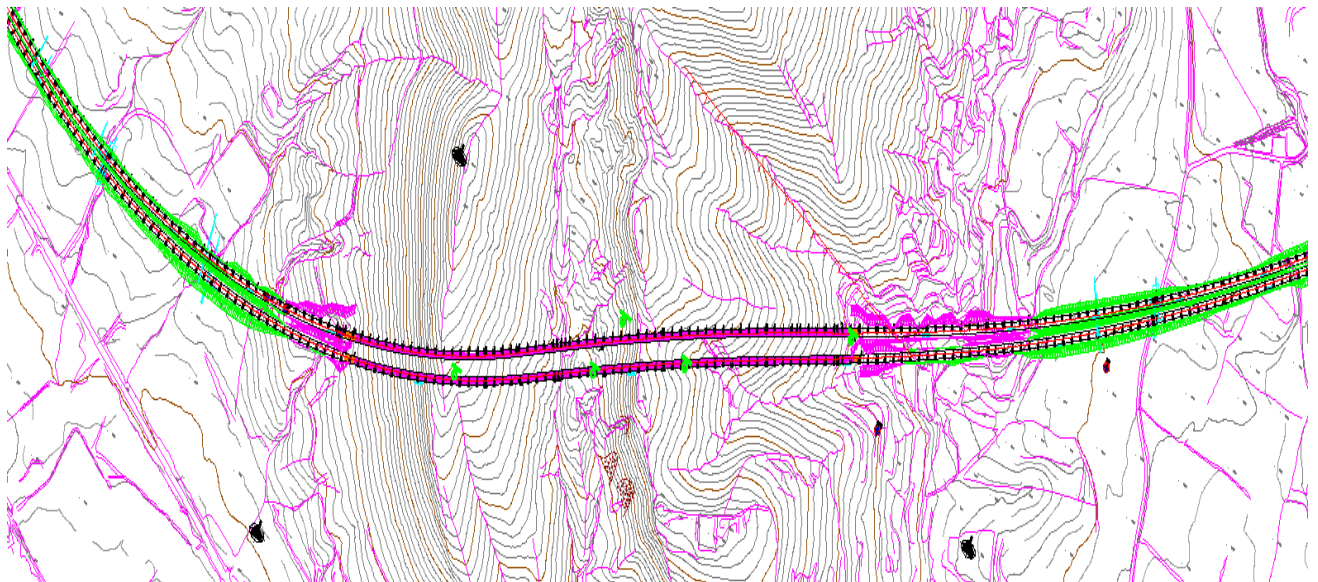
σήραγγας Καλυδώνας έχει γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Η περιοχή από την οποία διέρχεται η σήραγγα Καλυδώνας χαρακτηρίζεται από έντονο λοφώδες μορφολογικό ανάγλυφο και εντοπίζεται στις νότιες απολήξεις του όρους Αράκυνθος. Τα απόλυτα υψόμετρα στην περιοχή της χάραξης κυμαίνονται από +50m έως +180m περίπου. Στην περιοχή της εισόδου της σήραγγας το υψόμετρο της χάραξης είναι περί το +60m, σταδιακά προς νοτιοδυτικά (κατά την αύξουσα χιλιομέτρηση) αυξάνεται έως την Χ.Θ. 24+480 περίπου στο +65m, και στη συνέχεια μειώνεται και καταλήγει στην έξοδο της σήραγγας στο +50m.



Εικόνα 1.8: Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη ΓΥΣ (ΦΥΛΛΟ ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ), κλίμακας 1:50.000



Εικόνα 1.9: Δορυφορικός χάρτης της περιοχής της σήραγγας Καλυδώνας (Google Earth)



Σχήμα 1.1: Οριζοντιογραφία σήραγγας Καλυδώνας από X.Θ. 24+037 έως 25+255 (κλίμακα 1:1000) [6]

1.3.2. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά έργου

Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως η εσωτερική ακτίνα τελικής επένδυσης της σήραγγας, η απόσταση μεταξύ της γραμμής ελάχιστης εκσκαφής Α και της γραμμής μέγιστης εκσκαφής Β (το κάτω όριο προκύπτει σε περιπτώσεις όπου τηρείται το βήμα εκσκαφής και γίνεται ορθή χρήση εκρηκτικών, ενώ το άνω όριο προκύπτει με μεγαλύτερο βήμα εκσκαφής και μη ορθή χρήση των εκρηκτικών, π.χ. κακός χρονισμός, σχεδιασμός, κα), το πάχος προσωρινής υποστήριξης και τελικής επένδυσης, καθώς και οι αναμενόμενες παραμορφώσεις για κάθε τύπο προσωρινής υποστήριξης, παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1.

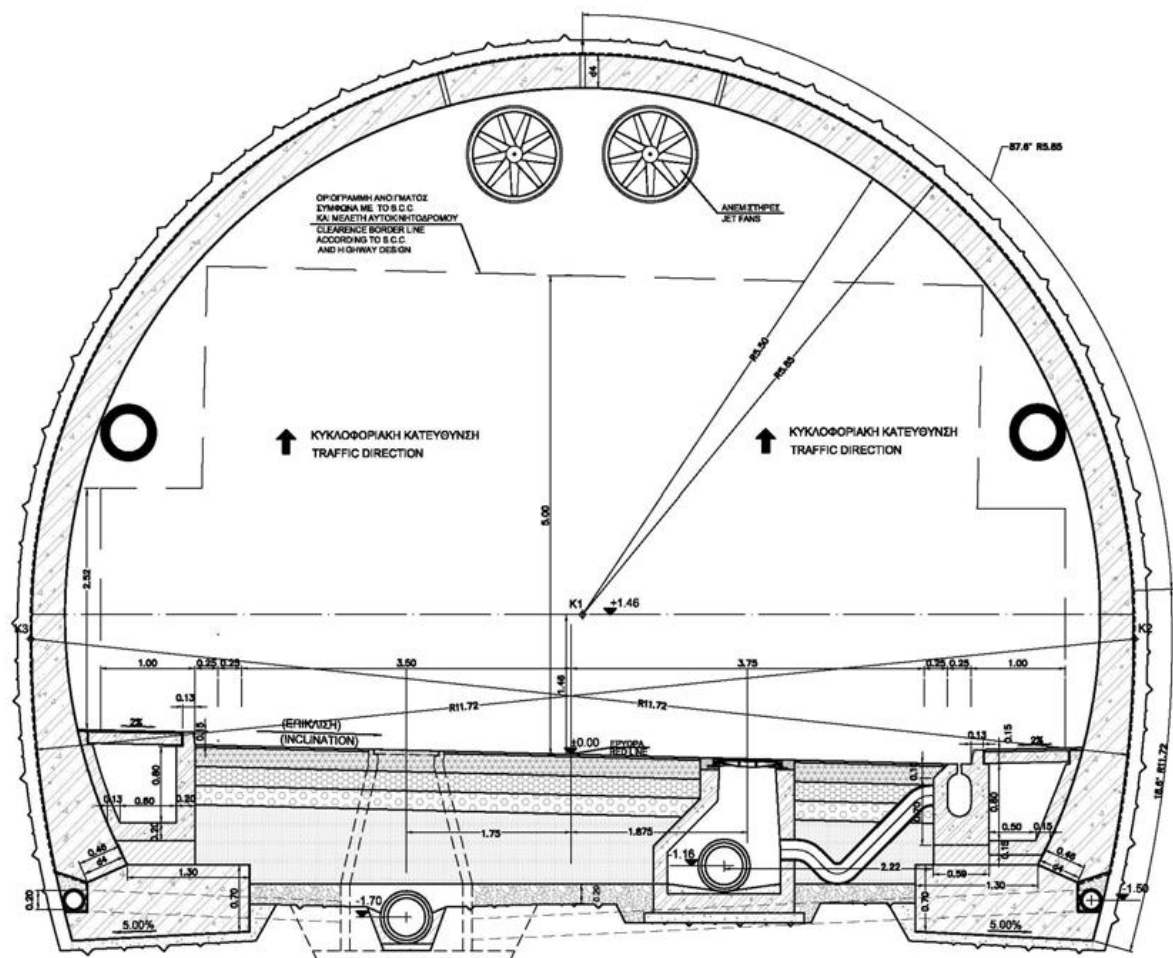
Πίνακας 1.1: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά σήραγγας Καλυδώνας [7]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΚΤΙΝΑ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ R(m)	A – B d_0 (cm)	ΠΑΧΟΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ d_1 (cm)	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ d_2 (mm)	ΠΑΧΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΥΔΑΤΟΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ (ΓΕΩΜΕΜΒΡΑ -ΝΗ ΚΑΙ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ) d_3 (mm)	ΠΑΧΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ d_4 (cm)
PS A	5.50	15-35	10	1.5-3.0	8	35
PS B	5.50	20-40	12	2.0-6.0	8	35
PS C	5.50	20-50	16	4.0-10.0	8	35
PS D	5.50	20-50	18	4.0-10.0	8	35

Τα γεωμετρικά στοιχεία της προσωρινής υποστήριξης της δίδυμης σήραγγας Καλυδώνας προκύπτουν από τα γεωμετρικά στοιχεία της μόνιμης επένδυσης, καθώς κι από τα στοιχεία όπως έχουν ληφθεί από την οριστική μελέτη οδοποιίας. Η γεωμετρία της διατομής φαίνεται στα σχέδια της κάθε κατηγορίας υποστήριξης, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, και τα βασικά της χαρακτηριστικά είναι [7]:

Πλάτος διατομής:	11.00 m
Ύψος διατομής:	8.12 m
Πάχος διατομής:	0.35 m
Εξωτερική ακτίνα:	5.85 m
Εσωτερική ακτίνα:	5.50 m
Κυκλοφορούμενο οδόστρωμα:	(0.25+3.50+3.75+0.25) m
Πεζοδρόμια:	2x1.00 m

Η διατομή χρήσης της σήραγγας παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2: Διατομή χρήσης δίδυμης σήραγγας Καλυδώρας

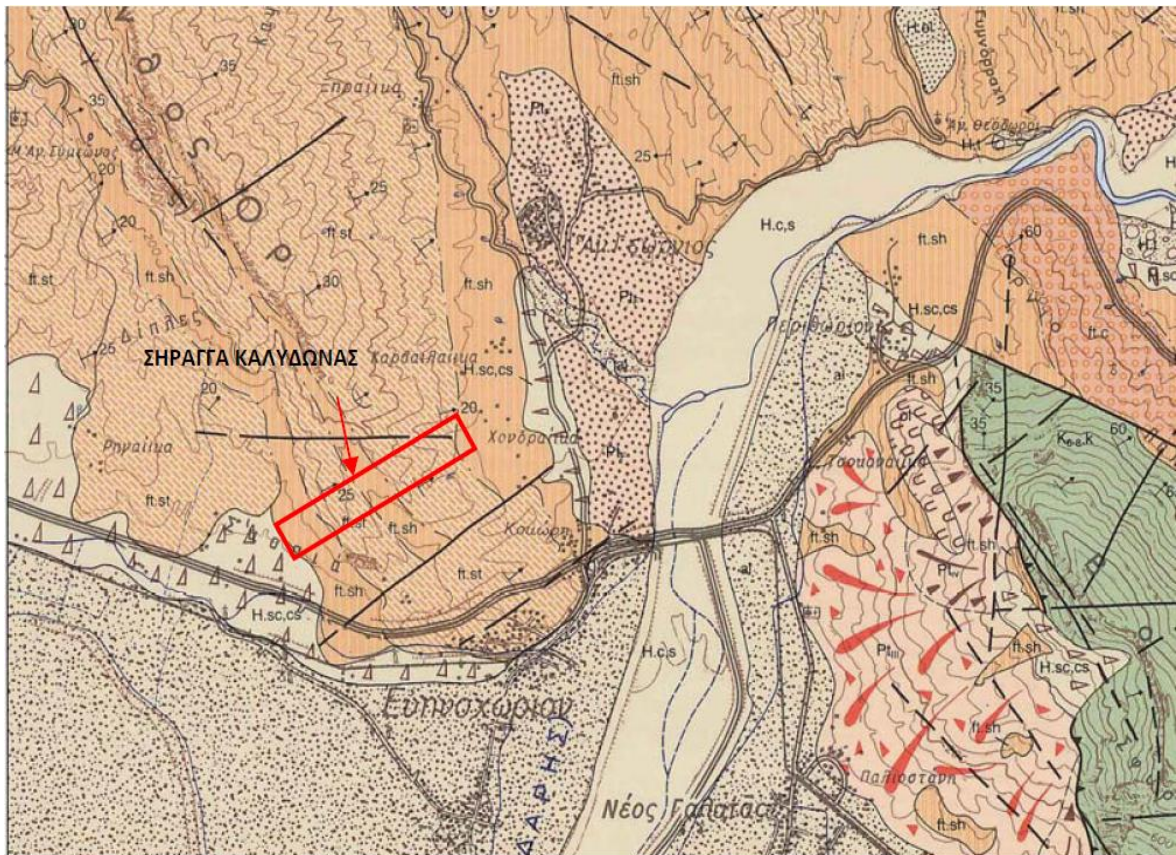
Η προσωρινή υποστήριξη της σήραγγας αποτελείται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οπλισμένο με μεταλλικές ίνες, αγκύρια βράχου τοποθετημένα σε κάνναβο, καθώς και δικτυωτά πλαίσια (lattice girders), ενώ στην είσοδο και έξοδο χρησιμοποιήθηκαν

χαλύβδινα πλαίσια (διατομής HEB 140) για την υποστήριξη των χαμηλών υπερκειμένων καθώς και ράβδοι προπορείας. Η τελική επένδυση κατασκευάστηκε από απλό (μη οπλισμένο) σκυρόδεμα τύπου C30/37. Στα στόμια εισόδου, εξόδου και στις εσοχές η τελική επένδυση οπλίστηκε με χάλυβα S500s. Η τελική επένδυση υδατοστεγανώθηκε με μια στρώση αδιαπέρατης μεμβράνης που τοποθετήθηκε με γεώφασμα αποστράγγισης στην εσωτερική παρειά της προσωρινής υποστήριξης και πριν την τελική επένδυση. Στη βάση της τελικής επένδυσης τοποθετήθηκαν πλευρικά στραγγιστήρια για την αποστράγγιση των υδάτων από τη βραχομάζα. Το σύστημα αποστράγγισης είναι ξεχωριστό από αυτό της οδού της σήραγγας.

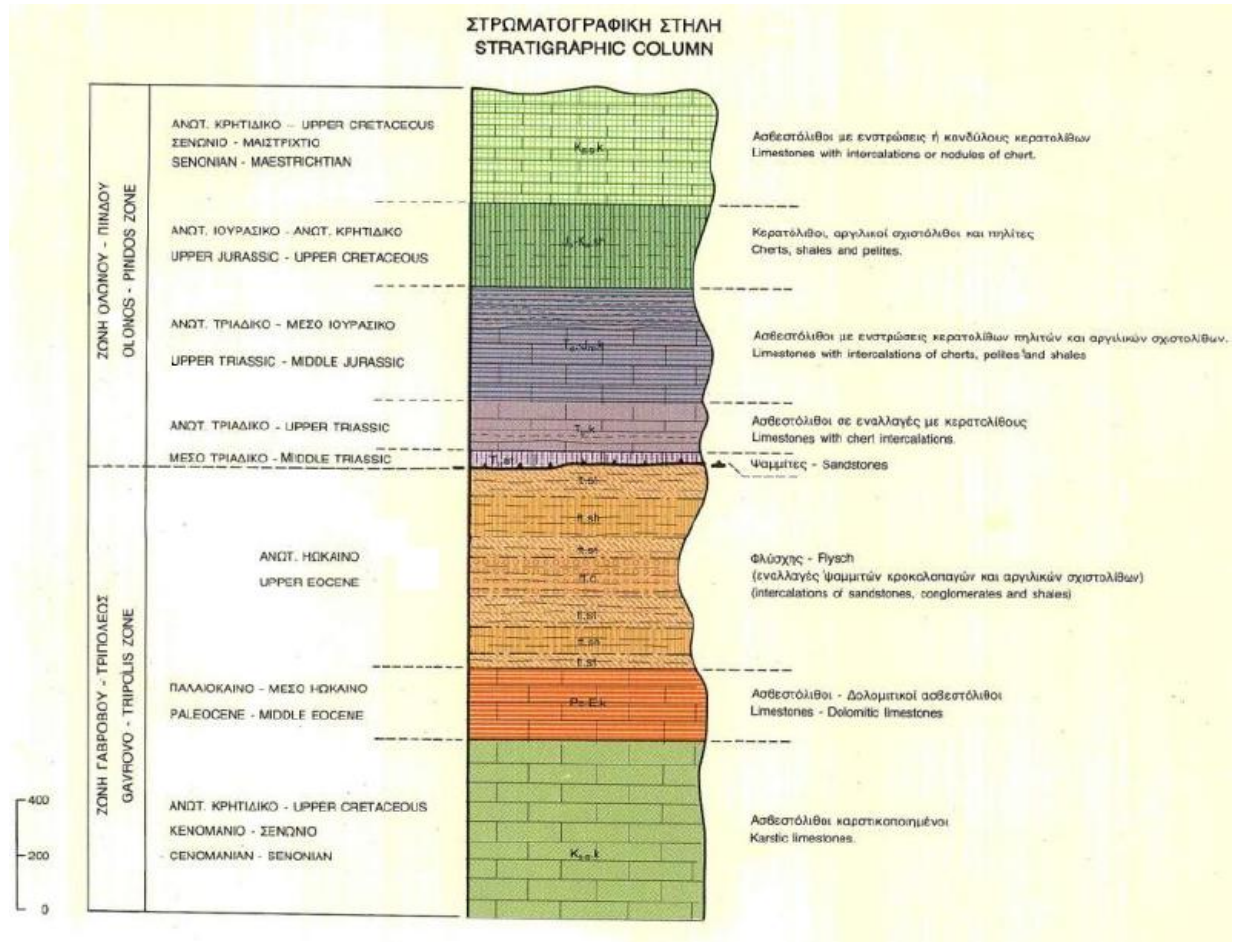
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1. Γενικά γεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή από την οποία διέρχεται η σήραγγα Καλυδώνας χαρακτηρίζεται από έντονο λοφώδες μορφολογικό ανάγλυφο και εντοπίζεται στις νότιες απολήξεις του όρους Αράκυνθος. Τα απόλυτα υψόμετρα στην περιοχή της χάραξης κυμαίνονται από +50m έως +180m περίπου. Σύμφωνα με την Γεωλογική μελέτη [9], η σήραγγα της Καλυδώνας περνά μέσα από τον σχηματισμό του φλύσχη της Ιόνιας Γεωτεκτονικής ενότητας. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται στην περιοχή του έργου ως εναλλαγές ψαμμίτη και ιλυόλιθου της εποχής του Άνω Ηώκαινου και Ολιγόκαινου. Τοπικά, εμφανίζονται τεταρτογενείς αποθέσεις πάνω από τους σχηματισμούς του αλπικού υπόβαθρου.



Εικόνα 2.1: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ (ΦΥΛΛΟ ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ), κλίμακας 1:50.000



Σχήμα 2.1: Υπόμνημα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ ΦΥΛΛΟ ΕΥΗΝΟΧΩΡΙ

Αναλυτικότερα, η λιθοστρωματογραφική στήλη της ευρύτερης περιοχής του έργου, από τους νεότερους προς τους παλαιότερους σχηματισμούς έχει ως εξής [9]:

- Ολοκαινικοί σχηματισμοί, που αποτελούνται από:
 - Υλικά ελουβιακού μανδύα (el): σύγχρονες αποθέσεις αποτελούμενες από λεπτομερή έως αδρομερή μη συγκολλημένα προϊόντα αποσάθρωσης των υποκείμενων φλυσχικών σχηματισμών.
 - Φλυσχικά πλευρικά κορήματα (H.sc): αποτελούμενα από ασύνδετα ψαμμιτικά τεμάχια μέσα σε αργιλοαμμώδη έως αργιλοιλώδη κύρια μάζα, τα οποία αναπτύσσονται στις επικλινείς περιοχές των λόφων όπου το υπόβαθρο είναι φλυσχικό, και στις εξόδους των χειμάρρων.
- Πλειοκαινικοί-Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί, που εντάσσονται οι ποταμοχερσαίες, λιμναίες και ρηγής θάλασσας αποθέσεις (Pt/PtM): αποτελούμενες από ψαμμιτικά κροκαλοπαγή με συνεκτικά και λεπτομερή καστανόχρωμα υλικά, που αναπτύσσονται κοντά στο φλυσχικό υπόβαθρο και το πάχος τους δεν ξεπερνά τα 4m. Σε

περιορισμένης έκτασης εμφανίσεις, παρουσιάζονται εναλλαγές κροκαλοπαγών/ψηφιδοπαγών και αμμούχων πηλών ή αργίλων καστανοκίτρινου-τεφροκίτρινου χρώματος. Συχνά, τα κροκαλοπαγή/ψηφιδοπαγή αποτελούν φακοειδείς ενστρώσεις. Πρόκειται για λιμναίες αποθέσεις που προέρχονται από τη μετάβαση των ποταμοχερσαίων αποθέσεων. Κάτω από τα υλικά αυτά, απαντώνται ενστρώσεις θαλάσσιων (ρηχής θάλασσης) αποθέσεων από υπόλευκες έως κυανές αμμούχες μάργες (PtM) μέγιστου πάχους 50m, μέσα στις οποίες υπάρχουν φακοειδείς εμφανίσεις χαλαρών ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών.

- Σχηματισμοί Ιόνιας Γεωτεκτονικής Ενότητας, στους οποίους κυριαρχούν τα ιζήματα του φλύσχη. Πρόκειται για ένα σύνολο λιθολογικών ενοτήτων με εναλλαγές ψαμμιτικών και ιλυολιθικών στρωμάτων χρώματος καστανού, τεφρού έως και υποπράσινου. Μέσα στο φλύσχη εμφανίζονται ποικίλες ιζηματοδομές καθώς και ιχνοαπολιθώματα. Η ηλικία του είναι Ανώτερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο και το εκτιμώμενο πάχος του είναι πάνω από 2000m.

Ο φλύσχη αποτελείται από τις ακόλουθες λιθοφασικές ενότητες [9]:

- fi.st: Μεσο-παχυστρωματώδεις, μεσόκοκκοι έως χονδρόκοκοι ψαμμίτες, γκριζου έως γκριζοκάστανου χρώματος (πάχος στρώσεων 40cm έως 100cm).
- fi.st1: Μεσοστρωματώδεις, λεπτόκοκκοι έως μεσόκοκκοι ψαμμίτες (πάχος στρώσεων 20cm έως 50cm), γκριζοκάστανου χρώματος, σε εναλλαγές με ιλυολιθικά στρώματα μικρότερου πάχους από αυτό των ψαμμιτικών.
- fi.sl,st: Ιλύολιθοι γκριζου χρώματος σε εναλλαγές με λεπτοστρωματώδεις λεπτόκοκκους ψαμμίτες (πάχος στρώσεων 2cm έως 10cm). (Εικόνα 2.2)
- fi.sl2: Ιλύολιθοι γκριζου έως υποπράσινου χρώματος με λεπτές ενστρώσεις λεπτόκοκκων ψαμμιτών (πάχος στρώσεων 2cm έως 10cm).
- fi.sl1: Λεπτοστρωματώδεις ιλύολιθοι γκριζου έως κυανότεφρου χρώματος. (Εικόνα 2.3)

Στην περιοχή διέλευσης της σήραγγας της Καλυδώνας συναντήθηκαν κυρίως οι σχηματισμοί των ψαμμιτών (fi.st), των εναλλαγών των ιλυολίθων και λεπτοστρωματωδών ψαμμιτών (fi.sl,st) και οι σχηματισμοί των ιλυολίθων fi.sl2 και fi.sl1.



Εικόνα 2.2: Εναλλαγές ψαμιτών και ιλυολίθων της Ιόνιας Γεωτεκτονικής ενότητας



Εικόνα 2.3: Σχηματισμός του φλύσχη της Ιόνιας Γεωτεκτονικής ενότητας

2.2. Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής

Το ανάγλυφο της περιοχής επηρεάζεται από τη μονοκλινική δομή των στρωμάτων του φλύσχη. Τα επιμέρους τμήματα του φλύσχη (ιλυόλιθοι, ψαμμίτες) γενικά εναλλάσσονται χωρίς να είναι έντονα τεκτονισμένα και βυθίζονται προς τα ΒΑ-Α, με μικρές κλίσεις που κυμαίνονται από 10° έως 25°. Σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη [9], σε ότι αφορά τον ρηξιγενή τεκτονισμό, η φύση των φλυσχικών στρωμάτων (ιλυόλιθοι, ψαμμίτες) και η κάλυψη τους με ελουβιακό μανδύα (σε συνδυασμό με την φυτοκάλυψη τμήματος της περιοχής διέλευσης) δεν επιτρέπει, τις περισσότερες φορές, την αναγνώριση των ρηξιγενών επιφανειών στην ύπαιθρο. Μόνο σε τεχνητά πρηνή (τομές δρόμων) ή σε φυσικές τομές ποταμών είναι δυνατή η αναγνώριση των ρηξιγενών επιφανειών. Στην ευρύτερη περιοχή τα ρήγματα αναγνωρίστηκαν με κλίση παρακατακόρυφη (65°-80°) και όλα κανονικής ολίσθησης. Στην περιοχή της σήραγγας Καλυδώνας και ειδικά στην περιοχή του στομίου εισόδου, χαρτογραφήθηκε μια ζώνη ρηγμάτωσης κατά τη γεωλογική έρευνα. Το ρήγμα αυτό έχει Α-Δ διεύθυνση, κλίση προς το Νότο με 10 m κατακόρυφη μετατόπιση. Πέραν αυτής της τεκτονικής γραμμής δεν αναγνωρίστηκε άλλη στην στενή περιοχή της γεωτεχνικής μελέτης. Κύριο χαρακτηριστικό των ασυνεχειών του φλύσχη είναι η πλήρωση με ασβεστίτη. Οι μικρορωγματώσεις αυτές δεν παρουσιάζουν άλμα μεγαλύτερο των 10 εκ., είναι παρακατακόρυφες, έχουν διεύθυνση περίπου Β-Ν και φορά μέγιστης κλίσης γενικά Δυτική. Γενικά τα ρήγματα που παρουσιάζονται στην ευρύτερη περιοχή θεωρούνται ανενεργά ρήγματα και δεν δημιούργησαν προβλήματα κατά τη διάνοιξη, παρά μόνο υποβάθμιση του υλικού εκατέρωθεν αυτών σε μικρό μήκος (20m περίπου). Από τις πραγματοποιηθείσες γεωλογικές εργασίες δεν εντοπίστηκε κάποια ιδιαίτερη ρηξιγενής ζώνη με χαρακτηριστική ενεργότητα στην περιοχή διέλευσης της χάραξης. Το παραπάνω γεγονός, σχετίζεται με τη φύση του υλικού που αποτελείται από ευδιάβρωτα στρώματα ιλυολίθων και ψαμμιτών που δεν επιτρέπει να διατηρηθούν κατοπτρικές επιφάνειες στα τυχόν ρήγματα της περιοχής. Η ύπαρξη τέτοιων επιφανειών θα ήταν δυνατή αν είχε συμβεί ενεργοποίηση των ρηγμάτων κατά το πρόσφατο παρελθόν.

2.3. Γεωλογική περιγραφή υλικών και ενοτήτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών και της γεωλογικής χαρτογράφησης, η στρωματογραφία στην περιοχή της σήραγγας Καλυδώνας αποτελείται επιφανειακά κατά τόπους από εδαφικούς σχηματισμούς όπως αργιλικές άμμους με χάλικες

που χαρακτηρίζονται ως αλλουβιακές αποθέσεις, υλικά του ελουβιακού μανδύα και πλευρικά κορήματα φλύσχη και αποθέσεις κώνων κορημάτων στη μορφή άμμου και αργίλου. Το υποκείμενο γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από ιζήματα φλύσχη, δηλαδή ψαμμίτες και ιλυολίθους σε εναλλαγές με ποικίλο πάχος (Εικόνα 2.4). Ο βαθμός κερματισμού αυξάνεται με την αύξηση του βάθους και εκφράζεται από δείκτη RQD με τιμές από 80 έως 100. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται συνοπτικά η γεωλογική περιγραφή των ενοτήτων που θα συναντηθούν στην περιοχή διάνοιξης της σήραγγας.

Πίνακας 2.1: Γεωλογική περιγραφή ενοτήτων [8]

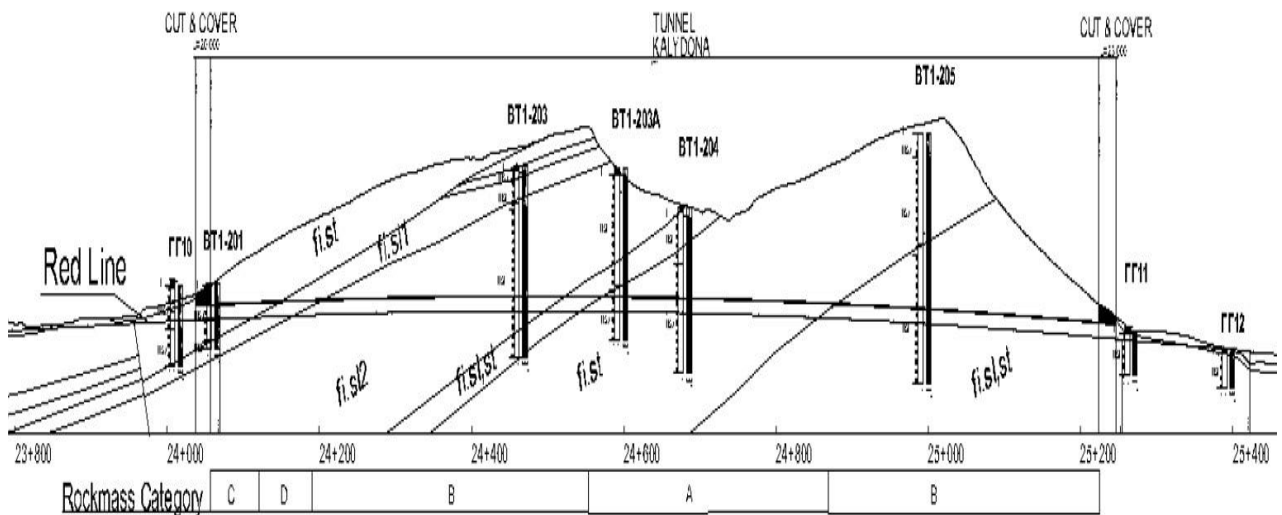
ΕΝΟΤΗΤΑ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
I	Ιλυώδης άργιλος και άμμος με χάλικες
II _{Sa}	Ελαφρά κερματισμένος φλύσχη, υγιής ψαμμίτης
II _{Si}	Ελαφρά κερματισμένος φλύσχη από υγιή ιλυόλιθο με λεπτές ενδιαστρώσεις ψαμμίτη
III _{Sa}	Μέτρια κερματισμένος φλύσχη από ψαμμίτες με λεπτές ενδιαστρώσεις ιλυολίθων
III _{Si}	Μέτρια κερματισμένος φλύσχη από ιλυολίθους με λεπτές ενδιαστρώσεις ψαμμιτών



Εικόνα 2.4: Φλύσχη με εναλλαγές ψαμμίτη και ιλυόλιθου κατα τη διάνοιξη της σήραγγας

2.4. Γεωτεχνική έρευνα

Για την λήψη και μετέπειτα αξιολόγηση των γεωτεχνικών στοιχείων αλλά και για την πρόγνωση των γεωλογικών συνθηκών που συναντήθηκαν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας, εκτελέστηκε μια σειρά ερευνών στην προτεινόμενη περιοχή της σήραγγας. Η γεωτεχνική έρευνα περιελάμβανε πέντε καινούργιες γεωτρήσεις (BT1-201, BT1-203, BT1-203A, BT1-204, BT1-205) και την αξιολόγηση τριών γεωτρήσεων που διενεργήθηκαν σε προηγούμενες φάσεις (ΓΓ10, ΓΓ11, ΓΓ12). Η ερυθρά της σήραγγας τέμνει τη γεώτρηση BT1-201 σε βάθος 18.7m, τη BT1-203 και BT1-203A σε βάθος περίπου 77.5m, τη BT1-204 στα 56.5m, τη BT1-205 στα 100.6m, τη ΓΓ10 στα 22.5m και τη ΓΓ11 στα 6.5m, ενώ η γεώτρηση ΓΓ12 βρίσκεται έξω από την περιοχή της σήραγγας. Στην παρακάτω Εικόνα 2.5 απεικονίζεται η μηκοτομή του αριστερού κλάδου της σήραγγας, οι γεωλογικοί σχηματισμοί και οι θέσεις των γεωτρήσεων.



Σχήμα 2.2: Μηκοτομή αριστερού κλάδου και θέσεις γεωτρήσεων [10]

Όλα τα στοιχεία σχετικά με τη θέση, το βάθος και την ημερομηνία διεξαγωγής των γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2. Για τη διάτρηση και δειγματοληψία της συγκεκριμένης έρευνας χρησιμοποιήθηκαν γεωτρήματα τύπου Boyles 17, με μονό ενισχυμένο δειγματολήπτη με καρβίδια για ημιδιαταραγμένο δείγμα και διπλό δειγματολήπτη με αδαμαντοκορώνα για δείγματα που εξορύσσονται με τη χρήση νερού. Σε κάθε περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε κατάλληλος εξοπλισμός έτσι ώστε τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας να συμφωνούν με τα κατάλληλα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τις εν λόγω γεωτεχνικές έρευνες.

Πίνακας 2.2: Στοιχεία ερευνών γεωτεχνικής έρευνας [8]

	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Χ.Θ.	X	Y	Z	ΒΑΘΟΣ (m)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	BT1-201	24+055	284544	4250755	79	34.10	12-16/12/07
	BT1-203	24+450	284216	4250539	142	100.50	08-24/01/08
	BT1-203A	24+591	284058	4250525	140	90.00	10-20/02/08
	BT1-204	24+670	284029	4250430	119	86.80	16-27/01/08
	BT1-205	25+000	283742	4250275	158	131.50	06/12/07- 14/01/08
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕ- ΝΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	ΓΓ10	23+999	284657	4250675	81.6	45.0	13-20/11/02
	ΓΓ11	25+390	283478	4250194	56.0	25.0	29/11/02- 5/12/02
	ΓΓ12	25+440	283351	4250167	45.0	20.0	5-9/12/02

2.5. Στοιχεία επιτόπου δοκιμών [12]

Οι επιτόπου δοκιμές προσφέρουν την εξασφάλιση της αρτιότερης γνώσης σχετικά με τη φυσική κατάσταση, αντοχή, παραμορφωσιμότητα, υδροπερατότητα και χημική σταθερότητα των σχηματισμών που βρίσκονται στο χώρο κατασκευής του έργου. Σημαντική βοήθεια προσφέρουν και οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται για το υπόγειο νερό, τις ζώνες αστάθειας αλλά και τις πιθανές θέσεις δανειοδότησης υλικών. Στην προκειμένη περίπτωση διενεργήθηκε η επιτόπου δοκιμή πρότυπης διείσδυσης, η οποία βοηθάει στον προσδιορισμό της σχετικής πυκνότητας κοκκωδών εδαφών, της αντίστασης των σχηματισμών στη διείσδυση, ενώ με τη βοήθεια εμπειρικών συσχετίσεων είναι δυνατόν να δώσει πληροφορίες και για τις παραμέτρους της διατμητικής τους αντοχής. Γενικά χρησιμοποιείται ευρέως για ποιοτική ένδειξη των επιτόπου ιδιοτήτων των εδαφών. Ο Πίνακας 2.3 παρουσιάζει τα στοιχεία των επιτόπου δοκιμών πρότυπης διείσδυσης που εκτελέστηκαν κατά τις προαναφερόμενες έρευνες και χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση. Έτσι, παρουσιάζονται οι αριθμοί των κρούσεων και οι ανάλογες διεισδύσεις.

Πίνακας 2.3: Στοιχεία επιτόπου δοκιμών πρότυπης διείδυσης [8]

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ(m)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΣΕΩΝ			
		N ₁ /cm	N ₂ /cm	N ₃ /cm	N=N ₂ +N ₃
BT1-204	2.00	8/15	10/15	12/15	22
ΓΓ10	3.10	20/15	60/15	7/15	67
ΓΓ11	2.00	60/1	-	-	-
ΓΓ12	2.00	60/3	-	-	-

Επίσης για τον έλεγχο της υδροπερατότητας έγιναν δοκιμές εισπίεσης νερού που χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό του συντελεστή υδροπερατότητας των βραχωδών μαζών. Πρόκειται για δοκιμές που γίνονται με τη βοήθεια ελαστικών παρεμβυσμάτων (Lugeon tests) και οι οποίες δίνουν τα απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση της κυκλοφορίας του νερού λόγω της δευτερογενούς κυρίως περατότητας της βραχομάζας. Ο Πίνακας 2.4 παρουσιάζει τα στοιχεία των επιτόπου δοκιμών περατότητας που εκτελέστηκαν κατά τις προαναφερόμενες έρευνες και χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση. Έτσι, παρατηρούμε τις μεγαλύτερες τιμές υδροπερατότητας στη γεώτρηση BT1-201 σε βάθος 19,45-24,85 και στη γεώτρηση BT1-204 σε βάθος 62-67

Πίνακας 2.4: Στοιχεία επιτόπου δοκιμών περατότητας [8]

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ (m)	ΒΑΘΟΣ ΕΩΣ (m)	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	K (cm/sec)
BT1-201	16.70	22.10	ΙΛΥΩΔΗΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ	1.76x10 ⁻⁶
	19.45	24.85	ΙΛΥΩΔΗΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ	1.39x10 ⁻⁵
	25.90	30.30	ΙΛΥΩΔΗΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ	5.94x10 ⁻⁶
BT1-203	74.20	79.20	ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ	8.42x10 ⁻⁶
	82.60	87.60	ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ	8.12x10 ⁻⁶
BT1-203A	66.40	71.40	ΙΛΥΩΔΗΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ	8.18x10 ⁻⁷
	75.70	80.70	ΙΛΥΩΔΗΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ	7.27x10 ⁻⁷
BT1-204	62.00	67.00	ΙΛΥΩΔΗΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ	1.98x10 ⁻⁵
	69.95	74.95	ΙΛΥΩΔΗΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ	2.84x10 ⁻⁶
BT1-205	102.30	107.30	ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΨΑΜΜΙΤΗ - ΙΛΥΟΛΙΘΟΥ	7.38x10 ⁻⁷
	111.55	116.55	ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΨΑΜΜΙΤΗ - ΙΛΥΟΛΙΘΟΥ	9.25x10 ⁻⁷

Τέλος στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζονται τα στοιχεία των επί τόπου μετρήσεων της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στη γεώτρηση, με ή χωρίς πιεζόμετρο.

Πίνακας 2.5: Στοιχεία πιεζομετρικών μετρήσεων στάθμης υδροφόρου [8]

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛΛΑΦΟΣ (m)
BT1-201	25/02/08	0.00
BT1-203	25/02/08	4.20
BT1-203A	25/02/08	12.60
BT1-204	25/02/08	4.10
BT1-205	25/02/08	52.20

2.6. Στοιχεία εργαστηριακών δοκιμών

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά διάφορα στοιχεία από τις εργαστηριακές δοκιμές που εκτελέστηκαν σε επιλεγμένα δείγματα από τη Γενική Μελετών ΕΠΕ ΙΣΤΡΙΑ. Οι δοκιμές αυτές έχουν ως σκοπό τη διερεύνηση των φυσικών και μηχανικών παραμέτρων των πετρωμάτων που συνθέτουν την ετερογενή βραχομάζα του φλύσχη, στο εργαστήριο. Χρησιμοποιήθηκαν δοκίμια που αποτελούνταν από διαφορετικά τμήματα ψαμμίτη και ιλυολίθου. Σε αυτά τα δοκίμια πραγματοποιήθηκαν δοκιμές βραχομηχανικής και έγινε επεξεργασία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν. Παρακάτω (Πίνακας 2.6) παρουσιάζονται χαρακτηριστικά εργαστηριακά αποτελέσματα δοκιμών που ελήφθησαν από γεωτρήσεις σε διάφορα βάθη και επιλέχθηκαν με γνώμονα τη περιοχή διέλευσης της σήραγγας (μέγιστη απόσταση $\pm 10\text{m}$ από την ερυθρά). Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε στον Πίνακα αυτό το φαινόμενο βάρος (γ) και το ξηρό φαινόμενο βάρος (γ_d) του κάθε σχηματισμού. Στον Πίνακα 2.7 παρουσιάζονται πάλι επιλεγμένες χαρακτηριστικές τιμές των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών που έγιναν έτσι ώστε να προσδιοριστούν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών. Ο προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών περιλαμβάνει την μονοαξονική θλιπτική αντοχή του δοκιμίου πετρώματος (σ_c), το μέτρο παραμορφωσιμότητας (E), το λόγο Poisson (ν), το δείκτη αντοχής σημειακής φόρτισης I_s (που προκύπτει από διαμετρική ή αξονική δοκιμή), καθώς και την εφελκυστική αντοχή του δείγματος (σ_t). Επίσης σημαντικές είναι οι πληροφορίες για τις ασυνέχειες όπως η συνοχή τους (c_p) και η γωνία τριβής τους (ϕ_p).

Πίνακας 2.6: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών φυσικών χαρακτηριστικών [8]

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
BT1-201	26.00-26.30	26.50	26.28	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
BT1-201	28.80-29.10	26.30	26.05	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
BT1-203	63.40-63.80	26.33	25.67	ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ (Si)
BT1-203	89.20-89.70	24.53	24.03	ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ (Si)
BT1-203	98.10-98.50	26.80	26.32	ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ (Si)
BT1-204	31.15-31.35	27.02	26.93	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
BT1-204	63.55-66.00	26.92	26.69	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
BT1-204	73.05-73.55	26.57	26.37	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
BT1-205	53.50-53.90	26.88	26.71	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
BT1-205	94.00-94.30	26.65	26.26	ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ (Si)
BT1-205	123.50-123.80	26.68	26.19	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
ΓΓ10	19.6	26.0	-	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
ΓΓ10	27.3	26.8	-	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
ΓΓ10	31.2-31.5	25.4	-	ΨΑΜΜΙΤΗΣ (Sa)
ΓΓ12	9.8	25.1	-	ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ (Si)
ΓΓ12	13.5	25.8	-	ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ (Si)

Πίνακας 2.7: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών μηχανικών χαρακτηριστικών βράχου [8]

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΒΡΑΧΩΔΗ ΔΕΙΓΜΑΤΑ					ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ			ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
		σ_c (MPa)	E (GPa)	ν	ΑΝΗΓΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ I _{SS0} (MPa)		σ_r (MPa)	c _φ (kPa)	φ _p (deg)	
					ΔΙΑΜΕ- ΤΡΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ	ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ				
BT1-201	11.10-11.40	91.60	90.909	0.455						Sa
BT1-201	18.00-18.30					10.312 6.096 9.009				Sa
BT1-203	66.80-67.10					1.512 2.867				Si
BT1-203	77.20-77.40					0.028 0.029				Si
BT1-203	89.20-89.70	12.50	39.583	0.188			3.32			Si
BT1-204	50.20-50.40	23.66								Sa
BT1-204	55.10-55.40	58.07								Sa
BT1-204	65.55-66.00	79.51					5.31			Sa
BT1-205	94.00-94.30	24.85	71.429	0.257			6.01			Si
BT1-205	98.30-98.50					3.308 2.696 1.263				Si
BT1-205	105.50-105.80					4.273 4.501	3.47			Si
ΓΓ10	19.6	51.80	3.85							Sa
ΓΓ10	27.3	62.40	6.00				0			Sa
ΓΓ10	31.5	73	33.302	0.18						Sa
ΓΓ11	4.4				0.62	0.82				Si
ΓΓ11	7.8				0.23	0.97				Si
ΓΓ11	11.5				0.18	1.05				Si
ΓΓ12	6.95				0.29	0.45				Sa
ΓΓ12	9.8	21.10	1.320							Si
ΓΓ12	11.05				0.87	0.44				Si

2.7. Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά βραχομάζας

2.7.1. Φυσικά χαρακτηριστικά ψαμμίτη

Στον Πίνακα 2.8 παρουσιάζεται το εύρος των τιμών και η στατιστική επεξεργασία των φυσικών ιδιοτήτων του ψαμμίτη, όπως προέκυψαν από τις εργαστηριακές και επιτόπου δοκιμές. Τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά θεωρούνται ίδια για τις ενότητες IIIa και IISa εφόσον η διαφοροποίηση των ενοτήτων έγκειται στο βαθμό κερματισμού.

Πίνακας 2.8: Στατιστική επεξεργασία φυσικών χαρακτηριστικών ενοτήτων IIIa και IISa [8]

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ		ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
	ΑΠΟ	ΕΩΣ			
γ (kN/m ³)	26.08	27.30	14	26.6	0.32
γ_d (kN/m ³)	25.91	26.98	14	26.4	0.34

2.7.2. Μηχανικά χαρακτηριστικά ψαμμίτη

Στον Πίνακα 2.9 παρουσιάζεται το εύρος των τιμών και η στατιστική επεξεργασία των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών του ψαμμίτη, όπως προέκυψαν από τις επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές.

Πίνακας 2.9: Στατιστική επεξεργασία μηχανικών χαρακτηριστικών ενοτήτων IIIa και IISa [8]

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ		ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
			min	max			
Μονοαξονική θλίψη	σ_c	(MPa)	13.34	99.36	31	57.6	22.26
	E_c	(GPa)	3.85	90.91	10	36.6	24.91
	ν		0.08	0.63*	8	0.4	0.19
Δοκιμή Brazilian	σ_t	(MPa)	5.31	8.97	8	7.4	1.22
Σημειακή φόρτιση	I_{50}	(MPa)	0.45	10.31	5	4.2	3.94
Διάτμηση ασυνεχειών	c	(kPa)	0	0	4	0	0
	ϕ_p	(deg)	34	44	6	37.3	5.16

* Αυτό το εύρος τιμών του λόγου Poisson είναι εκτός των ορίων που αναμένονται για άρρηκτα πετρώματα ($\nu < 0.5$)

2.7.3. Φυσικά χαρακτηριστικά ιλυόλιθου

Στον Πίνακα 2.10 παρουσιάζεται το εύρος των τιμών και η στατιστική επεξεργασία των φυσικών ιδιοτήτων του ιλυόλιθου, όπως προέκυψαν από τις επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές. Τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά θεωρούνται ίδια για τις ενότητες ΠΙSi και ΙΙSi εφόσον η διαφοροποίηση των ενοτήτων έγκειται στο βαθμό κερματισμού.

Πίνακας 2.10: Στατιστική επεξεργασία φυσικών χαρακτηριστικών ενοτήτων ΠΙSi και ΙΙSi [8]

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ		ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
	ΑΠΟ	ΕΩΣ			
γ (kN/m ³)	23.8	26.8	14	26.1	0.95
γ_d (kN/m ³)	24.03	26.49	14	25.9	0.68

2.7.4. Μηχανικά χαρακτηριστικά ιλυόλιθου

Στον Πίνακα 2.11 παρουσιάζεται το εύρος των τιμών και η στατιστική επεξεργασία των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών του ιλυόλιθου, όπως προέκυψαν από τις επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές.

Πίνακας 2.11: Στατιστική επεξεργασία μηχανικών χαρακτηριστικών ενοτήτων ΠΙSi και ΙΙSi [8]

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ		ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
			min	max			
Μονοαξονική θλίψη	σ_c	(MPa)	7.0	31.6	14	18.1	7.84
	E_c	(GPa)	1.06	71.43	6	23.5	28.29
	ν		0.19	0.26	2	0.2	0.05
Δοκιμή Brazilian	σ_t	(MPa)	2.25	3.7	6	3.0	0.58
Σημειακή φόρτιση	I_{50}	(MPa)	0.03	4.27	20	1.7	1.20
Διάτμηση ασυνεχειών	c	(kPa)	71	71	1	71	-
	ϕ_p	(deg)	8	8	1	8	-

2.8. Περιγραφή κατηγοριών βραχομάζας [19]

Η βραχομάζα, η οποία αποτελείται από σχηματισμούς του φλύσχη (ενστρώσεις ψαμμίτη και ιλυόλιθου ποικίλου πάχους), κατά μήκος του άξονα της σήραγγας διαχωρίζεται σε περιοχές με παρόμοια λιθολογική περιγραφή, κερματισμό και υδραυλικές ιδιότητες. Σύμφωνα με την γεωτεχνική αξιολόγηση, η σήραγγα της Καλυδώνας διέρχεται από τέσσερις γενικές γεωτεχνικές κατηγορίες βραχομάζας (A, B, C, D), σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια διαχωρισμού. Η κατηγοριοποίηση έγινε σύμφωνα με το εμπειρικό γεωμηχανικό σύστημα κατάταξης RMR₈₉ (Bieniawski 1989) και τη γεωμηχανική κατάταξη Q (Barton et al. N.G.I., 1974). Οι μηχανικές ιδιότητες των κατηγοριών εκτιμήθηκαν με τη χρήση του κριτηρίου αντοχής Hoek et al 2001 (Πίνακας 2.12), και σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης GSI και την κρίση του μηχανικού.

2.8.1. Κατηγορία βραχομάζας A:

Η κατηγορία βραχομάζας A είναι μέρος της γεωτεχνικής ενότητας I_{psa} που σχηματίζεται από φλύσχη με κύριο βραχώδες συστατικό τον μη αποσαθρωμένο έως ελαφρά αποσαθρωμένο ψαμμίτη. Η βραχομάζα αποτελείται από παχυστρωματώδη ψαμμίτη πάχους από 10 έως 20m. Ο ψαμμίτης χωρίζεται τοπικά από μικρού πάχους ενστρώσεις ιλυόλιθου περίπου 1 έως 2 cm. Η βραχομάζα δεν είναι σημαντικά τεκτονισμένη και είναι ελαφρά κερματισμένη με RQD 70-100%. Σε αυτό το τμήμα συναντώνται δύο κύριες οικογένειες ασυνεχειών και το επίπεδο στρώσης. Οι κύριες ασυνέχειες είναι διακλάσεις με κλίση / διεύθυνση κλίσης (81/175), (88/126) και (66/262), και η στρώση με (24/060). Οι διακλάσεις έχουν εμμονή 1-3 m και 3-10 m, είναι κλειστές και χαρακτηρίζονται ως τραχείες, επίπεδες έως τραχείες κυματοειδείς, κυρίως χωρίς υλικό πλήρωσης, ενώ τοπικά μπορεί να έχουν αμμώδες υλικό πλήρωσης. Η συνέχειά τους θεωρείται μικρή και μπορεί να σχηματιστούν σφήνες μικρού μεγέθους. Σε περίπτωση εκσκαφής κατά μήκος της αύξησης της χιλιομέτρησης, η στρώση θα είναι στην αντίθετη κατεύθυνση (δυσμενής). Η συμπεριφορά της βραχομάζας εκτιμάται σταθερή με ασήμαντες συγκλίσεις. Δεν αναμένονται προβλήματα ανάπτυξης πλαστικής περιοχής και μόνο κινηματικές αστοχίες μικρού εύρους μπορεί να προκύψουν. Στις περιοχές που το ψαμμιτικό υλικό υπέρκειται του αδιαπέρατου ιλυόλιθου, είναι πιθανή η κυκλοφορία υδάτων κατά μήκος της κατεύθυνσης της στρώσης. Η κατηγορία αυτή συναντάται στο μεσαίο τμήμα της χάραξης της σήραγγας, περίπου από τη Χ.Θ. 24+580 έως τη Χ.Θ. 24+880.

2.8.2. Κατηγορία βραχομάζας Β:

Η κατηγορία βραχομάζας Β είναι μέρος της γεωτεχνικής ενότητας Πσι που σχηματίζεται από φλύσχη με κύριο βραχώδες συστατικό τον αποσαθρωμένο ιλυόλιθο. Η βραχομάζα αποτελείται από παχυστρωματώδη ιλυόλιθο πάχους από 5 έως 15m. Ο ιλυόλιθος διαχωρίζεται τοπικά από μικρού πάχους ενστρώσεις ψαμμίτη περίπου 2 έως 7 cm. Η βραχομάζα δεν είναι σημαντικά τεκτονισμένη και είναι ελαφρά κερματισμένη με RQD 70-100%. Σε αυτό το τμήμα συναντώνται δύο κύριες οικογένειες ασυνεχειών και το επίπεδο στρώσης. Οι κύριες ασυνέχειες είναι διακλάσεις με κλίση / διεύθυνση κλίσης (81/175), (88/126) και (66/262), και η στρώση με (24/060). Οι διακλάσεις έχουν εμμογή 1-3 m και 3-10 m, είναι κλειστές και χαρακτηρίζονται ως λείες, επίπεδες έως λείες, κυματοειδείς, κυρίως χωρίς υλικό πλήρωσης, ενώ τοπικά μπορεί να έχουν αμμώδες ή αργιλικό υλικό πλήρωσης. Η συνέχειά τους θεωρείται μικρή και μπορεί να σχηματιστούν σφήνες μικρού μεγέθους. Σε περίπτωση εκσκαφής κατά μήκος της αύξησης της χιλιομέτρησης, η στρώση θα είναι στην αντίθετη κατεύθυνση (δυσμενής). Η συμπεριφορά της βραχομάζας εκτιμάται σταθερή με ασήμαντες συγκλίσεις. Δεν αναμένονται προβλήματα ανάπτυξης πλαστικής περιοχής και μόνο κινηματικές αστοχίες μικρού εύρους μπορεί να προκύψουν. Στις περιοχές που το ψαμμιτικό υλικό υπέρκειται του αδιαπέρατου ιλυόλιθου, είναι πιθανή η κυκλοφορία υδάτων κατά μήκος της κατεύθυνσης της στρώσης. Η κατηγορία αυτή συναντάται στη χάραξη της σήραγγας περίπου από τη Χ.Θ. 24+200 έως τη Χ.Θ. 25+580 και από τη Χ.Θ. 24+880 έως τη Χ.Θ. 25+240.



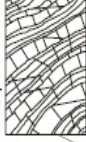


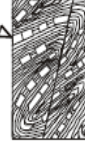


2.8.3. Κατηγορία βραχομάζας C:

Η κατηγορία βραχομάζας C είναι μέρος της γεωτεχνικής ενότητας ΠIsa που σχηματίζεται από φλύσχη με κύριο βραχώδες συστατικό τον ελαφρά αποσαθρωμένο ψαμμίτη. Η βραχομάζα αποτελείται από παχυστρωματώδη ψαμμίτη πάχους από 5 έως 10 m. Ο ψαμμίτης διαχωρίζεται τοπικά από μικρού πάχους ενστρώσεις ιλυόλιθου περίπου 1 έως 2 cm. Η βραχομάζα είναι περισσότερο τεκτονισμένο από την κατηγορία Α και έχει χαμηλότερες μηχανικές ιδιότητες. Είναι μέτρια κερματισμένη με RQD 40-60%. Σε αυτό το τμήμα συναντώνται δύο κύριες οικογένειες ασυνεχειών και το επίπεδο στρώσης. Οι κύριες ασυνέχειες είναι διακλάσεις με κλίση / διεύθυνση κλίσης (81/175), (88/126) και (66/262), και η στρώση με (24/060). Οι διακλάσεις έχουν εμμογή 1-3 m και 3-10 m, είναι κλειστές και χαρακτηρίζονται ως τραχείες, επίπεδες έως τραχείες, κυματοειδείς, κυρίως χωρίς υλικό πλήρωσης, ενώ τοπικά μπορεί να έχουν αμμώδες και αργιλικό υλικό πλήρωσης. Η

συνέχειά τους θεωρείται μικρή και μπορεί να σχηματιστούν σφήνες μικρού μεγέθους. Σε περίπτωση εκσκαφής κατά μήκος της αύξησης της χιλιομέτρησης, η στρώση θα είναι στην αντίθετη κατεύθυνση (δυσμενής). Η συμπεριφορά της βραχομάζας εκτιμάται σταθερή με ασήμαντες συγκλίσεις. Δεν αναμένονται προβλήματα ανάπτυξης πλαστικής περιοχής και μόνο κινηματικές αστοχίες μικρού εύρους μπορεί να προκύψουν. Στις περιοχές που το ψαμμιτικό υλικό υπέρκειται του αδιαπέρατου ιλυόλιθου, είναι πιθανή η κυκλοφορία υδάτων κατά μήκος της κατεύθυνσης της στρώσης. Η κατηγορία αυτή συναντάται στο στόμιο εισόδου της σήραγγας περίπου από τη Χ.Θ. 24+058 έως τη Χ.Θ. 24+104 (αριστερός κλάδος) και από τη Χ.Θ. 24+051 έως τη Χ.Θ. 24+073 (δεξιός κλάδος).

2.8.4. Κατηγορία βραχομάζας D:

Η κατηγορία βραχομάζας D είναι μέρος της γεωτεχνικής ενότητας IIIsi που σχηματίζεται από φλύσχη με κύριο βραχώδες συστατικό τον ελαφρά αποσαθρωμένο ιλυόλιθο. Η βραχομάζα αποτελείται από παχυστρωματώδη ιλυόλιθο πάχους από 2 έως 5 m. Ο ιλυόλιθος χωρίζεται τοπικά από μικρού πάχους ενστρώσης ψαμμίτη περίπου 2 έως 7 cm. Η βραχομάζα είναι περισσότερο τεκτονισμένη από την κατηγορία B και είναι μέτρια κερματισμένη με RQD 40-60%. Σε αυτό το τμήμα συναντώνται δύο κύριες οικογένειες ασυνεχειών και το επίπεδο στρώσης. Οι κύριες ασυνέχειες είναι διακλάσεις με κλίση / διεύθυνση κλίσης (81/175), (88/126) και (66/262), και η στρώση με (24/060). Οι διακλάσεις έχουν εμμονή 1-3 m και 3-10 m, είναι κλειστές και χαρακτηρίζονται ως λείες, επίπεδες έως στιλβωμένες, κυματοειδείς, κυρίως χωρίς υλικό πλήρωσης, ενώ τοπικά μπορεί να έχουν αμμώδες ή αργιλικό υλικό πλήρωσης. Η συνέχειά τους θεωρείται μικρή και μπορεί να σχηματιστούν σφήνες μικρού μεγέθους. Σε περίπτωση εκσκαφής κατά μήκος της αύξησης της χιλιομέτρησης, η στρώση θα είναι στην αντίθετη κατεύθυνση (δυσμενής). Η συμπεριφορά της βραχομάζας εκτιμάται σταθερή με ασήμαντες συγκλίσεις. Δεν αναμένονται προβλήματα ανάπτυξης πλαστικής περιοχής και μόνο κινηματικές αστοχίες μικρού εύρους μπορεί να προκύψουν. Στις περιοχές που το ψαμμιτικό υλικό υπέρκειται του αδιαπέρατου ιλυόλιθου, είναι πιθανή η κυκλοφορία υδάτων κατά μήκος της κατεύθυνσης της στρώσης. Η κατηγορία αυτή συναντάται στη χάραξη της σήραγγας περίπου από τη Χ.Θ. 24+058 έως τη Χ.Θ. 24+200.

GSI ΣΕ ΕΤΕΡΕΓΟΝΕΙΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΕΣ ΟΠΩΣ ΦΛΥΣΧΗΣ		ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ (κυρίως επίπεδα στρώσης)	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχείες, μη αποσθρωμμένες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχείες, ελαφρά αποσθρωμμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, μετρίως αποσθρωμμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες, ενίοτε επιφάνειες ολίσθησης με σημαντή επιφλοώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιόδη θραύσματα	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Πολύ λείες επιφάνειες ολίσθησης πολύ αποσθρωμμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης						
ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ	Marinos & Hoek, 2001												
	ΤΥΠΟΣ Α. Παχυστρωματώδης, μερικώς διαταραγμένος ψαμμίτης. Η επιρροή πολύ λεπτών πηλίκων ενστρώσεων είναι περιορισμένη. Σε αβαθείς σήραγγες ή πρανή αν ο μηχανισμός αστάθειας λόγω έλλειψης πλευρικού παρεμποδισμού (χαλαρή δομή) έχει κινηματικό χαρακτήρα που ελέγχεται από τα επίπεδα στρώσης και τότε δεν εφαρμόζεται ο δείκτης GSI.	70 60	A										
	ΤΥΠΟΣ Β. Ψαμμίτης με λεπτές ενστρώσεις ιλυολίθου		ΤΥΠΟΣ C. Ψαμμίτης και ιλυόλιθος σε κανονική αναλογία		ΤΥΠΟΣ D. Ιλυόλιθος ή ιλυολιθικός σχιστόλιθος με στρώσεων του ψαμμίτη		Ε. Ασθενής ιλυόλιθος ή αργιλικός σχιστόλιθος με στρώσεις ψαμμίτη	50 40	B	C	D	E	
	ΤΥΠΟΣ F. Τεκτονικώς παραμορφωμένος, διατημένος αργ. σχιστόλιθος ή ιλυόλιθος με κερματισμένα και παραμορφωμένα στρώματα ψαμμίτη σε χαοτική δομή							30 20				F	
	ΤΥΠΟΣ G. Πρακτικά αδιάτακτος ιλυολιθικός ή αργιλικός σχιστόλιθος με ή χωρίς την παρουσία πολύ λεπτών ενστρώσεων ψαμμίτη		ΤΥΠΟΣ Η. Τεκτονικώς διατημένος αργιλικός σχιστόλιθος σε χαοτική δομή με θύλακες αργίλου. Λεπτά στρώματα έχουν μετατραπεί σε πολύ μικρά βραχώδη τεμάχια						N/A	N/A		G	H ¹⁰

Πίνακας 2.12: Εκτίμηση του Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής για ετερογενείς βραχομάζες [17]

2.9. Γεωμηχανικά στοιχεία στο σύνολο της σήραγγας

Στον Πίνακα 2.12 γίνεται συνολική παρουσίαση των συνθηκών που αναμένονταν κατά μήκος της σήραγγας. Έτσι παραθέτονται οι κατηγορίες βραχομάζας κατά μήκος της χάραξης της σήραγγας, οι γεωτεχνικές παράμετροι, η λιθολογία, ο τύπος συμπεριφοράς της βραχομάζας και η κατάταξή της με το εμπειρικό γεωμηχανικό σύστημα κατάταξης RMR₈₉ (Bieniawski 1989) και τη γεωμηχανική κατάταξη Q (Barton et al. N.G.I., 1974). Επίσης παρουσιάζεται ο βαθμός κερματισμού RQD, η μονοαξονική θλιπτική αντοχή του πετρώματος (σ_c), η μονοαξονική θλιπτική αντοχή της βραχομάζας (σ_{cm}), το μέτρο παραμορφωσιμότητας της βραχομάζας (E_{cm}), η συνοχή (c), η γωνία διαμητικής αντοχής (ϕ), το φαινόμενο βάρος (γ), ο συντελεστής πλευρικών τάσεων (K) και ο λόγος Poisson (ν).

Πίνακας 2.13: Κατηγορίες βραχομάζας, συμπεριφορά βραχομάζας και παράμετροι [19]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ		A	B	C	D
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		Flysch Sa(si)	Flysch Si(sa)	Flysch Sa(si)	Flysch Si(sa)
ΤΥΠΟΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ		A (IISa)	B (IISi)	C (IIISa)	D (IIISi)
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	(%)	25.1	63.2	4.6	7.1
	ΜΗΚΟΣ (m)	300.41	756.6	55.36	85.2
ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ	(%)	26.4	62	3.30	8.30
	ΜΗΚΟΣ (m)	315	737.71	38.60	99
ΛΟΓΟΣ POISSON ν		0.3	0.3	0.3	0.3
ΛΟΓΟΣ Κ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΠΡΟΣ ΚΑΘΕΤΟΥ		0.7	0.7	0.7	0.7
γ (kN/m ³)		26- 27	26-26.5	26- 27	26- 26.5
ϕ (deg)		55- 57	40- 42	50- 55	35- 40
c (MPa)		1-2.5	0.5- 1.0	0.7- 1.3	0.3- 0.4
E_{cm} (GPa)		20- 25	10- 15	10- 15	3-6
σ_{cm} (MPa)		15- 25	2-5	11- 15	2-3
σ_c (MPa)		50-55	15- 20	50- 50	15- 20
ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΩΝ H_{MAX} (m)		95	100	35	50
Q		17.5- 75	8.75- 37.5	4.44- 23.3	1.48- 5.83
GSI		65- 80	55- 65	50- 65	40- 50
RMR ₈₉		65- 78	52- 67	50- 63	42- 53
ΕΥΡΟΣ RQD		70- 100	70- 100	40- 60	40- 60

2.10. Υδρογεωλογικές συνθήκες

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή κατασκευής του έργου, αποτελούν σημαντική παράμετρο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διάνοιξη της σήραγγας. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από τη γεωτεχνική διερεύνηση αποτελεί σημαντικό παράγοντα στο να αποφευχθεί η μεγάλη συγκέντρωση υδάτων στον ιλύολιθο, πράγμα που θα μείωνε τις μηχανικές του ιδιότητες και θα ήταν αιτία διάβρωσής του. Επιπλέον διενεργήθηκε μια στατιστική επεξεργασία δοκιμών υδροπερατότητας των υλικών κάθε γεωλογικής ενότητας (όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο) και βρέθηκε ένα εύρος τιμών που προέκυψε από τις επιτόπου δοκιμές.

Πίνακας 2.14: Στατιστική επεξεργασία δοκιμών περατότητας [8]

ΔΟΚΙΜΗ	ΕΝΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ		ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
			min (cm/sec)	max (cm/sec)			
Lugeon Maag	Πsa,si ΠΙsa,si	Μέτρια έως ελαφρά κερματισμένος φλύσχη	$7.27 \cdot 10^{-7}$	$1.98 \cdot 10^{-5}$	11	$5.82 \cdot 10^{-6}$	$6.32 \cdot 10^{-6}$

Πίνακας 2.15: Εκτιμώμενες τιμές περατότητας των ενοτήτων [8]

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ
	Πsa,si - ΠΙsa,si
Κ	$10^{-5} - 10^{-7}$ (cm/sec)

Από τα λιθολογικά στοιχεία των δοκιμών περατότητας προκύπτει ότι ο σχηματισμός του φλύσχη έχει πολύ μικρή έως μικρή περατότητα. Τοπικά, συναντώνται μεγαλύτερες τιμές περατότητας, σε περίπτωση κερματισμένων τμημάτων του φλύσχη. Ωστόσο, το δίκτυο αυτού του κερματισμού είναι τοπικό, λόγω της μικρής εμμονής των διακλάσεων, οι οποίες ανακόπτονται από αδιαπέρατες στρώσεις ιλύολιθου. Οι ψαμμίτες έχουν μεγαλύτερες τιμές περατότητας από τους ιλύολιθους, αλλά λόγω των πυκνών εναλλαγών και των δύο υλικών είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι τιμές περατότητας. Οι συνεχόμενες εναλλαγές ψαμμίτη και ιλύολιθου έχουν ως αποτέλεσμα βραχομάζα χαμηλής περατότητας και ικανότητας παροχής. Μόνο σε περιοχές που ο ψαμμίτης είναι παχυστρωματώδης έχουμε υψηλότερες παροχές, αλλά αυτές οι περιοχές είναι περιορισμένες στον άξονα της σήραγγας. Τα επιφανειακά υλικά έχουν περατότητα που εξαρτάται από το ποσοστό αργίλου και θεωρείται ότι έχουν μέτρια έως υψηλή περατότητα. Τα επίπεδα υδάτων στις εκτελεσθείσες

γεωτρήσεις υποδείκνυαν ότι υπάρχει κυκλοφορία υδάτων κατά μήκος της ψαμμιτικής ενότητας εντός δέκα μέτρων πάνω από την επαφή της με τον υφιστάμενο αδιαπέρατο ιλυολιθικό σχηματισμό. Το συμπέρασμα αυτό αφορά τις μετρήσεις που ελήφθησαν από τις γεωτρήσεις BT1-203, BT1-201 και ΓΓ10, όπως επίσης και στη γεώτρηση BT1-205. Η κυκλοφορία υδάτων κατά μήκος των προαναφερόμενων επαφών εμφανίζεται περίπου στις Χ.Θ. 24+100 και 24+880. Ο υδροφόρος ορίζοντας είναι εποχιακός και ρέει μέσω των κεκλιμένων στρώσεων του ψαμμίτη και πάνω από το αδιαπέρατο εμπόδιο του υποκείμενου ιλυόλιθου. Το ύψος του εν λόγω υδροφόρου είναι δέκα μέτρα πάνω από την αδιαπέρατη στρώση ιλυόλιθου και θα ακολουθεί την στρωματογραφία.

Τέλος οι μετρήσεις υψόμετρου υδάτων στα πιεζόμετρα των γεωτρήσεων BT1-203A, BT1-204, ΓΓ11 και ΓΓ12 αφορούσαν τοπικούς, επιφανειακούς υδροφόρους ορίζοντες αμελητέας δυναμικότητας που αναπτύσσονται στα αποσαθρωμένα-κερματισμένα ανώτερα τμήματα των πρακτικά αδιαπέρατων ιλυολιθικών σχηματισμών που συνιστούν το υγιές υπόβαθρο. Για τις προαναφερόμενες θέσεις και τους τοπικούς υδροφόρους ορίζοντες διενεργήθηκε ένας συνοπτικός υπολογισμός της ροής στη σήραγγα σύμφωνα κατά Goodman et al (1965) [11] με την εξίσωση:

$$Q_0 = 2 \cdot \pi \cdot K \cdot H_0 / 2.3 \cdot \log(2H_0 / r)$$

όπου: Q_0 , είναι η εισροή υπόγειων υδάτων ανά μονάδα μήκους της σήραγγας

r , είναι η ακτίνα της σήραγγας

K , είναι η υδραυλική αγωγιμότητα

H_0 , είναι το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα

Η εισροή υδάτων υπολογίζεται για $K=10^{-5}$ (cm/sec) και μας δίνει αποτέλεσμα ροή στη σήραγγα: $Q_0 = 0.43 \text{m}^3/\text{ημέρα}$, που θεωρείται πολύ χαμηλή.

Γενικά στη λεπτοστρωματώδη βραχομάζα ψαμμίτη – ιλυόλιθου και κυρίως στο σχηματισμό του ψαμμίτη παρατηρήθηκε εμφάνιση υγρασίας ή μικρής απορροής (Εικόνα 2.5). Δεν προκάλεσαν όμως σημαντικού μεγέθους ροή. Σε γενικές γραμμές το μεγαλύτερο μέρος του κυρίου τμήματος της σήραγγας ήταν σχετικά στεγνό με μικρή παρουσία υδάτων. Όπου συναντήθηκαν ύδατα, διανοίχτηκαν πρόσθετες οπές αποστράγγισης. Στις περιοχές αυτές τα ύδατα, οδηγήθηκαν μακριά από τη σήραγγα σε ειδικά κανάλια από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που βρίσκονταν στα πλαϊνά μέρη των σήραγγων (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.5: Μικρή υδροφορία στο στόμιο εισόδου της σήραγγας (αριστερός κλάδος)



Εικόνα 2.6: Ύδατα οδηγούμενα μέσω ειδικών καναλιών έξω από τη σήραγγα (δεξιός κλάδος)

2.11. Γεωτεχνικά προβλήματα

Βασικός παράγοντας που επηρεάζει ή και επιβάλλει την επιλογή της μεθόδου διάνοιξης είναι το γεωλογικό υλικό και τα υπόγεια νερά. Είναι οι κυριότεροι παράγοντες που μπορούν να συντελέσουν στην εμφάνιση γεωτεχνικών προβλημάτων. Για αυτό το λόγο διεξάγεται η διερεύνηση της περιοχής με σκοπό την πρόγνωση των γεωτεχνικών συνθηκών που συναντώνται στην πορεία διάνοιξης μιας σήραγγας. Η μελέτη του έργου στηρίχθηκε στις συνθήκες αυτές για την επιλογή της μεθόδου εξόρυξης, για τη διαστασιολόγηση των μέτρων υποστήριξης, για την εκτίμηση του μεγέθους των υπερεκσκαφών και για την αποστράγγιση περιοχών στη σήραγγα που παρουσιάζουν υδροφορία.

Τα προβλήματα που συναντήθηκαν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Καλυδώνας σχετίζονται άμεσα με τα παραπάνω. Καταρχήν πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη ότι η βραχομάζα παρουσιάζει σχεδόν πάντα χειρότερη συμπεριφορά στην επιφάνεια από ότι σε βάθος, κυρίως λόγω της αποσάθρωσης και της αποφόρτισης των γεωστατικών τάσεων (εντονότερος κερματισμός). Αυτό έχει, κατά κύριο λόγο, αντίκτυπο στην περιοχή των στομιών της σήραγγας όπου τα υπερκείμενα είναι χαμηλά και κατά την εκσκαφή των στομιών η βραχομάζα αποφορτίζεται κοντά στα στόμια και μπορεί να αναπτυχθούν διατμητικές διακλάσεις. Επομένως η προσωρινή υποστήριξη πρέπει να καλύψει και το πρόσθετο βάρος της βραχομάζας, για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε βαρύτερη κατηγορία υποστήριξης. Η περιοχή των στομιών εισόδου δομείται αποκλειστικά από τον σχηματισμό των ψαμμιτών fi.st (συμπαγείς μεσο- παχυστρωματώδεις ψαμμίτες) και η περιοχή των στομιών εξόδου από ιλυόλιθους fi.sl,st (εναλλαγές με λεπτοστρωματώδεις ψαμμίτες). Έτσι, ο συνδυασμός καλής-μέτριας κατηγορίας βραχομάζας με την κατάλληλη κατηγορία υποστήριξης συντέλεσε στην αποφυγή μεγάλων προβλημάτων στα επιρρεπή στόμια της σήραγγας.

Επίσης η αξιολόγηση ασταθειών (αποκολλήσεις σφηνών ή τεμαχών) είναι πολύ σημαντική για τη συγκεκριμένη βραχομάζα, μιας και δεν παρουσιάζει μεγάλες παραμορφώσεις. Με την αξιολόγηση αυτών των ασταθειών, επιλέγονται τα κατάλληλα μέτρα υποστήριξης προκειμένου να αποφευχθούν τοπικές καταρρεύσεις, σταδιακές αστοχίες και σχηματισμοί "θόλων". Στη σήραγγα εμφανίστηκαν κάποια προβλήματα χαλάρωσης του σχηματισμού των εναλλαγών των ψαμμιτών και ιλυολίθων σε περιπτώσεις που βρέθηκαν στην οροφή με συνέπεια εκδήλωση καταπτώσεων, οι οποίες ήταν μικρού όγκου (το πολύ περίπου 0.8m^3) λόγω της συμμετοχής ψαμμιτικών ενστρώσεων στη δομή

του πετρώματος. Ύστερα στα τμήματα που επικρατούν κυρίως οι ψαμμίτες υπήρξαν μικρά προβλήματα σφηνοειδών ολισθήσεων στις παρειές. Η δημιουργία αποκόλλησης τεμαχών εξαρτάται άμεσα από τον τρόπο και το βήμα εκσκαφής της σήραγγας και από τον προσανατολισμό των οικογενειών ασυνεχειών. Η αντιμετώπιση αυτών των ασταθειών αντιμετωπίστηκε με τη χρήση αγκυρίων βράχου και με στρώση (>5cm) εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος.

Τέλος εμφανίστηκαν κάποιες μικρές εισροές υδάτων στην μετάβαση από το σχηματισμό των ψαμμιτικών προς τους ορίζοντες του φλύσχη όπου επικρατεί ο ιλυόλιθος. Τα ύδατα διηθούνται εντός των ημιπερατών φλυσχικών κορημάτων και κατεισδύουν εντός των διακλάσεων των ψαμμιτών έως την επαφή τους με το ιλυολιθικό στρώμα που αποτελεί στεγανό υπόβαθρο. Στις περιοχές της σήραγγας που συναντήθηκαν ύδατα, κατασκευάστηκαν οπές αποστράγγισης στην περιφέρειά της. Γενικά είναι ύψιστης σημασίας να μην υπάρχει παροχή υδάτων στη βαθμίδα των σηράγγων, αλλά να διευθετείται με τάφρους σκυροδέματος ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή με τη χρήση αγωγών εκτός της σήραγγας. Εάν για κατασκευαστικούς λόγους αυτό δεν είναι εφικτό, γίνεται εγκατάσταση σωλήνων αποστράγγισης. Εάν μείνουν ύδατα στην περιοχή της σήραγγας, είτε στην περιφέρεια είτε στον πυθμένα της βαθμίδας, ο μαλακότερος και επιρρεπής σε διάβρωση ιλυόλιθος θα υποβιβαστεί και θα χάσει τις αρχικές του ιδιότητες αντοχής. Έτσι, λοιπόν σε κάθε περίπτωση λήφθηκαν όλες οι παράμετροι υπόψη ώστε να μην μειωθούν, σημαντικά τουλάχιστον, οι μηχανικές ιδιότητες του επιρρεπέστερου σε υποβάθμιση ιλυόλιθου.

3. ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

3.1. Γενικά

Στην κατασκευή της σήραγγας χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα επένδυσης που αποτελείται από την προσωρινή υποστήριξη και την τελική επένδυση με διαχωρισμό από υδατοστεγάνωση και σύστημα αποστράγγισης. Η προσωρινή υποστήριξη περιλαμβάνει ανοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με χαλύβδινες ίνες και αγκύρια βράχου σε προδιαγεγραμμένο κάρναβο και μήκη. Σε αντίξοες εδαφικές συνθήκες τοποθετήθηκαν πρόσθετα χαλύβδινα πλαίσια ολόσωμης διατομής ή δικτυωτά και ράβδοι προπορείας. Η τελική επένδυση κατασκευάστηκε από απλό έγχυτο σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37, μετά την τοποθέτηση του συστήματος υδατοστεγάνωσης και αποστράγγισης της βραχομάζας.

Η διάνοιξη της σήραγγας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο διάτρησης - ανατίναξης. Επίσης σε κάποια σημεία ήταν αναγκαστική η χρήση μηχανικών μέσων, ειδικά εκσκαπτικού μηχανήματος (τσάπα). Η χρήση εκρηκτικών αποδίδει υψηλούς ρυθμούς προχώρησης αλλά διαταράσσει περισσότερο τη βραχομάζα και έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες υπερεκσκαφές. Για την εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη της σήραγγας, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος άνω ημιδιατομής και βαθμίδας. Κατά το πρώτο βήμα διενεργήθηκε εκσκαφή της άνω ημιδιατομής σε όλο το μήκος της σήραγγας και έπειτα έγινε εκσκαφή της βαθμίδας σε δεύτερο στάδιο. Το βήμα εκσκαφής της άνω ημιδιατομής κυμαινόταν μεταξύ 1.5 και 4.0m σε σχέση με την κατηγορία βραχομάζας. Σε όλο το μήκος της βραχομάζας που εκσκάφτηκε, στην άνω ημιδιατομή και στις παρειές, εφαρμοζόταν εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οπλισμένο με μεταλλικές ίνες. Το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος κυμαινόταν από 10 έως 18 cm, ανάλογα με την κατηγορία βραχομάζας, και εφαρμοζόταν σε δύο ή το πολύ τρία διαδοχικά στάδια.

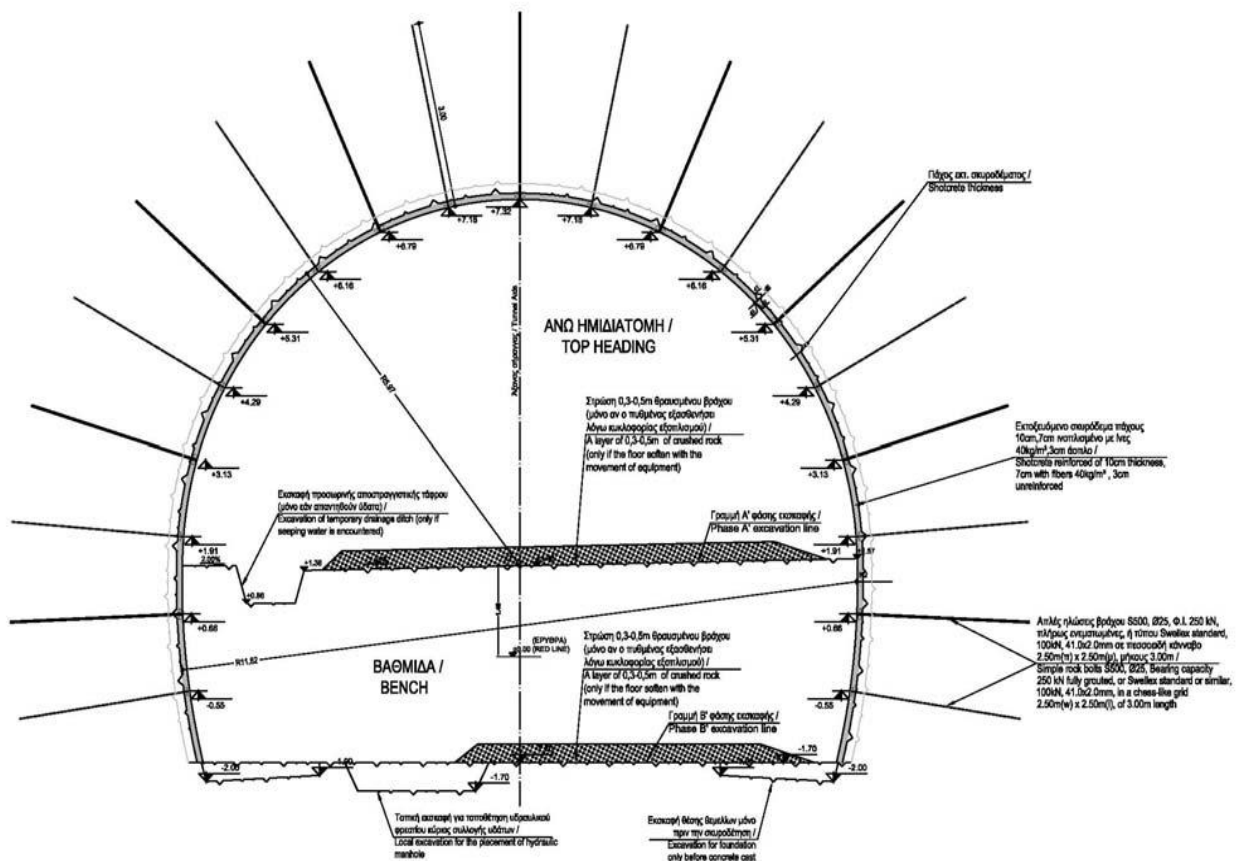
3.2. Κατηγορίες εκσκαφής και υποστήριξης βραχομάζας

Κατά τη διάνοιξη της σήραγγας έχουμε τέσσερις κατηγορίες υποστήριξης (PS-A, PS-B, PS-C, PS-D). Η κατηγορία εκσκαφής και υποστήριξης PS-A είναι η ελαφρότερη υποστήριξη βραχομάζας και χρησιμοποιήθηκε για τις κατηγορίες βραχομάζας A (IIsa) και B (IIsi) με $RMR > 61$ (80%). Το βήμα εκσκαφής σε αυτή την κατηγορία ήταν 3.0-5.0 m. Η κατηγορία εκσκαφής και υποστήριξης PS-B είναι βαρύτερη και χρησιμοποιήθηκε σε περιοχές με κατηγορία βραχομάζας B (IIsi) με $52 < RMR < 61$ (20%) και C (IIIsa) με $RMR > 54$ (όπου συναντήθηκε στο κύριο τμήμα της σήραγγας). Το βήμα εκσκαφής σε αυτή την κατηγορία ήταν 2.0-3.5 m. Η κατηγορία εκσκαφής και υποστήριξης PS-C είναι ακόμη βαρύτερη και χρησιμοποιήθηκε σε περιοχές με κατηγορία βραχομάζας C (IIIsa) με $50 < RMR < 54$ και D (IIIsi). Το βήμα εκσκαφής σε αυτή την κατηγορία ήταν 1.5-2.5 m. Η κατηγορία εκσκαφής και υποστήριξης PS-D είναι ακόμη βαρύτερη και χρησιμοποιήθηκε μόνο στις περιοχές κοντά στα στόμια με χαμηλά υπερκείμενα και μόνο όπου συναντήθηκαν φτωχές γεωλογικές συνθήκες στο κύριο σώμα της σήραγγας. Το βήμα εκσκαφής σε αυτή την κατηγορία ήταν 1.5-2.0 m. Κατά την φάση εκσκαφής και υποστήριξης τροποποιήθηκαν τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης και το βήμα εκσκαφής εφόσον διαπιστώθηκαν διαφορετικές συμπεριφορές βραχομάζας. Σε όλες τις κατηγορίες η διάνοιξη έγινε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση έγινε η εκσκαφή της άνω ημιδιατομής σε όλο το μήκος της σήραγγας. Η δεύτερη φάση εκσκαφής περιλάμβανε την εκσκαφή της βαθμίδας και ξεκίνησε μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής ολόκληρης της άνω ημιδιατομής. Για τη διάνοιξη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ελεγχόμενων εκρηκτικών, για αποφυγή μεγάλων υπερεκσκαφών και χαλάρωσης της βραχομάζας. Επίσης πριν την απομάκρυνση των προϊόντων της ανατίναξης, γινόταν απόξεση των αποκολλημένων τεμαχών (μηχανικό ξεσκάρωμα) και ύστερα τοποθετούνταν τα ανάλογα μέτρα υποστήριξης κάθε κατηγορίας. Στους Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται λεπτομερώς οι κατηγορίες υποστήριξης με τα αντίστοιχα μέτρα υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης και οι τέσσερις τυπικές διατομές προσωρινής υποστήριξης (Σχήματα 3.1 – 3.2 – 3.3 – 3.4).

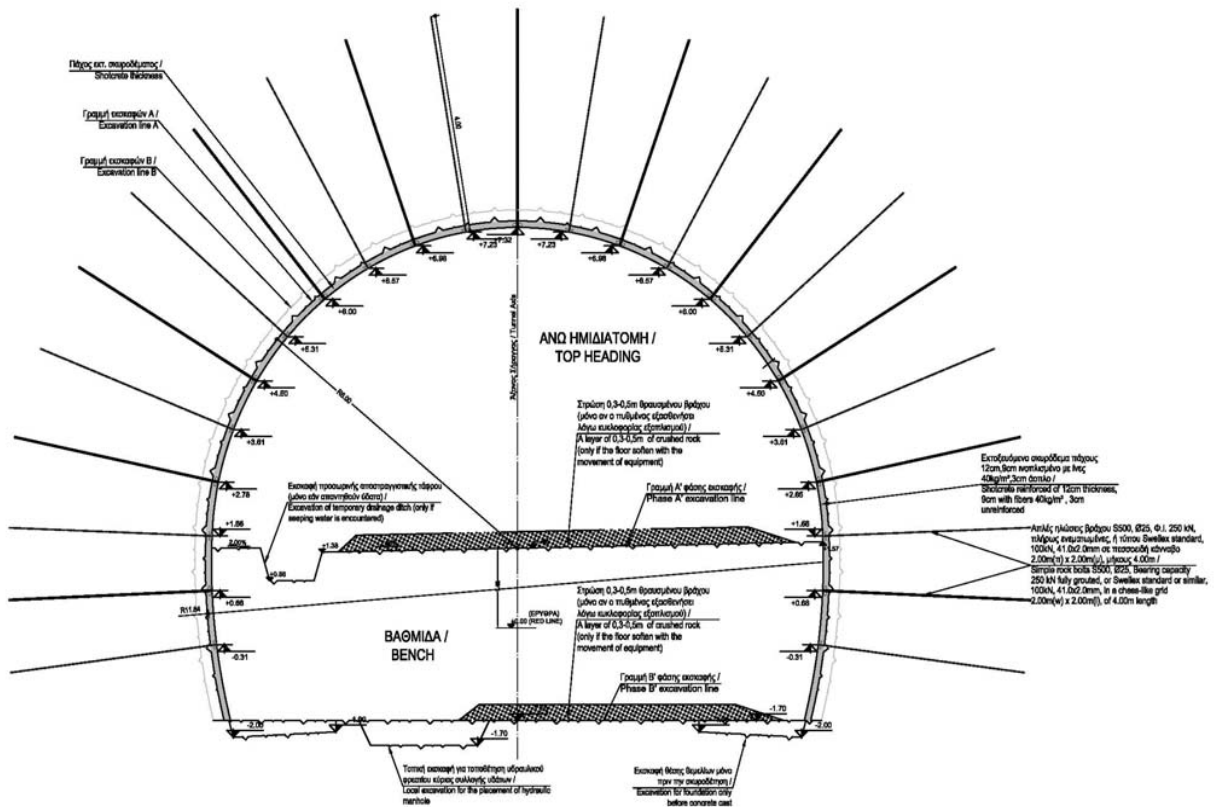
Πίνακας 3.1: Κατηγορίες και μέτρα υποστήριξης βραχομάζας

PS A	PS B	PS C	PS D
<p>Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα C20/25 με χαλύβδινες ίνες 40 kg/m³. Συνολικό πάχος: 10 cm. Πάχος 1^{ης} στρώσης: 1.5 cm. Πάχος 2^{ης} στρώσης: 8.5 cm, από τα οποία τα 5.5 cm είναι ινοπλισμένο και τα 3 cm τελικά από άοπλο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (εξωτερική στρώση εξομάλυνσης).</p>	<p>Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα C20/25 με χαλύβδινες ίνες 40 kg/m³. Συνολικό πάχος: 12 cm. Πάχος 1^{ης} στρώσης: 1.5 cm. Πάχος 2^{ης} στρώσης: 10.5 cm, από τα οποία τα 7.5 cm είναι ινοπλισμένο και τα 3 cm τελικά από άοπλο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (εξωτερική στρώση εξομάλυνσης).</p>	<p>Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα C20/25 με χαλύβδινες ίνες 40 kg/m³. Συνολικό πάχος: 16 cm. Πάχος 1^{ης} στρώσης: 1.5 cm. Πάχος 2^{ης} στρώσης: 11.5 cm ινοπλισμένο έως την εσωτερική παρειά του δικτυωτού πλαισίου. Πάχος 3^{ης} στρώσης: 3 cm άοπλο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (εξωτερική στρώση εξομάλυνσης).</p>	<p>Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα C20/25 με χαλύβδινες ίνες 40 kg/m³. Συνολικό πάχος: 18 cm. Πάχος 1^{ης} στρώσης: 1.5 cm. Πάχος 2^{ης} στρώσης: 13.5 cm ινοπλισμένο έως την εσωτερική παρειά του μεταλλικού πλαισίου. Πάχος 3^{ης} στρώσης: 3 cm άοπλο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (εξωτερική στρώση εξομάλυνσης).</p>
<p>Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης με τσιμεντένεμα διαμέτρου Φ25, φέρουσας ικανότητας 250 kN, μήκους L=3 m σε πεσσοειδή κάνναβο διαστάσεων 2.5x2.5 m.</p>	<p>Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης με τσιμεντένεμα διαμέτρου Φ25, φέρουσας ικανότητας 250 kN, μήκους L=4 m σε πεσσοειδή κάνναβο διαστάσεων 2.0x2.0 m.</p>	<p>Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης με τσιμεντένεμα διαμέτρου Φ25, φέρουσας ικανότητας 250 kN, μήκους L=4 m σε πεσσοειδή κάνναβο διαστάσεων 1.5x2.0 m.</p>	<p>Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης με τσιμεντένεμα διαμέτρου Φ25, φέρουσας ικανότητας 250 kN, μήκους L=4 m σε πεσσοειδή κάνναβο διαστάσεων 1.5x1.5 m.</p>
-	-	<p>Δικτυωτά πλαίσια (lattice girders) LG 70-10-30-20, από ράβδους οπλισμού σκυροδέματος αντοχής 500 MPa.</p>	<p>Χαλύβδινα πλαίσια HEB 140, από χάλυβα αντοχής 235 MPa.</p>

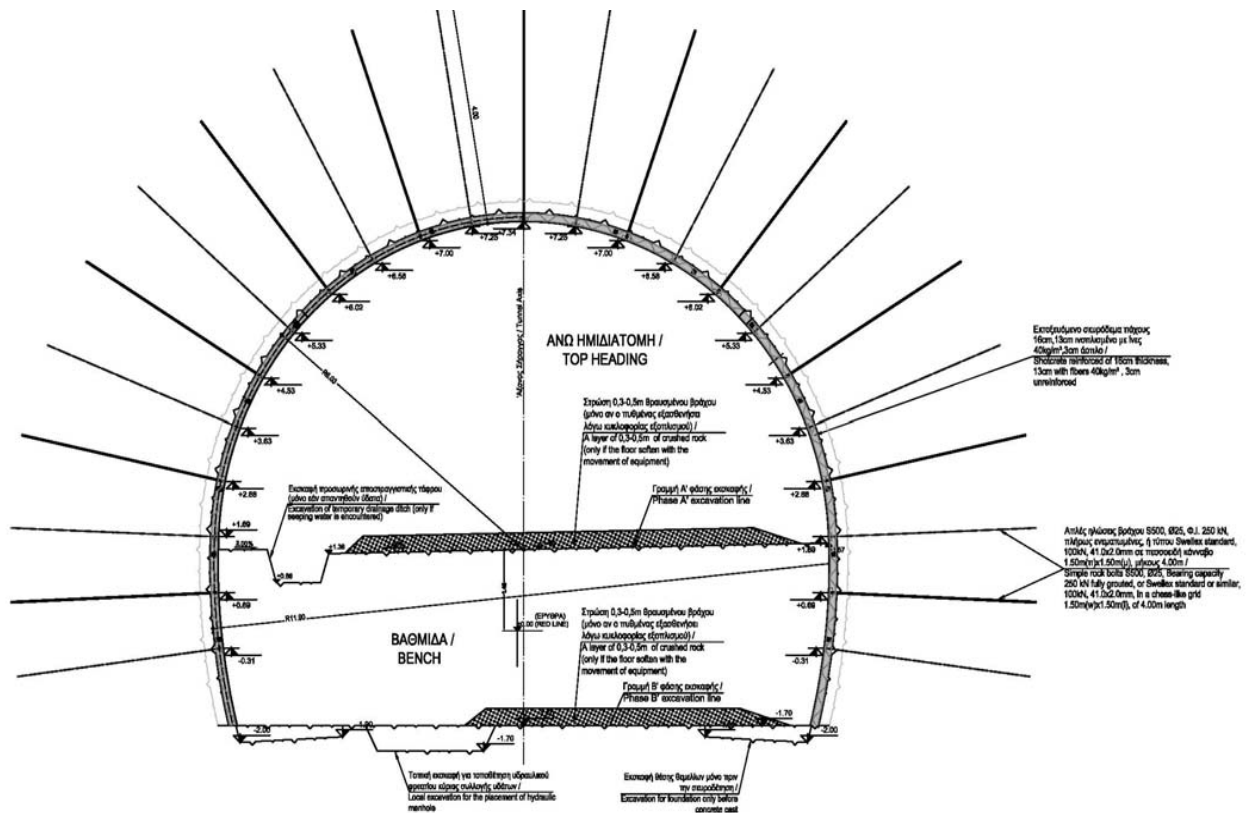
-	-	Αντηρίδες δικτυωτού πλαισίου διαμέτρου Φ16.	Αντηρίδες χαλύβδινου πλαισίου διαμέτρου Φ20.
-	-	-	Ράβδοι προπορείας διαμέτρου Φ25, φέρουσας ικανότητας 250 kN, μήκους L=6 m. Τοποθέτηση με 1.5 έως 2.0 m επικάλυψη και με ανωφερική κλίση 7-10°.



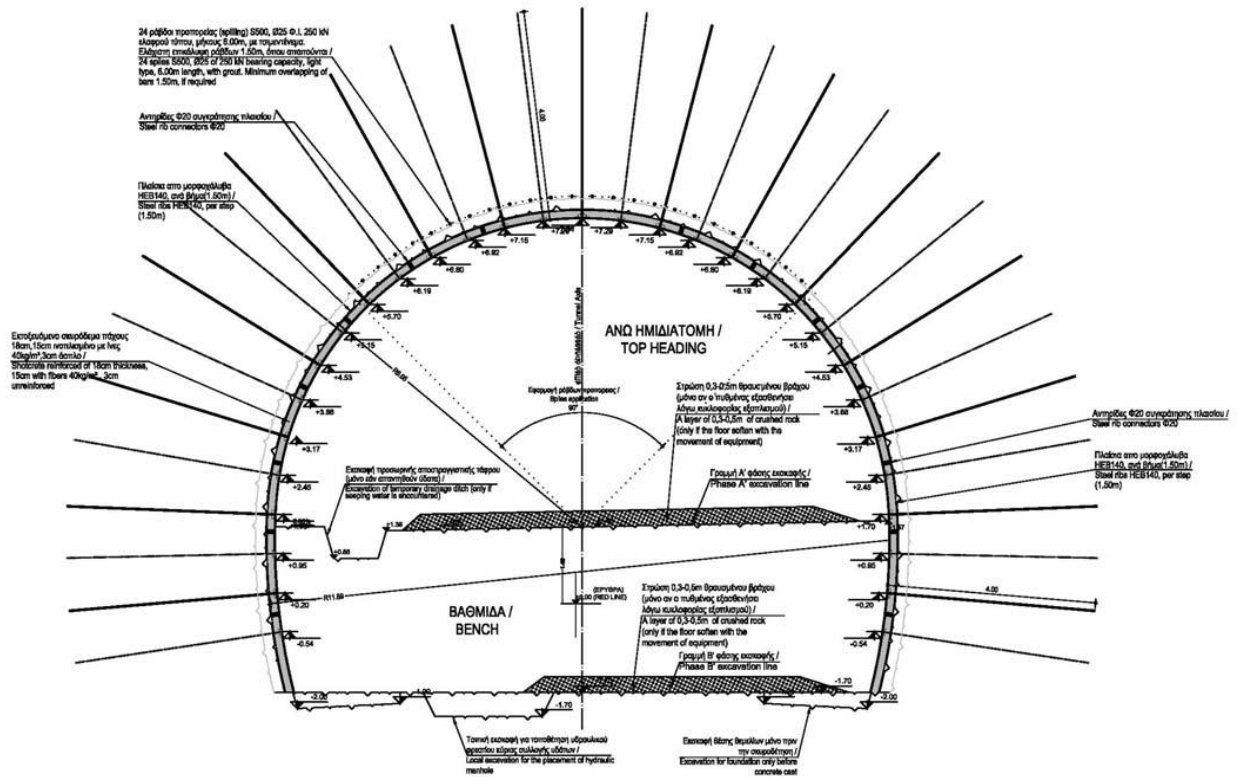
Σχήμα 3.1: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-A [22]



Σχήμα 3.2: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-B [22]



Σχήμα 3.3: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-C [22]



Σχήμα 3.4: Τυπική διατομή προσωρινής υποστήριξης κατηγορίας PS-D [22]

3.3. Μηκοτομή σήραγγας - Σύγκριση πρόβλεψης με κατασκευή

Στους Πίνακες 3.2 και 3.3 παρουσιάζεται η μηκοτομή της σήραγγας για τον αριστερό και δεξιό κλάδο αντίστοιχα καθώς και η οριοθέτηση της σε συγκεκριμένες χιλιομετρικές θέσεις (Χ.Θ.), ώστε να μπορέσουμε να αναπαραστήσουμε σχηματικά την χρήση των κατηγοριών βραχομάζας και υποστήριξης. Επίσης έχει γίνει καταγραφή και απεικόνιση, σε πίνακες, δεδομένων που περιλαμβάνουν την κατηγορία βραχομάζας (Α, Β, C, D), αλλά και την κατηγορία υποστήριξης (PS-A, PS-B, PS-C, PS-D) σύμφωνα με το σχεδιασμό και τους υπολογισμούς της μελέτης υποστήριξης της σήραγγας Καλυδώνας. Η παρουσίαση αυτών των δεδομένων (σύμφωνα με τη μελέτη του έργου) έχει σκοπό την αντιπαράθεση τους με τα δεδομένα που προέκυψαν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας. Όπως βλέπουμε στους πίνακες αυτούς οι υπολογισμοί που έγιναν εν συγκρίσει με τα πραγματικά αποτελέσματα που έχουμε από τη διάνοιξη συμβαδίζουν και συμπίπτουν αρκετά. Αναμενόμενες είναι κάποιες αποκλίσεις, οι οποίες είναι πολύ μικρές (της τάξης ±20 m). Αυτές οι αποκλίσεις οφείλονται, όπως αναφέραμε προηγουμένως, στο γεγονός ότι εφόσον διαπιστώθηκαν διαφορετικές συμπεριφορές βραχομάζας κατά την φάση εκσκαφής και

υποστήριξης, τροποποιήθηκαν τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης και το βήμα προχώρησης.

Αναλυτικότερα για τις κατηγορίες βραχομάζας στον αριστερό κλάδο έχουμε:

- Σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη της σήραγγας Καλυδώνας, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+058 έως τη Χ.Θ. 24+113 να συναντηθεί η κατηγορία βραχομάζας C. Σύμφωνα με τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, κατά τη κατασκευή η βραχομάζα C (III_{Sa}) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+057.50 έως τη Χ.Θ. 24+116.50 και αποτελούνταν από φλύσχη με κύριο βραχώδες συστατικό τον ελαφρά ως μέτρια αποσαθρωμένο ψαμμίτη με λεπτές ενστρώσεις ιλυολίθου. Τοπικά εμφανίζεται αργιλικό υλικό. Η βραχομάζα εμφανίζεται ελαφρά έως μέτρια κερματισμένη με τρεις ως τέσσερις διακλάσεις ανά μέτρο στο μέτωπο. Οι διακλάσεις είναι κλειστες ή ελαφρά ανοιχτές, χωρίς υλικό πλήρωσης. Τοπικά οι διακλάσεις έχουν υλικό πλήρωσης άργιλο.
- Η επόμενη κατηγορία βραχομάζας D αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+113 έως τη Χ.Θ. 24+198. Στην κατασκευή της σήραγγας συναντήθηκαν από τη Χ.Θ. 24+116.50 έως τη Χ.Θ. 24+176.40 οι κατηγορίες C και D. Η βραχομάζα D (III_{Si}) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+176.40 έως τη Χ.Θ. 24+193.40 και αποτελούνταν από ελαφρά ως μέτρια αποσαθρωμένο ιλυόλιθο με ενστρώσεις ψαμμίτη. Τοπικά στην διατομή της σήραγγας εμφανίζονται κάποιες μικρές ενστρώσεις ιλυολίθου με αρκετά αποσαθρωμένη δομή έως και εδαφοποιημένη. Το πάχος αυτών είναι μερικά εκατοστά.
- Ύστερα, σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+198 έως τη Χ.Θ. 24+575 να συναντηθεί η κατηγορία βραχομάζας B. Σύμφωνα με τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, κατά τη κατασκευή η βραχομάζα B (II_{Si}) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+193.40 έως τη Χ.Θ. 24+555.50 και αποτελούνταν από μη αποσαθρωμένο ως ελαφρά λεπτοστρωματώδη αποσαθρωμένο ιλυόλιθο με λεπτές ενστρώσεις ψαμμίτη.
- Η επόμενη κατηγορία βραχομάζας A αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+575 έως τη Χ.Θ. 24+875. Στην κατασκευή της σήραγγας η βραχομάζα A (II_{Sa}) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+555.50 έως τη Χ.Θ. 24+904 και αποτελούνταν από μη αποσαθρωμένο έως ελαφρά αποσαθρωμένο λεπτοστρωματώδη ως μεσοστρωματώδη ψαμμίτη με ενστρώσεις λεπτοστρωματώδη ιλυόλιθου.
- Τέλος, σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+875 έως τη Χ.Θ. 25+255 να συναντηθεί η κατηγορία βραχομάζας B (II_{Si}). Σύμφωνα με τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, κατά τη κατασκευή συναντήθηκε η βραχομάζα A (II_{Sa}) και

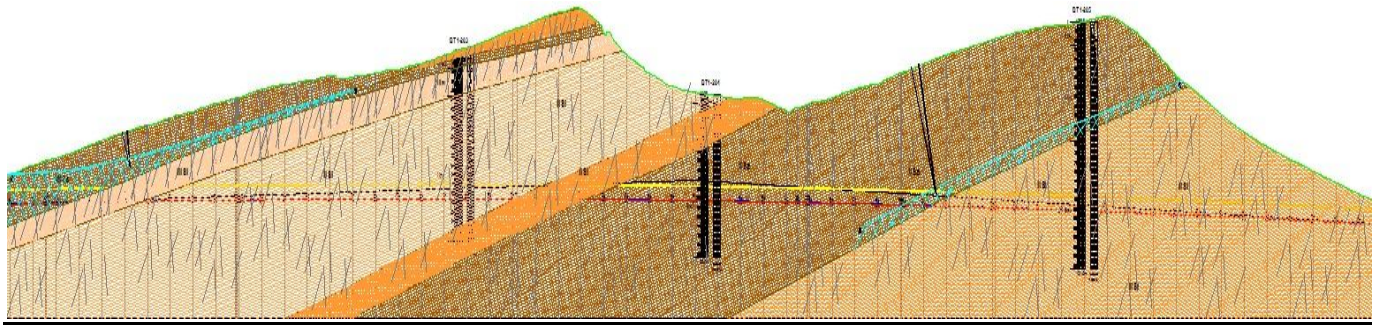
B (IISi) από τη Χ.Θ. 24+904 έως τη Χ.Θ. 25+915.50 και τελικά η κατηγορία βραχομάζας B (IISi) από τη Χ.Θ. 25+915.50 έως τη Χ.Θ. 25+255.

Αντίστοιχα για τις κατηγορίες υποστήριξης στον αριστερό κλάδο έχουμε:

- Σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας Καλυδώνας, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+058 έως τη Χ.Θ. 24+104.50 να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-D. Κατά τη κατασκευή η PS-D χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+058 έως τη Χ.Θ. 24+95.30.
- Ύστερα, από τη Χ.Θ. 24+104.50 έως τη Χ.Θ. 24+198.50 αναμενόταν να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-C. Κατά τη κατασκευή η PS-C χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+95.30 έως τη Χ.Θ. 24+229.50.
- Σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+198.50 έως τη Χ.Θ. 24+576 να χρησιμοποιηθεί 80% η κατηγορία υποστήριξης PS-A και 20% η PS-B. Κατά τη κατασκευή η PS-B χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+229.50 έως τη Χ.Θ. 24+389 και η PS-A από τη Χ.Θ. 24+389 έως τη Χ.Θ. 24+578.
- Ύστερα, από τη Χ.Θ. 24+576 έως τη Χ.Θ. 24+823 αναμενόταν να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-A. Κατά τη κατασκευή η PS-A χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+578 έως τη Χ.Θ. 24+827.60.
- Επίσης σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας Καλυδώνας, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+823 έως τη Χ.Θ. 24+948 να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-B. Κατά τη κατασκευή η PS-B χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+827.60 έως τη Χ.Θ. 24+871.51.
- Σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+948 έως τη Χ.Θ. 25+198 να χρησιμοποιηθεί 80% η κατηγορία υποστήριξης PS-A και 20% η PS-B και τέλος η PS-D μέχρι τη Χ.Θ. 25+255. Κατά τη κατασκευή η PS-A χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+871.50 έως τη Χ.Θ. 25+158.75, η PS-B από τη Χ.Θ. 25+158.75 έως τη Χ.Θ. 25+208 και τέλος η PS-D μέχρι τη Χ.Θ. 25+255.

Η σύγκριση πρόβλεψης με την κατασκευή για τον αριστερό κλάδο, όπως περιγράφηκε παραπάνω, παρουσιάζεται σχηματικά στον Πίνακα 3.2.

ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ



Χ.Θ.	24+000	24+100	24+200	24+300	24+400	24+500	24+600	24+700	24+800	24+900	25+000	25+100	25+200
ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ (ΜΕΛΕΤΗ)	C	D	B				A		B				
ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ)	C	C&D	D	B				A		A&B	B		
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ (ΜΕΛΕΤΗ)	PS-D	PS-C	80% PS-A, 20% PS-B				PS-A		PS-B	80% PS-A, 20% PS-B		PS-D	
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ)	PS-D	PS-C	PS-B	PS-A				PS-B	PS-A		PS-B	PS-B	PS-D

Πίνακας 3.2: Αντιπαράθεση κατηγοριών βραχομάζας και προσωρινής υποστήριξης (αριστερός κλάδος)

Αντίστοιχα για τις κατηγορίες βραχομάζας στον δεξιό κλάδο έχουμε:

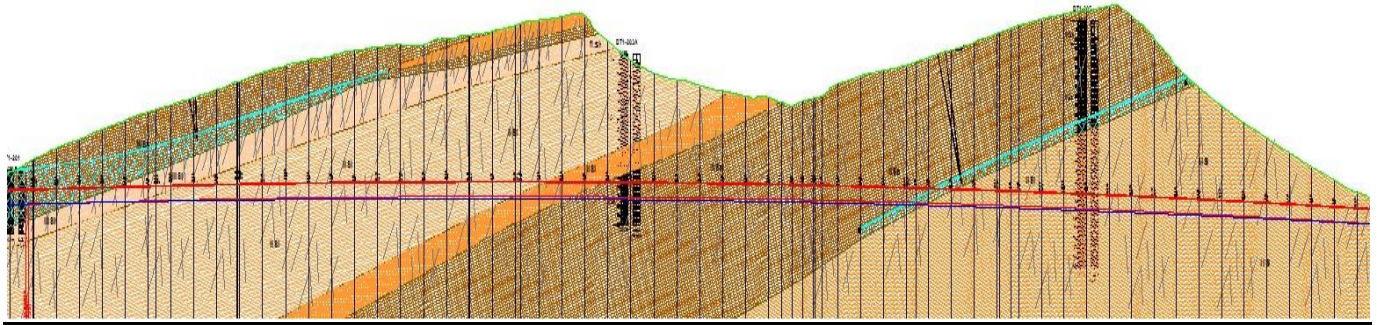
- Σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη της σήραγγας Καλυδώνας, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+051.50 έως τη Χ.Θ. 24+090 να συναντηθεί η κατηγορία βραχομάζας C. Σύμφωνα με τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, κατά τη κατασκευή η βραχομάζα C (IIISa) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+051 έως τη Χ.Θ. 24+111 και αποτελούνταν από φλύσχη με κύριο βραχώδες συστατικό τον ελαφρά ως μέτρια αποσαθρωμένο ψαμμίτη με λεπτές ενστρώσεις ιλυολίθου. Τοπικά εμφανίζεται αργιλικό υλικό. Η βραχομάζα εμφανίζεται ελαφρά έως μέτρια κερματισμένη με τρεις ως τέσσερις διακλάσεις ανά μέτρο στο μέτωπο. Οι διακλάσεις είναι κλειστες ή ελαφρά ανοιχτές, χωρίς υλικό πλήρωσης. Τοπικά οι διακλάσεις έχουν υλικό πλήρωσης άργιλο.
- Η επόμενη κατηγορία βραχομάζας D αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+090 έως τη Χ.Θ. 24+189. Στην κατασκευή της σήραγγας συναντήθηκαν από τη Χ.Θ. 24+111 έως τη Χ.Θ. 24+147.40 οι κατηγορίες C και D. Η βραχομάζα D (IIISi) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+147.40 έως τη Χ.Θ. 24+183.70 και αποτελούνταν από ελαφρά ως μέτρια αποσαθρωμένο ιλυόλιθο με ενστρώσεις ψαμμίτη. Τοπικά στην διατομή της σήραγγας εμφανίζονται κάποιες μικρές ενστρώσεις ιλυολίθου με αρκετά αποσαθρωμένη δομή έως και εδαφοποιημένη. Το πάχος αυτών είναι μερικά εκατοστά.
- Ύστερα, σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+189 έως τη Χ.Θ. 24+552 να συναντηθεί η κατηγορία βραχομάζας B. Σύμφωνα με τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, κατά τη κατασκευή η βραχομάζα B (IISi) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+183.70 έως τη Χ.Θ. 24+563.50 και αποτελούνταν από μη αποσαθρωμένο ως ελαφρά λεπτοστρωματώδη αποσαθρωμένο ιλυόλιθο με λεπτές ενστρώσεις ψαμμίτη.
- Η επόμενη κατηγορία βραχομάζας A αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+552 έως τη Χ.Θ. 24+867. Στην κατασκευή της σήραγγας η βραχομάζα A (IISa) συναντήθηκε από τη Χ.Θ. 24+563.50 έως τη Χ.Θ. 24+949 και αποτελούνταν από μη αποσαθρωμένο έως ελαφρά αποσαθρωμένο λεπτοστρωματώδη ως μεσοστρωματώδη ψαμμίτη με ενστρώσεις λεπτοστρωματώδη ιλυόλιθου.
- Τέλος, σύμφωνα με τη γεωλογική μελέτη, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+875 έως τη Χ.Θ. 25+241.80 να συναντηθεί η κατηγορία βραχομάζας B (IISi). Σύμφωνα με τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις, κατά τη κατασκευή συναντήθηκε η βραχομάζα A (IISa) και B (IISi) από τη Χ.Θ. 24+949 έως τη Χ.Θ. 25+960.70 και τελικά η κατηγορία βραχομάζας B (IISi) από τη Χ.Θ. 25+960.70 έως τη Χ.Θ. 25+241.80.

Αντίστοιχα για τις κατηγορίες υποστήριξης στον δεξιό κλάδο έχουμε:

- Σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας Καλυδώνας, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+051.50 έως τη Χ.Θ. 24+073.30 να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-D. Κατά τη κατασκευή η PS-D χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+051 έως τη Χ.Θ. 24+101.
- Ύστερα, από τη Χ.Θ. 24+073.30 έως τη Χ.Θ. 24+189.50 αναμενόταν να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-C. Κατά τη κατασκευή η PS-C χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+101 έως τη Χ.Θ. 24+188.70.
- Σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+189.50 έως τη Χ.Θ. 24+553 να χρησιμοποιηθεί 80% η κατηγορία υποστήριξης PS-A και 20% η PS-B. Κατά τη κατασκευή η PS-B χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+188.70 έως τη Χ.Θ. 24+371 και η PS-A από τη Χ.Θ. 24+371 έως τη Χ.Θ. 24+602.
- Ύστερα, από τη Χ.Θ. 24+553 έως τη Χ.Θ. 24+823 αναμενόταν να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-A. Κατά τη κατασκευή η PS-A χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+602 έως τη Χ.Θ. 24+805.20. Επιπλέον, στις ενδιάμεσες Χ.Θ. 24+731.50 έως 24+750.20 χρησιμοποιήθηκε η κατηγορία υποστήριξης PS-B.
- Επίσης σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας Καλυδώνας, αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+823 έως τη Χ.Θ. 24+948 να χρησιμοποιηθεί η κατηγορία υποστήριξης PS-B. Κατά τη κατασκευή η PS-B χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+805.20 έως τη Χ.Θ. 24+840.90.
- Σύμφωνα με τη μελέτη προσωρινής υποστήριξης αναμενόταν από τη Χ.Θ. 24+948 έως τη Χ.Θ. 25+190 να χρησιμοποιηθεί 80% η κατηγορία υποστήριξης PS-A και 20% η PS-B και τέλος η PS-D μέχρι τη Χ.Θ. 25+241.80. Κατά τη κατασκευή η PS-A χρησιμοποιήθηκε από τη Χ.Θ. 24+840.90 έως τη Χ.Θ. 25+120, η PS-B από τη Χ.Θ. 25+120 έως τη Χ.Θ. 25+193 και τέλος η PS-D μέχρι τη Χ.Θ. 25+241.80.

Η σύγκριση πρόβλεψης με την κατασκευή για τον δεξιό κλάδο, όπως περιγράφηκε παραπάνω, παρουσιάζεται σχηματικά στον Πίνακα 3.3.

ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ



Χ.Θ.	24+000	24+100	24+200	24+300	24+400	24+500	24+600	24+700	24+800	24+900	25+000	25+100	25+200		
ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ (ΜΕΛΕΤΗ)	C	D	B				A			B					
ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ)	C	C&D	D	B				A			A&B	B			
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ (ΜΕΛΕΤΗ)	PS-D	PS-C	80% PS-A, 20% PS-B				PS-A			PS-B	80% PS-A, 20% PS-B			PS-D	
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ)	PS-D	PS-C	PS-B	PS-A				PS-B	PS-A	PS-B	PS-A			PS-B	PS-D

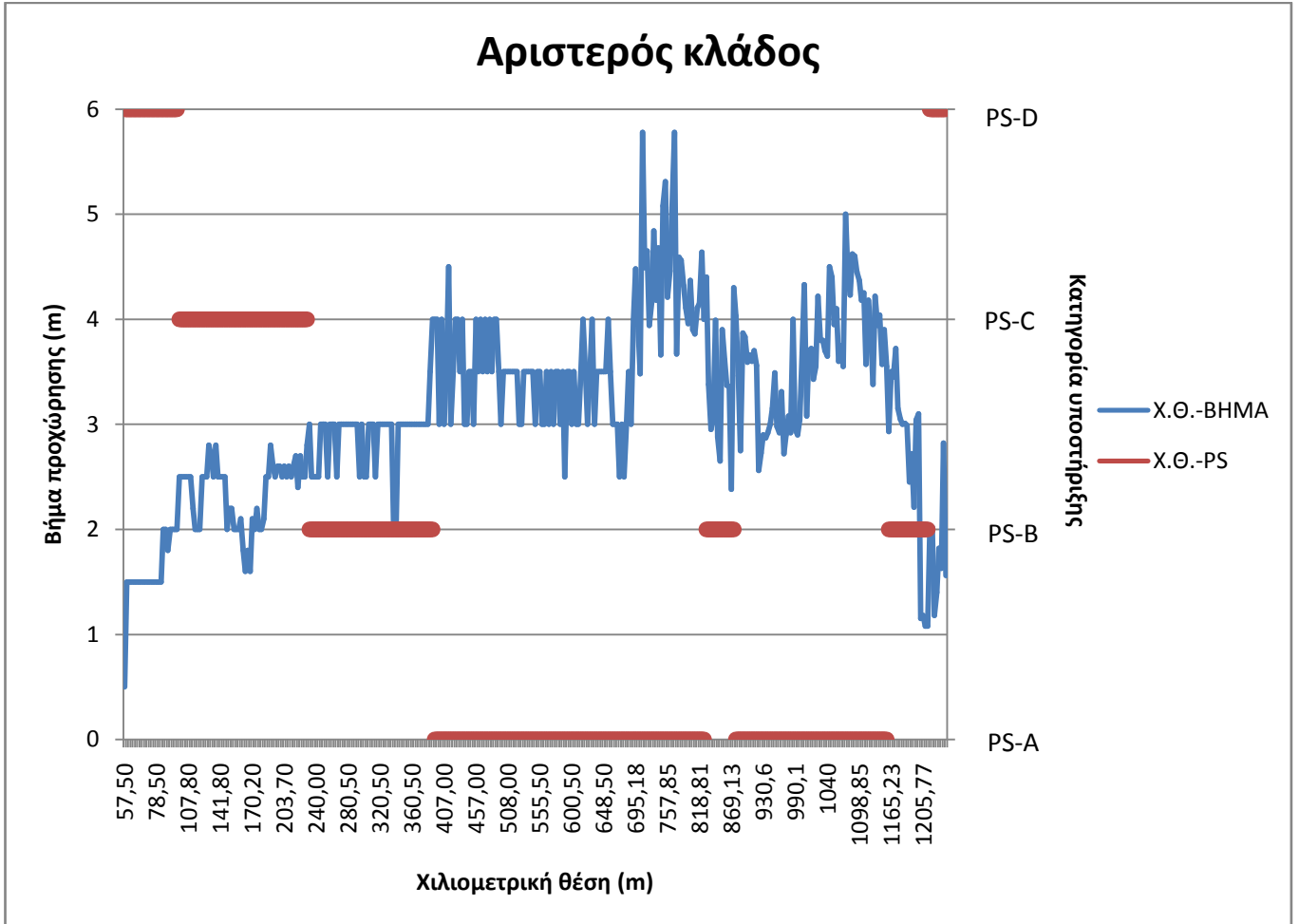
Πίνακας 3.3: Αντιπαράθεση κατηγοριών βραχομάζας και προσωρινής υποστήριξης (δεξιός κλάδος)

3.4. Συσχετισμός στοιχείων εκσκαφής και υποστήριξης

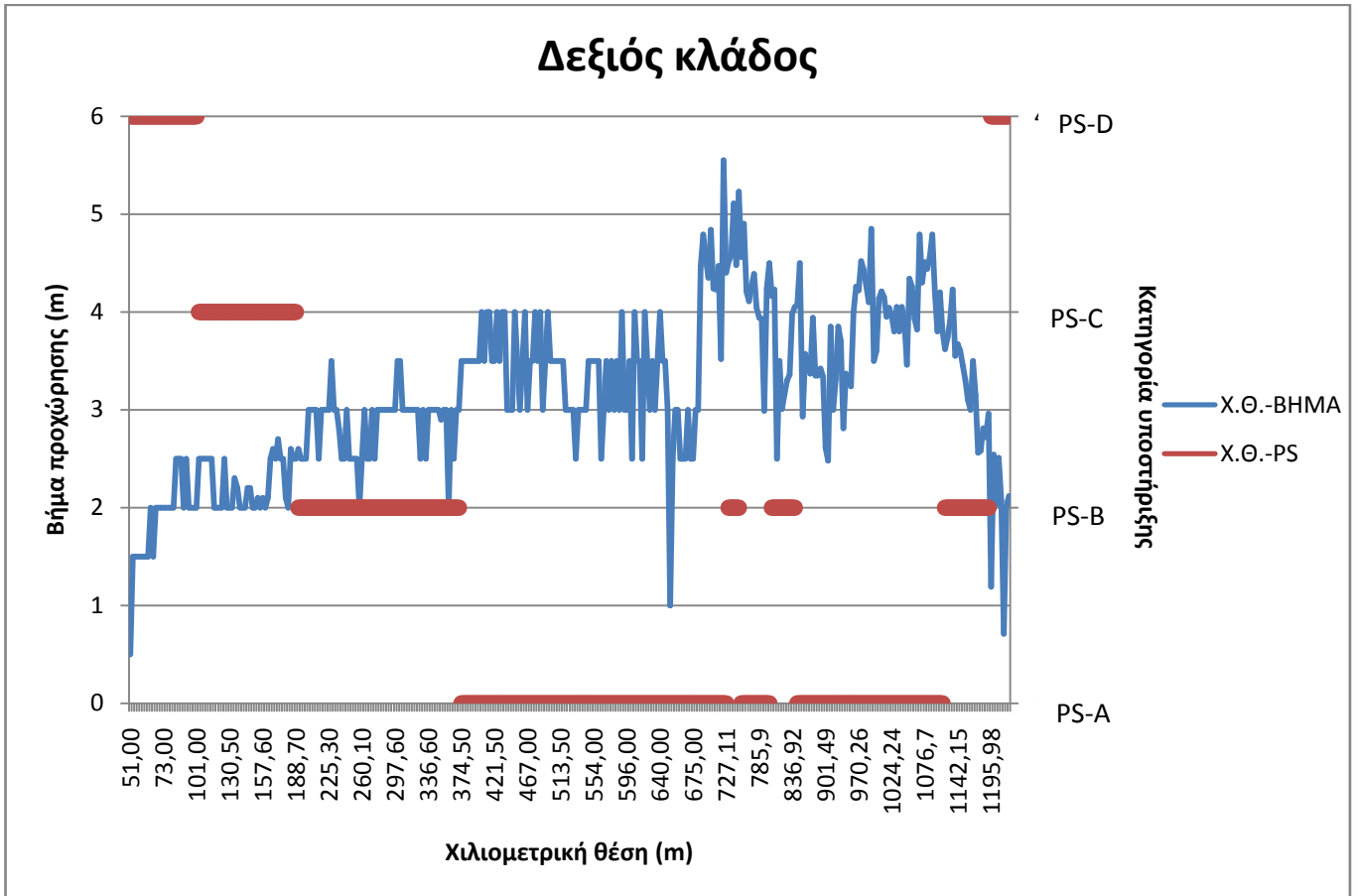
Για την καλύτερη αντίληψη της διάνοιξης της σήραγγας διενεργήθηκε συσχετισμός διαφόρων στοιχείων εκσκαφής και υποστήριξης. Τα κύρια στοιχεία αυτής της διερεύνησης είναι η χιλιομετρική θέση, το βήμα προχώρησης και η κατηγορία υποστήριξης. Για να γίνει ο συσχετισμός τους δημιουργήσαμε διαγράμματα για τον αριστερό και δεξιό κλάδο (Σχήματα 3.5 και 3.6), στα οποία υπάρχει ένας οριζόντιος άξονας με τη χιλιομετρική θέση (Χ.Θ.), και δύο κάθετοι άξονες με το βήμα προχώρησης (ΒΗΜΑ) και την κατηγορία υποστήριξης (PS). Έτσι βλέπουμε σε κάθε Χ.Θ. το αντίστοιχο βήμα και την αντίστοιχη PS.

Επίσης, όπως αναπαριστώνται τα γραφήματα αυτά παρατηρούμε ότι κατά κύριο λόγο το βήμα προχώρησης αυξάνεται και αντίστοιχα τα μέτρα υποστήριξης μειώνονται, αφού όπως φαίνεται στο διάγραμμα πηγαίνουμε από την βαριά κατηγορία υποστήριξης PS-D στην πιο ελαφριά κατηγορία PS-A. Αναλυτικότερα, στα διαγράμματα βλέπουμε ότι οι καμπύλες Χ.Θ.-ΒΗΜΑ και Χ.Θ.-PS, στις αρχικές χιλιομετρικές θέσεις, ξεκινούν περίπου αντιδιαμετρικά, δηλαδή αντίστοιχα η μία από χαμηλές τιμές και η άλλη από υψηλές. Αυτό, όπως είδαμε και σε προηγούμενες παραγράφους, οφείλεται στη χαμηλή ποιότητα βραχομάζας, η οποία απαιτεί μικρό βήμα προχώρησης και βαρύτερη κατηγορία υποστήριξης.

Όταν, όμως, στις επόμενες χιλιομετρικές θέσεις, η βραχομάζα βελτιώνεται και συνεπώς το βήμα μεγαλώνει και χρησιμοποιούνται ελαφρύτερες PS, βλέπουμε κατά κάποιο τρόπο οι καμπύλες να συγκλίνουν προς το κέντρο του διαγράμματος. Έστερα παρατηρούμε την αναστροφή των ρόλων, δηλαδή η καμπύλη Χ.Θ.-ΒΗΜΑ απαντάται σε υψηλές τιμές και η Χ.Θ.-PS σε χαμηλές (ελαφρύτερες κατηγορίες υποστήριξης). Έτσι, οι καμπύλες στο διάγραμμα περνάνε πάλι σε ακραίες τιμές και εμφανίζουν ξανά απόσταση μεταξύ τους, υποδεικνύοντας την αντίστροφη αναλογία μεταξύ βήματος προχώρησης και κατηγορίας υποστήριξης, αλλά και την άμεση σχέση τους με την κατηγορία βραχομάζας. Όλα αυτά τα στοιχεία παρουσιάζονται συνολικά με τις μορφές γραφημάτων στα παρακάτω Σχήματα, που προαναφέρθηκαν (3.5 και 3.6)



Σχήμα 3.5: Διαγραμματική αναπαράσταση χιλιομετρικής θέσης-βήματος προχώρησης-προσωρινής υποστήριξης του αριστερού κλάδου



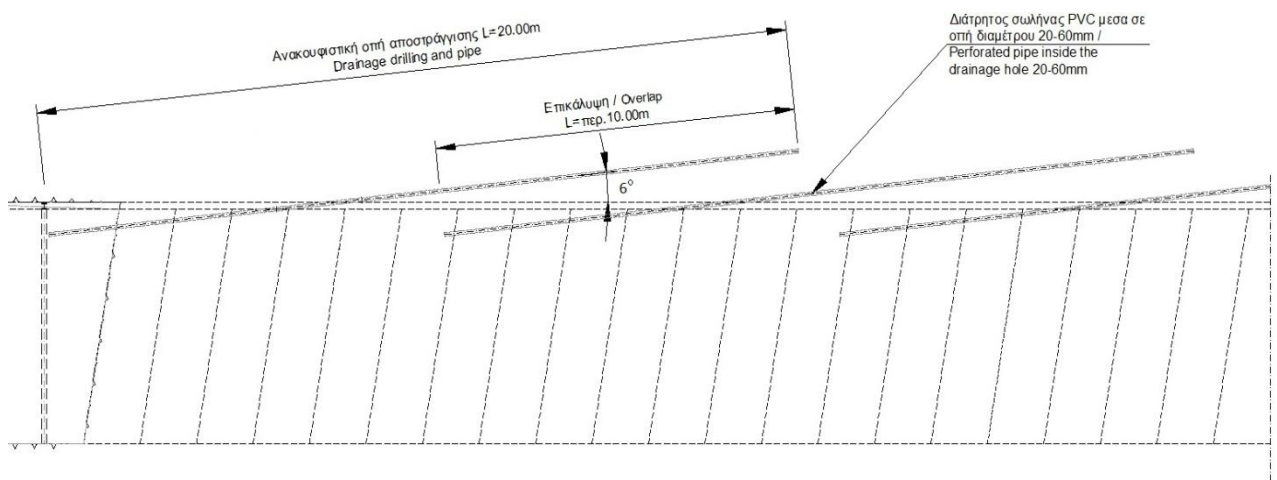
Σχήμα 3.6: Διαγραμματική αναπαράσταση χιλιομετρικής θέσης-βήματος προχώρησης-προσωρινής υποστήριξης του δεξιού κλάδου

3.5. Οπές αποστράγγισης

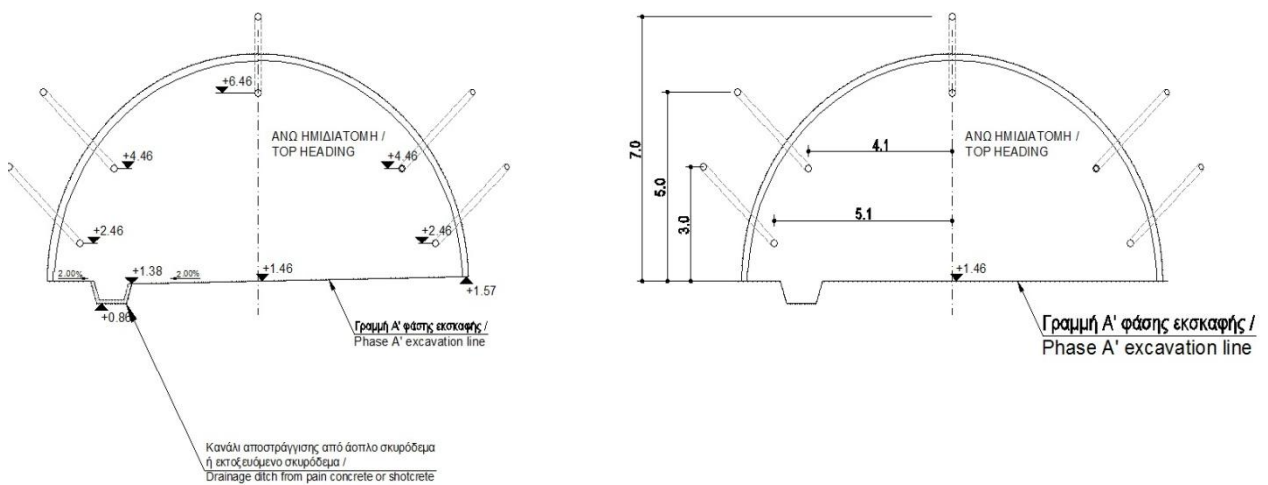
Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Καλυδώνας σε κάποιες θέσεις (από 24+057 έως 24+195 και από 24+835 έως 24+895) συναντήθηκαν ύδατα από διήθηση. Είχαν μικρή παροχή και η μέγιστη εισροή ήταν περίπου 5 m^3 ανά μέτρο σήραγγας ανά ημέρα. Η κατά κύριο λόγο εισροή ήταν της τάξης του 1 m^3 ανά μέτρο σήραγγας ανά ημέρα. Για την αποστράγγισή τους, την εξασφάλιση ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας και την αποφυγή προβλημάτων στην προσωρινή υποστήριξη, εφαρμόστηκε διάνοιξη αποστραγγιστικών οπών, των οποίων τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4 και στα Σχήματα 3.7 και 3.8.

Πίνακας 3.4: Χαρακτηριστικά οπών αποστράγγισης [19]

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΠΩΝ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ	ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ (m)	ΜΗΚΟΣ (m)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΚΛΙΣΗ (°)
5	10	20	Φ20-60	6



Σχήμα 3.7: Μηκοτομή συστήματος αποστράγγισης (κλίμακα 1:100) [23]



Σχήμα 3.8: Διατομή συστήματος αποστράγγισης (κλίμακα 1:100) [23]

3.6. Υλικά κατασκευής προσωρινής υποστήριξης

3.6.1. Γενικά

Κατά τη διάνοιξη και υποστήριξη της σήραγγας αναπόσπαστο μέρος αποτελεί η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος (gunite), αλλά και η χρήση διαφόρων άλλων υλικών που συντελούν στην κατασκευή της προσωρινής υποστήριξης. Έτσι η επιφάνεια της σήραγγας επενδύεται αρχικά με ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, η βραχομάζα ενισχύεται με αγκύρια (ηλώσεις βράχου), δύνανται επίσης να τοποθετούνται χαλύβδινα πλαίσια ολόσωμης διατομής (HEB 140) ή δικτυωτά (LG) και ράβδοι προπορείας (spiles), όπου ήταν απαραίτητο. Τα χαρακτηριστικά για κάθε υλικό αναλύονται παρακάτω.

3.6.2. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (Εικόνα 3.3) προδιαγράφεται με αντοχή σε θλίψη κυλινδρικού δοκιμίου ίση με 20 MPa και για τις αριθμητικές αναλύσεις 17 MPa. Περιλαμβάνει στην σύνθεση του πρόσμεικτο επιταχυντικό για ταχεία ανάπτυξη της αντοχής του και μπορεί να φέρει τα φορτία της σήραγγας σε πρώιμα στάδια. Το στατικό πάχος ανά τυπική διατομή είναι οπλισμένο με μεταλλικές ίνες (μήκος 30 mm και διάμετρος 0,55 mm) ώστε να αυξάνεται η ολκιμότητα του και να αντέχει στην παραμόρφωση. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα τοποθετείται με διαδοχική διάστρωση στρώσεων κατάλληλου πάχους ώστε να επιτυγχάνεται το στατικό πάχος που ορίζεται σε κάθε φάση κατασκευής ενώ η τελική στρώση δεν θα περιέχει ίνες ώστε να δημιουργηθεί μια ομαλή επιφάνεια για την εγκατάσταση της στεγάνωσης. Οι εργασίες εκτοξευόμενου σκυροδέματος γίνονταν με ειδική αντλία (ντιζελοκίνητη-ηλεκτρική) (Εικόνες 3.1 - 3.2), η χρήση της οποίας γίνονταν από ειδικό χειριστή πρέσας. Η σύνδεση της αντλίας στο κεντρικό δίκτυο γινόταν από τον υπεύθυνο ηλεκτρολόγο βάρδιας, ενώ η σύνδεση με το κεντρικό δίκτυο διανομής πεπιεσμένου αέρα (το οποίο ελεγχόταν καθημερινά για τυχόν απώλειες) χρειαζόταν προσοχή. Το μηχάνημα εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος διέθετε επαρκή ικανότητα διάστρωσης για την επίτευξη του ελαχίστου χρόνου καθυστερήσεων στις εργασίες εκσκαφής και κατασκευής της σήραγγας. Το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σύμφωνα με τις μελέτες, αλλάζει ανά κατηγορία και κυμαίνεται από 5-20cm. Οι στρώσεις ινοπλισμένου σκυροδέματος ορίζονται στις μελέτες ανά κατηγορία. Οι απαιτούμενες αναλογίες του μίγματος τσιμέντου-αδρανών και

κατάλληλων προσμίκτων για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, ακολουθούσαν την υποβληθείσα μελέτη σύνθεσης. Οι αναλογίες προέκυπταν σύμφωνα με τις υποδείξεις της οδηγίας ACI 214. Επίσης εκτελέστηκαν δοκιμές ποιότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (δοκιμές θραύσης δοκιμίων). Η ελάχιστη αντοχή θραύσης εκτιμούταν από τα αποτελέσματα των δοκιμών θραύσης κύβων. Επίσης γινόταν δοκιμές των αδρανών σε κάθε εμφανή αλλαγή του υλικού παραγωγής τους. Πριν την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε επιφάνειες που προέρχονταν από εκσκαφή, οι επιφάνειες αυτές προετοιμάζονταν με αφαίρεση χαλαρών υλικών, ενώ όσον αφορά την εφαρμογή της επόμενης στρώσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, οι προς στρώση επιφάνειες αφήνονταν πρώτα να πάρουν την αρχική τους πήξη και στην συνέχεια καθαρίζονταν με αέρα ή με άλλα μέσα. Οι εργασίες εκτόξευσης του σκυροδέματος εξασφάλιζαν κατά το δυνατόν:

- Ελάχιστη αναπήδηση
- Αποφυγή δημιουργίας φωλεών και κοιλοτήτων
- Ελάχιστο αριθμό ρωγμών λόγω πήξης
- Μόρφωση όσο το δυνατόν της τελικής επιφάνειας
- Καλή πρόσφυση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην επιφάνεια

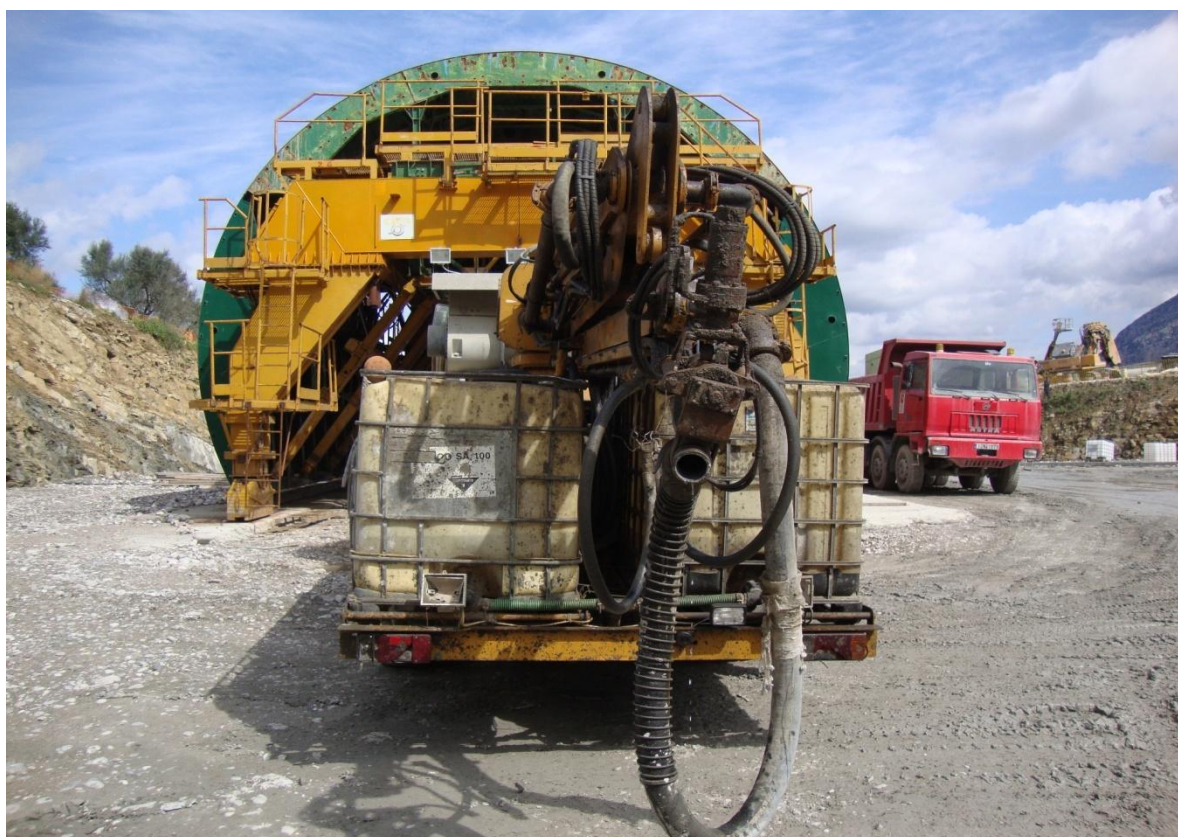
Επίσης λαμβάνονταν υπόψη, με την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, να μην προκαλούνται βλάβες στα στοιχεία της υποστήριξης και να αποφεύγονται η έμφραξη οπών αποστράγγισης και εγκατάστασης οργάνων μέτρησης. Στον Πίνακα 3.5 παρατίθεται τα χαρακτηριστικά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Πίνακας 3.5: Χαρακτηριστικά εκτοξευόμενου σκυροδέματος [19]

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	$\sigma_{c\ con}$ ΑΝΤΟΧΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (MPa)	ΙΝΕΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙ- ΚΟΤΗΤΑ ΙΝΩΝ (kg/m ³)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ f_c (KPa)	E_c (MPa)
Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	C20/25	Τύπου Dramix ZP305	40	17000	15000



Εικόνα 3.1: Πρέσα (με ειδική αντλία) εκτοξευόμενου σκυροδέματος



Εικόνα 3.2: Ειδική αντλία εκτοξευόμενου σκυροδέματος



Εικόνα 3.3: Σήραγγα Καλυδώνας υποστηριγμένη με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (β' φάση)

3.6.3. Ηλώσεις βράχου

Οι απλές ηλώσεις βράχου (Εικόνα 3.4) επιτυγχάνουν την εσωτερική στήριξη του πετρώματος και αναλαμβάνουν εφελκυστικές και διατμητικές δυνάμεις. Έτσι έγινε χρήση απλών χαλύβδινων ηλώσεων ($\Phi 25$, S500s) βράχου με χρήση ειδικού τσιμεντενέματος το οποίο τους παρέχει τη δυνατότητα να παραλάβουν φορτία σε μικρό χρονικό διάστημα όπου απαιτείται. Τα φορτία είναι δυνατόν να παραληφθούν από αγκύρια με φέρουσα ικανότητα 250kN. Όποτε σε κάθε περίπτωση πρέπει να τηρείται η κρίσιμη αυτή παράμετρος της φέρουσας ικανότητας του. Η συνάφεια τσιμέντου – βράχου θεωρείται καλή πάνω από 150 kN/m των αγκυρίων για αυτά τα είδη βραχομάζας. Βάσει της συνάφειας αυτής για αγκύρια πάνω από 2-3m κρίσιμο μέγεθος αποτελεί η αντοχή του χάλυβα. Η συνάφεια πρέπει να επαληθεύεται με δοκιμές εξόλκευσης. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε πλάκα έδρασης επιφάνειας μεγαλύτερης από 225cm^2 , μέγεθος οπής 27mm και πάχος όχι μικρότερο από 6mm. Το μήκος, ο τύπος, η θέση και ο αριθμός των αγκυρίων ορίστηκε από τις μελέτες προσωρινής υποστήριξης για κάθε τύπο βραχομάζας,

ενώ όπου το απαιτούσαν οι εμφανιζόμενες συνθήκες τοποθετήθηκαν και πρόσθετα. Τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης για τις τυπικές διατομές B, C, D ήταν μήκους 4 μέτρων και 3 μέτρων για την τυπική διατομή A. Η εισπίεση του τσιμεντενέματος γινόταν με κατάλληλη αντλία, μέσω εύκαμπτου σωλήνα από ελαστικό, η απόληξη του οποίου τοποθετούνταν στον πυθμένα της οπής. Με την έναρξη της εισπίεσης του τσιμεντενέματος ο εύκαμπος σωλήνας ανασύρονταν σταδιακά από τον πυθμένα της οπής. Όταν είχε εισχωρήσει στην οπή ικανή ποσότητα τσιμεντενέματος, η εισπίεση σταματούσε, ανασύρονταν τελείως ο εύκαμπος σωλήνας και τοποθετούνταν στην οπή η ράβδος ήλωσης. Επειδή οι ράβδοι ήλωσης τοποθετούνταν συνήθως προς τα πάνω με μεγάλη κλίση, το τσιμεντένεμα ήταν παχύρρευστο ώστε να μην εκρέει από την οπή. Επίσης όπου ήταν απαραίτητο σφραγίζονταν η οπή με κατάλληλα υλικά (ταχυπτικό κονίαμα, καναβάτσο κ.τ.λ.). Οι εργασίες τοποθέτησης των αγκυρίων καθ' ύψος γίνονταν μέσα από το καλάθι του διατρητικού σηράγγων ή με ειδικό καλαθοφόρο όχημα, σύμφωνα με τις υποδείξεις του υπεύθυνου εργοδηγού ή μηχανικού σηράγγων. Όπου χρειαζόταν τάνυση των ήλων γινόταν με δυναμόκλειδο. Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ηλώσεων.

Πίνακας 3.6: Χαρακτηριστικά Ηλώσεων [19]

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ / ΤΥΠΟΣ	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΟΠΗΣ (mm)	ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (kN)	E _b (MPa)
Απλές ηλώσεις βράχου με τσιμεντένεμα	St IV (S500s)	Φ25	76	250	207000



Εικόνα 3.4: Τοποθετημένα αγκύρια πακτωμένα με τσιμεντένεμα στην οροφή της σήραγγας

3.6.4. Πλαίσια

Τα χαλύβδινα πλαίσια ολόσωμης διατομής τοποθετήθηκαν σε κάθε βήμα εκσκαφής της αντίστοιχης κατηγορίας. Έγινε χρήση πλαισίου διατομής HEB 140 και βάρους 33,7 kg/m. Μεταξύ δυο γειτονικών πλαισίων, είναι απαραίτητη η πρόσθεση αντηρίδων για την διατήρηση του τοποθετούμενου πλαισίου στην ορθή θέση κατά τις εργασίες εκτόξευσης σκυροδέματος, την εξασφάλιση της διαμήκου διασύνδεσης και δυσκαμψίας τους, και την αποτροπή του λυγισμού τους. Τα δικτυωτά πλαίσια ενσωματώνονται πλήρως στο κέλυφος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και δρουν ως οπλισμός έναντι κάμψης του κελύφους. Παρέχουν μία περισσότερο αποτελεσματική σύνδεση και συνάφεια με την αντοχή του σκυροδέματος. Ακόμα έγινε χρήση δικτυωτού πλαισίου τύπου Lattice Girder 70-10-30-20 με βάρος 10kg/m. Μεταξύ δυο γειτονικών πλαισίων είναι απαραίτητες πρόσθετες αντηρίδες (Εικόνα 3.7) για την διατήρηση του τοποθετούμενο πλαισίου στην ορθή θέση κατά τις εργασίες εκτόξευσης σκυροδέματος και την εξασφάλιση της διαμήκου

διασύνδεσης και δυσκαμψίας τους και την αποτροπή του λυγισμού τους. Κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Καλυδώνας πλαίσια τοποθετήθηκαν για τις τυπικές διατομές C και D. Για την τυπική διατομή C χρησιμοποιήθηκαν δικτυωτά πλαίσια τύπου Lattice-Girders 70/10/30/20. Τα πλαίσια αυτά σε συνδυασμό με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, στο οποίο ενσωματώνονταν, δημιουργούσαν ένα εύκαμπτο πλαίσιο υποστήριξης, το οποίο είναι ικανό να παραλάβει φορτία μόλις αρχίσει η σκλήρυνση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Για την τυπική διατομή D χρησιμοποιήθηκαν χαλύβδινα πλαίσια HEB140. Η τοποθέτηση γίνονταν στην περίμετρο της εκσκαφής. Η τοποθέτηση των πλαισίων απαιτεί ταυτόχρονη εργασία μηχανημάτων, εργατών και εξοπλισμού, για αυτό γινόταν προσεκτικά κάτω από την επίβλεψη του υπεύθυνου εργοδηγού και στην κατάλληλη θέση με τις οδηγίες τοπογραφικού συνεργείου. Τα πλαίσια πρέπει να είναι κατά το δυνατόν σε επαφή με την επιφάνεια της εκσκαφής. Επειδή η διάνοιξη έγινε σε δύο φάσεις εκσκαφής χρειαζόταν προσοχή ώστε να προστατεύονται κατάλληλα οι αναμονές. Για την ανέγερση των πλαισίων χρησιμοποιούνταν ντιζελοκίνητη τσάπα με ειδικό μηχανισμό (Εικόνα 3.5 - 3.6). Οι εργασίες σε ύψος γινόταν μέσα σε καλάθοφόρο όχημα.

Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά Πλαισίων και αντηρίδων [19]

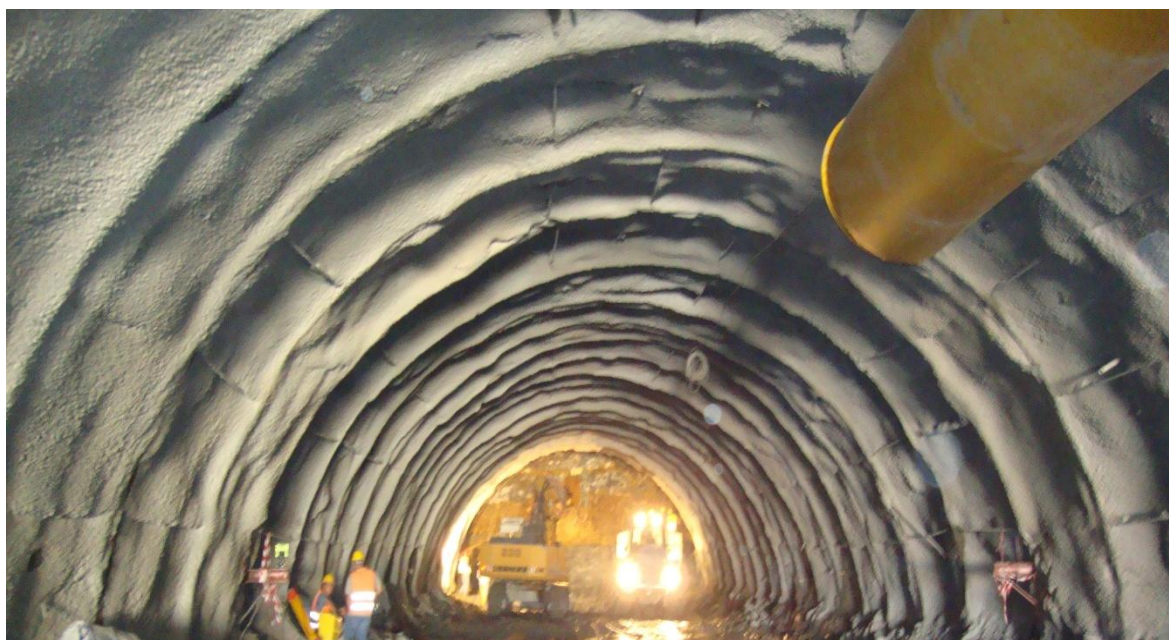
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ/ ΤΥΠΟΣ	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΒΑΡΟΣ (kg/m)	H (mm)	B (mm)	ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
Μεταλλικό πλαίσιο HEB 140	S235	-	33.7	140	140	235
Δικτυωτό πλαίσιο LG 70-10-30-20	St IV (S500s)	30/20	12.5	70	140	500
Αντηρίδες μεταλλικού πλαίσιου	St IV (S500s)	Φ20	-	-	-	-
Αντηρίδες δικτυωτού πλαίσιου	St IV (S500s)	Φ16	-	-	-	-



Εικόνα 3.5: Ντιζελοκίνητη τσάπα



Εικόνα 3.6: Ανέγερση πλαισίου με χρήση τσάπας



Εικόνα 3.7: Οι αντηρίδες των μεταλλικών πλαισίων ξεχωρίζουν πάνω από την πρώτη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος

3.6.5. Ράβδοι προπορείας

Οι ράβδοι προπορείας (Spiles) προστατεύουν το ανυποστήρικτο μέτωπο και την οροφή από τοπικές αστάθειες πριν από την εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης (εκτοξευόμενο, αγκύρια κ.α.). Οι ράβδοι είναι μικρής διαμέτρου και δεν παρουσιάζουν καμπτική ακαμψία σε αντίθεση με τους δοκούς προπορείας. Τοποθετούνται για την αντιμετώπιση περιοχών όπου δύναται να συναντηθούν διατμημένες ζώνες ή για την αποφυγή αποκόλλησης τεμαχών μετά την εκσκαφή και την τοποθέτηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Οι ράβδοι ήταν διαμέτρου $\Phi 25$, S500s, φέρουσας ικανότητας 250 kN. Η μελέτη προσωρινής υποστήριξης προέβλεπε χρήση ράβδων προπορείας μήκους 6m κάθε τρία βήματα ($3 \times 1\text{m}$) όπου απαιτούνταν. Κατά την κατασκευή όμως αποδείχθηκε ότι η χρήση τους ήταν απαραίτητη μόνο στα στόμια εισόδου (Εικόνα 3.8), όπου το μήκος τους ήταν 6m. Οι ράβδοι προπορείας τοποθετήθηκαν σε διατρήματα με τσιμεντένεμα και με κλίση από την οριζόντιο $7-10^\circ$. Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ράβδων προπορείας.

Πίνακας 3.8: Χαρακτηριστικά ράβδων προπορείας [19]

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ / ΤΥΠΟΣ	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (kN)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΚΛΙΣΗ (°)
Ράβδοι προπορείας	St IV (S500s)	250	Φ25	7-10



Εικόνα 3.8: Τοποθετημένοι ράβδοι προπορείας στην κορυφή του στομίου εισόδου

Ο Πίνακας 3.9 παρουσιάζει το σύνολο των χαρακτηριστικών των μέτρων προσωρινής υποστήριξης.

Πίνακας 3.9: Χαρακτηριστικά υλικών προσωρινής υποστήριξης [19]

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ/ ΤΥΠΟΣ	ΧΑΛΥΒΑΣ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΚΥΡΟΛΕΜΑΤΟΣ (MPa)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (kN)	ΙΝΕΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΙΝΩΝ (kg/m ³)	E (MPa)	ΚΛΙΣΗ (°)
Απλές ηλώσεις βράχου με τσιμεντένεμα	St IV (S500s)	-	Φ25	250	-	-	207000	-
Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	-	C20/25	-	-	Τύπου Dramix ZP305	40	15000	-
Μεταλλικό πλαίσιο HEB 140	S235	-	-	-	-	-	-	-
Δικτυωτό πλαίσιο LG 70-10-30-20	St IV (S500s)	-	30/20	-	-	-	-	-
Αντηρίδες μεταλλικού πλαισίου	St IV (S500s)	-	Φ20	-	-	-	-	-
Αντηρίδες δικτυωτού πλαισίου	St IV (S500s)	-	Φ16	-	-	-	-	-
Ράβδοι προπορείας	St IV (S500s)	-	Φ25	250	-	-	-	7-10

4. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

4.1. Γενικά

Η παρακολούθηση της εκσκαφής κατά τη διάνοιξη είναι απαραίτητο στοιχείο για την ασφάλεια της κατασκευής και την ορθή εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης. Κατά την φάση κατασκευής, διενεργούνται κατάλληλες γεωτεχνικές μετρήσεις και παρατηρήσεις με στόχο τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της εφαρμοζόμενης διαδικασίας διάνοιξης και των εκάστοτε εφαρμοζόμενων μέτρων προσωρινής υποστήριξης. Η παρακολούθηση της βραχομάζας, πραγματοποιείται είτε οπτικά είτε με τη βοήθεια οργάνων. Έχει σκοπό να εξασφαλίσει ασφαλείς συνθήκες κατά τη διάρκεια της κατασκευής και της λειτουργίας του έργου και να ελέγξει την ισχύ των υποθέσεων που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς της μελέτης του έργου. Τελικά αποσκοπεί στο να ελέγξει την αποτελεσματικότητα της υποστήριξης. Έτσι, λοιπόν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας χρησιμοποιήθηκαν γεωτεχνικά συστήματα παρακολούθησης των εξής παραμέτρων:

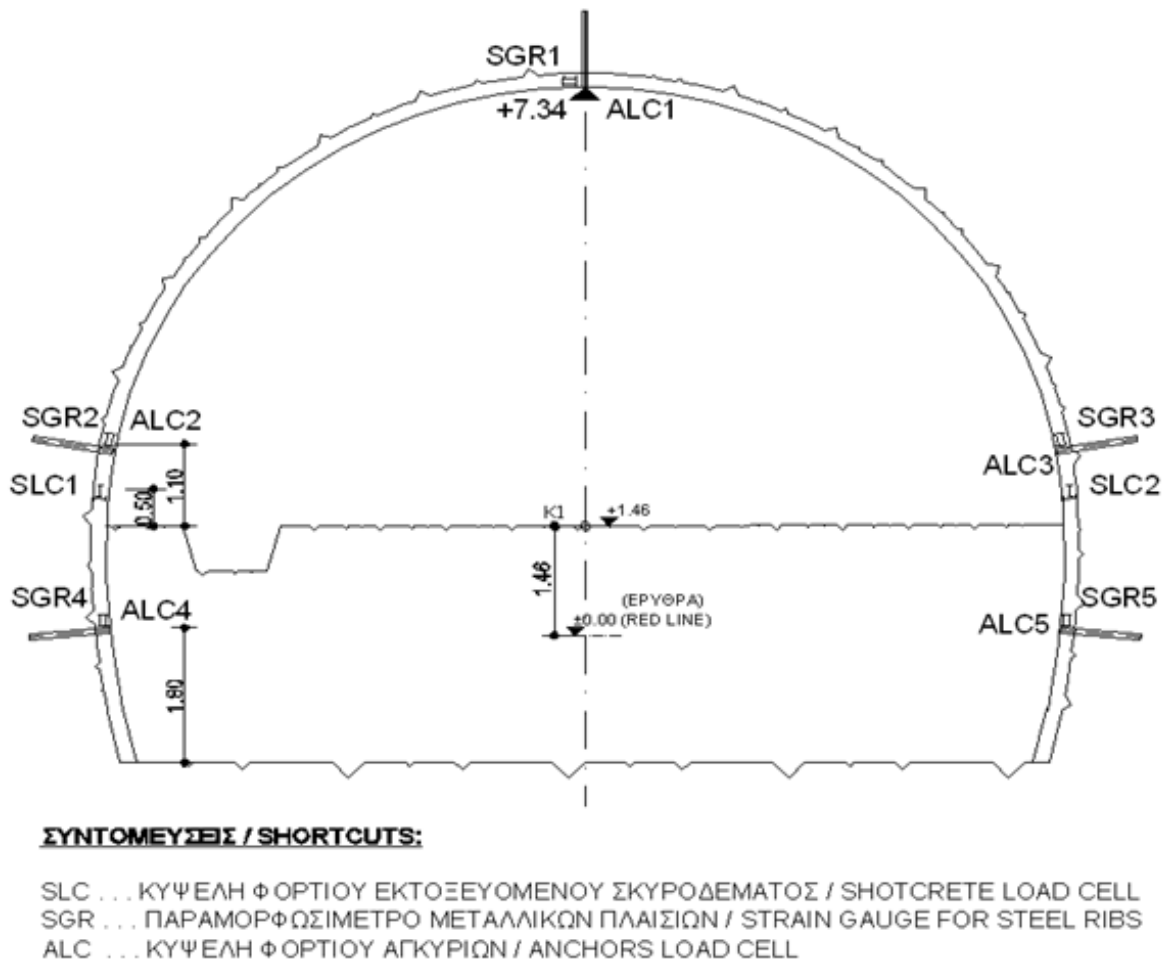
- Παρακολούθηση συγκλίσεων των τοιχωμάτων της σήραγγα
- Παρακολούθηση του συστήματος αγκύρωσης
- Παρακολούθηση των τάσεων στην επένδυση της σήραγγας

Βέβαια επειδή ο οικονομικός παράγοντας και η αξιοπιστία παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχή υλοποίηση ενός έργου, αυτό σημαίνει ότι και τα συστήματα παρακολούθησης προκειμένου να εκπληρώνουν την λειτουργία τους οικονομικά, με ακρίβεια, αξιοπιστία και όσο το δυνατόν λιγότερα σφάλματα θα πρέπει να έχουν:

- Εύκολη εγκατάσταση, ακόμη και κάτω από αντίξοες συνθήκες
- Επαρκή ευαισθησία και επαναληπτικότητα των μετρήσεων
- Κατάλληλη προστασία που θα τους εξασφαλίζεται κατά την περίοδο λειτουργίας
- Ευκολία της ανάγνωσης και άμεση διαθεσιμότητα των στοιχείων

4.2. Γεωτεχνικά όργανα

Στα υπόγεια έργα χρησιμοποιούνται διάφορα όργανα μέτρησης της μετατόπισης, της παραμόρφωσης, της πίεσης, των δονήσεων, κλπ. (Σχήμα 4.1). Η συνεχής αξιολόγηση των μετρήσεων είναι δυνατόν να συντελέσει αφενός μεν στην ασφαλέστερη κατασκευή αφετετέρου δε στην οικονομία του έργου και στην εύρεση των αποκλίσεων από υπολογισμούς.



Σχήμα 4.1: Διάταξη οργάνων γεωτεχνικής παρακολούθησης [25]

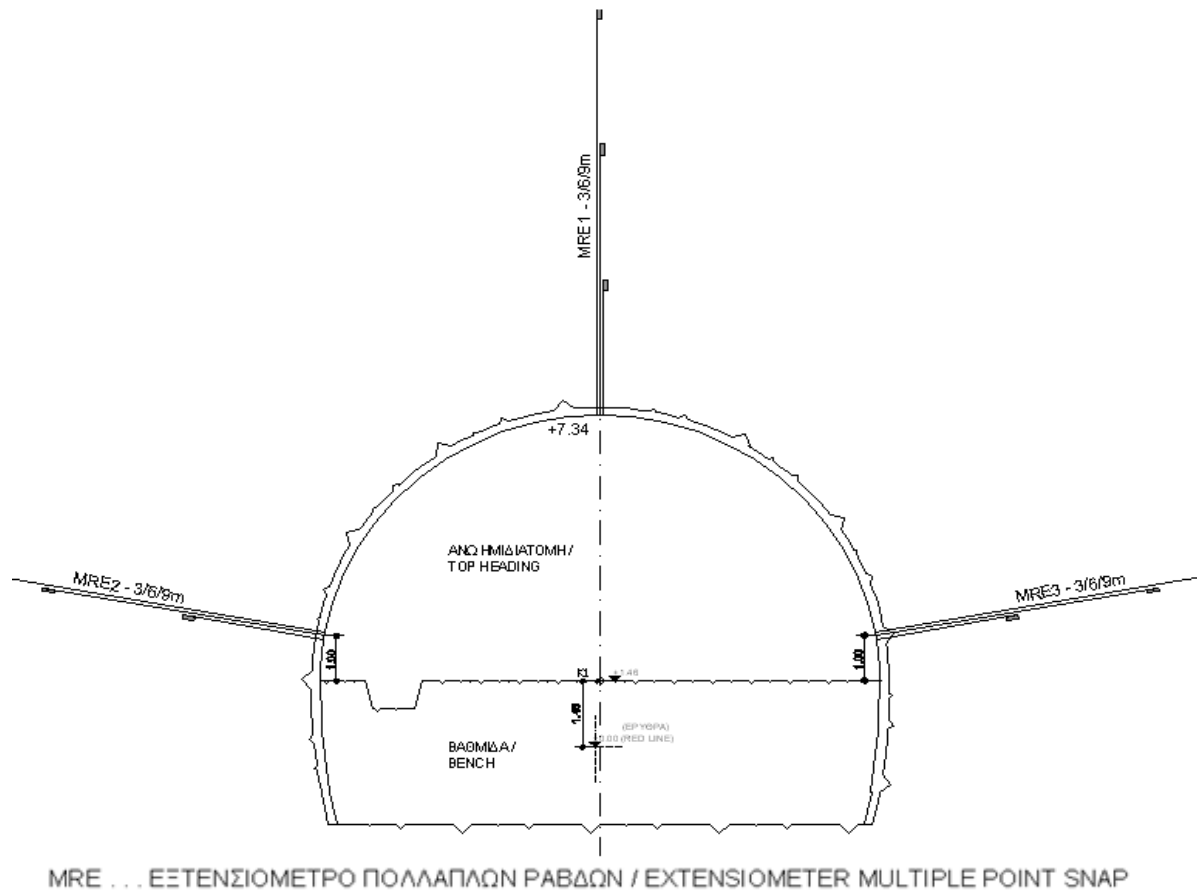
4.2.1. Αποκλισίμετρο

Εγκαταστάθηκε στο πρηνές του αριστερού κλάδου. Είναι όργανο μέτρησης της εγκάρσιας παραμόρφωσης γεώτρησης. Η μέτρηση επραγματοποιήτο με βολίδα, η οποία είχε αισθητήρα βαρύτητας. Η τάση του εξερχόμενου ρεύματος μεταβάλλεται ανάλογα με την

κλίση του εκκρεμούς της βολίδας από την κατακόρυφο. Η κλίση από την κατακόρυφο μετατρέπεται τριγωνομετρικά σε απόσταση από την κατακόρυφο για συγκεκριμένο μήκος.

4.2.2. Εξτενσιόμετρα

Το εξτενσιόμετρο (ή επιμηκυνσιόμετρο) (Σχήμα 4.2) ενός σημείου δίνει τη σχετική μετατόπιση μεταξύ σημείου (ή διαφόρων σημείων) πακτωμένου στη βραχομάζα και σημείου μέτρησης, που βρίσκεται γενικά στο όριο εκσκαφής. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να καταγραφεί η κατανομή των μετατοπίσεων με το βάθος στο πέτρωμα. Τα εξτενσιόμετρα τοποθετήθηκαν περιμετρικά της διατομής της σήραγγας, στις αριστερές και δεξιές παρειές και στην οροφή.

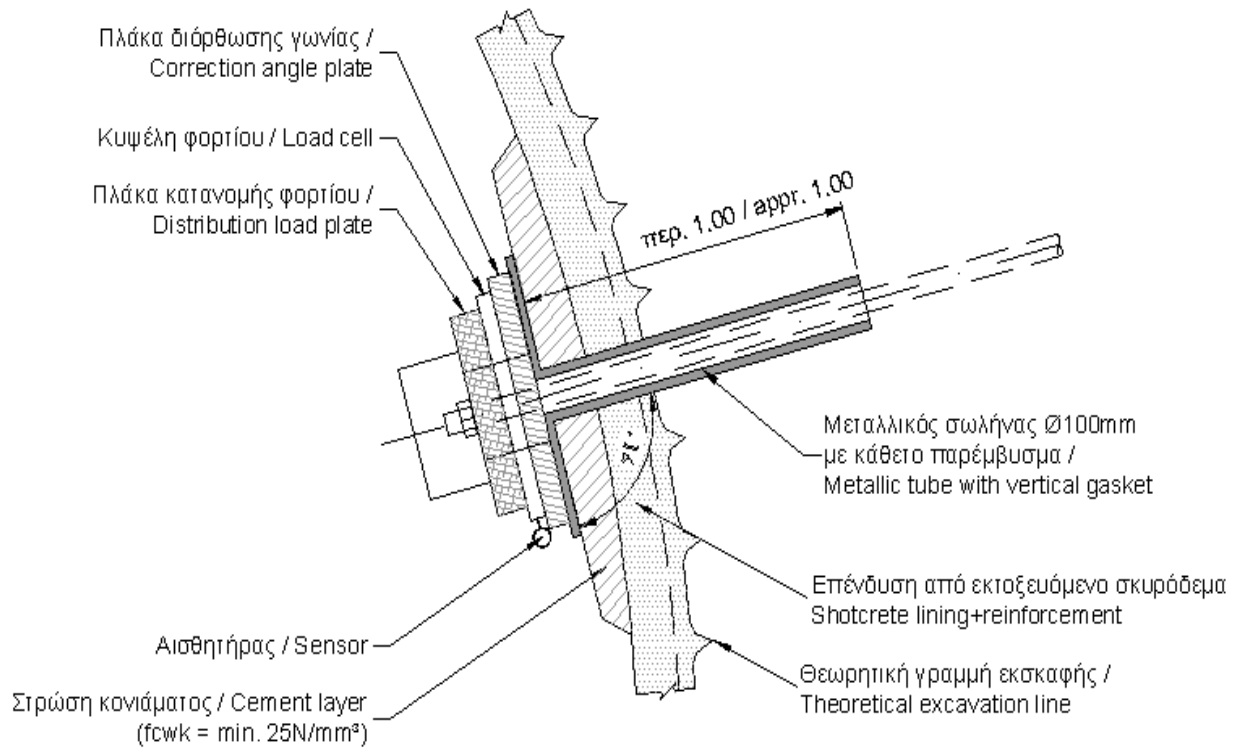


Σχήμα 4.2: Εξτενσιόμετρα πολλαπλών ράβδων [25]

4.2.3. Κυψέλες φορτίου αγκυρίων

Σύμφωνα με τις προβλέψεις της μελέτης, χρησιμοποιούνται κυψέλες φορτίου αγκυρίων υδραυλικού τύπου (Σχήμα 4.3), οι οποίες αποτελούνται από έναν κυλινδρικό δακτύλιο από χάλυβα ή αλουμίνιο, στους οποίους η επιβαλλόμενη εξωτερική φόρτιση μετατρέπεται

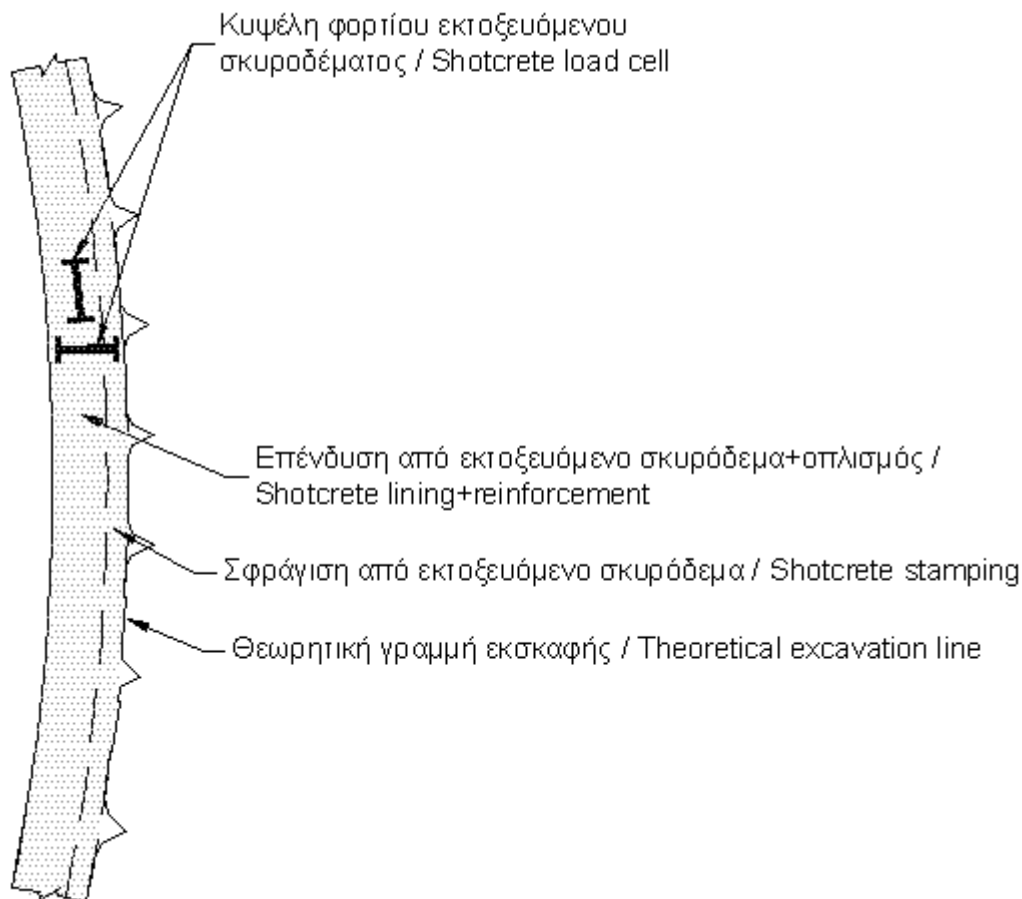
σε πίεση του υγρού που υπάρχει μέσα στο δακτύλιο. Οι κυψέλες φορτίου αγκυρίων τοποθετήθηκαν περιμετρικά της διατομής της σήραγγας, στις αριστερές και δεξιές παρειές και στην οροφή.



Σχήμα 4.3: Κυψέλες φορτίου αγκυρίων (κλίμακα 1:20) [25]

4.2.4. Κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Οι κυψέλες φορτίου (Εικόνα 4.4) υδραυλικής πίεσης αποτελούνται από έναν επίπεδο γρύλο που συνδέεται με έναν υδραυλικό ή πνευματικό μετατροπέα διαφράγματος και στη συνέχεια μέσω εύκαμπτης σωλήνωσης με μια μονάδα ανάγνωσης. Η ορθή τάση που μεταφέρεται από το σκυρόδεμα, μετρείται με την εξισορρόπηση της υδραυλικής πίεσης στην κυψέλη από μία πίεση που εφαρμόζεται στην άλλη πλευρά του διαφράγματος. Οι κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν την ορθή τάση στη διεπαφή βραχομάζας-σκυροδέματος, καθώς και μέσα στο σκυρόδεμα της επένδυσης για να μετρήσουν την αξονική και περιφερειακή τάση. Η τοποθέτησή τους έγινε σε διάφορα σημεία των τοιχωμάτων της σήραγγας.



Σχήμα 4.4: Κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος (κλίμακα 1:20) [25]

4.3. Τύποι γεωτεχνικών οργάνων μετρήσεων

Η καταγραφή των μετρήσεων γίνονταν από υπεύθυνους μηχανικούς. Τα στοιχεία που συλλέγονταν από τις μετρήσεις που καταγράφονταν από τα γεωτεχνικά όργανα αφορούσαν τις προκαλούμενες συγκλίσεις και παραμορφώσεις εντός της σήραγγας, το μέγεθος των αναπτυσσόμενων πιέσεων επί των μέτρων υποστήριξης. Η πρώτη μέτρηση έγινε σε απόσταση 2-3m (από το μέτωπο) αμέσως μετά την ολοκλήρωση των μέτρων υποστήριξης, έτσι ώστε να καταγραφούν οι μετακινήσεις από την πρώτη στιγμή που η περιβάλλουσα βραχομάζα διαταράχτηκε από την εκσκαφή. Η πυκνότητα λήψης μετρήσεων αυξανόταν εάν η μετακίνηση μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων ήταν μεγαλύτερη των 5 mm ή εάν υπήρχαν ενδείξεις αποσταθεροποίησης της βραχομάζας της περιοχής. Η πρώτη μέτρηση πίεσης και παραμόρφωσης στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα διενεργήθηκε αμέσως μετά την διάστρωσή του.

Η συχνή καταγραφή και αξιολόγηση των μετρήσεων αποτελούσε σημαντικό κομμάτι κατά τη διάνοιξη έτσι ώστε να μην γίνεται υπέρβαση των ορίων συγκλίσεων και παραμορφώσεων. Η υπέρβαση αυτών των ορίων θα αποτελούσε κατάσταση συναγερμού και θα έπρεπε να παρθούν τα ανάλογα μέτρα αντιμετώπισης για τις εκάστοτε γεωμηχανικές συνθήκες. Τα όρια προειδοποίησης συγκλίσεων για τις κατηγορίες υποστήριξης PS-A, PS-B, PS-C, PS-D ήταν αντίστοιχα 10mm, 12mm, 15mm, 30mm και τα όρια συναγερμού ήταν 15mm, 17mm, 20mm, 40mm.

Σύμφωνα με τις επί τόπου συνθήκες, την υδροφορία, την ποιότητα της βραχομάζας και το βήμα εκσκαφής, για την καταγραφή μετρήσεων τοποθετήθηκαν τα παρακάτω γεωτεχνικά όργανα παρακολούθησης:

Στην 1η φάση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν:

- Τοπογραφικοί στόχοι (3 τεμάχια, οροφή, αριστερή και δεξιά παρειά)
- Εξτενσιόμετρα (μέτρηση σχετικών μετακινήσεων μεταξύ της κεφαλής του εξτενσιόμετρου και των πακτωμένων σημείων σε συγκεκριμένα βάθη της βραχομάζας. Έχει την δυνατότητα να μετράει καθιζήσεις, ανυψώσεις, συγκλίσεις) (3 τεμάχια, οροφή, δεξιά και αριστερή παρειά)
- Κυψέλες φορτίου αγκυρίων (καταγράφουν τα φορτία που μεταβιβάζονται στην κεφαλή του αγκυρίου) (3 τεμάχια, οροφή, δεξιά και αριστερή παρειά)
- Κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος (καταγράφουν τις πιέσεις που μεταβιβάζονται από την βραχομάζα στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και την αξονική πίεση εντός του σκυροδέματος)
- Παραμορφωσίμετρα μεταλλικών πλαισίων (ελέγχουν τοπικά τη διασπορά της παραμόρφωσης στο πλαίσιο)

Στην 2η φάση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν:

- Τοπογραφικοί στόχοι (2 τεμάχια, αριστερή και δεξιά παρειά)
- Κυψέλες φορτίου αγκυρίων (2 τεμάχια, δεξιά και αριστερή παρειά)
- Παραμορφωσίμετρα μεταλλικών πλαισίων

Στον Πίνακα 4.1 παρατίθενται αναλυτικά τα απαιτούμενα γεωτεχνικά όργανα για κάθε κατηγορία.

Πίνακας 4.1: Όργανα παρακολούθησης για κάθε κατηγορία υποστήριξης [19]

ΟΡΓΑΝΑ		ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ			
	ΤΥΠΟΣ	PS-A	PS-B	PS-C	PS-D
Εξτενσιόμετρα	Multiple Point Snap – Ring Anchor : Least reading 0.025mm, Standard range up to 300mm nominal, Borehole 64-76mm	3 ανά 100m	3 ανά 70m	3 ανά 50m	3 ανά 25m
Κυψέλες φορτίου αγκυρίων	Hydraulic Load Cells:500kN, ID 71mm, OD 164,Resolution <0.2% FS, Accuracy ±1% FS, AISI 304 Stainless Steel	5 ανά 100m	5 ανά 70m	5 ανά 50m	5 ανά 25m
Κυψέλες φορτίου εκτοξευόμενου σκυροδέματος – NATM Stress Cells	NATM stress Cells: Flexible diaphragm RADIAL: measuring range 0-5MPa, Resolution 0.01MPa, Pressure Pad Size 150x150x5mm TANGENTIAL: measuring range 0-20MPa, Resolution 0.01MPa, Pressure Pad Size 100x200x5mm	-	-	-	2 ανά 25m

Παραμορφωσίμετρα για μεταλλικά πλαίσια	Arc-Weldable Gauge: Active Gauge length 150mm, Range (nominal) 3000 mm, Accuracy <2% FSR	-	-	-	2 ανά 25m
Τοπογραφικά σημεία	Reflectors (Ανακλαστήρες)	5 ανά 30m	5 ανά 20m	5 ανά 15m	5 ανά 10m

4.4. Όργανα μέτρησης επικίνδυνων αερίων

Δοκιμές για τον προσδιορισμό σε ppm (parts per million) της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου, υδρόθειου άλλων εύφλεκτων αερίων και οξυγόνου, διεξάγονταν πριν και μετά από κάθε ανατίναξη και στην αρχή κάθε βάρδιας από πεπειραμένο προσωπικό. Επίσης κρατούνταν αρχείο των μετρήσεων έτσι ώστε να ήταν διαθέσιμο στην Υπηρεσία ανά πάσα στιγμή. Οι συγκεντρώσεις αερίων στους υπόγειους χώρους εργασίας δεν υπερέβαιναν τα παρακάτω όρια σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές σήραγγων:

- Μονοξείδιο του άνθρακα : 0,005% (50ppm)
- Διοξείδιο του άνθρακα : 0,5% (5000ppm)
- Υδρόθειο : 0.0005% (5ppm)
- Μεθάνιο : 1% (10000ppm)

Επίσης γινόταν μέτρηση του L.E.L. (lower explosive limit) των αερίων, όπως ορίζουν οι τεχνικές προδιαγραφές σήραγγων. Κατά την περίπτωση συγκέντρωσης δηλητηριωδών ή εύφλεκτων αερίων πέρα από τα επιτρεπτά όρια, όλες οι δραστηριότητες μέσα στην σήραγγα διακόπτονταν αμέσως και το προσωπικό μετακινούνταν σε ασφαλή περιοχή. Όλες οι πηγές σπινθήρων απομακρυνόταν ή διακόπτονταν. Η λειτουργία όλου του εξοπλισμού με εξαίρεση του εξοπλισμού αερισμού, σταματούσε, έως ότου εισχωρούσε στην σήραγγα ικανή ποσότητα αέρα έτσι ώστε οι συγκεντρώσεις αυτών των επικίνδυνων αερίων να επανέλθουν στα επιτρεπόμενα όρια.

5. ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

5.1. Στοιχεία σχεδιασμού και αλληλουχία εργασιών

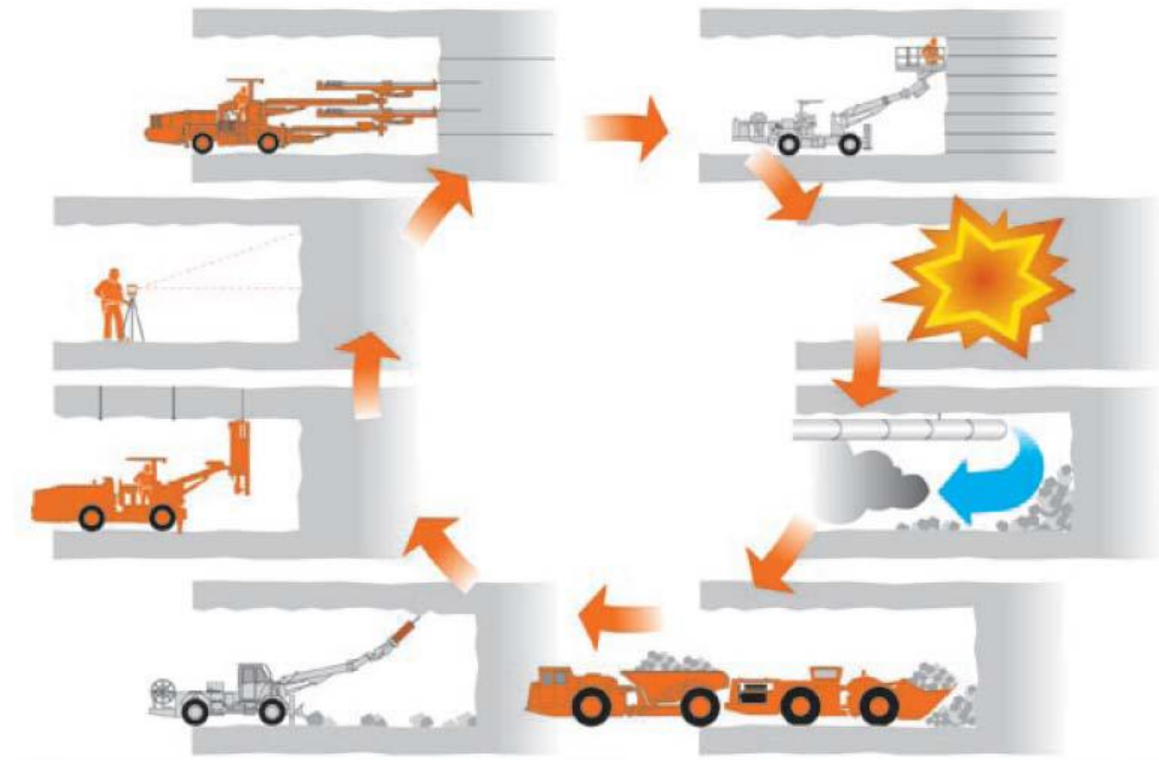
Για τις εργασίες κατασκευής του έργου αλλά και για τη μεθοδολογία και σχεδιασμό των ανατινάξεων για τη διάνοιξη της σήραγγας, λήφθηκαν υπόψη κάποια στοιχεία, έτσι ώστε η κατασκευή του έργου να επιτευχθεί μέσα σε κάποια όρια προδιαγραφών.

1. Κοκκομετρία παραγόμενου υλικού (Θρυματισμός)
2. Επίτευξη της επιθυμητής γεωμετρίας εκσκαφής (ομαλή επιφάνεια εκσκαφής, αποφυγή υποεκσκαφών-υπερεκσκαφών στον πυθμένα και στην παρειά)
3. Διάταξη προϊόντων ανατίναξης (θέση – μέγεθος – σχήμα - γεωμετρία)
4. Ποιότητα τελικής επιφάνειας εκσκαφής (υποεκσκαφές ή υπερεκσκαφές, διατάραξη απομένουσας επιφάνειας, αποτελεσματικότητας της προρηγμάτωσης)
5. Εκτινάξεις λίθων
6. Προκαλούμενες δονήσεις
7. Θόρυβος
8. Σκόνη που εκλύεται

Έτσι αφού αξιολογήθηκαν όλες οι προαναφερθείσες παράμετροι, δηλαδή τα στοιχεία σχεδιασμού, έγινε ο σχεδιασμός των εργασιών, δηλαδή μια αλληλουχία και κύκλος εργασιών, ανάλογα με την καταλληλότητά τους.

- Διάτρηση
- Γόμωση - πυροδότηση
- Φόρτωση - μεταφορά προϊόντων εκσκαφής
- Έλεγχος πετρώματος - ξεσκάρωμα
- Ενσωμάτωση πρώτης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος ανάλογου πάχους ανά κατηγορία βραχομάζας
- Γεωλογική χαρτογράφηση
- Διάτρηση - τοποθέτηση αγκυρίων
- Τοποθέτηση και τοπογραφικός έλεγχος πλαισίου για τις κατηγορίες βραχομάζας
- Ενσωμάτωση υπόλοιπων στρώσεων εκτοξευόμενου σκυροδέματος ανάλογου πάχους ανά κατηγορία βραχομάζας
- Έλεγχος εκσκαφών, συγκλίσεων, παραμορφώσεων, επικίνδυνων αερίων

Συνοπτικά λοιπόν, η εκσκαφή της σήραγγας έγινε σε δύο φάσεις για όλες τις κατηγορίες πετρωμάτων, όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η χάραξη και ο έλεγχος των εκσκαφών έγινε από τοπογράφο. Κατά την διαστασιολόγηση της σήραγγας είχαν ορισθεί λεπτομερώς τα στοιχεία εκείνα που καθόριζαν την γεωμετρία των χαρακτηριστικών γραμμών της διατομής της σήραγγας και οι οποίες διέφεραν για κάθε τυπική διατομή. Η εκσκαφή της σήραγγας έγινε με ανατινάξεις για όλες τις τυπικές κατηγορίες εκσκαφής της σήραγγας και με χρήση μηχανικών μέσων. Οι ανατινάξεις έγιναν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται όσο το δυνατόν η διαταραχή και χαλάρωση του πετρώματος πέρα από τις προβλεπόμενες από την μελέτη γραμμές εκσκαφής. Τα προϊόντα εκσκαφής ευθύς μετά την ανατίναξη φορτώνονταν με φορτωτές και μεταφέρονταν για ενσωμάτωση στα επιχώματα.



Εικόνα 5.1: Κύκλος εργασιών στη σήραγγα

5.2. Ανάλυση εργασιών στην περιοχή του έργου

1. Εκσκαφή ακατάλληλων εδαφών

- Εργασίες αποψίλωσης της χλωρίδας και εκσκαφής φυτικών γαιών σε ολόκληρη την έκταση διαμόρφωσης των στομιών εισόδου, μέχρι την αποκάλυψη του βραχώδους σχηματισμού.
- Προσαρμογή των θεωρητικών γραμμών εκσκαφής της μελέτης στο φυσικό έδαφος όπως αυτό παρελήφθη.

2. Κατασκευή δρόμου προσπέλασης περιμετρικά και εκτός της ζώνης εκσκαφής για την κίνηση του διατρητικού εξοπλισμού.

3. Κατασκευή πρανών

- Η κατασκευή των πρανών εκσκαφής επάνω από τα στόμια της σήραγγας έγινε με την χρήση εκρηκτικών υλών. Προηγήθηκε προρηγμάτωση κατά μήκος και στα όρια του δρόμου πρόσβασης με απόσταση μεταξύ των διατρημάτων προρηγμάτωσης 0.4-0.5m, μέγιστο βάθος διατρημάτων προρηγμάτωσης 25m, συγκέντρωση γόμωσης ανά διάτρημα 0.3-0.35kg/m. Σαν υλικό γόμωσης χρησιμοποιήθηκε αμμωνίτιδα. Μεταξύ των γομωμένων διατρημάτων παρεμβάλλονταν ανακουφιστικά διατρήματα χωρίς γόμωση στο μέσο των αποστάσεων των γομωμένων διατρημάτων. Το μέγιστο βάθος των διατρημάτων της κύριας εκσκαφής ανά φάση ήταν περίπου 5m. Για την γόμωση αυτών έγινε χρήση της ζελατοδυναμίτιδας 30% . Η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων (για διάμετρο διατρήματος 76mm) ορίστηκε περίπου στα 2-2.5m και το εύρος μετώπου στα 1.7-2m. Η συγκέντρωση γόμωσης κυμαινόταν στα 1.8-2.0kg/m (ειδική γόμωση 0.5 kg/m³). Εφαρμόσθηκε η πυροδότηση με επιβράδυνση. Γι' αυτό το σκοπό τοποθετήθηκαν επιβραδυντές (συνδετήρες MS χρόνου 20 ή 40 ms) στην κεντρική γραμμή.
- Η χρήση εκρηκτικών υλών έγινε από εξειδικευμένο προσωπικό υπό τις οδηγίες και επίβλεψη γομωτή εφοδιασμένου με την κατάλληλη άδεια.
- Η κατανάλωση εκρηκτικών ήταν ημερήσια. Λαμβάνονταν όλα τα απαραίτητα μέτρα, σύμφωνα με τον Κ.Μ.Λ.Ε., για την ασφαλή αποθήκευση της ποσότητας (ημερήσιας κατανάλωσης) εκρηκτικών ώστε να μην θέτονται σε κίνδυνο οι εργαζόμενοι.

- Η φόρτωση και μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής, έγινε με εκσκαφέα και χωματουργικά ανατρεπόμενα αυτοκίνητα (Dumper). Η απόθεση των προϊόντων εκσκαφής έγινε σε επιλεγμένο χώρο έμπροσθεν των στομιών, για μελλοντική ενσωμάτωσή τους στα επιχώματα.
- Μετά το τέλος της κάθε φάσης εκσκαφής ακολούθησε τοποθέτηση της πρώτης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος, διάτρηση και τοποθέτηση παθητικών ηλώσεων βράχου (Φ25, φέρουσας ικανότητας 250kN, μήκους 4m), σε κάνναβο διαστάσεων 1.5 x 2.5m, διάτρηση αποστραγγιστικών οπών (Φ40, μήκους 12m, κλίσεως 10 μοιρών προς τα πάνω), στις οποίες τοποθετήθηκε διάτρητος σωλήνας P.V.C. (Φ20) καλυμμένος με γεωύφασμα.
- Οι εργασίες διάτρησης των ηλώσεων και των αποστραγγιστικών οπών εκτελέστηκαν από διατρητικό όχημα. Ακολουθούσε η εφαρμογή ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.
- Οι οπές των διατρημάτων αγκύρωσης ήταν κεκλιμένες προς τα κάτω με κλίση 10°. Η εισπίεση του τσιμεντενέματος γινόταν με κατάλληλη αντλία, (ελάχιστης ικανότητας 700kP), μέσω εύκαμπτου σωλήνα από ελαστικό, κατάλληλης διαμέτρου, η απόληξη του οποίου τοποθετήθηκε στον πυθμένα της οπής. Με την έναρξη της εισπίεσης του τσιμεντενέματος, ο εύκαμπτος σωλήνας ανασύρονταν σταδιακά από τον πυθμένα της οπής. Όταν είχε εισχωρήσει στην οπή ικανή ποσότητα τσιμεντενέματος, ανασύρονταν τελείως ο εύκαμπτος σωλήνας και τοποθετούνταν στην οπή η ράβδος ήλωσης. Η τοποθέτηση των ηλώσεων γινόταν κατά τρόπο που να επιτυγχάνεται η βέλτιστη εφαρμογή της πλάκας έδρασης στην επιφάνεια του βράχου. Η αναλογία ενέματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 0.4:1 (νερό προς τσιμέντο) με πιθανή αύξηση του ιξώδους ή χρησιμοποίηση άμμου, εφόσον οι απορροφήσεις του πετρώματος ήταν σημαντικές.
- Η τάνυση των ηλώσεων έγινε με μηχανικό δυναμόκλειδο και η ελάχιστη ασκούμενη δύναμη ήταν 50 kN.
- Μετά την τοποθέτηση των πλαστικών σωλήνων P.V.C., στο εσωτερικό των αποστραγγιστικών οπών έγινε πλήρωση τοπικά με τσιμεντοκονίαμα στο διάκενο σωλήνα - τοιχώματος.
- Κατά την φάση της κατασκευής όπου απαιτούνταν γινόταν πύκνωση του καννάβου των αποστραγγιστικών οπών και των ηλώσεων.

- Η φόρτωση και μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής γινόταν από τον εκσκαφέα και τα χωματουργικά αυτοκίνητα.
4. Εκσκαφή του υπόλοιπου τμήματος των μόνιμων πρανών
- Και σε αυτήν την φάση οι εκσκαφές πραγματοποιήθηκαν με την χρήση εκρηκτικών υλών (κύρια διατρήματα εκσκαφής).
 - Η φόρτωση και μεταφορά των υλικών εκσκαφής έγινε με εκσκαφέα και δύο χωματουργικά ανατρεπόμενα αυτοκίνητα.
 - Ολοκληρώθηκαν τα μέτρα προστασίας που ισχύουν για τα μόνιμα πρανή εκσκαφής.
5. Κατασκευή στομίων σήραγγας
- Διάτρηση και τοποθέτηση ράβδων προπορείας ελαφρού τύπου (spilling Φ25mm, μήκους 12m έκαστος) περιμετρικά των διατομών της δίδυμης σήραγγας. Τοποθετήθηκαν περίπου συνολικά 12 ράβδοι σε κάθε στόμιο. Η διάτρηση και τοποθέτηση τους έγινε με διατρητικό μηχάνημα.
 - Κατασκευή της 1^{ης} φάσης των βάσεων έδρασης των προπλαισίων από οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37.
 - Τοποθέτηση των προπλαισίων (IPB 140) σε αξονική απόσταση 1m και της λαμαρίνας. Κάθε προπλαίσιο αποτελούνταν από 3 τεμάχια κεκαμμένα στα επιθυμητά τόξα και συνδεδεμένα μεταξύ τους με κατάλληλους συνδέσμους (πλάκες 190 x 260 x 14, περικόχλια M24). Η σύνδεση αξονικά των προπλαισίων έγινε με μεταλλικές ράβδους διαμέτρου Φ20 (10 ράβδοι ανά πλαίσιο). Σύνδεση των βάσεων των προπλαισίων.
 - Εφαρμογή της 2^{ης} φάσης σκυροδέματος έδρασης προπλαισίων. Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε στρώσεις συνολικού πάχους 15cm ενισχυμένου με πλέγμα T188.

5.3. Συνοπτική παρουσίαση εργασιών

- Η διαμόρφωση των στομίων της σήραγγας πραγματοποιήθηκε στην μεγαλύτερη έκταση με χρήση εκρηκτικών υλών με προηγούμενη συστηματική εφαρμογή της

προρηγμάτωσης έτσι ώστε να αποφευχθεί η διαταραχή του πετρώματος πέρα από τις προβλεπόμενες γραμμές εκσκαφής.

- Η εκσκαφή των πρανών έγινε τμηματικά σε στάδια κατά ύψος (μέγιστο ύψος 2.5m) από πάνω προς τα κάτω, έτσι ώστε να επιτρέπεται η εφαρμογή των προβλεπόμενων μέτρων υποστήριξης στα υπερκείμενα πρανά της εκσκαφής.
- Η αντιστήριξη των πρανών και του κατακόρυφου τμήματος έγινε με την εφαρμογή συστηματικής διάταξης αγκυρίων, εφαρμογή ινοπλισμένου και άοπλου εκτοξευόμενου σκυροδέματος, όπου απαιτούνταν.
- Έγινε κατάλληλη διαμόρφωση στην στέγη του ορύγματος ώστε να αποφευχθεί η ροή υδάτων στα πρανά των ορυγμάτων. Διαμόρφωση έγινε και στα ρέματα που διέρχονται εκατέρωθεν των μετώπων ώστε να οδηγούνται τα ύδατα μακριά από την εκσκαφή.
- Η αποστράγγιση των στομιών εξασφαλίστηκε με σειρά αποστραγγιστικών και ανακουφιστικών οπών σε κατάλληλη διάταξη.
- Πριν από τις εισόδους των υπογείων τμημάτων των κλάδων της σήραγγας, για το προβλεπόμενο στην μελέτη μήκος, έγινε τοποθέτηση προπλαισίων.

6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΤΙΝΑΞΕΩΝ

6.1. Αντικείμενο εργασιών

Το αντικείμενο των εργασιών της μεθοδολογίας ανατινάξεων περιλαμβάνει τον σχεδιασμό των ανατινάξεων για την εκσκαφή των μετώπων εισόδου και του κυρίου σώματος της σήραγγας Καλυδώνας, καθώς και την εκσκαφή των βραχωδών ορυγμάτων από Χ.Θ. 23+200 έως Χ.Θ. 24+000 της Ιόνιας Οδού. Το όρυγμα του στομίου που κατασκευάστηκε ήταν αμφίπλευρο, στον δεξιό κλάδο από τη Χ.Θ. 24+036.99 έως 24+068.32 και στον αριστερό από 24+043.50 έως 24+071.44. Στο μετωπικό πρηνές έγινε εκσκαφή για τον δεξιό κλάδο στη Χ.Θ. 24+065.463 και για τον αριστερό στη Χ.Θ. 24+072.060. Η διαφοροποίηση οφείλεται στην ασυμμετρία των χιλιομετρικών θέσεων των δύο κλάδων. Το μήκος του είναι περίπου 31 m. Γενικά, το ύψος του πρηνούς εμφανίστηκε μεγαλύτερο στη δεξιά πλευρά της χάραξης έως το 24,2 m, ενώ το μέγιστο ύψος των αριστερών πρηνών φτάνει μέχρι τα 18,7 m. Το μετωπικό πρηνές έχει μέγιστο ύψος 25,8 m. Από τις γεωτρήσεις που εκτελέστηκαν προκύπτει ότι η περιοχή αποτελείται από εδαφικούς σχηματισμούς σε μορφή αποθέσεων πλευρικών κορημάτων πρηνούς, οι οποίοι προέρχονται από την αποσάθρωση και διάβρωση των γειτονικών πρηνών επιφανειακά και κατά τόπους. Σύμφωνα με τις περιγραφές των γεωτρήσεων το υλικό αυτό περιγράφεται ως ιλυώδης άργιλος και άμμος με χαλίκια. Το γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από ενστρώσεις ψαμμίτη και ιλύολιθου σε ποικίλο πάχος και ποικίλο βαθμό κερματισμού. Με την αύξηση του βάθους, ο σχηματισμός του ψαμμίτη έχει χαμηλό βαθμό κερματισμού με το δείκτη RQD να βρίσκεται μεταξύ 80 -100. Τα πρηνή σχεδιάζονταν με απότομη κλίση 3:1 και 5:1 χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Στις θέσεις των ορυγμάτων υπήρχαν επιφανειακά εδαφικοί σχηματισμοί σε μορφή αποθέσεων πλευρικών κορημάτων πρηνούς, οι οποίοι προέρχονταν από την αποσάθρωση και διάβρωση των γειτονικών πρηνών επιφανειακά και κατά τόπους, ενώ υπήρχαν και εμφανίσεις του ψαμμιτικού υποβάθρου. Τα βραχώδη ορύγματα του έργου παρουσίασαν ανομοιογένεια – ανομοιομορφία στον τεκτονισμό, την αποσάθρωση, την διάβρωση, στην παρεμβολή μαλακών ζωνών στις ψαμμιτικές στρώσεις καθώς και στα συστήματα ασυνεχειών και τις διακλάσεις. Αφού λήφθηκαν όλα τα παραπάνω υπόψη σειρά είχε ο σχεδιασμός της μεθοδολογίας ανατινάξεων, για τον οποίο μελετήθηκαν, εξετάστηκαν και αναλύθηκαν οι παρακάτω ενότητες:

- Γεωλογική χαρτογράφηση
- Κάνναβος διατρημάτων (διάταξη, γεωμετρικά χαρακτηριστικά)
- Γόμωση (είδη εκρηκτικών) – Πυροδότηση (είδη έναυσης, συνδεσμολογία)

Οι παραπάνω ενότητες αναλύονται διεξοδικά στις παρακάτω παραγράφους.

6.2. Γεωλογική χαρτογράφηση

Για κάθε μέτωπο διάνοιξης καθώς και από τα πλευρικά τοιχώματα της σήραγγας συλλέγονταν γεωλογικά στοιχεία, δηλαδή γινόταν χαρτογράφηση μετώπου (Εικόνα 6.1), από τον Γεωλόγο, τα οποία αξιολογούνταν και θα λαμβάνονταν υπόψη στην εκτίμηση των συνθηκών της βραχομάζας, η οποία οδηγούσε και στην αντίστοιχη κατηγορία μέτρων προσωρινής υποστήριξης. Οι εργασίες της γεωλογικής χαρτογραφήσεως περιλάμβαναν:

- Γεωλογικό - τεκτονικό ανάπτυγμα
- Θέση εμφάνισης και ποσότητα παροχής υπόγειων υδάτων
- Αντοχή συμπαγούς πετρώματος
- Κατάσταση ασυνεχειών
- Απόσταση μεταξύ ασυνεχειών - υλικό πλήρωσης
- Άνοιγμα διακλάσεων
- Δυνητικά ασταθείς δομές

Η επιλογή της κατάλληλης κατηγορίας υποστήριξης εξαρτάται από τα βασικά χαρακτηριστικά της βραχομάζας και τα οποία καθορίζονταν σε συνεχή βάση. Για την κατάταξη έγινε συνεκτίμηση των συνθηκών του πετρώματος, των συνθηκών πιέσεων, συγκλίσεων και παραμορφώσεων, των αναγκών υποστήριξης και τρόπου εκσκαφής. Έτσι η κατάταξη γινόταν καθημερινά και οπωσδήποτε με κάθε αλλαγή της ποιότητας των πετρωμάτων.



Εικόνα 6.1: Μέτωπο σήραγγας Καλυδώνας προς γεωλογική χαρτογράφηση

6.3. Κάνναβος διατρημάτων - Σχέδιο ανατίναξης

Η όρυξη έγινε με εφαρμογή της μεθόδου των διαδοχικών διατρήσεων και ανατινάξεων. Έτσι δόθηκε από τον επικεφαλής του τμήματος σιράγγων, στον υπεύθυνο εργοδηγό της σήραγγας σχέδιο διάτρησης – πυροδότησης, το οποίο προσαρμοζόταν κάθε φορά σύμφωνα με τις πραγματικές συνθήκες του πετρώματος (Σχήματα 6.1 και 6.2). Για την διάτρηση χρησιμοποιήθηκε διατρητικό μηχάνημα υπογείων JUMBO τύπου ATLAS COPCO ή SECOMA (Εικόνα 6.2 - 6.3 - 6.4), το οποίο προσφέρει ασφάλεια στον χειριστή του και στο προσωπικό που εργάζεται κατά την διάρκεια της διάτρησης. Το καλάθι εργασίας παρείχε αυτονομία κινήσεων και οι εργασίες σε ύψος επιτρέπονταν μόνο με την χρήση αυτού. Για την άνω ημιδιατομή (Α' φάση), ο αριθμός των διατρημάτων στο μέτωπο της σήραγγας επηρεαζόταν από πολλούς παράγοντες όπως: επιφάνεια διατομής της σήραγγας, συντελεστή αντοχής, ειδική γόμωση, πυκνότητα γόμωσης της εκρηκτικής ύλης, διάμετρος φυσιγγίου διατρήματος. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, συνολικά για την άνω ημιδιατομή, για μια τυπική διατομή με μήκος προχώρησης 2.5m, απαιτήθηκαν

125-130 περίπου διατρήματα γομωμένα. Ο αριθμός αυτός προφανώς ελαττώνονταν ή αυξανόταν ανάλογα με τις συνθήκες του πετρώματος, αφού ο επικεφαλής του τμήματος Σηράγγων προετοίμαζε καινούργιο σχέδιο διάτρησης. Η διάμετρος των διατρημάτων ήταν 45mm. Για την διάταξη των διατρημάτων εφαρμόστηκε η μέθοδος διάταξης των παράλληλων διατρημάτων που χρησιμοποιείται γενικά για πιο μαλακά πετρώματα. Το μήκος των διατρημάτων στον παράλληλο τύπο δεν εξαρτάται από το πλάτος διατομής της σήραγγας, αλλά σχεδόν μόνο από τις γεωλογικές συνθήκες του πετρώματος. Τα διατρήματα κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Διατρήματα προεκσκαφής
- Διατρήματα διευρύνσεως
- Διατρήματα κύριας εκσκαφής
- Διατρήματα περιμετρικά

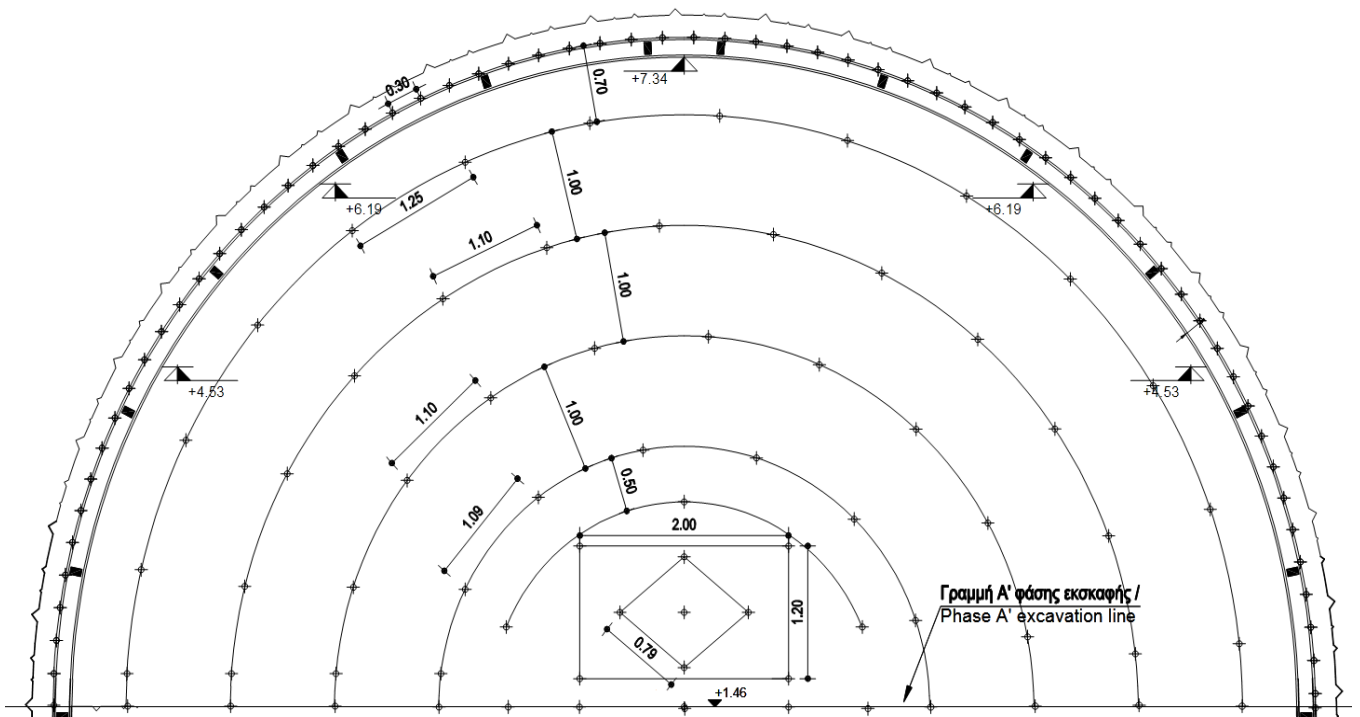
Κατά τον τύπο αυτό διατρεύεται ένα κεντρικό κενό διάτρημα διαμέτρου 76mm. Γύρω από αυτό το διάτρημα ορύσσονται τα διατρήματα προεκσκαφής (ένα τετράγωνο με συνολικά 4-6 διατρήματα.). Η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων αυτών και του κενού διατρήματος εξαρτάται θεωρητικά από τις διαμέτρους του κεντρικού κενού διατρήματος και των διατρημάτων προεκσκαφής και οριοθετείται στα 115-125mm. Η συνολική γόμωση ανά διάτρημα ήταν περίπου για τα διατρήματα των τετραγώνων 1.4-1.6kg/m. Για τα διατρήματα διευρύνσεως διατρήθηκαν δύο τετράγωνα με συνολικά 4 διατρήματα ανά τετράγωνο. Η πλευρά του πρώτου τετραγώνου ήταν 650-680mm και του δεύτερου μεγαλύτερου τετραγώνου 1000-1200mm. Η συνολική γόμωση ανά διάτρημα διευρύνσεως ήταν περίπου 2.3-2.6kg/m. Για τα διατρήματα κύριας εκσκαφής, έγινε όρυξη τεσσάρων κύκλων σε απόσταση μεταξύ των κύκλων 0.90-1.00m και απόσταση μεταξύ των διατρημάτων του αυτού κύκλου 1.10(στον πρώτο κύκλο)-1.25(στον τελευταίο κύκλο κάτω από τα περιμετρικά διατρήματα). Η συνολική γόμωση ανά διάτρημα ήταν περίπου 3.2-3.5kg/m. Στο δάπεδο γινόταν διάτρηση 14 διατρημάτων με συγκέντρωση γόμωσης 3.5-4.0kg/m. Για τα περιμετρικά διατρήματα έγινε όρυξη με βάση την τεχνική των λειών τοιχωμάτων (παραλλαγή της μεθόδου ελαφρού φορτίου) η οποία χρησιμοποιείται με επιτυχία στην όρυξη σηράγγων, επειδή παρέχει σημαντική μείωση τόσο στην υπερβάλλουσα εκσκαφή, όσο και στην ποσότητα σκυροδέματος που απαιτείται προς επένδυση των τοιχωμάτων. Η απόσταση από τα διατρήματα εκσκαφής ήταν 0.7m. Η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων λειάνσεως ήταν 0.25-0.30m (απόσταση γομωμένου από αγόμωτο διάτρημα) και ορύχθηκαν περίπου 70-75 διατρήματα περιμετρικά στην

διατομή της σήραγγας. Η συνολική γόμωση ήταν περίπου 0.7-0.8kg/m. Ως υλικό γόμωσης των διατρημάτων επιλέχθηκε η ζελατοδυναμίτιδα 30% και η αμμωνίτιδα (σε φυσίγγια διαμέτρου 38mm και μήκους 400mm). Για τα διατρήματα προεκσκαφής, διευρύνσεως, δαπέδου και πρώτου κύκλου κύριας εκσκαφής έγινε χρήση ζελατοδυναμίτιδας, ενώ για τα διατρήματα των υπολοίπων κύκλων κύριας εκσκαφής έγινε χρήση ζελατοδυναμίτιδας και αμμωνίτιδας με αύξηση των φυσιγγίων της αμμωνίτιδας στους δύο τελευταίους κύκλους. Για τα περιμετρικά διατρήματα χρησιμοποιήθηκαν φυσίγγια αμμωνίτιδας (ή και γαλάκτωμα) διαμέτρου 30mm και μήκους 200mm. Η ειδική κατανάλωση της εκρηκτικής ύλης για μια τυπική διατομή κυμαίνονταν περίπου στο 0.35-0.55kg/m³. Για την όρυξη της βαθμίδας χρησιμοποιήθηκε διατρητικό φορείο που όρυσσε διατρήματα διαμέτρου 64mm. Γινόταν όρυξη περίπου 12-15 διατρημάτων ανά βήμα προχώρησης. Τα επί μέρους στοιχεία που αναλύθηκαν για να προκύψει τελικά ο βέλτιστος κάρναβος διατρημάτων είναι η διάμετρος των διατρημάτων, η κλίση και η διεύθυνσή τους, το βάθος διάτρησης, ο καθαρισμός των διατρημάτων και η πυκνότητα των διατρημάτων.

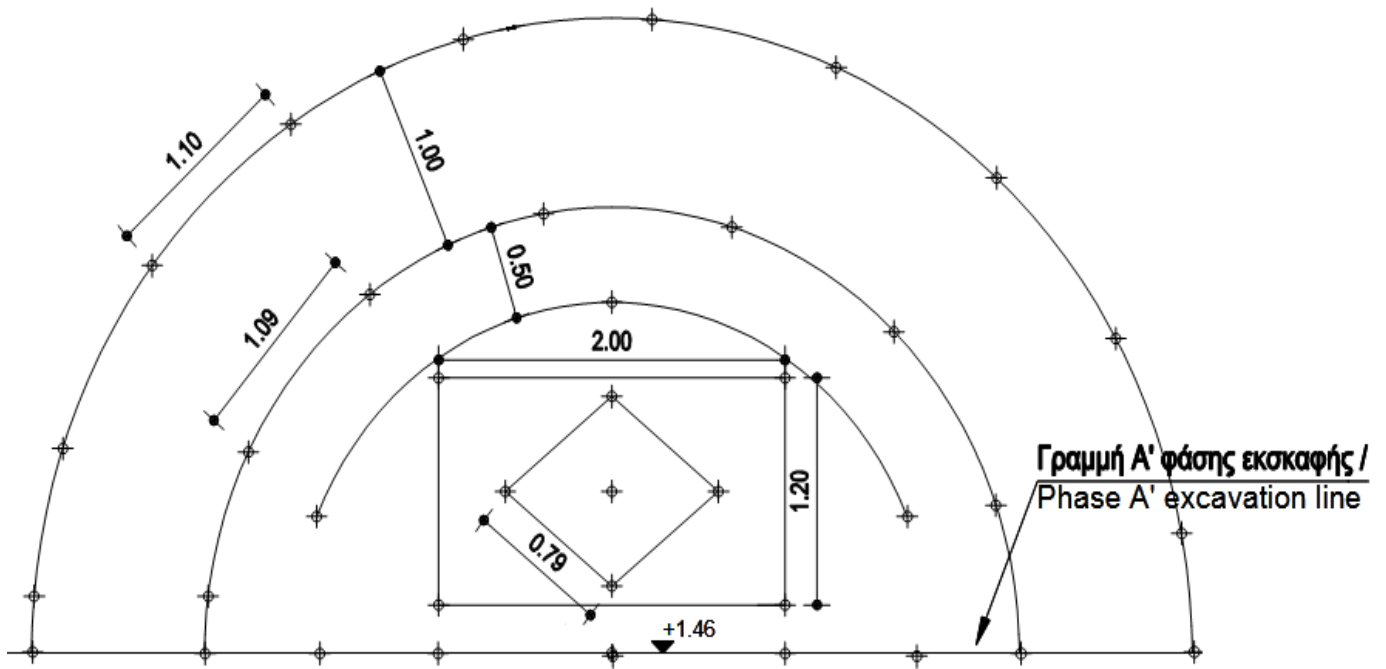
- Διάμετρος διατρημάτων: Ο διατιθέμενος μηχανικός εξοπλισμός επέτρεπε την διάνοιξη διατρημάτων διαμέτρου 45, 76, 89 και 102mm. Η διάνοιξη των διατρημάτων έγινε με χρήση υδραυλικών διατρητικών μηχανημάτων με υδραυλική σφύρα και αυτόματο τροφοδότη στελεχών με δυνατότητα διάνοιξης οπών βάθους έως 24m. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μικρότερης διαμέτρου διατρήσεις σε πυκνότερη διάταξη έχουν τα καλύτερα αποτελέσματα ως προς την κοκκομετρία των παραγόμενων υλικών καθώς και το επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας δόνησης των 13 mm/sec (PPV-peak particle velocity), για τις κύριες διατρήσεις επιλέχθηκε διάμετρος διάτρησης 45mm και ορισμένες φορές 76mm (κεντρικά και περιμετρικά διατρήματα).
- Κλίση και διεύθυνση διατρημάτων: Η ιδανική κλίση των διατρημάτων εξόρυξης μάζας πετρώματος είναι 3:1 (υ:π). Η κλίση αυτή τροποποιήθηκε μόνο στις περιπτώσεις όπου υπήρχε υφιστάμενο πρανές με πιο απότομη κλίση καθώς και στις θέσεις πλησίον των τελικών πρανών του έργου που είχαν διαφορετική κλίση. Εφόσον κατά την διάτρηση παρατηρούνταν συστηματικές αποκλίσεις των στηλών διάτρησης ή ανωμαλίες στα μέτωπα εκσκαφής, γίνονταν τροποποίηση στην γόμωση των διατρημάτων αντίστοιχη με το πραγματικό φορτίο για το κάθε διάτρημα.
- Βάθος διάτρησης: Για τον υπολογισμό του βάθους διάτρησης λήφθηκαν υπόψη το κατακόρυφο ύψος διάτρησης, το πρόσθετο μήκος που προέκυπτε λόγω της κλίσης καθώς και το επιπλέον μήκος που απαιτούνταν για την επίτευξη της επιθυμητής

στάθμης εκσκαφής (υποδιάτρηση). Η υποδιάτρηση και ο υπολογισμός της είναι πολύ σημαντικό σημείο διότι αν δεν υπολογιζόταν σωστά μπορούσε να δημιουργήσει είτε προβλήματα υποεκσκαφών τα οποία θα απαιτούσαν πρόσθετες διατρήσεις και ανατινάξεις, είτε προβλήματα υπερεκσκαφών και διαταραχής του πετρώματος.

- Καθαρισμός διατρημάτων: Ο σωστός και καλός καθαρισμός των διατρημάτων είναι σημαντικός παράγοντας στην διαδικασία της εξόρυξης. Θα πρέπει να γίνεται με σχολαστικότητα, ενώ σε θέσεις που εμφανίζονται σαθρά υλικά ή υπάρχουν ενδείξεις μπαζώματος της διάτρησης θα πρέπει είτε να αυξάνεται το βάθος υποδιάτρησης ή να ρυθμίζεται κατάλληλα η ποσότητα εκρηκτικών του διατρήματος.
- Πυκνότητα διατρημάτων: Τα διατρήματα εκσκαφής διατάσσονται πεσοειδώς. Αντικείμενο υπολογισμών είναι η απόσταση της πρώτης σειράς διατρημάτων από το μέτωπο της εκσκαφής, η απόσταση των σειρών διατρημάτων μεταξύ τους και η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων. Όσο πιο πυκνός είναι ο κάρναβος διάτρησης τόσο καλύτερη κοκκομετρία υλικών επιτυγχάνεται, αλλά αυξάνεται και ο κίνδυνος εκτίναξης υλικού. Πρακτικά η σχέση της απόστασης των οπών στην σειρά διατρημάτων προς της απόσταση των σειρών των διατρημάτων μεταξύ τους ήταν περίπου 1.25.



Σχήμα 6.1: Τυπικό σχέδιο διάτρησης σήραγγας Καλυδώνας α' φάσης (κλίμακα 1:50)



Σχήμα 6.2: Εστιασμένο σχέδιο διάτρησης σήραγγας Καλυδώνας (κεντρικό διάτρημα και διατρήματα διευρύνσεως)



Εικόνα 6.2: Διάτρηση μετώπου (κάνναβος διατρημάτων)



Εικόνα 6.3: Διατρητικό μηχάνημα υπογείων Jumbo τύπου Atlas Copco



Εικόνα 6.4: Διατρητικό μηχάνημα υπογείων Jumbo τύπου Secoma

6.4. Γόμωση – Πυροδότηση

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών, για το συγκεκριμένο έργο, εκδόθηκε άδεια χρήσης εκρηκτικών υλών, σύμφωνα με την οποία γίνονταν προμήθεια εκρηκτικών μόνο για καθημερινή χρήση. Οι δε περισσευούμενες ποσότητες επιστρέφονταν αυθημερόν. Για τον λόγο αυτό δεν απαιτούνταν μόνιμη εγκατάσταση (κατασκευή αποθήκης) φύλαξης εκρηκτικών υλών, αλλά για προσωρινή φύλαξη των εκρηκτικών, μέχρι την κατανάλωση τους, κατασκευάστηκε προσωρινή αποθήκη πλησίον της σήραγγας και σε ασφαλή απόσταση, η οποία πληρούσε τις προϋποθέσεις σύμφωνα με τον Κ.Μ.Λ.Ε. Η εκτέλεση των ανατινάξεων και όλων των εργασιών προετοιμασίας αυτών γίνονταν παρουσία γομωτή-πυροδότη, ο οποίος ήταν εξουσιοδοτημένος και εφοδιασμένος με την αντίστοιχη άδεια του υπεύθυνου για την περιοχή γομωτή-πυροδότη. Πριν από κάθε ανατίναξη τοποθετούνταν στην είσοδο της σήραγγας προειδοποιητική πινακίδα «ΠΡΟΣΟΧΗ ΑΝΑΤΙΝΑΞΕΙΣ». Ο γομωτής-πυροδότης φρόντιζε για την επαρκή προειδοποίηση πριν την ανατίναξη και εξασφάλιζε ώστε όλα τα άτομα να βρίσκονται σε απόσταση ασφαλείας. Η πυροδότηση γίνονταν από την είσοδο της σήραγγας. Σαν εκρηκτική ύλη χρησιμοποιήθηκε ζελατοδυναμίτιδα 30%, αμμωνίτιδα και γαλάκτωμα. Η γόμωση των διατρημάτων με εκρηκτική ύλη γίνονταν με γομωτήρα από ξύλο κατάλληλου μήκους (Εικόνα 6.5). Ο γομωτήρας (κυλινδρική ράβδος) έπρεπε να είναι πάντοτε καθαρός πριν χρησιμοποιηθεί και τα φυσίγγια εισάγονταν ένα-ένα στο διάτρημα και με προσοχή. Στο κάθε διάτρημα διακρίνονται τρία επί μέρους τμήματα ως προς τις γομώσεις τους. Το τμήμα γομώσεως πυθμένα, το τμήμα γομώσεως στήλης και το τμήμα επιγομώσεως. Η γόμωση σχετίζεται με τους τύπους και την εκρηκτική ύλη που επιλέχτηκε, την ακαριαία θρυαλίδα και την γόμωση των επί μέρους τμημάτων του διατρήματος. Τα στοιχεία που σχετίζονται με την γόμωση αναλύονται στις παρακάτω παραγράφους.



Εικόνα 6.5: Γόμωση διατρημάτων με ξύλινο τακαδόρο

6.4.1. Εκρηκτικές ύλες

Στον Πίνακα 6.1 παρατίθενται τα βασικά χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των εκρηκτικών υλών όπως δίδονται [26] από τον προμηθευτή «EXTRACO A.E.».

Πίνακας 6.1: Εκρηκτικές ύλες (χαρακτηριστικά και ιδιότητες)

	ΖΕΛΑΤΟ- ΔΥΝΑΜΙΤΙΔΑ GELATINE DONARIT 1	ΓΑΛΑΚΤΩΜΑ LAMBREX 1	ΓΑΛΑΚΤΩΜΑ LAMBREX 2 CONTOUR	ΑΜΜΩΝΙΤΗΣ LAZARIT C2 AMONIT 6	ANFO
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (gr/cm ³)	1,5	1,2	1,05	0,98-1,08	0,8

ΣΧΕΤΙΚΗ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΙΣΧΥ ΙΣΧΥ (%)	85	80	65	72	75
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΡΗΞΗΣ (m/sec)	6000	5600	4200	3600	3000
ΙΣΧΥΣ ΤΡΑΥΖΛ (ml)	370	300	360	340	315
ΦΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ (mm)	16,7	24	21,5	14	4,5
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΚΡΗΞΗΣ (Kcal/Kg)	995	705	865	1000	920
ΟΓΚΟΣ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ (Lt/Kg)	873	910	856	900	970
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΚΡΗΞΗΣ (C)	2905	1989	2313	2930	2600
ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (%)	+4	+2,3	+0	+1	

<p>ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ - ΑΛΛΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</p>	<p>Η έναυσή του μπορεί να γίνει με κοινό πυροκροτητή Νο. 8. Ικανοποιητική αντοχή στο νερό. Κατάλληλο για ανατινάξεις σε σκληρά πετρώματα. Χρησιμοποιείται σε επιφανειακές και υπόγειες ανατινάξεις σαν εκρηκτικό έναυσης, σαν κύριο εκρηκτικό στο πυθμένα του διατρήματος ή σε όλο το μήκος του διατρήματος.</p>	<p>Μεγάλη ασφάλεια. Δεν προκαλεί πονοκέφαλο. Δεν παράγονται κατά την έκρηξη τοξικές ενώσεις. Η έναυσή του μπορεί να γίνει με κοινό πυροκροτητή Νο. 8. Άριστη αντοχή στο νερό. Κατάλληλο για όλα τα είδη των ανατινάξεων. Χρησιμοποιείται σαν εκρηκτικό έναυσης, σαν κύριο εκρηκτικό στο πυθμένα του διατρήματος ή σε όλο το μήκος του διατρήματος.</p>	<p>Μεγάλη ασφάλεια. Δεν προκαλεί πονοκέφαλο. Δεν παράγονται κατά την έκρηξη τοξικές ενώσεις Η έναυσή του μπορεί να γίνει με κοινό πυροκροτητή Νο. 8. Άριστη αντοχή στο νερό. Έχει σχεδιασθεί ειδικά για χρήση σε ανατινάξεις μικρής ισχύος και εξομάλυνση της επιφάνειας, στην κατασκευή του περιγράμματος σιράγγων, στις προτμήσεις, καθώς και σε ελεγχόμενες ανατινάξεις για περιορισμό των δονήσεων. Η έκρηξη είναι ήπια και ο θρυμματισμός του πετρώματος ο επιθυμητός.</p>	<p>Ασφάλεια. Η έναυσή του μπορεί να γίνει με κοινό πυροκροτητή Νο. 8. Μικρή αντοχή στο νερό. Χρησιμοποιείται σε μαλακά πετρώματα και σε διατρήματα μικρής ή μεσαίας διαμέτρου.</p>	<p>Ασφάλεια. Η έναυσή του μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση στο βάθος του διατρήματος ισχυρότερου εκρηκτικού σε ικανό μήκος. Μικρή αντοχή στο νερό. Χρησιμοποιείται σε μαλακά πετρώματα και σε διατρήματα μεσαίας ή μεγάλης διαμέτρου.</p>
--	--	--	---	--	--

Για την έναυση του ANFO στις διαμέτρους διατρημάτων, που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση των πρανών, απαιτούνταν η χρησιμοποίηση στο πυθμένα του διατρήματος (ή σε τυχόν διακοπτόμενες γομώσεις στις θέσεις διακοπής) ισχυρού εκρηκτικού όπως είναι η ζελατοδυναμίτιδα ή αμμωνίτιδα. Για το λόγο αυτό έπρεπε να γίνεται συστηματικός έλεγχος για τον εντοπισμό περιοχών που πιθανών να έχουν υγρασία ή νερό για την αποφυγή χρήσης ANFO στις συγκεκριμένες περιοχές. Εκρηκτικά που φαινόταν να παρουσιάζουν οπτικά ίχνη αλλοίωσης δεν χρησιμοποιούνταν. Στα ίχνη αλλοίωσης περιλαμβάνονται η τοπική σκλήρυνση των υλικών («πέτρωμα»), αλλοίωση ή καταστροφή της συσκευασίας, διάβρωση και ειδικά για το ANFO εμφάνιση σβώλων, ιδιαίτερος χρωματισμός του υλικού και μη ομοιόμορφοι λεπτοί κόκκοι. Η έναυση των εκρηκτικών παράγει μη τοξικά αλλά και τοξικά αέρια. Το έγχρωμο νέφος μπορεί να περιέχει αυξημένη ποσότητα τοξικών αερίων και επομένως η προσέγγιση του προσωπικού στην περιοχή που έγινε η ανατίναξη γίνονταν μόνο εφόσον είχε καθαρίσει η ατμόσφαιρα από καπνούς. Η εμφάνιση κατά την ανατίναξη καπνών χρώματος καφετί-πορτοκαλί υποδηλώνουν πρόβλημα στην ανατίναξη που μπορεί να οφείλονται σε κακή έναυση των εκρηκτικών, σε σφάλματα στην γόμωση κλπ. Στις ανατινάξεις του συγκεκριμένου έργου δεν υπήρξαν τέτοιες επιπλοκές.

6.4.2. Γόμωση

Ο υπεύθυνος γομωτής πριν ξεκινήσει την γόμωση των διατρημάτων λάμβανε γνώση των ακολούθων:

1. Από τον χειριστή του διατρητικού μάθαινε την κατάσταση του πετρώματος ήτοι τυχόν έγκοιλα, διακλάσεις, σαθρές ζώνες, τυχόν επικοινωνία μεταξύ των οπών διάτρησης κλπ.
2. Έλεγε το μέτωπο εξόρυξης για τυχόν αποσαθρωμένες ζώνες και κυρίως προς το μέτωπο εξόρυξης.
3. Αναζητούσε ίχνη νερών και παρουσία υγρασίας σε ζώνες τεκτονισμού.
4. Λάμβανε υπόψη το πραγματικό μήκος διάτρησης.

Κατά την διάρκεια της γόμωσης ακολουθούσε τα εξής:

1. Έκανε διαχωρισμό διατρημάτων κύριας εξόρυξης και διαμόρφωσης πρανών.
2. Χρησιμοποιούσε τα κατάλληλα εκρηκτικά (ζελατοδυναμίτιδα ή γαλακτώματα).
3. Χρησιμοποιούσε ξύλινους τακαδόρους για το γέμισμα με ANFO.
4. Χρησιμοποιούσε την κατάλληλη ποσότητα εκρηκτικών υλών.

Η ειδική κατανάλωση εκρηκτικών ήταν μεταξύ $0,35 - 0,55 \text{ kg/m}^3$.

6.4.3. Επιγόμωση

Η επιγόμωση (τάπωμα) χρησιμοποιείται για να συγκρατήσει τα αέρια που παράγονται ώστε να θρυμματίσουν και να μετακινήσουν το πέτρωμα. Μειωμένη επιγόμωση μπορεί να προκαλέσει θόρυβο, αέρια δόνηση και εκτινάξεις υλικών. Αντίθετα μεγάλη επιγόμωση μπορεί να δημιουργήσει μεγάλους όγκους άθραυστου υλικού στην επιφάνεια, να προκαλέσει μικρή μόνο μετακίνηση του εξορυσσόμενου υλικού και μεγάλη εδαφική δόνηση. Για σωστή επιγόμωση λήφθηκαν υπόψη τα ακόλουθα:

1. Κατάλληλα υλικά επιγόμωσης είναι τα θραυστά και γωνιώδη λεπτόκοκκα υλικά (άμμος λατομείου). Η διάμετρος υλικού επιγόμωσης ήταν $0,04d$ έως $0,06d$, όπου d η διάμετρος του διατρήματος. Εναλλακτικά θα μπορούσε να γίνει χρήση μίγματος άμμου και αργίλου σε αναλογία 2:1. Η συνήθως χρησιμοποιούμενη λύση με επιγόμωση με τα υλικά του κονιοσυλλέκτη του διατρητικού δεν θα ήταν η καλύτερη στην συγκεκριμένη σήραγγα.
2. Το μήκος της επιγόμωσης ήταν μεταξύ $20d$ και $60d$. Το μήκος μειωνόταν σε υγιή και σκληρά πετρώματα.

6.4.4. Συνδεσμολογία - χρόνοι επιβράδυνσης - κύκλωμα έναυσης

Ιδιαίτερη σημασία στην ανατίναξη έχουν η συνδεσμολογία του κυκλώματος έναυσης (Εικόνες 6.6 - 6.9), οι χρόνοι επιβράδυνσης και τα μέσα έναυσης. Η επιβράδυνση της ανατίναξης μπορεί να επιτύχει :

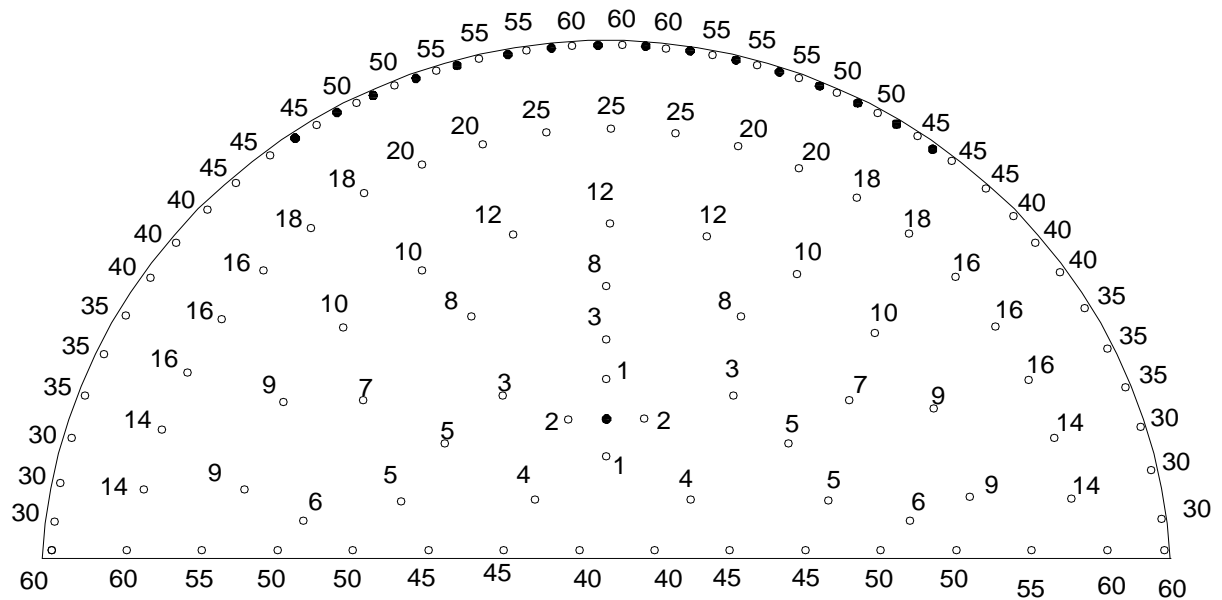
1. Τον έλεγχο και την αξιοποίηση της ενέργειας των εκρηκτικών κατά την διάρκεια της ανατίναξης.
2. Την θέση και τον χρόνο εφαρμογής της ενέργειας των εκρηκτικών εντός της βραχομάζας.
3. Την δημιουργία νέων ελεύθερων επιφανειών εντός της μάζας της βραχομάζας.
4. Βελτίωση της κοκκομετρίας του εξορυσσόμενου υλικού.
5. Καλύτερο έλεγχο της ενέργειας των εκρηκτικών.
6. Εξασφάλιση του ανάγλυφου και ελεγχόμενη μετακίνηση των εξορυσσόμενων υλικών.
7. Μείωση της διαταραχής του εναπομένουτος πρανούς.

Η επιλογή του πλήθους, η τοποθέτηση και η διάταξη των χρόνων επιβράδυνσης καθορίζουν τα ακόλουθα:

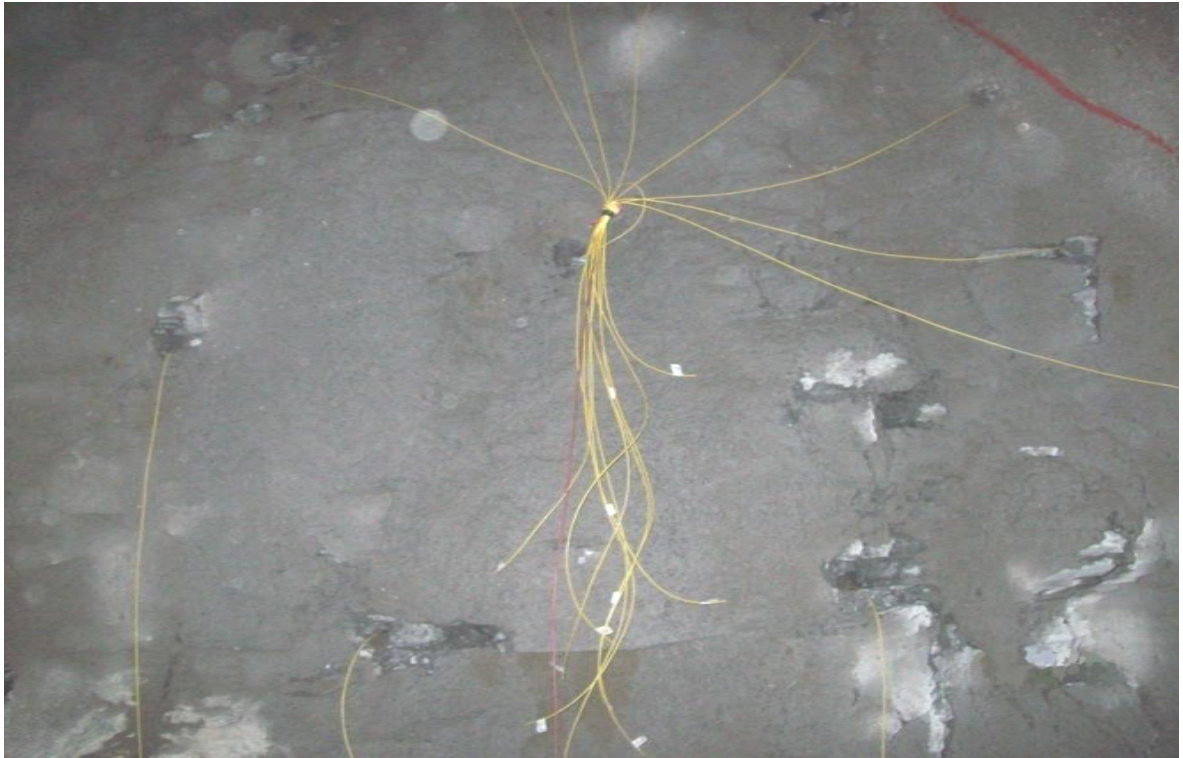
1. Ποσότητα εκρηκτικών ανά χρόνο επιβράδυνσης.
2. Απαιτούμενο θρυμματισμό. Οι καθυστερήσεις ανάμεσα στις σειρές ήταν 2 έως 3 φορές μεγαλύτερη από την καθυστέρηση ανάμεσα στα διαστήματα της σειράς.
3. Μετατόπιση σωρού ανατίναξης. Επειδή η κατεύθυνση της μετατόπισης του σωρού ανατίναξης ακολουθεί τον δρόμο που έχει την μικρότερη αντίσταση, μέσω της επιβράδυνσης μπορεί να καθοριστεί η επιθυμητή μετατόπιση.
4. Διαταραχή τελικής επιφάνειας. Με τους κατάλληλους χρόνους μειώνεται η διαταραχή της τελικής επιφάνειας.
5. Γεωλογικές συνθήκες. Η επιβράδυνση είναι κρίσιμη σε δύσκολες γεωλογικές συνθήκες (έγκοιλα, τεκτονισμένες ζώνες, ενστρώσεις μαλακού υλικού κλπ), όπου με κατάλληλους χρόνους επιβράδυνσης μπορεί να αξιοποιηθεί καλύτερα η εκρηκτική ισχύς.

Η πυροδότηση γινόταν με χρήση συστήματος μη ηλεκτρικής πυροδότησης (Non-el) σύμφωνα με το σχέδιο ανατίναξης (Σχήμα 6.3). Στα πλεονεκτήματα που προσφέρει το υπόψη σύστημα περιλαμβάνονται:

1. Μείωση θορύβου και αέριας δόνησης.
 2. Δυνατότητα πολλών επιλογών συνδεσμολογίας και ελέγχου της ποσότητας των εκρηκτικών που αντιστοιχούν σε κάθε χρόνο επιβράδυνσης.
 3. Εξασφάλιση πολύ καλής ακρίβειας στις επιβραδύνσεις.
 4. Μειωμένους κινδύνους διακοπών ή αστοχιών.
 5. Ευχερής σχεδιασμός ανατινάξεων με πολλές σειρές, με ή χωρίς διατρήματα μόρφωσης πρανών.
 6. Δυνατότητα σχεδόν απεριόριστου αριθμού περιόδων επιβράδυνσης.
 7. Δυνατότητα υλοποίησης ανατινάξεων με μεγάλο αριθμό διατρημάτων.
- Η έναρξη της πυροδότησης γίνεται με γραμμή του συστήματος μη-ηλεκτρικής πυροδότησης και ανάλογο εκρηκτήρα.



Σχήμα 6.3: Σχέδιο ανατίναξης με χρόνους επιβράδυνσης σε υγρή ψαμμίτη (IIsa),
Αριθμός διατρημάτων: ~122, Διάμετρος διατρημάτων: 45mm



Εικόνα 6.6: Καψύλια έναυσης



Εικόνα 6.7: Σύνδεση του κυκλώματος έναυσης



Εικόνα 6.8: Ολοκλήρωση εργασιών συνδεσμολογίας του κυκλώματος έναυσης



Εικόνα 6.9: Μέτωπο σήραγγας έτοιμο προς ανατίναξη

6.5. Αερισμός σήραγγας

Για την επίτευξη παροχής του απαιτούμενου καθαρού αέρα ώστε να πληρούνται ποσοτικά και ποιοτικά οι απαραίτητοι όροι για την ασφάλεια και την υγιεινή των εργαζομένων, χρησιμοποιήθηκε τεχνητός αερισμός και στους δύο κλάδους της σήραγγας (Εικόνα 6.10). Η παύση του αερισμού γινόταν μόνο πριν την εκάστοτε ανατίναξη και έμπαινε πάλι σε λειτουργία ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα μετά την ανατίναξη. Μετά από κάθε ανατίναξη το μέτωπο της σήραγγας αεριζόταν τουλάχιστον για 30 λεπτά ώστε να επιτυγχάνεται αραιώση των παραγόμενων αερίων σε συγκεντρώσεις κάτω των ανωτέρων επιτρεπόμενων ορίων, όπως ορίζεται στον Κ.Μ.Λ.Ε., και δεν επιτρεπόταν η διέλευση οποιουδήποτε, εντός της σήραγγας για 15 λεπτά μετά από κάθε πυροδότηση.

Για τον αερισμό των μετώπων εκσκαφής εφαρμόστηκε φυσητικό σύστημα αερισμού και εύκαμπτος αγωγός προσαγωγής του αέρα διαμέτρου 1600mm ενισχυμένος με συνθετικές ίνες και τοποθέτηση ανεμιστήρων. Το μήκος των τεμαχίων του αεραγωγού ήταν 20m και συνδέονταν μεταξύ τους με ειδικές διατάξεις που παρείχε ο προμηθευτής. Η απόσταση του εύκαμπτου αγωγού από το μέτωπο κυμαινόταν περί τα 40m. Οι αγωγοί αερισμού ήταν στερεωμένοι στο θόλο. Ο εισαγόμενος αέρας έπρεπε να είναι απαλλαγμένος από κάθε βλαβερό συστατικό ή σκόνη για αυτό και η τοποθέτηση του ανεμιστήρα ήταν σε απόσταση μεγαλύτερη από 20m από το στόμιο της σήραγγας για να μην επιτρέπεται η ανακύκλωση των παραγόμενων αερίων.

Ο αερισμός της σήραγγας αποτελεί σημαντική παράμετρο γιατί η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του αέρα σε όλους τους υπόγειους χώρους εργασίας δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 19% σε όγκο. Στις θέσεις εργασίας πρέπει να εξασφαλίζεται ποσότητα αέρα τουλάχιστον $5,66\text{m}^3/\text{min}$ και εργαζόμενο ή $0,094\text{m}^3/\text{sec}$ και εργαζόμενο. Οι παραπάνω ποσότητες σύμφωνα με κανονισμούς πρέπει να αυξάνονται κατά ποσότητα τουλάχιστον $2\text{m}^3/\text{min}$ και ίππο μηχανών εσωτερικής καύσης. Η μέση ταχύτητα του ρεύματος αέρα σε κάθε θέση εργασίας και διάδρομο κυκλοφορίας δεν έπρεπε να είναι μικρότερη από $0,1\text{m}/\text{sec}$ ούτε να υπερβαίνει τα $6,0\text{m}/\text{sec}$. Στο μέτωπο εργασίας εισάγονταν ποσότητα αέρα τουλάχιστον $220\text{lt}/\text{sec}$ και m^2 της μεγαλύτερης διατομής της σήραγγας. Το σύνολο των εργαζομένων στη σήραγγα δεν ξεπερνούσε τους 10, και έτσι ο συνολικός απαιτούμενος αέρας για τους εργαζομένους υπολογίστηκε $Q_1=60\text{m}^3/\text{min}$. Για τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό (3 φορτηγά υπογείων ισχύος 260HP το καθένα και ένας φορτωτής υπογείων ισχύος 235HP) οι απαιτήσεις σε αέρα υπολογίστηκαν $Q_2=1520$

m^3/min . Επομένως η συνολικά απαιτούμενη παροχή αέρα για το σύνολο των εργαζομένων και τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό ήταν $Q_0=1580\text{m}^3/\text{min}$ ή $Q_0=1580/60=26,33\text{m}^3/\text{sec}$.

Η πτώση πίεσης λόγω τριβών στους αεραγωγούς ορίζεται από τη σχέση:

$$P_{st} = 0,1 \times (\lambda / D^5) \times L \times Q_o^\alpha$$

Όπου:

λ : Συντελεστής αντίστασης τριβών ίσος με 0.024

α : 1,7

L: Μήκος σήραγγας

D: Διάμετρος αεραγωγού

Δεδομένου ότι κατά την κατασκευή της σήραγγας υπήρχαν δύο μέτωπα εργασίας επομένως το μήκος της σήραγγας το οποίο έχει αναλάβει η ΤΕΡΝΑ Α.Ε. δεν ξεπερνούσε τα 600m, και με διάμετρο αεραγωγού 1,6m, η πτώση πίεσης στους αεραγωγούς, υπολογίζεται με βάση την παραπάνω σχέση και είναι $P_{st}=35,69\text{Pa}$, που με προσαύξηση 25% φτάνει τα $P_{st}=44,61\text{Pa}$.

Η δυναμική πίεση δίνεται από τη σχέση:

$$P_d = 0,097 \times (Q^2 / D^4)$$

Όπου:

Q: Παροχή αέρα

D: Διάμετρος αεραγωγού

Και υπολογίζεται με βάση την παραπάνω σχέση και είναι $P_d=10,26\text{Pa}$.

Έτσι η συνολική ισχύς του ανεμιστήρα υπολογιζόμενη από τη σχέση:

$$N = Q_o \times (P_{st} + P_d) / 10 \times 0,85$$

Όπου:

Q, P_{st} , P_d : Όπως προσδιορίστηκαν παραπάνω

0,85 : Συντελεστής απόδοσης ανεμιστήρα

Είναι: $N=122,80\text{kW}$.

Έτσι αφού συνυπολογίστηκαν η πτώση πίεσης λόγω τριβών στους αεραγωγούς και η δυναμική πίεση, και τέλος αφού βρέθηκε ότι η συνολική απαιτούμενη ισχύς του ανεμιστήρα ήταν $N=122,80\text{kW}$, χρησιμοποιήθηκαν διβάθμιοι ανεμιστήρες 125kW.



Εικόνα 6.10: Σύστημα αερισμού της σήραγγας (δεξιός κλάδος)

6.6. Αποκομιδή προϊόντων

Για την αποκομιδή των προϊόντων χρησιμοποιήθηκαν τρία ντιζελοκίνητα φορτηγά χωρητικότητας 17m^3 , ένας φορτωτής Caterpillar 966G (Εικόνα 6.11), χωρητικότητας κουβά 4m^3 και εντός της σήραγγας ένας φορτωτής Liebherr 932 χωρητικότητας κουβά 1m^3 . Τα μηχανήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με καταλύτες και φίλτρα νερού για την ελαχιστοποίηση των καυσαερίων, καθώς και με ηχητικά και φωτεινά σήματα κατά την οπισθοδρόμηση. Κατά την φάση της αποκομιδής προϊόντων δεν γινόταν καμία άλλη εργασία σε όλο το μήκος της σήραγγας και δεν κυκλοφορούσε σε αυτήν ή πλησίον των στομιών κανένας από το προσωπικό ή άλλα ξένα άτομα. Ο εξαερισμός βρισκόταν σε πλήρη λειτουργία. Η φόρτωση των οχημάτων καθώς και η μεταφορά των προϊόντων γινόταν προσεκτικά χωρίς πιθανές πτώσεις υλικών από την καρότσα των φορτηγών. Ο όγκος των υλικών αποκομιδής κατά την Α' φάση εκσκαφής της σήραγγας και μετά από κάθε πυροδότηση, ήταν περίπου:

$$V = E \times a \times 1.5 = 255\text{m}^3 \text{ ανά κλάδο}$$

Όπου $E=68\text{m}^2$: Το εμβαδόν, κατά μέσο όρο, της διατομής της σήραγγας.

$a=2.5\text{m}$: Το βήμα προχώρησης κατά μέσο όρο

1,5 : Συντελεστής επιπλήσματος

Η προσωρινή απόθεση των υλικών έγινε σε επιλεγμένο χώρο έμπροσθεν των στομιών της σήραγγας. Η μέση απόσταση από το μέτωπο εκσκαφής ήταν περίπου 200m. Απαιτούνταν περίπου συνολικά 15-16 δρομολόγια των φορτηγών αυτοκινήτων από και προς τον συγκεκριμένο χώρο απόθεσης, με χρονική διάρκεια κάθε δρομολογίου 4-6 λεπτά (με μία μέση ταχύτητα κίνησης 5-8km/h). Ο χρόνος φόρτωσης κάθε φορτηγού ήταν περίπου 7-8 λεπτά. Επομένως συνυπολογίζοντας όλες τις παραπάνω παραμέτρους, ο μέσος χρόνος απομάκρυνσης των προϊόντων από το μέτωπο εκσκαφής ήταν περίπου 1 ώρα.



Εικόνα 6.11: Φορτωτής Caterpillar 966G (αριστερά) και χωματουργικό φορτηγό dumper (δεξιά)

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε γενικές γραμμές η κατασκευή της σήραγγας Καλυδώνας επιτεύχθηκε χωρίς ύπαρξη ιδιαίτερων προβλημάτων. Το γεωλογικό υπόβαθρο, εκεί που διανοίχτηκε το κυρίως σώμα της σήραγγας, είναι βραχώδης φλύσχης και αποτελείται από ενδιαστρώσεις ψαμμίτη και ιλυόλιθου σε διάφορα πάχη. Ο φλύσχης συναντήθηκε με δύο διαφορετικούς βαθμούς κερματισμού, από μέτρια κερματισμένος έως ελαφρά κερματισμένος, και δύο διαφορετικά υλικά, ψαμμίτη και ιλυόλιθο. Δεδομένης της μορφής των ασυνεχειών και του εντατικού πεδίου, οι σφήνες που συναντήθηκαν ήταν ελάχιστες και μικρού μεγέθους και αντιμετωπίστηκαν εύκολα και χωρίς προβλήματα με μέτρα υποστήριξης. Επειδή οι σφήνες εμφάνιζαν πολύ μικρό όγκο και βάρος, τα προτεινόμενα μέτρα υποστήριξης πληρούσαν τον απαιτούμενο συντελεστή ασφαλείας. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εξυπηρετούσε την αποφυγή μικρών καταπτώσεων και τα αγκύρια, σε συνδυασμό με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, εξυπηρετούσαν τη συγκράτηση πιθανών μεγαλύτερων σφηνών. Στο ενδεχόμενο εμφάνισης αποκόλλησης σφηνών, εφόσον ήταν μεγέθους ικανού να δημιουργήσουν προβλήματα στο σήραγγα, αποφεύχθηκε, με τη χρήση μεγαλύτερων κατηγοριών υποστήριξης.

Επίσης, τοπικά συναντήθηκε εισροή υδάτων που αντιμετωπίστηκε με μέτρα αποστράγγισης. Επιπλέον, απαιτήθηκε μεγάλη προσοχή κατά την εκσκαφή, όπου συναντήθηκε η διεπιφάνεια ψαμμίτη – ιλυόλιθου, επειδή η κυκλοφορία υδάτων συναντήθηκε κυρίως κατά μήκος της διεπιφάνειας λόγω της μικρής περατότητας της υφιστάμενης ζώνης. Με τη χρήση των κατάλληλων αποστραγγιστικών μέτρων (οπές αποστράγγισης, κανάλια οδήγησης υδάτων έξω από τη σήραγγα) οποιοδήποτε πρόβλημα υδροφορίας αντιμετωπίστηκε αποτελεσματικά.

Γενικά δεν υπήρξαν αστοχίες λόγω πλαστικών ζωνών ούτε σημαντικές παραμορφώσεις. Το μέγεθος των συγκλίσεων μετρούνταν στις επιμέρους φάσεις κατασκευής και συνολικά θεωρείται αμελητέο. Τα επιμέρους δομικά στοιχεία της προσωρινής υποστήριξης ελέγχθηκαν ως προς την επάρκεια και αποτελεσματικότητά τους και δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα που θα έθεταν σε κίνδυνο την ευστάθεια της διατομής.

Για την εκσκαφή της σήραγγας απαιτήθηκαν εκρηκτικά και τοπικά μηχανικά μέσα. Η χρήση των επιλεγμένων εκρηκτικών υλών αποδείχτηκε κατάλληλη (παράγοντες

οικονομικοί, απόδοσης, όχλησης). Όπου εμφανίστηκαν υπερεκσκαφές πραγματοποιήθηκε τροποποίηση του σχεδίου ανατίναξης, η οποία μείωσε σημαντικά το μέγεθός τους. Τα υλικά που εκσκάφθηκαν θεωρούνται κατάλληλα για επιχώματα και στρώσεις εξυγίανσης. Το ψαμμιτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε για αδρανή μετά από κατάλληλη επεξεργασία.

Συνεπώς, με γνώμονα την ασφάλεια της κατασκευής, τον ορθολογικό σχεδιασμό, την οικονομικότητα του έργου και την αντιμετώπιση γεωτεχνικών προβλημάτων (υπερεκσκαφές, σφηνοειδής αποκολλήσεις, υδροφορία), θεωρείται ότι τα μέτρα που πάρθηκαν για την διάνοιξη και κατασκευή της σήραγγας επαρκούσαν ως προς την εφαρμογή τους στο συγκεκριμένο φάσμα των κατηγοριών βραχομάζας του έργου, πράγμα που συντέλεσε στην ομαλή ολοκλήρωση της σήραγγας Καλυδώνας.


ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] www.terna.gr/ Έργα υπό κατασκευή/ Ιόνια Οδός
(http://www.terna.gr/index.php?option=com_content&view=article&layout=news&id=479&Itemid=219)
- [2] www.gek.gr/ Παραχωρήσεις/ Αυτοκινητόδρομοι/ Ιόνια Οδός
(http://www.gek.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=1522&Itemid=190)
- [3] <http://fourtounis.gr/mes/kalidona/kalidona.html>
- [4] <http://www.diazoma.gr/200-Stuff-06-Theatres/0010-01.jpg>
- [5] <http://www.panoramio.com/photo/53071644>
- [6] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Μάιος 2009), "Οριζοντιογραφία σήραγγας Καλυδώνας από Χ.Θ. 24+037 έως 25+255 (ID.D.T.P.944.C)"
- [7] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Μάιος 2009), "Ιόνια Οδός/ Σήραγγα Καλυδώνας/ Μελέτη προσωρινής υποστήριξης/ Τεχνική έκθεση στατικών υπολογισμών προσωρινής υποστήριξης (IR.D.T.462.C)"
- [8] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Νοέμβριος 2008), "Γεωτεχνική έκθεση και αξιολόγηση στη θέση της σήραγγας της Καλυδώνας από Χ.Θ. 24+037 έως Χ.Θ. 25+255 (IR.D.T.279.B)"
- [9] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Οκτώβριος 2008), "Οριστική γεωλογική μελέτη σήραγγας Καλυδώνας από Χ.Θ. 24+040 έως Χ.Θ. 25+250 Τμήμα 1 (IR.D.T.278.B)"
- [10] Yiouta-Mitra P., Steiakakis C., Merziotis D., Nomikos P.P., Sofianos, A.I. (2011), "Ionia Odos: Tunnelling through undisturbed anisotropic flysch formation", 1st Scientific Congress on Tunnels and Underground Structures in South-Eastern Europe, "Using Underground Space", 7-9 April 2011, Dubrovnik, Croatia
- [11] Goodman, R.E., Moye, D.G., Van Schalkwyk, A. and Javandel, I. (1965), "Ground water inflow during tunnel driving", Eng. Geol., 2, pp. 39-56.
- [12] Ρόζος Δ. (2007), "Τεχνική Γεωλογία Ι", ΕΜΠ, Αθήνα
- [13] ΤΕΡΝΑ Α.Ε., FERROVIAL S.A. (2009-2010), "Φύλλα Γεωλογικής - Γεωτεχνικής Τεκμηρίωσης σήραγγας Καλυδώνας"
- [14] Bieniawski Z.T. (1984), "The geomechanics classification in Rock Engineering applications", Proceedings, 4th International Congress on Rock Mechanics, ISRM, Montreux. A. A. Balkema, Rotterdam

- [15] Bieniawski Z.T. (1989), "Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering", 251p., Wiley, New York
- [16] Hoek E., Brown E.T. (1982), "Underground Excavation in Rock", Institution of Mining and Metallurgy, London
- [17] Marinou and Hoek (2001), "Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch", Bulletin of the Engineering Geology & the Environment (IAEG), 60, 85-92
- [18] Hoek et al (2005), "Characterisation and engineering properties of tectonically undisturbed but lithologically varied sedimentary rock masses", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 42/2, 277-285
- [19] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Μάιος 2009), "Ιόνια Οδός/ Σήραγγα Καλυδώνας/ Μελέτη προσωρινής υποστήριξης/ Τεχνική έκθεση (IR.D.T.461.C)"
- [20] Σοφιανός Α.Ι. (2009), "Υποστήριξη Υπογείων Έργων", Τόμος Ι, ΕΜΠ, Αθήνα
- [21] Σοφιανός Α.Ι. (2009), "Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων", Τόμος Ι, ΕΜΠ, Αθήνα
- [22] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Μάιος 2009), "Τυπικές διατομές κατηγοριών PS-A, PS-B, PS-C, PS-D (ID.D.T.S. 924C, 925C, 926A, 927C)"
- [23] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Μάιος 2009), "Διάταξη συστήματος αποστράγγισης (ID.D.T.D.932.C)"
- [24] Brown E.T. (1981), "Rock Characterization Testing and Monitoring", ISRM Suggested Methods, Pergamon Press
- [25] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ (Μάιος 2009), "Διάταξη οργάνων παρακολούθησης (ID.D.T.D.933.C)"
- [26] [www.extraco.gr/ Προϊόντα/ Εκρηκτικά, Εναυσματικά μέσα](http://www.extraco.gr/)
(http://www.extraco.gr/extraco/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=30)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Χαρακτηριστικά μητρώα και φωτογραφίες γεωτρήσεων

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΛΥΔΩΝΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 		ΕΡΓΟ : "ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΘΕΣΕΙΣ PROJECT : ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ"		ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG		ΒΤ1-201															
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Χ.Θ.: 24+055 LOCATION : Χ: 284544 Ψ: 4250755		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ HEAD ELEVATION		ΦΥΛΛΟ 1 ΑΠΟ 2 SHEET OF																	
ΒΑΘΟΣ (m) ΣΦΑΙΡΗΣΗ CASING BIT	ΔΕΠΘΣ (m) BIT R.W.	ΣΥΜΒ/ΜΟΣ SYMBOL	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΔΑΦΟΥΣ SOIL DESCRIPTION	ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ SAMPLE DEPTH (m)	ΠΡΟΤΥΠΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΣΥΣΤΗΣ STANDARD PENETRATION TEST N (ΚΡΟΥΣΕΙΣ - 30 ΕΚ)	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ DISCONTINUITIES	ΑΠΟΣΒΟΡΣΗ WEATHERING DEGREE	ΑΠΟΛΗΨΗ ΠΥΡΗΝΑ CORE RECOV. (%)	7	7 _d	σ _c	ε	Ε	ν	ΔΕΚΑΡΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΗΣ POISSON'S RATIO	ψ	σ ₁	σ ₂	σ ₃	ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ PERMEABILITY TEST	
1	0.00		ΚΑΣΤΑΝΗ ΕΩΣ ΚΑΣΤΑΝΟΠΡΑΣΙΝΗ, ΠΥΚΝΗ ΕΩΣ ΑΠΟΣΒΟΡΣΗ ΙΥΔΡΗΣ ΑΜΜΟΣ ΕΩΣ ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΛΥΣ (ΜΑΝΔΥΑΣ ΑΠΟΣΒΟΡΣΗΣ ΦΑΜΜΙΤΗ).	2.30-2.60																	
2	100%																				
3																					
4																					
5																					
6			ΓΚΡΙΖΟΣ - ΓΚΡΙΖΟΠΡΑΣΙΝΟΣ, 1-4 ΦΑΜΜΙΤΗΣ, ΥΓΗΣ ΕΩΣ ΕΛΑΦΡΑ ΑΠΟΣΒΟΡΜΕΝΟΣ, ΚΑΤΑ ΘΕΣΕΙΣ ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟΣ - ΟΞΕΙΔΩΜΕΝΟΣ, ΜΕ ΑΡΑΙΕΣ ΕΝΙΣΤΡΩΣΕΙΣ																		
7			ΓΚΡΙΖΟΚΥΑΝΟΥ - ΚΥΑΝΟΠΡΑΣΙΝΟΥ, ΕΛΑΦΡΑ ΑΠΟΣΒΟΡΜΕΝΟΥ ΙΛΥΝΘΟΥ, Ο ΙΛΥΝΘΟΣ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΟΞΕΙΔΩΜΕΝΟΣ ΚΑΤΑ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΤΑ ΚΑΣΤΑΝΟΠΡΑΣΙΝΟ ΧΡΩΜΑ.	7.00-7.40																	
8																					
9			ΚΥΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΟΙ ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ, ΜΕ ΚΛΙΣΗ 0°-10° (ΠΡΟΤΕΥΟΝ ΣΥΣΤΗΜΑ) ΚΑΙ 60°-70° (ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝ ΣΥΣΤΗΜΑ). ΣΤΟΝ ΦΑΜΜΙΤΗ ΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΦΕΡΟΥΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΛΕΙΕΣ - ΕΛΑΦΡΑ ΤΡΑΧΕΙΕΣ, ΜΕ ΚΑΤΑ ΘΕΣΕΙΣ ΙΛΥΟΑΜΜΩΔΗΣ ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ, ΕΝΩ ΣΤΟΝ ΙΛΥΝΘΟ ΟΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΛΕΙΕΣ ΕΩΣ ΟΛΙΣΘΗΡΕΣ, ΜΕ ΚΑΤΑ ΘΕΣΕΙΣ ΑΡΓΙΛΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ. Η ΜΕΤΑΣΤΡΟΦΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΗ ΕΩΣ ΜΕΣΗ, ΤΟ ΔΕ ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΟΥΣ, ΚΛΕΙΣΤΟ ΕΩΣ ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΟΙΚΤΟ, ΚΑΤΑ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΟΙΚΤΟ ΕΩΣ ΑΝΟΙΚΤΟ.	11.10-11.40																	
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20	80%																				
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : REMARKS :																			ΣΕΛΙΔΑ PAGE		

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΛΥΔΩΝΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ				ΕΡΓΟ : "ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΘΕΣΕΙΣ PROJECT : ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ"				ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ GEOTECHNICAL BOREHOLE LOG				BT1-203														
ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ Istria				ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Χ.Θ.: 24+454 LOCATION : Χ: 284216 Ψ: 4250539				ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ HEAD ELEVATION				ΦΥΛΛΟ ΑΠΟ 4 OF 5 SHEET														
ΒΑΘΟΣ (m) ΣΤΑΘΜΟΣ CASPING BIT	ΕΠΙΣ. Τ. ΝΕΡΑ R.W. ΔΕΙΓΜΑ SAMPLE	ΣΤΑΘΜΗ ΥΠ. ΥΔΑΤΩΝ W. L. (m)	ΣΥΜΒ./ΜΟΣ SYMBOL	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΔΑΦΟΥΣ SOIL DESCRIPTION	ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ SAMPLE DEPTH (m)	Νο. 4 (4.75mm) No. 200 (74 μ)	ΠΡΩΤΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST N (ΚΡΟΥΣΕΙΣ - 30 εκ.)	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ DISCONTINUITIES	ΑΠΟΣΒΑΣΤΗΡΙΑ WEATHERING DEGREE	R.Q.D. (%) ΑΠΟΛΗΨΗ ΠΥΡΗΝΑ CORE RECOV. (%)	γ	γ _d	G _s	σ _c	ε	Ε	ν	ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ DURABILITY INDEX	ψ	φ	φ ₅₀	φ ₃₀	σ _t	ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ PERMEABILITY TEST		
61				<p>ΚΥΑΝΟΤΕΦΡΟΣ ΛΕΠΤΟΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ ΙΛΥΟΪΒΟΣ, ΜΕ ΠΥΚΝΕΣ, ΛΕΠΤΕΣ (ΕΩΣ 2mm) ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΦΑΙΟΥ ΨΑΜΜΙΤΗ.</p> <p>Η ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΙΛΥΟΪΒΟΥ - ΨΑΜΜΙΤΗ ΕΙΝΑΙ 70-30, ΤΟΠΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΕΤΑΙ ΣΕ 80-20 (ΣΕ ΒΑΘΟΣ 61.00-66.00M. / 71.00-76.00).</p> <p>Ο ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΥΠΗΣ ΕΩΣ ΕΛΑΦΡΑ ΑΠΟΣΒΑΣΤΡΟΜΕΝΟΣ, ΣΥΜΠΛΗΡΗ, ΜΕΤΡΙΑ ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟΣ.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ΖΩΝΗ ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ: 64.00-67.00M. <p>ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΑΝΑΠΤΥΣΣΕΤΑΙ ΣΤΗ ΣΤΡΩΣΗ ΜΕ ΚΛΙΣΗ 10°.</p> <p>ΠΡΟΚΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ ΕΛΑΦΡΑ ΤΡΑΧΕΙΕΣ, ΕΠΙΠΕΔΕΣ, ΚΥΡΙΩΣ ΧΩΡΙΣ ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (ΓΕΝΟΤΕ ΠΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΜΕ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟΣΒΑΣΤΡΩΣΗΣ), ΚΛΕΙΣΤΕΣ ΕΩΣ ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΟΙΧΤΕΣ.</p>	61.90-62.30																					
62																										
63																										
64	100%					63.40-63.80																				
65																										
66																										
67						66.80-67.10																				
68																										
69																										
70	100%																									
71																										
72																										
73																										
74																										
75																										
76																										
77	100%																									
78					77.20-77.40																					
79																										
80																										

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :
REMARKS :

ΣΕΛΙΔΑ
PAGE

ΜΗΤΡΩΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

ΕΥΔΕ/ΜΕΔΕ

ΙΟΝΙΑ ΟΔΟΣ : ΤΜΗΜΑ ΑΝΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ - ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ (ΛΥΣΗ ΛΑ), χ.θ.15+500 έως χ.θ. 42+217

ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: **ΓΓ10**

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΟΣ: **Χ=284657**

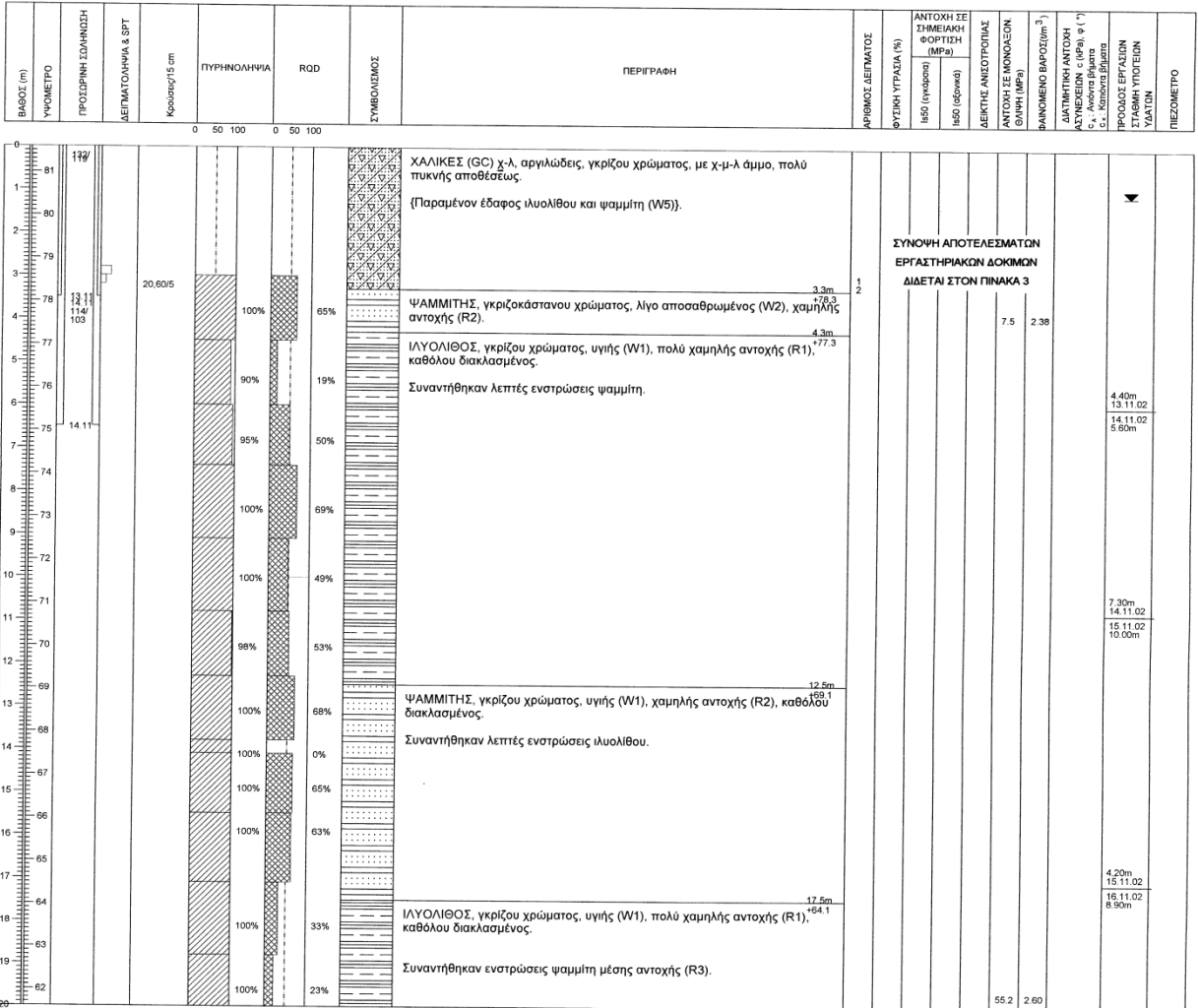
Ψ= 4250675

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: +81.6

ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΣΗ: **23+459, Σ. Σήραγγας** ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: **13 έως 20 Νοεμβρίου 2002**

ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ: **BOYLES BBS-37**

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Τοποθετήθηκαν πλαστικοί σωλήνες Φ50 συνολικού μήκους 45.0m



ΤΥΠΟΣ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ: 0-3m Φ132 W, 3-30.9m T6S101D, 30.9-45m 2T101D

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟ: Β. Μεντζελόπουλος	ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟ: Ι. Αντωνόπουλος	ΕΓΚΡΙΣΗ ΥΠΟ: Δ. Γ. Κούμουλος
----------------------------------	------------------------------	------------------------------

ΚΑΣΤΟΡ ΕΠΕ
ΦΥΛΛΟ 1 ΑΠΟ 3

ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΓΓ10

ΜΗΤΡΩΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

ΕΥΔΕ/ΜΕΔΕ

ΙΟΝΙΑ ΟΔΟΣ : ΤΜΗΜΑ ΑΝΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ - ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ (ΛΥΣΗ ΛΑ), χ.θ.15+500 έως χ.θ. 42+217

ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ: ΓΓ11

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: Χ=283478

Ψ= 4250194

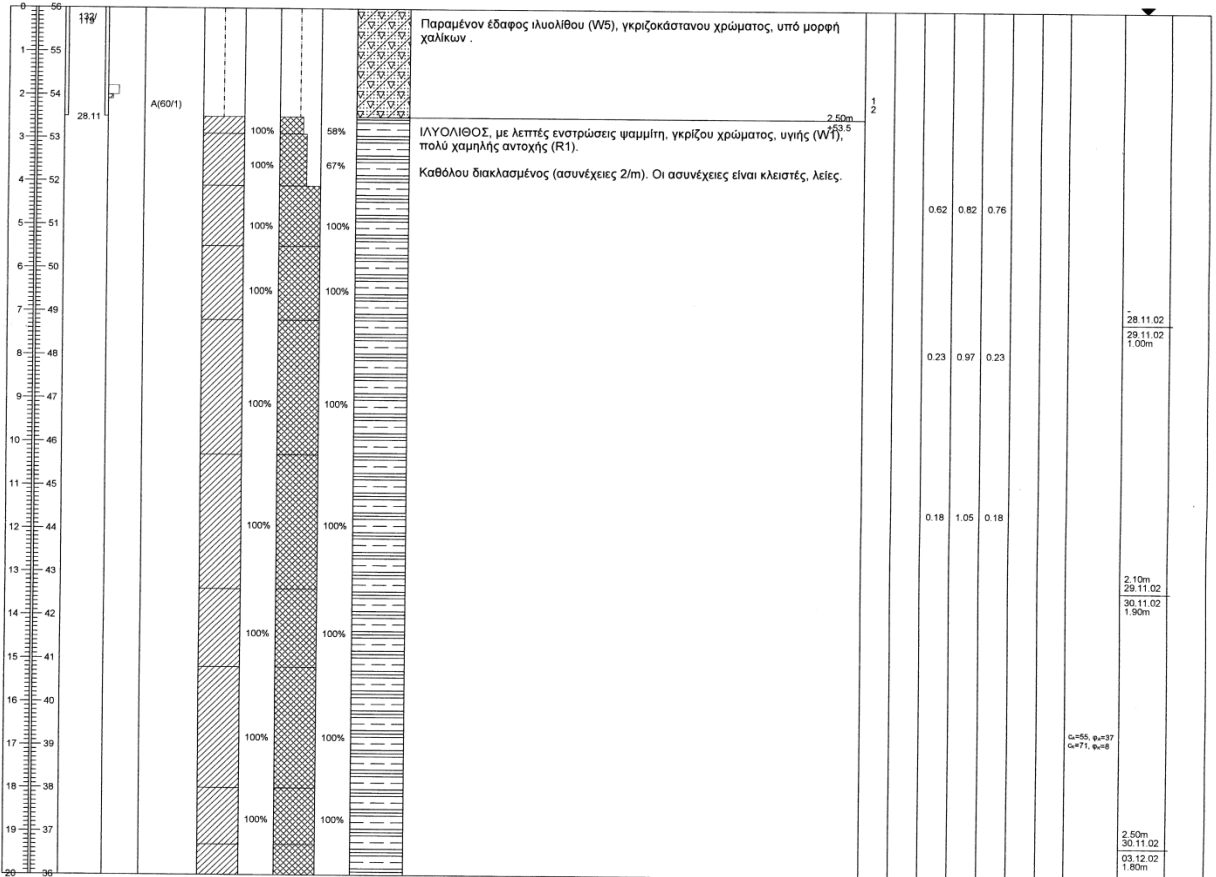
ΥΨΟΜΕΤΡΟ: +56.0

ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΣΗ: 24+731, Σ. Σήραγγας ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 29.11 έως 05.12.2002

ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ: CRAELIUS D-750

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Τοποθετήθηκαν πλαστικοί σωλήνες Φ40 συνολικού μήκους 25.0m

ΒΑΘΟΣ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΣΥΜΒΟΛΗ	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ & SPT	Κρούση/15 cm	ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑ	RQD	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (MPa)		ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΙΑΣ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝ ΕΛΑΤΗ (MPa)	ΦΑΝΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (t/m ³)	ΔΙΑΤΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΛΕΥΚΕΣΙΩΝ c (kPa), φ (°)	C _u , K _u (kN/m ²)	C _v , K _v (kN/m ²)	ΠΡΟΣΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΠΡΟΣΟΣ ΥΠΟΤΕΙΝ	ΠΡΟΣΟΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΠΕΖΟΜΕΤΡΟ
											I50 (εγκάρσια)	I50 (αξονικά)										



ΤΥΠΟΣ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ: 0-2.5m Φ132 W, 2.5-7.2m T6S101D, 7.2-25m 2T101D

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟ: Χ. Κοντογιωργάκης

ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟ: Ι. Αντωνόπουλος

ΕΓΚΡΙΣΗ ΥΠΟ: Δ. Γ. Κούμουλος

ΚΑΣΤΟΡ ΕΠΕ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΓΓ11

ΦΥΛΛΟ 1 ΑΠΟ 2



Γεώτρηση **BT1-201** Βάθος 15.45 – 19.20 μ.



Γεώτρηση **BT1-203** Βάθος 74.70 – 78.30 μ.



Γεώτρηση ΒΤ1-204 Βάθος 54.10 – 57.90 μ.



Γεώτρηση ΒΤ1-205 Βάθος 101.20 – 105.00 μ.



ΚΑΣΤΩΡ ΕΠΕ


H - 51



ΚΑΣΤΩΡ ΕΠΕ

H - 55

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Αντιπροσωπευτικές γεωλογικές
χαρτογραφήσεις μετώπων**



Φύλλο Γεωλογικής - Γεωτεχνικής Τεκμηρίωσης Σήραγγας / Form of geological - geotechnical DOCUMENTATION

Κωδικός: QMD-F/09.01-3
Έκδοση: 1,0
Σελίδα: 1/1

Α/Α ΔΕΛΤΑΙΟΥ / No: **AK_47**

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ / GEOLOGICAL - GEOTECHNICAL DOCUMENTATION

ΣΕΛ. 1/1

ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ / LEFT BRANCH

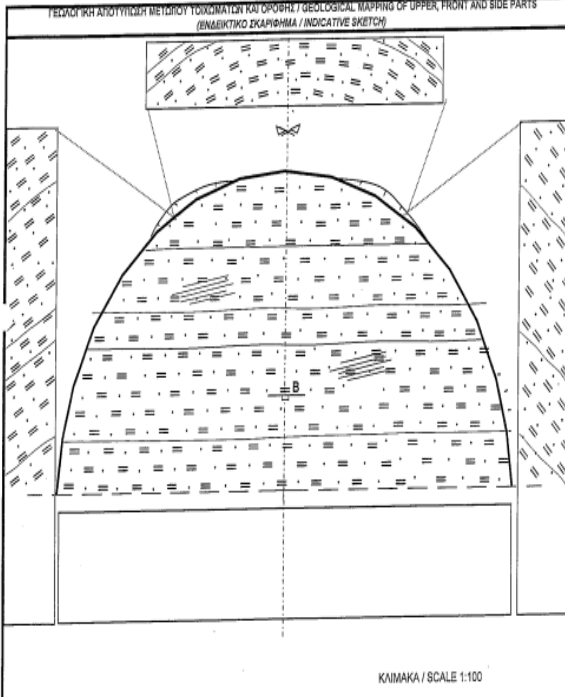
ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ / RIGHT BRANCH

Α/Α ΠΛΑΙΣΙΟΥ / No OF RIB: **87**

Χ.Θ./ CH: **24+245,60**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / DATE: **31/7/2009**

ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ / AZIMUTH OF TUNNEL EXCAVATION: **268,3**



ΚΝΙΜΑΚΑ / SCALE 1:100

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

- Στρώση / Layer
- Διάσχιση / Joint
- Ρήγμα / Fault
- Υψόμετρο / Elevation
- Άξονας / Axis
- Χαρακ. Έργο / Typical point
- Εμφάνιση νερού / Water table
- Ανάβλωση νερού / Dip slope
- Εγκάρσια στο επίπεδο ορθογώνιο / Perpendicular to strike-slip level
- Γεωλογική κατάσταση / Geological fall

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / NOTES:

Αποκαλλίσεις τεμαχίων μικρού όγκου των επιπέδων της στρώσης από τις παρειές.

Αποκαλλίσεις πλακιδίων της στρώσης από την οροφή στο όριο της εκκαψής - αποκάλυψη υπερκειμενής ιλυοθιτικής πλάκας.

Στεγνή βραχώδης, τοπικά υγρασία.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ / GEOLOGICAL DESCRIPTION

Λεπτοσφραγισμένη ιλυοθιτική γκρίζου χρώματος, ελαφρά αποσπασμένη, ελαφρά κερματισμένη, με λεπτές ενδιάστρωσεις λεπτόκοκκου ψαμμίτη. Δεν διακρίνονται παρακατακόμρες ασυνεχείες.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ / TUNNEL CONSTRUCTION METHOD: **Ελεγχόμενες αναπλάξεις και εκκαψή με μηχανικά μέσα**

ΒΗΜΑ ΕΚΚΑΨΗΣ / STEP OF EXCAVATION: **3,00 m**

ΑΠΑΙΤΗΤΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ / DEMAND OF EXTRA SUPPORT MEASURES:

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΠΤΩΞΕΙΣ / GEOLOGICAL FALLS:

RMR (Bieniawski)	
1) Αντοχή βραχώδους (αντοχή αέραου βράχου) / Strength of intact rock:	4
2) Ποιότητα βράχου / Drill core quality RQD:	17
3) Αποστάσεις ασυνεχειών / Spacing of discontinuities:	9
4) Κατάσταση ασυνεχειών / Condition of discontinuities:	18
5) Υπόγειο νερό / Groundwater:	15
6) Διόρθωση λόγω προσανατολισμού των ασυνεχειών / Rating adjustment for discontinuity orientation:	-5
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ / TOTAL RATE:	58

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ / ROCK MASS CLASSIFICATION

ΣΥΣΤΗΜΑ / SYSTEM	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ/CATEGORY
BIENIAWSKI (RMR)	= 58 - Μέτρια βραχώδης (III)
RMC	Βραχώδης τύπου Β (IIS) Κατηγορία Υποστήριξης PSB

ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ / ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ

ΓΕΩΛΟΓΟΣ / GEOLOGIST	ΕΠΙΤΟΞΙΑΡΧΗΣ / SITE MANAGER
ΕΛΙΣΑΒΕΤ ΠΑΝΤΑΝΙΝΙΟΥ	ΗΛΙΑΣ ΧΡΥΣΟΧΡΗΣ

ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ / TYPE AND ORIGIN OF ROCK MASS

ΑΝΤΟΧΗ ΑΚΕΡΑΙΟΥ ΒΡΑΧΟΥ (MPa) / INTACT ROCK STRENGTH	Διεύθυνση / Direction	Επιπέδωση / Bedding	Επιπέδωση / Bedding	Επιπέδωση / Bedding	Επιπέδωση / Bedding	Επιπέδωση / Bedding	Επιπέδωση / Bedding	Επιπέδωση / Bedding	Επιπέδωση / Bedding
Υψηλή / Very high	>250	>10	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>
Υψηλή / High	100-250	4-10	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>
Μέτρια / Moderate	50-100	2-4	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>
Μέτρια / Moderate	25-50	1-2	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>
Μεγάλη / Low	5-25	<1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>
Πολύ μεγάλη / Very low	1-5	<1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>

ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / SPACING OF DISCONTINUITIES

Πολύ σπάνια / Very rare	Πάνω από 2 m	Ok./ Joint set 1	Ok./ Joint set 2	Ok./ Joint set 3	Ok./ Joint set 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Αραιά / Rare	0,6 - 2,0 m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μέτρια / Medium	200-600 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πυκνή / Close	60-200 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πολύ πυκνή / Very close	<60 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / CONDITION OF DISCONTINUITIES

Ανεπιτηρήσιμη (ΣΥΝΕΧΕΙΑ) / UNRELIABLE (CONTINUOUS)	Ok./ Joint set 1	Ok./ Joint set 2	Ok./ Joint set 3	Ok./ Joint set 4
Πολύ λίγη / Very low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Λίγη / Low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μέτρια / Middle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Υψηλή / High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πολύ υψηλή / Very high	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΔΙΑΚΡΟΤΗΡΑΙΟΤΗΤΑ (ΕΠΙΧΩΡΙΑ) / PERMEABILITY (GAPS)

Πολύ κλειστά / Very open	Ok./ Joint set 1	Ok./ Joint set 2	Ok./ Joint set 3	Ok./ Joint set 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Κλειστά / Closed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μεσαία / Medium	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ανοικτά / Open	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ / ROUGHNESS (Κατανομή της επιφάνειας των ασυνεχειών)

Πολύ τραχιά επιφάνεια / Very rough	Ok./ Joint set 1	Ok./ Joint set 2	Ok./ Joint set 3	Ok./ Joint set 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Τραχιά επιφάνεια / Rough	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ελαφρώς τραχιά / Slightly rough	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Λείκη επιφάνεια / Smooth	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΠΕΤΡΩΜΑ ΣΤΙΣ ΠΑΡΕΙΕΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / WEATHERING OF THE JOINTS SURFACE

Υγιές / Unweathered	Ok./ Joint set 1	Ok./ Joint set 2	Ok./ Joint set 3	Ok./ Joint set 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ελαφρώς αποσπασμένη / Slightly weathered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μετρίως αποσπασμένη / Moderately weathered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πολύ αποσπασμένη / Highly weathered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πλήρως αποσπασμένη / Decomposed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ / GROUNDWATER

ΕΙΣΡΟΪΣ ανά 10m μήκους σήραγγας l/hr / INFLOW per 10 m tunnel length:

h/ or ΠΙΕΣΗ ΝΕΡΟΥ / JOINT WATER PRESS: (Mpa)

h/ or ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ / GENERAL CONDITIONS

Τελείως Ξηρό / Completely dry	Ψαμμίτη / Damp	Υψηλό / Wet	Επιπέδωση / Drilling
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flow under: <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / STRIKE AND DIP ORIENTATION

Οριζόντιο / Joint set 1	Β 18/058
Οριζόντιο / Joint set 2	
Οριζόντιο / Joint set 3	
Οριζόντιο / Joint set 4	

Επισημύση: Δίεξις οι διευθύνσεις αναφέρονται ως προς τον μαγνητικό βορρά
Note: Orientation according to magnetic North

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / EFFECT OF DISCONTINUITY ORIENTATION IN TUNNELING

Πολύ ευνοϊκή / VERY FAVOURABLE	Ευνοϊκή / FAVOURABLE	Μετρίως / MODERATE	Ανεπιτηρήσιμη / UNFAVOURABLE	Πολύ ανεπιτηρήσιμη / VERY UNFAVOURABLE
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	-2	-5	-10	-12



Φύλλο Γεωλογικής - Γεωτεχνικής Τεκμηρίωσης Σήραγγας / Form of geological - geotechnical DOCUMENTATION

Κωδικός: QMD-P/09.01-3
Έκδοση: 1.0
Σελίδα: 1/1

Α/Α ΔΕΛΤΑΙΟΥ No: **AK_104**

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ / GEOLOGICAL - GEOTECHNICAL DOCUMENTATION:

ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ / LEFT BRANCH

ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ / RIGHT BRANCH

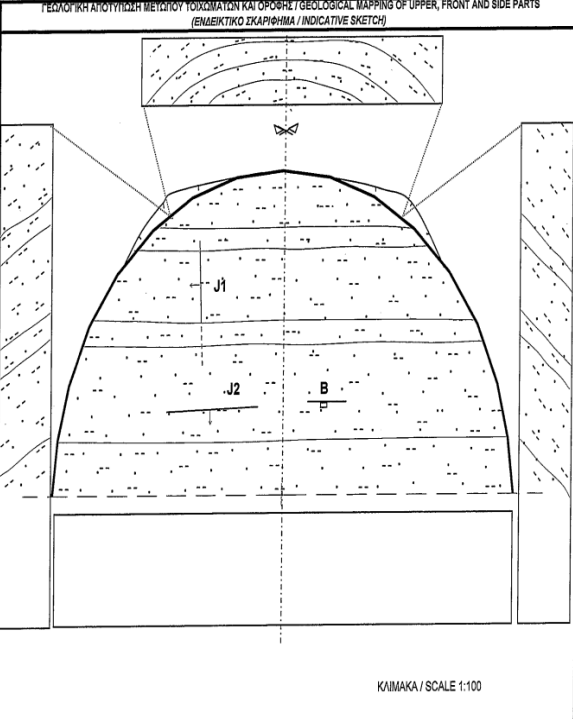
Α/Α ΠΛΑΙΣΙΟΥ / No OF RIB: 203

X.Θ./ CH: 24+621,00

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / DATE: 20/10/2009

ΑΖΙΜΟΥΣΙΟ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ / AZIMUTH OF TUNNEL EXCAVATION: 285,54

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕΤΩΠΟΥ ΤΟΞΟΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΟΡΟΣΗΣ / GEOLOGICAL MAPPING OF UPPER, FRONT AND SIDE PARTS (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΣΚΗΤΣΗΜΑ / INDICATIVE SKETCH)



ΚΑΙΜΑΚΑ / SCALE 1:100

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

- Ιλιθιόβιος
- Ψαμίτης
- Αργιλικός ιλιθιόβιος
- Ψαμίτης ΙΙIsa
- Υγροαία
- Στάγιονες
- Ρήγμα
- Αριθμός προς την διεύθυνση διάνοξης / Κατά την διεύθυνση διάνοξης
- Γεωλογικές καταπτώσεις / Geological fall

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / NOTES:

Αποκολλήσεις τεμαχίων μικρού όγκου των επιπέδων της στρώσης από τις παρειές.

Στεγνή βραχώμαζα.

GEOLOGICAL DESCRIPTION

Γκριζός λεπτοστρωματώδης ψαμίτης με λεπτές ιλιθιόβιες ενδιαστρώσεις.

Οι στρώσεις παρουσιάζονται κυρίως κλειστές, χωρίς υλικό πλήρωσης με ελαφρώς τραχείες (πιο σπάνια) έως τραχείες επιφάνειες. Δεν διακρίνονται άλλες ασυνέχειες εκτός από την στρώση.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ / TUNNEL CONSTRUCTION METHOD: Ελεγχόμενες ανατομίες και εκσκαφή με μηχανικά μέσα

ΒΗΜΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ / STEP OF EXCAVATION: 3,50 m

ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ / DEMAND OF EXTRA SUPPORT MEASURES:

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ / GEOLOGICAL FALLS:

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ / ROCK MASS CLASSIFICATION

ΣΥΣΤΗΜΑ / SYSTEM	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ / CATEGORY
BIENIAWSKI (RMR)	= 67 - Καλή βραχώμαζα (II)
RMC	Βραχώμαζα τύπου A (IIsa) Κατηγορία Υποστήριξης PSA

ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ / ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ

ΓΕΩΛΟΓΟΣ / GEOLOGIST	ΕΠΙΤΑΞΙΑΡΧΗΣ / SITE MANAGER
ΕΛΙΣΑΒΕΤ ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ	ΗΛΙΑΣ ΧΑΛΟΥΠΕΑΦΟΣ

Ο δείκτης RMR προκύπτει με βαρότητα στην στρώση

ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ / TYPE AND ORIGIN OF ROCK MASS

ΑΝΤΟΧΗ ΑΚΕΡΑΙΟΥ ΒΡΑΧΙΟΥ (Mpa) / INTACT ROCK STRENGTH	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΙΟΥ / DRILL CORE QUALITY RQD					
Χαρακτηρισμός / Description	Αντοχή / Strength	Δείκτης / Rate	Επιφανειακή / Excellent	60-100%	<input type="checkbox"/>	20
Πολύ υψηλή / Very high	>250	>10	<input type="checkbox"/>	75-90%	<input type="checkbox"/>	17
Υψηλή / High	100-250	4-10	<input type="checkbox"/>	60-75%	<input type="checkbox"/>	13
Μέση / Middle	60-100	2-4	<input checked="" type="checkbox"/>	25-50%	<input type="checkbox"/>	8
Μέτρια / Moderate	25-60	1-2	<input type="checkbox"/>	<25%	<input type="checkbox"/>	3
Μικρή / Low	5-25	<1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Πολύ μικρή / Very low	1-5		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<1		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

(RQD): Rock Quality Designation

ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / SPACING OF DISCONTINUITIES

	Οκτ./ Joint set 1	Οκτ./ Joint set 2	Οκτ./ Joint set 3	Οκτ./ Joint set 4	
Πολύ σπάνια / Very rare	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20
Σπάνια / Rare	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15
Μέτρια / Medium	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10
Πυκνή / Close	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8
Πολύ πυκνή / Very close	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / CONDITION OF DISCONTINUITIES

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΡΙΣΤΑΣΕΩΣ (ΣΥΝΕΧΕΙΑ) / DEVELOPMENT OF DISCONTINUITIES	Οκτ./ Joint set 1	Οκτ./ Joint set 2	Οκτ./ Joint set 3	Οκτ./ Joint set 4	
Πολύ λεία / Very low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
Λεία / Low	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
Μέση / Middle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
Υψηλή / High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
Πολύ υψηλή / Very high	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ/ΑΠΕΡΤΟΥΡΑ (ΜΕΤΡΩΣ ΑΠΕΡΤΟΥΡΑΣ) / DISCONTINUITIES APERTURE

Κλειστής / Closed	Οκτ./ Joint set 1	Οκτ./ Joint set 2	Οκτ./ Joint set 3	Οκτ./ Joint set 4	
Πολύ κλειστής / Very closed	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
Κλειστής / Closed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5
Μέτρια ανοικτή / Moderate open	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
Ανοικτής / Open	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
Πολύ ανοικτής / Very open	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ / ROUGHNESS (Καταγράφουμε επίσης εάν οι επιφάνειες είναι οδοντωτές κυματοειδείς ή επίπεδες)

	Οκτ./ Joint set 1	Οκτ./ Joint set 2	Οκτ./ Joint set 3	Οκτ./ Joint set 4	
Πολύ τραχείες επιφάνειες / Very rough	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
Τραχείες επιφάνειες / Rough	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5
Ελαφρώς τραχείες / Slightly rough	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Λείες επιφάνειες / Smooth	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
Διασημένιες / Silkened	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ (ΓΕΜΙΣΜΑ) / INFILLING

Πολύ κλειστής - Όχι υλικό πλήρωσης / None	Οκτ./ Joint set 1	Οκτ./ Joint set 2	Οκτ./ Joint set 3	Οκτ./ Joint set 4	
Πολύ κλειστής - Όχι υλικό πλήρωσης / None	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
< 5 mm - Σκληρό υλικό πλήρωσης / Hard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
> 5 mm - Σκληρό υλικό πλήρωσης / Hard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
< 5 mm - Μαλακό υλικό πλήρωσης / Soft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
> 5 mm - Μαλακό υλικό πλήρωσης / Soft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

ΠΕΤΡΩΜΑ ΣΤΙΣ ΠΑΡΕΙΕΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / WEATHERING OF THE JOINTS SURFACE

	Οκτ./ Joint set 1	Οκτ./ Joint set 2	Οκτ./ Joint set 3	Οκτ./ Joint set 4	
Υγιές / Unweathered	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
Ελαφρώς αποσβραμμένο / Slightly weathered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5
Μέτρια αποσβραμμένο / Moderate weathered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Πολύ αποσβραμμένο / Highly weathered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
Πλήρως αποσβραμμένο / Decomposed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

ΥΠΟΓΙΟ ΝΕΡΟ / GROUNDWATER

ΕΙΣΡΟΕΣ ανά 10m μήκους σήραγγας /litre / INFLOW per 10 m tunnel length.....

f/ or

ΠΙΕΣΗ ΝΕΡΟΥ / JOINT WATER PRESS (Mpa)

f/ or

ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ / GENERAL CONDITIONS

Τηλελύς / Completely dry	Ψαχνή / Damp	Υγρή / Wet	Ενδύνη / Dripping
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ροή υπό: Χαμηλή Πίεση / Low pressure	Μέση Πίεση / Middle pressure	Υψηλή Πίεση / High pressure	
Flow under: <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

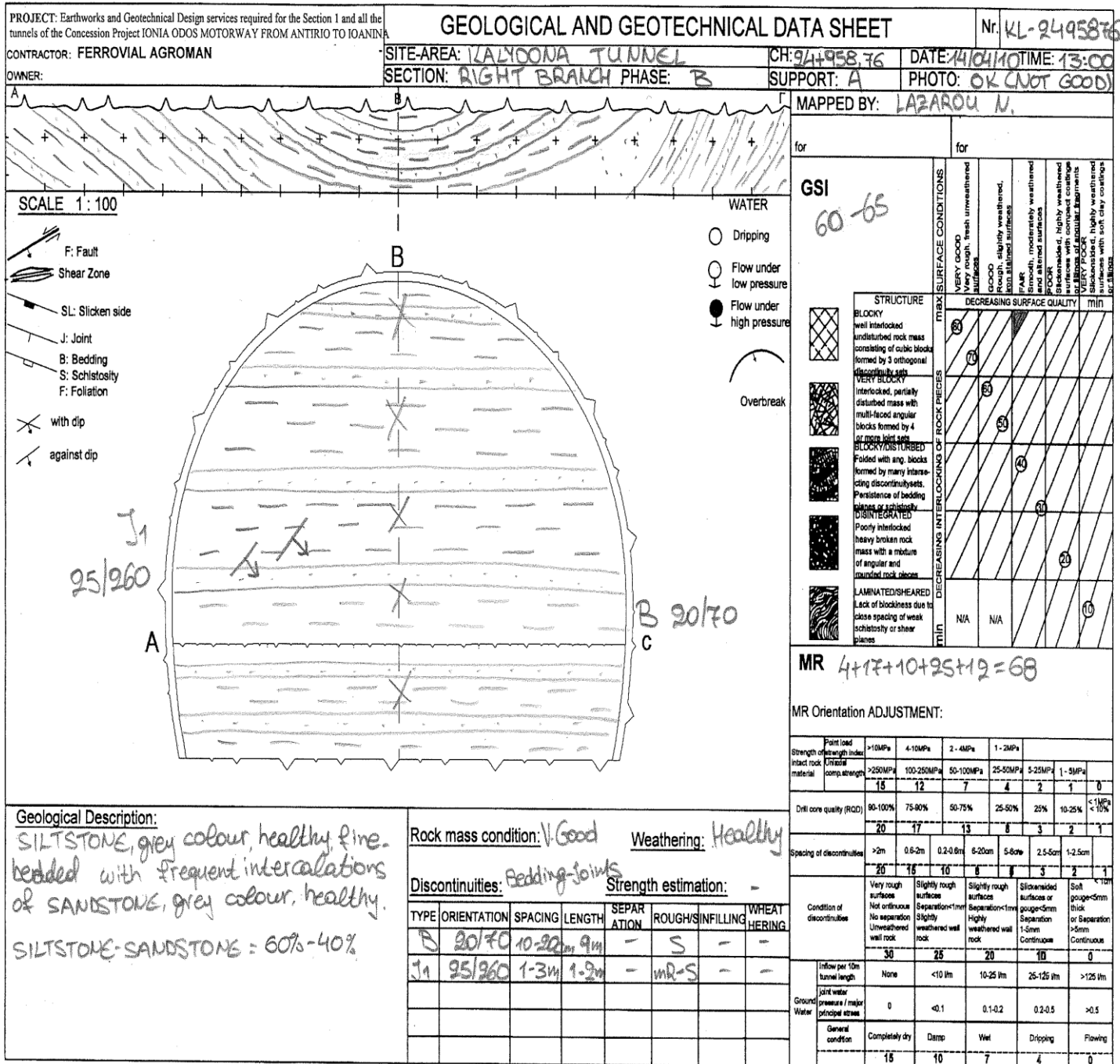
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / STRIKE AND DIP ORIENTATION

Οικαγένοια / Joint set 1	B 17/064
Οικαγένοια / Joint set 2	J1 88/330 (επίσημη)
Οικαγένοια / Joint set 3	J2 40/060
Οικαγένοια / Joint set 4	

Σημείωση: Όλες οι διευθύνσεις αναφέρονται ως προς τον μαγνητικό βορρά
Note: Orientation according to magnetic North

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ / EFFECT OF DISCONTINUITIES ORIENTATION IN TUNNELING

ΠΟΛΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ / VERY FAVOURABLE	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ / FAVOURABLE	ΜΕΤΡΙΑΣ / FAIR	ΑΝΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ / UNFAVOURABLE	ΠΟΛΥ ΑΝΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ / VERY UNFAVOURABLE
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	-2	-5	-10	-12





KALYDONA TUNNEL

CALZADA DERECHA / RIGHT BRANCH

DATOS ESTRUCTURALES DEL MACIZO ROCOSO. LEVANTAMIENTO GEOTECNICO DEL FRENTE / ROCK MASS STRUCTURAL DATA. GEOLOGICAL MAPPING OF FRONT

CALZADA DERECHA/RIGHT BRANCH			
FECHA / DATE	20/01/10	PASE / STEP:	10 P.K. 25229
FASE / PHASE	Avance / Heading	AVANCE POR PASE / ADVANCE BY STEP (m):	1,5
DISTANCIA AL ORIGEN / DISTANCE FROM THE ORIGIN (m):	9	MONTERA / OVER BURDEN (m):	8,5

ESTRUCTURA DEL MACIZO / ROCK MASS STRUCTURE					
LITOLOGÍA / LITHOLOGY	PLANO / PLANE	ORIENTACIÓN / ORIENTATION		ESPACIADO / SPACING OF DISCONTINUITIES (m)	ALTERACIÓN / WEATHERING OF THE JOINTS SURFACE
		AZIMUT	BUZAMIENTO / DIP		
Siltstone gray	S0 / LAYER	050	25	0,06-0,2	slightly weathered
Siltstone gray	J1	180	65-70	0,6-2	slightly weathered

DESCRIPCION DEL FRENTE / ROCK MASS DESCRIPTION
 Frente estable formado por limolitas de color gris con alternancias de paquetes de espesor centimétrico de limolita ocre alterada. Se establece una junta subvertical que aparece en buenas condiciones, sin aperturas ni rellenos. Es posible establecer presencia de agua sobre todo hacia hastial derecho segun avance de P.K. La estratificación aparece bien marcada y con buzamiento favorable al avance de excavación.
 The front is stable and is formed for gray siltstones alternating with packets of other altered siltstone. The front present a subvertical joint in good condition. Is a possible to establish the presence of water especially to right shoulder in advance P.K. The stratification is well marked and dipping favorable to advancing excavation.

CLASIFICACION DE BIENIAWSKI / BIENIAWSKI CLASSIFICATION (1989)			
PARAMETRO / PARAMETER	VALORACION / VALUATION	DATA	
RCS / SCR (Kv/cm ²)	250/500		4
RQD (%)	60-75		13
Espaciado / Espacing of discontinuities (m)	0,06-0,2		8
Estado de las juntas / Joint condition	Persistence (m)	3-10	2
	Roughness	slightly rough	3
	Aperture (mm)	0,1-1	3
	Infilling (mm)		5
	Weathered	Mod/ slightly Weathered	3
Agua freática / Groundwater	slightly damp		10
RMR Básico / RMR basic	51	CLASE / CATEGORY	III-MEDIUM
Orientación discontinuidades / Discontinuity orientation			Favourable -2
RMR corregido / RMR corrected	49	CLASE / CATEGORY	III-MEDIUM
GSI	46	CATEGORIA / RMC (project)	B

SOSTENIMIENTO RECOMENDADO SEGÚN BIENIAWSKI / RECOMMENDED SUPPORT BY BIENIAWSKI (1989)		
SHOTCRETE	cm	10-15
RICK BOLTS	MESH (m x m)	1,5 X 1,5 / 2X2
	LENGTH (m)	4-5
STEEL RIBS		slight or no
ADVANCE STEP (m)		1-3

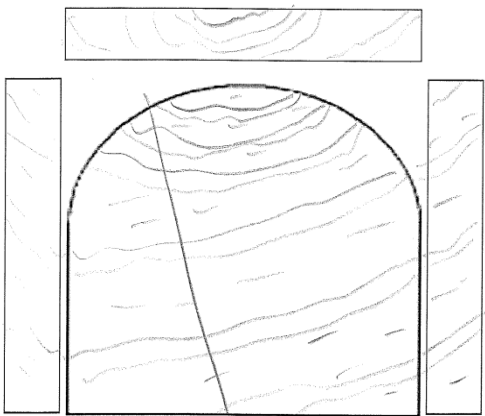
SOSTENIMIENTO RECOMENDADO SEGÚN PROYECTO EN ISI / RECOMMENDED SUPPORT PROJECT IN ISI
 SUPPORT CLASS PS-D / PS-B / PSA

SHOTCRETE	cm	18/12/10
RICK BOLTS	MESH (m x m)	1,5X1,5 / 2X2 / 2,5X2,5
	LENGTH (m)	4/4/3
STEEL RIBS		HEB-140 / NO / NO
ADVANCE STEP (m)		1,5X1,5 / 2X2 / 2,5X2,5

SOSTENIMIENTO PROPUUESTO / PROPOSED SUPPORT:
 SUPPORT CLASS PS-D

SHOTCRETE	cm	18
RICK BOLTS	MESH (m x m)	1,5 X 1,5
	LENGTH (m)	4
STEEL RIBS		HEB-140
ADVANCE STEP (m)		1,5

CROQUIS DEL FRENTE / FRONT CROCKIS



FOTOGRAFIA DEL FRENTE / PHOTOGRAPH OF DE FRONT



	GEOLOGIST
	SITE MANAGER

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Ημερολόγιο προόδου σήραγγας

ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ				ΔΕΞΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ			
ΗΜ/ΝΙΑ	Χ.Θ.	ΒΗΜΑ	PS	ΗΜ/ΝΙΑ	Χ.Θ.	ΒΗΜΑ	PS
1/6/2009	24+0	57,50	0,5	27/5/2009	24+0	51,00	0,5
2/6/2009	24+0	59,00	1,5	29/5/2009	24+0	52,50	1,5
3/6/2009	24+0	60,50	1,5	30/5/2009	24+0	54,00	1,5
4/6/2009	24+0	62,00	1,5	2/6/2009	24+0	55,50	1,5
5/6/2009	24+0	63,50	1,5	3/6/2009	24+0	57,00	1,5
9/6/2009	24+0	65,00	1,5	4/6/2009	24+0	58,50	1,5
10/6/2009	24+0	66,50	1,5	5/6/2009	24+0	60,00	1,5
11/6/2009	24+0	68,00	1,5	9/6/2009	24+0	61,50	1,5
11/6/2009	24+0	69,50	1,5	10/6/2009	24+0	63,50	2,0
12/6/2009	24+0	71,00	1,5	10/6/2009	24+0	65,00	1,5
13/6/2009	24+0	72,50	1,5	10/6/2009	24+0	67,00	2,0
14/6/2009	24+0	74,00	1,5	11/6/2009	24+0	69,00	2,0
15/6/2009	24+0	75,50	1,5	12/6/2009	24+0	71,00	2,0
15/6/2009	24+0	77,00	1,5	13/6/2009	24+0	73,00	2,0
16/6/2009	24+0	78,50	1,5	14/6/2009	24+0	75,00	2,0
16/6/2009	24+0	80,00	1,5	15/6/2009	24+0	77,00	2,0
17/6/2009	24+0	81,50	1,5	15/6/2009	24+0	79,00	2,0
17/6/2009	24+0	83,50	2,0	16/6/2009	24+0	81,00	2,0
18/6/2009	24+0	85,50	2,0	16/6/2009	24+0	83,50	2,5
18/6/2009	24+0	87,30	1,8	17/6/2009	24+0	86,00	2,5
19/6/2009	24+0	89,30	2,0	18/6/2009	24+0	88,50	2,5
20/6/2009	24+0	91,30	2,0	18/6/2009	24+0	90,50	2,0
21/6/2009	24+0	93,30	2,0	19/6/2009	24+0	93,00	2,5
22/6/2009	24+0	95,30	2,0	19/6/2009	24+0	95,00	2,0
23/6/2009	24+0	97,80	2,5	20/6/2009	24+0	97,00	2,0
23/6/2009	24+	100,30	2,5	22/6/2009	24+0	99,00	2,0
24/6/2009	24+	102,80	2,5	22/6/2009	24+	101,00	2,0
24/6/2009	24+	105,30	2,5	23/6/2009	24+	103,50	2,5
25/6/2009	24+	107,80	2,5	23/6/2009	24+	106,00	2,5
26/6/2009	24+	110,30	2,5	24/6/2009	24+	108,50	2,5
27/6/2009	24+	112,50	2,2	25/6/2009	24+	111,00	2,5
28/6/2009	24+	114,50	2,0	26/6/2009	24+	113,50	2,5
29/6/2009	24+	116,50	2,0	27/6/2009	24+	116,00	2,5
29/6/2009	24+	118,50	2,0	28/6/2009	24+	118,00	2,0
30/6/2009	24+	121,00	2,5	29/6/2009	24+	120,00	2,0
30/6/2009	24+	123,50	2,5	29/6/2009	24+	122,00	2,0
1/7/2009	24+	126,00	2,5	30/6/2009	24+	124,00	2,0
2/7/2009	24+	128,80	2,8	30/6/2009	24+	126,50	2,5
3/7/2009	24+	131,50	2,7	1/7/2009	24+	128,50	2,0
4/7/2009	24+	134,00	2,5	2/7/2009	24+	130,50	2,0
5/7/2009	24+	136,80	2,8	2/7/2009	24+	132,50	2,0
6/7/2009	24+	139,30	2,5	3/7/2009	24+	134,80	2,3
6/7/2009	24+	141,80	2,5	4/7/2009	24+	137,00	2,2
7/7/2009	24+	144,30	2,5	6/7/2009	24+	139,00	2,0
8/7/2009	24+	146,80	2,5	6/7/2009	24+	141,00	2,0
8/7/2009	24+	148,80	2,0	7/7/2009	24+	143,00	2,0
9/7/2009	24+	151,00	2,2	7/7/2009	24+	145,20	2,2

9/7/2009	24+	153,20	2,2	PS B	8/7/2009	24+	147,40	2,2	PS B
10/7/2009	24+	155,20	2,0		8/7/2009	24+	149,40	2,0	
10/7/2009	24+	157,20	2,0		9/7/2009	24+	151,40	2,0	
12/7/2009	24+	159,20	2,0		9/7/2009	24+	153,50	2,1	
13/7/2009	24+	161,30	2,1		10/7/2009	24+	155,50	2,0	
13/7/2009	24+	163,10	1,8		11/7/2009	24+	157,60	2,1	
13/7/2009	24+	164,70	1,6		12/7/2009	24+	159,60	2,0	
14/7/2009	24+	166,50	1,8		13/7/2009	24+	161,70	2,1	
14/7/2009	24+	168,10	1,6		13/7/2009	24+	164,20	2,5	
15/7/2009	24+	170,20	2,1		14/7/2009	24+	166,80	2,6	
15/7/2009	24+	172,20	2,0		14/7/2009	24+	169,30	2,5	
16/7/2009	24+	174,40	2,2		15/7/2009	24+	172,00	2,7	
17/7/2009	24+	176,40	2,0		15/7/2009	24+	174,50	2,5	
17/7/2009	24+	178,40	2,0		16/7/2009	24+	177,00	2,5	
19/7/2009	24+	180,50	2,1		16/7/2009	24+	179,10	2,1	
20/7/2009	24+	183,00	2,5		16/7/2009	24+	181,10	2,0	
20/7/2009	24+	185,50	2,5		17/7/2009	24+	183,70	2,6	
21/7/2009	24+	188,30	2,8		18/7/2009	24+	186,20	2,5	
21/7/2009	24+	190,90	2,6		19/7/2009	24+	188,70	2,5	
21/7/2009	24+	193,40	2,5		20/7/2009	24+	191,30	2,6	
22/7/2009	24+	196,00	2,6		20/7/2009	24+	193,80	2,5	
22/7/2009	24+	198,60	2,6		21/7/2009	24+	196,30	2,5	
23/7/2009	24+	201,10	2,5		21/7/2009	24+	198,80	2,5	
23/7/2009	24+	203,70	2,6		22/7/2009	24+	201,80	3,0	
24/7/2009	24+	206,20	2,5		22/7/2009	24+	204,80	3,0	
24/7/2009	24+	208,80	2,6		22/7/2009	24+	207,80	3,0	
25/7/2009	24+	211,30	2,5		23/7/2009	24+	210,80	3,0	
26/7/2009	24+	213,90	2,6		23/7/2009	24+	213,30	2,5	
27/7/2009	24+	216,60	2,7		24/7/2009	24+	216,30	3,0	
27/7/2009	24+	219,00	2,4		25/7/2009	24+	219,30	3,0	
28/7/2009	24+	221,70	2,7		26/7/2009	24+	222,30	3,0	
28/7/2009	24+	224,20	2,5	27/7/2009	24+	225,30	3,0		
28/7/2009	24+	226,70	2,5	27/7/2009	24+	228,80	3,5		
29/7/2009	24+	229,50	2,8	27/7/2009	24+	231,80	3,0		
29/7/2009	24+	232,50	3,0	28/7/2009	24+	234,80	3,0		
30/7/2009	24+	235,00	2,5	28/7/2009	24+	237,60	2,8		
30/7/2009	24+	237,50	2,5	29/7/2009	24+	240,10	2,5		
30/7/2009	24+	240,00	2,5	29/7/2009	24+	242,60	2,5		
31/7/2009	24+	242,50	2,5	29/7/2009	24+	245,60	3,0		
31/7/2009	24+	245,50	3,0	30/7/2009	24+	248,10	2,5		
1/8/2009	24+	248,50	3,0	30/7/2009	24+	250,60	2,5		
2/8/2009	24+	251,50	3,0	31/7/2009	24+	253,10	2,5		
3/8/2009	24+	254,00	2,5	31/7/2009	24+	255,60	2,5		
3/8/2009	24+	257,00	3,0	1/8/2009	24+	257,60	2,0		
4/8/2009	24+	260,00	3,0	2/8/2009	24+	260,10	2,5		
4/8/2009	24+	263,00	3,0	3/8/2009	24+	263,10	3,0		
5/8/2009	24+	265,50	2,5	3/8/2009	24+	265,60	2,5		
5/8/2009	24+	268,50	3,0	3/8/2009	24+	268,10	2,5		
6/8/2009	24+	271,50	3,0	4/8/2009	24+	271,10	3,0		
6/8/2009	24+	274,50	3,0	4/8/2009	24+	273,60	2,5		
6/8/2009	24+	277,50	3,0	5/8/2009	24+	276,60	3,0		

7/8/2009	24+	280,50	3,0	PS A	5/8/2009	24+	279,60	3,0	PS A
7/8/2009	24+	283,50	3,0		6/8/2009	24+	282,60	3,0	
8/8/2009	24+	286,50	3,0		6/8/2009	24+	285,60	3,0	
8/8/2009	24+	289,50	3,0		7/8/2009	24+	288,60	3,0	
17/8/2009	24+	292,50	3,0		7/8/2009	24+	291,60	3,0	
17/8/2009	24+	295,00	2,5		7/8/2009	24+	294,60	3,0	
18/8/2009	24+	298,00	3,0		8/8/2009	24+	297,60	3,0	
18/8/2009	24+	300,50	2,5		8/8/2009	24+	301,10	3,5	
18/8/2009	24+	303,00	2,5		17/8/2009	24+	304,60	3,5	
19/8/2009	24+	306,00	3,0		17/8/2009	24+	307,60	3,0	
19/8/2009	24+	309,00	3,0		18/8/2009	24+	310,60	3,0	
20/8/2009	24+	312,00	3,0		18/8/2009	24+	313,60	3,0	
20/8/2009	24+	314,50	2,5		19/8/2009	24+	316,60	3,0	
21/8/2009	24+	317,50	3,0		19/8/2009	24+	319,60	3,0	
21/8/2009	24+	320,50	3,0		20/8/2009	24+	322,60	3,0	
22/8/2009	24+	323,50	3,0		20/8/2009	24+	325,60	3,0	
22/8/2009	24+	326,50	3,0		21/8/2009	24+	328,10	2,5	
23/8/2009	24+	329,50	3,0		21/8/2009	24+	331,10	3,0	
24/8/2009	24+	332,50	3,0		22/8/2009	24+	333,60	2,5	
24/8/2009	24+	335,50	3,0		22/8/2009	24+	336,60	3,0	
25/8/2009	24+	337,50	2,0		23/8/2009	24+	339,60	3,0	
25/8/2009	24+	339,50	2,0		23/8/2009	24+	342,60	3,0	
25/8/2009	24+	342,50	3,0		24/8/2009	24+	345,60	3,0	
26/8/2009	24+	345,50	3,0		24/8/2009	24+	348,60	3,0	
26/8/2009	24+	348,50	3,0		25/8/2009	24+	351,50	2,9	
27/8/2009	24+	351,50	3,0		25/8/2009	24+	354,50	3,0	
27/8/2009	24+	354,50	3,0		26/8/2009	24+	357,50	3,0	
27/8/2009	24+	357,50	3,0		26/8/2009	24+	359,50	2,0	
28/8/2009	24+	360,50	3,0		26/8/2009	24+	362,50	3,0	
28/8/2009	24+	363,50	3,0		27/8/2009	24+	365,00	2,5	
29/8/2009	24+	366,50	3,0		27/8/2009	24+	368,00	3,0	
31/8/2009	24+	369,50	3,0	28/8/2009	24+	371,00	3,0		
31/8/2009	24+	372,50	3,0	28/8/2009	24+	374,50	3,5		
31/8/2009	24+	375,50	3,0	29/8/2009	24+	378,00	3,5		
1/9/2009	24+	378,50	3,0	30/8/2009	24+	381,50	3,5		
1/9/2009	24+	381,50	3,0	31/8/2009	24+	385,00	3,5		
2/9/2009	24+	385,00	3,5	31/8/2009	24+	388,50	3,5		
2/9/2009	24+	389,00	4,0	1/9/2009	24+	392,00	3,5		
3/9/2009	24+	393,00	4,0	1/9/2009	24+	395,50	3,5		
3/9/2009	24+	397,00	4,0	2/9/2009	24+	399,00	3,5		
4/9/2009	24+	400,00	3,0	2/9/2009	24+	403,00	4,0		
5/9/2009	24+	404,00	4,0	3/9/2009	24+	406,50	3,5		
6/9/2009	24+	407,00	3,0	3/9/2009	24+	410,50	4,0		
7/9/2009	24+	410,50	3,5	4/9/2009	24+	414,50	4,0		
7/9/2009	24+	415,00	4,5	4/9/2009	24+	418,00	3,5		
8/9/2009	24+	418,00	3,0	6/9/2009	24+	421,50	3,5		
8/9/2009	24+	421,50	3,5	7/9/2009	24+	425,50	4,0		
9/9/2009	24+	425,50	4,0	7/9/2009	24+	429,00	3,5		
9/9/2009	24+	429,50	4,0	8/9/2009	24+	433,00	4,0		
10/9/2009	24+	433,00	3,5	8/9/2009	24+	437,00	4,0		
10/9/2009	24+	437,00	4,0	9/9/2009	24+	440,00	3,0		

11/9/2009	24+	440,00	3,0	9/9/2009	24+	443,00	3,0
12/9/2009	24+	443,00	3,0	10/9/2009	24+	446,00	3,0
13/9/2009	24+	446,50	3,5	10/9/2009	24+	450,00	4,0
14/9/2009	24+	450,00	3,5	11/9/2009	24+	453,50	3,5
14/9/2009	24+	453,00	3,0	11/9/2009	24+	456,50	3,0
15/9/2009	24+	457,00	4,0	12/9/2009	24+	460,00	3,5
15/9/2009	24+	460,50	3,5	13/9/2009	24+	464,00	4,0
16/9/2009	24+	464,50	4,0	14/9/2009	24+	467,00	3,0
16/9/2009	24+	468,00	3,5	14/9/2009	24+	470,50	3,5
17/9/2009	24+	472,00	4,0	15/9/2009	24+	474,00	3,5
17/9/2009	24+	475,50	3,5	15/9/2009	24+	478,00	4,0
18/9/2009	24+	479,50	4,0	16/9/2009	24+	481,50	3,5
18/9/2009	24+	483,00	3,5	16/9/2009	24+	485,50	4,0
20/9/2009	24+	487,00	4,0	17/9/2009	24+	488,50	3,0
21/9/2009	24+	491,00	4,0	17/9/2009	24+	492,00	3,5
21/9/2009	24+	494,50	3,5	18/9/2009	24+	496,00	4,0
22/9/2009	24+	497,50	3,0	19/9/2009	24+	499,50	3,5
22/9/2009	24+	501,00	3,5	20/9/2009	24+	503,00	3,5
23/9/2009	24+	504,50	3,5	21/9/2009	24+	506,50	3,5
23/9/2009	24+	508,00	3,5	21/9/2009	24+	510,00	3,5
24/9/2009	24+	511,50	3,5	22/9/2009	24+	513,50	3,5
24/9/2009	24+	515,00	3,5	23/9/2009	24+	517,00	3,5
25/9/2009	24+	518,50	3,5	23/9/2009	24+	520,00	3,0
26/9/2009	24+	522,00	3,5	24/9/2009	24+	523,00	3,0
27/9/2009	24+	525,00	3,0	24/9/2009	24+	526,00	3,0
28/9/2009	24+	528,00	3,0	25/9/2009	24+	529,00	3,0
29/9/2009	24+	531,50	3,5	25/9/2009	24+	531,50	2,5
29/9/2009	24+	535,00	3,5	26/9/2009	24+	534,50	3,0
30/9/2009	24+	538,50	3,5	27/9/2009	24+	537,50	3,0
30/9/2009	24+	542,00	3,5	28/9/2009	24+	540,50	3,0
1/10/2009	24+	545,50	3,5	29/9/2009	24+	543,50	3,0
1/10/2009	24+	548,50	3,0	29/9/2009	24+	547,00	3,5
2/10/2009	24+	552,00	3,5	30/9/2009	24+	550,50	3,5
6/10/2009	24+	555,50	3,5	30/9/2009	24+	554,00	3,5
6/10/2009	24+	558,50	3,0	1/10/2009	24+	557,50	3,5
7/10/2009	24+	561,50	3,0	1/10/2009	24+	561,00	3,5
7/10/2009	24+	565,00	3,5	2/10/2009	24+	563,50	2,5
8/10/2009	24+	568,00	3,0	2/10/2009	24+	566,50	3,0
8/10/2009	24+	571,50	3,5	6/10/2009	24+	570,00	3,5
9/10/2009	24+	574,50	3,0	6/10/2009	24+	573,00	3,0
9/10/2009	24+	578,00	3,5	7/10/2009	24+	576,50	3,5
11/10/2009	24+	581,50	3,5	7/10/2009	24+	579,50	3,0
12/10/2009	24+	584,50	3,0	8/10/2009	24+	583,00	3,5
12/10/2009	24+	588,00	3,5	9/10/2009	24+	586,00	3,0
13/10/2009	24+	590,50	2,5	9/10/2009	24+	590,00	4,0
13/10/2009	24+	594,00	3,5	10/10/2009	24+	593,00	3,0
15/10/2009	24+	597,50	3,5	11/10/2009	24+	596,00	3,0
15/10/2009	24+	600,50	3,0	12/10/2009	24+	599,50	3,5
16/10/2009	24+	604,00	3,5	12/10/2009	24+	602,00	2,5
17/10/2009	24+	607,00	3,0	13/10/2009	24+	606,00	4,0
18/10/2009	24+	610,00	3,0	13/10/2009	24+	609,50	3,5

19/10/2009	24+	613,50	3,5	PS A	15/10/2009	24+	613,00	3,5	PS A		
19/10/2009	24+	617,50	4,0		16/10/2009	24+	615,50	2,5			
20/10/2009	24+	621,00	3,5		16/10/2009	24+	619,50	4,0			
21/10/2009	24+	624,00	3,0		17/10/2009	24+	623,00	3,5			
21/10/2009	24+	627,50	3,5		19/10/2009	24+	626,00	3,0			
21/10/2009	24+	631,50	4,0		17/12/2009	24+	629,50	3,5			
20/12/2009	24+	634,50	3,0		17/12/2009	24+	632,50	3,0			
21/12/2009	24+	638,00	3,5		18/12/2009	24+	636,00	3,5			
21/12/2009	24+	641,50	3,5		19/12/2009	24+	640,00	4,0			
22/12/2009	24+	645,00	3,5		20/12/2009	24+	643,50	3,5			
22/12/2009	24+	648,50	3,5		21/12/2009	24+	647,00	3,5			
23/12/2009	24+	652,00	3,5		21/12/2009	24+	650,00	3,0			
7/1/2010	24+	656,00	4,0		22/12/2009	24+	651,00	1,0			
8/1/2010	24+	659,50	3,5		22/12/2009	24+	653,50	2,5			
9/1/2010	24+	662,50	3,0		23/12/2009	24+	656,50	3,0			
9/1/2010	24+	665,50	3,0		7/1/2010	24+	659,50	3,0			
10/1/2010	24+	668,50	3,0		7/1/2010	24+	662,00	2,5			
11/1/2010	24+	671,00	2,5		8/1/2010	24+	664,50	2,5			
11/1/2010	24+	674,00	3,0		9/1/2010	24+	667,00	2,5			
11/1/2010	24+	676,50	2,5		9/1/2010	24+	670,00	3,0			
12/1/2010	24+	679,50	3,0		10/1/2010	24+	672,50	2,5			
12/1/2010	24+	683,00	3,5		11/1/2010	24+	675,00	2,5			
13/1/2010	24+	686,00	3,0		11/1/2010	24+	678,00	3,0			
13/1/2010	24+	690,00	4,0		12/1/2010	24+	681,00	3,0			
10/7/2010	24+	695,18	4,48		9/7/2010	24+	682,10	4,47		PS A	
9/7/2010	24+	699,66	3,94		7/7/2010	24+	686,57	4,79			
7/7/2010	24+	703,60	3,48		7/7/2010	24+	691,36	4,55			
6/7/2010	24+	707,08	5,78		6/7/2010	24+	695,91	4,35			
6/7/2010	24+	712,86	4,49		5/7/2010	24+	700,26	4,84			
5/7/2010	24+	717,35	4,65		3/7/2010	24+	705,10	4,24			
3/7/2010	24+	722,00	3,94		2/7/2010	24+	709,34	4,23			
2/7/2010	24+	725,94	4,16		2/7/2010	24+	713,57	4,47			
1/7/2010	24+	730,10	4,84		1/7/2010	24+	718,04	3,52			
30/6/2010	24+	734,94	4,18		30/6/2010	24+	721,56	5,55			
28/6/2010	24+	739,12	4,68		28/6/2010	24+	727,11	4,4			
26/6/2010	24+	743,80	3,66		26/6/2010	24+	731,51	4,52			PS B
25/6/2010	24+	747,46	5,08		25/6/2010	24+	736,03	4,57			
24/6/2010	24+	752,54	5,31		24/6/2010	24+	740,60	5,11			
22/6/2010	24+	757,85	4,21		22/6/2010	24+	745,71	4,48			
22/6/2010	24+	762,06	4,46		21/6/2010	24+	750,19	5,23			
21/6/2010	24+	766,52	5,06		19/6/2010	24+	755,42	4,56			PS A
18/6/2010	24+	771,58	5,78		18/6/2010	24+	759,98	4,9			
17/6/2010	24+	777,36	3,67		17/6/2010	24+	764,88	4,21			
17/6/2010	24+	781,03	4,59		16/6/2010	24+	769,09	4,11			
16/6/2010	24+	785,62	4,56		16/6/2010	24+	773,20	4,27			
15/6/2010	24+	790,18	4,32		15/6/2010	24+	777,47	4,39			
14/6/2010	24+	794,50	4,11		14/6/2010	24+	781,86	4,04			
12/6/2010	24+	798,61	3,96	11/6/2010	24+	785,90	3,94				
11/6/2010	24+	802,57	4,37	10/6/2010	24+	789,84	3,93				
10/6/2010	24+	806,94	3,9	10/6/2010	24+	793,77	2,99				
9/6/2010	24+	810,84	3,86	9/6/2010	24+	796,76	4,24				

9/6/2010	24+814,70	4,11	PS B	8/6/2010	24+805,20	4,5	PS B
8/6/2010	24+818,81	4,15		7/6/2010	24+809,70	4,16	
7/6/2010	24+822,96	4,64		4/6/2010	24+813,86	4,23	
4/6/2010	24+827,60	4		2/6/2010	24+818,09	2,5	
3/6/2010	24+831,60	4,4		2/6/2010	24+820,59	3,5	
2/6/2010	24+836,00	3,38		1/6/2010	24+824,09	3,01	
1/6/2010	24+839,38	2,95		31/5/2010	24+827,10	3,16	
31/5/2010	24+842,33	3,04		29/5/2010	24+830,26	3,3	
29/5/2010	24+845,37	3,99		28/5/2010	24+833,56	3,36	
28/5/2010	24+849,36	2,88		27/5/2010	24+836,92	3,98	
28/5/2010	24+852,24	2,65		26/5/2010	24+840,90	4,05	
27/5/2010	24+854,89	3,9		25/5/2010	24+844,95	4,07	
26/5/2010	24+858,79	3,61		22/5/2010	24+849,02	4,5	
25/5/2010	24+862,40	3,37		21/5/2010	24+853,52	2,93	
21/5/2010	24+865,77	3,36		19/5/2010	24+856,45	3,57	
21/5/2010	24+869,13	2,38		19/5/2010	24+860,02	3,51	
19/5/2010	24+871,51	4,3		18/5/2010	24+863,53	3,37	
18/5/2010	24+875,81	4,03		17/5/2010	24+866,90	3,94	
18/5/2010	24+879,84	3,46	14/5/2010	24+870,84	3,35		
14/5/2010	24+883,30	2,75	14/5/2010	24+874,19	3,35		
13/5/2010	24+886,05	3,87	8/5/2010	24+894,73	3,42		
13/5/2010	24+889,92	3,83	7/5/2010	24+898,15	3,34		
12/5/2010	24+893,75	3,59	6/5/2010	24+901,49	2,61		
8/5/2010	24+907,94	3,66	30/4/2010	24+912,27	2,48		
7/5/2010	24+911,60	3,6	29/4/2010	24+914,75	3,85		
6/5/2010	24+915,20	3,7	20/4/2010	24+935,44	3		
6/5/2010	24+918,90	3,56	19/4/2010	24+938,44	3,31		
4/5/2010	24+922,46	2,56	17/4/2010	24+941,75	3,85		
4/5/2010	24+925,02	2,73	16/4/2010	24+945,60	3,7		
30/4/2010	24+930,6	2,9	16/4/2010	24+949,30	2,81		
30/4/2010	24+933,5	2,87	15/4/2010	24+952,11	3,37		
29/4/2010	24+936,37	2,92	14/4/2010	24+955,48	3,28		
20/4/2010	24+955,63	3	14/4/2010	24+958,76	3,24		
19/4/2010	24+958,63	3,15	13/4/2010	24+962,00	4		
19/4/2010	24+961,78	3,49	13/4/2010	24+966,00	4,26		
17/4/2010	24+965,27	2,98	12/4/2010	24+970,26	4,22		
16/4/2010	24+968,25	2,92	10/4/2010	24+974,48	4,52		
15/4/2010	24+971,17	3,31	9/4/2010	24+979,00	4,43		
14/4/2010	24+974,48	2,72	9/4/2010	24+983,43	4,27		
14/4/2010	24+977,20	2,9	8/4/2010	24+987,70	4,1		
13/4/2010	24+980,10	3,08	7/4/2010	24+991,80	4,85		
13/4/2010	24+983,18	2,92	7/4/2010	24+996,65	3,5		
12/4/2010	24,986,10	4	6/4/2010	25+000,15	3,6		
10/4/2010	24+990,10	2,95	30/3/2010	25+003,75	4,14		
9/4/2010	24,993,05	2,9	29/3/2010	25+007,89	4,21		
8/4/2010	24+995,95	3,04	29/3/2010	25+012,10	4,15		
8/4/2010	24+998,99	3,68	27/3/2010	25+016,25	3,95		
7/4/2010	25+002,67	4,33	24/3/2010	25+020,20	4,04		
6/4/2010	25+007,00	3,08	24/3/2010	25,024,24	3,96		
31/3/2010	25+010,08	3,7	24/3/2010	25+028,20	3,8		
30/3/2010	25+013,78	3,72	23/3/2010	25+032,00	4,05		

30/3/2010	25+017,50	3,43	PS B	23/3/2010	25+036,05	3,8	PS B
29/3/2010	25+020,93	3,55		22/3/2010	25+039,85	4,05	
27/3/2010	25+024,48	4,22		22/3/2010	25+043,90	3,9	
24/3/2010	25+028,70	3,8		20/3/2010	25+047,80	3,46	
24/3/2010	25+032,50	3,8		19/3/2010	25+051,26	4,34	
24/3/2010	25+036,30	3,7		18/3/2010	25+055,60	4,26	
23/3/2010	25+040,00	3,65		18/3/2010	25+059,86	3,93	
23/3/2010	25+043,65	4,5		17/3/2010	25+063,79	3,82	
22/3/2010	25+048,15	4,4		17/3/2010	25+067,61	4,79	
20/3/2010	25+052,55	3,95		16/3/2010	25+072,40	4,3	
19/3/2010	25+056,50	4,1		15/3/2010	25+076,70	4,51	
18/3/2010	25+060,60	3,6		13/3/2010	25+081,21	4,44	
18/3/2010	25+064,20	3,75		12/3/2010	25+085,65	4,56	
17/3/2010	25+067,95	3,55		10/3/2010	25+090,21	4,79	
17/3/2010	25+071,50	5		9/3/2010	25+095,00	4,2	
16/3/2010	25+076,50	4,45		9/3/2010	25+099,20	3,8	
15/3/2010	25+080,95	4,23		6/3/2010	25+103,00	4,2	
13/3/2010	25+085,18	4,62		5/3/2010	25+107,20	3,8	
12/3/2010	25+089,80	4,6		2/3/2010	25+123,10	3,62	
10/3/2010	25+094,40	4,45		2/3/2010	25+126,72	3,74	
10/3/2010	25+098,85	4,37		1/3/2010	25+130,46	3,91	
9/3/2010	25+103,22	4,18		27/2/2010	25+134,37	4,23	
9/3/2010	25+107,4	4,25		26/2/2010	25+138,60	3,55	
5/3/2010	25+111,65	3,57		25/2/2010	25+142,15	3,67	
5/3/2010	25+115,22	4,18		25/2/2010	25+145,82	3,6	
2/3/2010	25+131,78	3,92		19/2/2010	25+162,85	3,45	
1/3/2010	25+135,70	3,38		19/2/2010	25+166,30	3,3	
1/3/2010	25+139,08	4,22		18/2/2010	25+169,60	3,1	
27/2/2010	25+143,30	3,94		17/2/2010	25+172,70	3	
26/2/2010	25+147,24	4,04		16/2/2010	25+175,70	3,5	
25/2/2010	25+151,28	3,57		16/2/2010	25+179,20	3,15	
23/2/2010	25+154,85	3,9		13/2/2010	25+182,35	2,56	
23/2/2010	25+158,75	3,55		12/2/2010	25+184,91	2,58	
22/2/2010	25+162,30	2,93		11/2/2010	25+187,49	2,81	
20/2/2010	25+165,23	3,5		11/2/2010	25+190,30	2,72	
19/2/2010	25+168,73	3,45		10/2/2010	25+193,02	2,96	
19/2/2010	25+172,18	3,72		9/2/2010	25+195,98	1,19	
18/2/2010	25+175,90	3,15	9/2/2010	25+197,17	2,54		
18/2/2010	25+179,05	3,05	8/2/2010	25+199,71	2,03		
17/2/2010	25+182,10	3	6/2/2010	25+201,74	2,51		
16/2/2010	25+185,10	3,01	5/2/2010	25+204,25	2,07		
13/2/2010	25+188,11	2,99	5/2/2010	25+206,32	0,71		
12/2/2010	25+191,10	2,45	4/2/2010	25+207,03	2,01		
12/2/2010	25+193,55	2,72	3/2/2010	25+209,04	2,12		
11/2/2010	25+196,27	2,21					
11/2/2010	25+198,48	3,04					
10/2/2010	25+201,52	3,1					
9/2/2010	25+204,62	1,15					
9/2/2010	25+205,77	1,18					
8/2/2010	25+206,95	1,08					
8/2/2010	25+208,03	1,08					

6/2/2010	25+209,11	1,99	PS D
5/2/2010	25+211,10	2,02	
5/2/2010	25+213,12	1,18	
4/2/2010	25+214,30	1,4	
3/2/2010	25+215,70	1,82	
3/2/2010	25+217,52	1,63	
2/2/2010	25+219,15	2,82	
2/2/2010	25+221,97	1,56	