



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΦΩΤΙΟΣ Δ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ-ΤΣΙΑΚΙΡΗΣ
Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΔΗΜΑΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΚΑΘΕΤΟ ΑΞΟΝΑ
ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ ΞΑΝΘΗ-ΕΧΙΝΟΣ-ΕΛΛΗΝΟΒΟΥΛΓΑΡΙΚΑ
ΣΥΝΟΡΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ 'ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ',
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: 'ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ'

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2022





ΦΩΤΙΟΣ Δ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ-ΤΣΙΑΚΙΡΗΣ
Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ
ΔΗΜΑΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΚΑΘΕΤΟ ΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ ΞΑΝΘΗ-
ΕΧΙΝΟΣ-ΕΛΛΗΝΟΒΟΥΛΓΑΡΙΚΑ ΣΥΝΟΡΑ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών
Σπουδών 'Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία', Κατεύθυνση 'Τεχνική
Γεωλογία και Περιβάλλον'

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 17/02/2022

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ Μαρίνος Βασίλειος, Επιβλέπων
Ομότιμος Καθηγητής Χρηστάρας Βασίλειος, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής
Επιτροπής
Διδάκτωρ Ε.ΔΙ.Π. Μακεδών Θωμάς, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής



© Φώτιος Δ. Παρασκευόπουλος-Τσιακίρης, Γεωλόγος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΔΗΜΑΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΚΑΘΕΤΟ ΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ ΞΑΝΘΗ-ΕΧΙΝΟΣ-ΕΛΛΗΝΟΒΟΥΛΓΑΡΙΚΑ ΣΥΝΟΡΑ

– *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*

© Fotios D. Paraskevopoulos-Tsiakiris, Geologist, 2022

All rights reserved.

EVALUATION OF THE ENGINEERING GEOLOGICAL BEHAVIOUR AND THE TYPE OF THE TEMPORARY SUPPORT MEASURES FOR THE CONSTRUCTION OF DIMARIO TUNNEL, ON THE VERTICAL AXIS ROAD OF EGNATIA HIGHWAY, XANTHI-EXHINOS-GREEK-BULGARIAN BORDERS

– *Master Thesis*

Citation:

Παρασκευόπουλος-Τσιακίρης Φ. Δ., 2022. – Θέματα τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς και προσωρινής υποστήριξης των βραχομαζών κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Δημαρίου στον κάθετο άξονα της Εγνατίας οδού Ξάνθη-Εχίνος-Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 331 σελ.

Paraskevopoulos-Tsiakiris F. D., 2022. – Evaluation of the engineering geological behaviour and the type of the temporary support measures for the construction of Dimario tunnel, on the vertical axis road of Egnatia highway, Xanthi-Echinos-Greek-Bulgarian borders. Master Thesis, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 331 pp.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματεύεται τα θέματα τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς και προσωρινής (άμεσης) υποστήριξης των βραχομαζών που αναμένεται να συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Δημαρίου. Αυτή η μονού κλάδου οδική σήραγγα μήκους 475m εντοπίζεται στο νεοκατασκευασθέντα κάθετο άξονα της Εγνατίας Οδού, πιο συγκεκριμένα στο τμήμα Ξάνθη-Εχίνος-Ελληνοβουλγαρικά σύνορα στο Βορειοανατολικό τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδος. Από γεωλογικής άποψης η εγγύς περιοχή κατασκευής της σήραγγας εντοπίζεται στη μολάσσα Ροδόπης, που αποτελείται από ιζηματογενείς σχηματισμούς (κυρίως ψαμμίτες και ιλυολίθους) μέσα στους οποίους παρεισφρέουν ακανόνιστα ηφαιστειακά πετρώματα (ηφαιστειακοί τόφοι και λατυποπαγή). Σκοπός της εργασίας είναι η ποσοτική αξιολόγηση όλων των γεωλογικών-τεχνικογεωλογικών-γεωτεχνικών παραγόντων που διέπουν τις παραπάνω βραχώμαζες καθώς και η εύρεση των πιθανών τύπων αστοχίας που δύναται να λάβουν χώρα κατά τη φάση εκσκαφής της σήραγγας. Συνεπώς, δημιουργούνται διακριτές Τεχνικογεωλογικές Ενότητες (Τ.Ε.) ανάλογα με τις ιδιότητες του εκάστοτε σχηματισμού και προτείνονται ακολούθως οι κατάλληλες τυπικές διατομές για κάθε μία από αυτές ή σε συνδυασμό τους. Τέλος, σε σύνδεση με όλα τα παραπάνω προτείνονται ποιοτικά, μέτρα προσωρινής υποστήριξης για την εφαρμογή τους κατά τη φάση διάνοιξη της σήραγγας Δημαρίου.



ABSTRACT

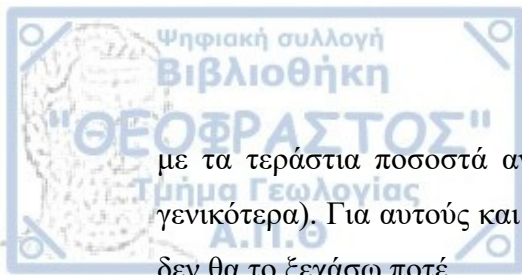
The current master thesis deals with the engineering geological behaviour and the type of temporary (immediate) support measures of the rockmasses which are due to be encountered during the excavation of the Dimario tunnel. This sole road tunnel, of 475m length is located in the newly developed vertical axis of the Egnatia Highway, more specifically in the Xanthi-Echinos-Greek-Bulgarian Borders region at the Northeastern section of continental Greece. From a geological point of view, the construction site lies within the Rodopi Molasse which is consisted of sedimentary formations (mainly sandstones and siltstones) with volcanic formations (volcanic toffs and agglomerates) unevenly infiltrating them. The purpose of this thesis is the quantitative evaluation of all the geological-engineering geological-geotechnical factors governing the aforementioned rockmasses and since the identification of the potential types of failure likely to occur during the excavation of the tunnel. Consequently, depending on the properties of each individual formation, discrete Engineering Geological Units (E.G.U.) were created, and subsequently appropriate typical cross-sections referential to each one or in a combination of them were proposed. Ultimately, in conjunction with all the above, temporary support measures are proposed, in a qualitative approach, for their implementation during the stage of the excavation of the Dimario tunnel.



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία αποτελεί το επιστέγασμα της μέχρι τώρα ακαδημαϊκής μου σταδιοδρομίας. Εκπονείται στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών "Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία" με ειδίκευση στην Τεχνική γεωλογία από το τμήμα γεωλογίας της σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Συνεπώς, με την ολοκλήρωση της πραγματοποιείται ο μεγάλος μου στόχος, ο στόχος που από την πρώτη στιγμή που συνάντησα το μάθημα της τεχνικής γεωλογίας έχω βάλει στο μυαλό μου. Αυτός της κατοχής μεταπτυχιακού διπλώματος σπουδών στη Τεχνικής Γεωλογίας. Πλέον, από τα πανεπιστημιακά έδρανα νιώθοντας και όντας γεμάτος γνώσεις και όρεξη είμαι έτοιμος να ανταπεξέλθω στην απαιτητική αγορά εργασίας με τα κατάλληλα εχέγγυα που έλαβα τόσο στα χρόνια του προπτυχιακού όσο κυρίως στα χρόνια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών. Τέλος, είμαι σίγουρος (όπως έχω διαπιστώσει και ιδίοις όμμασι) ότι ο τρόπος προετοιμασίας (είτε με τα διά ζώσης μαθήματα είτε με τις αναρίθμητες ασκήσεις υπαίθρου) και οι αστείρευτες γνώσεις που μας έχουν μεταλαμπαδευτεί από το σύνολο του διδακτικού προσωπικού καθώς και ο ευγενής ανταγωνισμός ανάμεσα στους φίλους-συναδέλφους γεωλόγους μας καθιστούν το λιγότερο θα πω· ισάξιους με αντίστοιχα προγράμματα διαφορετικών πανεπιστημίων.

Οι ευχαριστίες που θα ήθελα να εκφράσω είναι μεγάλες και οι παραλήπτες πολλοί. Πρώτα από όλους οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στον κύριο Μαρίνο Βασίλειο, αναπληρωτή καθηγητή πλέον της σχολής πολιτικών μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για όλα. Το όλα δεν είναι πλεονασμός, ήταν, είναι και θα είναι εκείνος που ενέπνευσε μια ολόκληρη γενιά γεωλόγων (μέσα σε αυτούς και εγώ) να ασχοληθούν και να εντρυφήσουν στο αντικείμενο της τεχνικής γεωλογίας, ένα αντικείμενο κατά γενική ομολογία δύσκολα προσβάσιμο λόγω της θέσης που κατείχε στο προηγούμενο πρόγραμμα προπτυχιακών σπουδών της σχολής Γεωλογίας. Του οφείλω επίσης ένα ίσως ακόμα μεγαλύτερο ευχαριστώ καθότι με δική του πρωτοβουλία με πρότεινε και με παρέπεμψε να εργαστώ στο αντικείμενο της Τεχνικής Γεωλογίας και δη εν μέσω του μεταπτυχιακού προγράμματος. Χωρίς την συμβολή του και ανεξάρτητα της αξίας μου ως επιστήμων και άνθρωπο είμαι σχεδόν σίγουρος ότι τα πρώτα βήματα της επαγγελματικής μου σταδιοδρομίας δεν θα είχαν έρθει έτσι και σίγουρα όχι τόσο αναίμακτα (ειδικά στους καιρούς που γράφεται η παρούσα διατριβή



με τα τεράστια ποσοστά ανεργίας που μαστίζουν τους γεωλόγους και τους νέους γενικότερα). Για αυτούς και άλλους τόσους λόγους, κύριε Βασίλη σας ευχαριστώ και δεν θα το ξεχάσω ποτέ.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ θα ήθελα να δώσω στον κύριο Μακεδών Θωμά, μέλος ΕΔΙΠ του εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας, διδάσκοντα και μέλος της τριμελούς επιτροπής της παρούσας διατριβής για τη συνολική του βοήθεια κατά το πέρας των προ και πλέον μεταπτυχιακών μου σπουδών. Ο ρόλος του ήταν πολύ σημαντικός στη διαμόρφωση μας ως νέους επιστήμονες, ως νέους τεχνικούς γεωλόγους.

Ευχαριστώ επίσης τον κύριο Ευστράτιο Καραντανέλη, διδάκτορα της σχολής μας για την απεριόριστη του όρεξη για βοήθεια, για τη συνεχή ανταλλαγή απόψεων και ιδεών και την παρακίνηση του σε νέους τομείς της τεχνικής γεωλογίας. Πάνω από όλα ευχαριστώ τον Στρατή ως φίλο και αδερφό που στάθηκε τόσο στα εύκολα όσο και στα δύσκολα όλης αυτής της πορείας.

Άξιοι αναφοράς αποτελούν επίσης οι συνάδελφοι γεωλόγοι του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών κυρία Εριφύλη Χαστάογλου και Σταύρος Γιαμαλής για τις καθημερινές μας συζητήσεις περί τεχνικής γεωλογίας.

Ιδιαίτερο ευχαριστώ στους συναδέλφους και πολύ καλούς μου φίλους κύρια Βάσσου Αθανασία, κύριο Κωνσταντινίδη Ιωακείμ και κυρία Σωτηρίου Πηνελόπη για όλη αυτή τη πορεία που διανύσαμε μαζί. Για την κατανόηση, την αλληλοβοήθεια και τη φιλία. Χωρίς τον ευγενή ανταγωνισμό μεταξύ μας δεν θα ήμουν επιστημονικά αλλά και σαν άνθρωπος όπως είμαι τώρα.

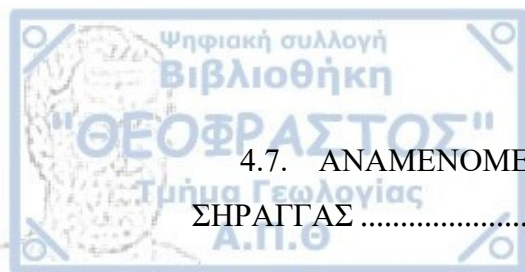
Ευχαριστώ επίσης την κοπέλα μου κυρία Τσαϊρίδου Ελένη για την υπομονή και την κατανόηση καθώς και τη βοήθεια που μου παρείχε αυτά τα χρόνια.

Κλείνοντας, χωρίς κάποια μακροσκελή αναφορά, μέσα από τα βάθη της καρδιάς μου ευχαριστώ για όλα τους γονείς μου Δημητρούλα και Δημήτρη. Που το ήθελαν το ίδιο ή ακόμα και περισσότερο από εμένα τον ίδιο. Για την αγάπη, τη στήριξη, τη βοήθεια την κατανόηση και άλλα πολλά που δεν δύναται να περιγραφτούν με λέξεις. Ελπίζω να σας έκανα και να σας κάνω υπερήφανους. Σας ευχαριστώ.

Πατέρα για εσένα



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
1.3 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	12
1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	12
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	14
2.1 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ.....	14
2.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ	16
2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	17
2.4 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ.....	17
3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΓΓΥΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	19
3.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	19
3.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	20
3.3 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ	20
3.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	22
4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	26
4.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	26
4.2. ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	26
4.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	27
4.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	29
4.4.1. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΛΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	29
4.4.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	41
4.5. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	111
4.6. ΣΥΓΧΩΝΕΥΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ.....	121



4.7. ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	126
5. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ (ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ)	130
5.1. ΣΤΟΜΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ (ΝΟΤΙΟ).....	131
5.2. ΣΤΟΜΙΟ ΕΞΟΔΟΥ (ΒΟΡΕΙΟ).....	149
5.3. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	166
6. ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ – ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	191
6.1. ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΤΟΜΙΩΝ	192
6.2. ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	193
6.3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ (ΑΜΕΣΗΣ) ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	198
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	201
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	203
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	251
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	273
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	275

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

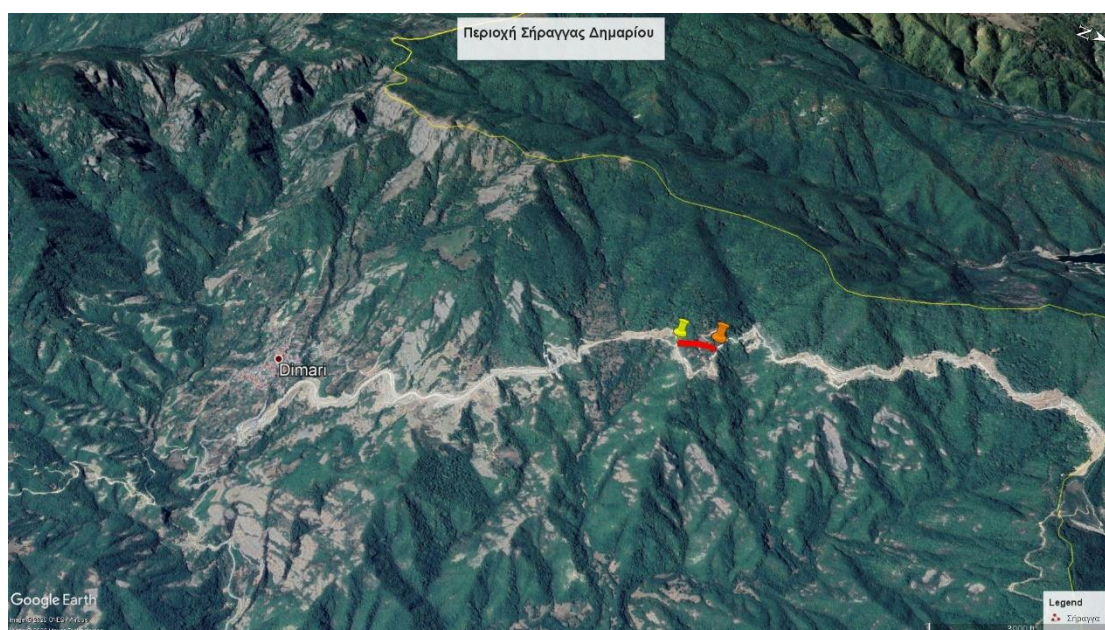
Κύριο αντικείμενο της παρούσης μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής αποτελεί η αξιολόγηση των επί τόπου και εργαστηριακών γεωλογικών-τεχνικογεωλογικών-γεωτεχνικών παραμέτρων για την κατανόηση και πρόβλεψη της τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς των βραχομαζών και την εκτίμηση των μέτρων προσωρινής υποστήριξης κατά τη διάρκεια της εκσκαφής της μονής σήραγγας Δημαρίου. Η σήραγγα βρίσκεται υπό κατασκευή τη στιγμή που συντάσσεται η εν λόγω εργασία. Αποτελεί τεχνικό έργο του τμήματος Δημάριο-Ελληνοβουλγαρικά σύνορα, του κάθετου άξονα της Εγνατίας Οδού. Ως τελικός στόχος της εργασίας, ορίζεται η συγκριτική πλέον αξιολόγηση μεταξύ των προτεινόμενων και αναμενόμενων τεχνικογεωλογικών συμπεριφορών της βραχομάζας με βάση την ανάλυση που ακολουθείται και πραγματική συμπεριφορά της κατά τη διάτρηση της σήραγγας με την συνεπακόλουθη σύγκριση των δύο.

1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία διαρθρώνεται σε 6 διαφορετικά κεφάλαια. Στο παρόν και πρώτο κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγή με τα χαρακτηριστικά του τεχνικού έργου και την τοποθέτηση στο χώρο. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής (μικρή κλίμακα). Ακολούθως στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι γεωλογικές συνθήκες της στενής περιοχής της σήραγγας Δημαρίου (μεγάλη κλίμακα). Έπεται το κεφάλαιο 4 όπου διαδραματίζεται η τεχνικογεωλογική αξιολόγηση της βραχομάζας, παράγονται οι τεχνικογεωλογικές ενότητες και εντοπίζονται τα πιθανά προβλήματα που δύναται να συναντηθούν κατά τη φάση εκσκαφής. Στο πέμπτο κεφάλαιο αξιολογείται η βραχομάζα έναντι ανισότροπης συμπεριφοράς με την κατασκευή των τεκτονικών διαγραμμάτων και τις κατάλληλες μεθόδους αριθμητικής ανάλυσης. Τέλος στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τυπικές διατομές τόσο των στομιών όσο και του εσωτερικού της σήραγγας για την εκσκαφή της, ανάλογα με τον τύπο βραχομάζας και προτείνονται ποιοτικά μέτρα προσωρινής (άμεσης) υποστήριξης για κάθε μία αντίστοιχα.

1.3 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το έργο της υπόγειας διάνοιξης οδικής σήραγγας εντοπίζεται στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα, στον υπό κατασκευή κάθετο άξονα της Εγνατίας Οδού. Ο άξονας υπεγράφη με διακρατική συμφωνία μεταξύ των κρατών της Ελληνικής Δημοκρατίας και της Δημοκρατίας της Βουλγαρίας και αποσκοπεί στην ένωση του κυρίου οδικού δικτύου της Εγνατίας Οδού (Κήποι-Ηγουμενίτσα) μέσω κάθετου άξονα με τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα (αναφορικά με το κομμάτι της Ελλάδας). Αποτελεί τμήμα του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου (Β02 Τεχνική Περιγραφή, Εγνατία Οδός Α.Ε.).

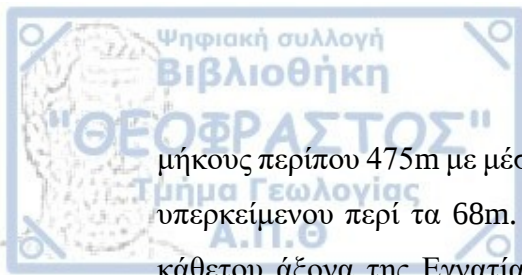


Εικόνα 1.1. Πανοραμική άποψη τοποθεσίας της περιοχής εκσκαφής της σήραγγας. Διακρίνονται τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα, ο ομώνυμος οικισμός και η χάραξη της σήραγγας. Με κίτρινο εντοπίζεται το στόμιο εισόδου (κατεύθυνση προς Βορρά) και με πορτοκαλί το στόμιο εξόδου (κατεύθυνση προς Νότο) (Google Earth Pro).

Στην παραπάνω αεροφωτογραφία (Εικόνα 1.1) απεικονίζεται η τοποθεσία της σήραγγας σε σχέση με τα σύνορα καθώς και τον οικισμό του ομώνυμου χωριού Δημαρίου.

1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το υπόγειο έργο μονής σήραγγας εντοπίζεται περί των χιλιομετρικών θέσεων 12+0.72 και 12+568 στο τμήμα Δημάριο-Σύνορα. Πρόκειται για ένα υπόγειο έργο



μήκους περίπου 475m με μέση κλίση (κλίνοντας προς Νότο) $i=5.00\%$ και μέγιστο ύψος υπερκείμενου περί τα 68m. Το έργο όπως έχει αποφασιστεί θα αποτελεί τμήμα του κάθετου άξονα της Εγνατίας Οδού, θα είναι δίκυνο και μια τυπική διατομή του θα περιέχει:

- Μια λωρίδα κυκλοφορίας πλάτους 3.75m ανά κατεύθυνση
- Μια λωρίδα καθοδήγησης πλάτους 0.5m ανά κατεύθυνση
- Πεζοδρόμιο πλάτους 1.0m ανά κατεύθυνση

Συνολικά το κυοφορούμενο πλάτος οδοστρώματος εντός των σηράγγων έχει οριστεί ως 8.50m.

Τέλος το όριο ταχύτητας που θα πρέπει να διατηρείται προβλέφθηκε στα 50-60 km/h λόγω της ιδιαιτερότητας της μορφολογικού αναγλύφου της περιοχής (B02 Τεχνική Περιγραφή, Εγνατία Οδός Α.Ε.).

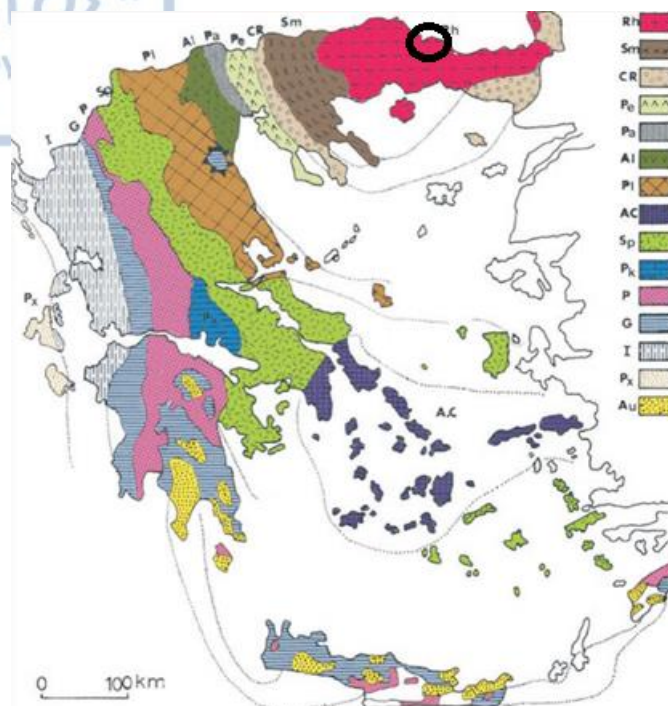
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η Ελλάδα γεωλογικά διαιρείται σε γεωτεκτονικές ζώνες, στο σύνολο τους δώδεκα. Από Ανατολή προς Δύση συναντώνται, η μάζα της Ροδόπης, η Σερβομακεδονική μάζα, η Περιροδοπική ζώνη, η ζώνη Αξιού (υποδιαιρείται στις υποζώνες Παιονίας, Πάικου, και Αλμωπίας). Ακολουθούν οι ζώνες Πελαγονική, Αττικοκυκλαδική, Υποπελαγονική, Παρνασσού-Γκιώνας, Ωλονού-Πίνδου. Τέλος έπονται αυτές του Γαβρόβου-Τρίπολης, η Αδριατικοϊόνιος και η ζώνη Παξών. Πρέπει να τονιστεί ότι ξεχωριστά αναφέρονται ως διακριτές γεωτεκτονικές μονάδες αυτές των πλακωδών ασβεστολίθων-Ταλέα όρη (Plattekalk) -η οποία κατά πάσα πιθανότητα ανήκει σε αυτήν της Αδριατικοϊόνιου- και η ζώνη Βοιωτίας - πιθανότατα τμήμα της Υποπελαγονικής ζώνης-. Τέλος εντοπίζεται στην Κρήτη και στην Πελοπόννησο η ενότητα των φυλλιτών-χαλαζιτών χωρίς ωστόσο να έχει πλήρως διαλευκανθεί η γεωτεκτονική της τοποθέτηση ή η περίπτωση να ανήκει σε κάποια υπάρχουσα (Σχήμα 2.1) (Μουντράκης, 2010).

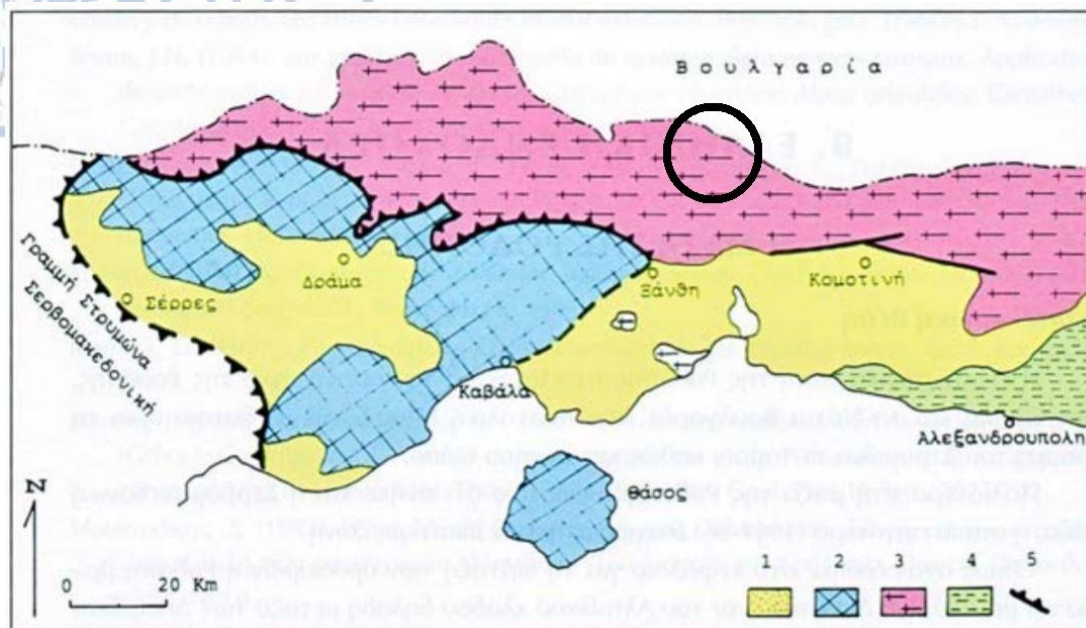
Οι παραπάνω ζώνες ομαδοποιούνται στις Εσωτερικές, τις Εξωτερικές Ελληνίδες και σε αυτές της Ελληνικής ενδοχώρας. Ο διαχωρισμός αυτός οφείλεται στο γεγονός ότι οι Εσωτερικές υπέστησαν τη δράση μιας πρώιμης ορογένεσης, ηλικίας Άνω Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού η οποία δεν επηρέασε τις αντίστοιχες των Εξωτερικών. Στις πρώτες κατατάσσονται κατά σειρά από Ανατολάς προς Δυσμάρ η Περιροδοπική, Αξιού, Πελαγονική, Αττικοκυκλαδική και Υποπελαγονική. Στις εξωτερικές συγκαταλέγονται οι ζώνες Παρνασσού-Γκιώνας, Ωλονού-Πίνδου, Γαβρόβου-Τρίπολης, Αδριατικοϊόνιος και αυτή των Παξών. Τέλος Σερβομακεδονική μάζα και Περιροδοπική ζώνη αποτελούν την Ελληνική ενδοχώρα (Μουντράκης, 2010).

Η περιοχή στην οποία επρόκειτο να κατασκευαστεί η σήραγγα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία τοποθετείται σύμφωνα με τα παραπάνω γεωτεκτονικά στη Μάζα της Ροδόπης (Σχήμα 2.1)



Σχήμα 2.1. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: μάζα Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Υποζώνη Παιονίας, Pa: Υποζώνη Πάικου, Al: Υποζώνη Αλμωπίας, ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικό-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, P: ζώνη Πίνδου, G: ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως, I: Ιόνιος ζώνη, Px: ζώνη Παξών ή Προαπουλία, Au: Ενότητα «Πλακώδεις ασβεστόλιθοι-Ταλέα όρη» πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Μουντράκης, 2010). Με μαύρο κύκλο σημειώνεται η περιοχή της κατασκευής της σήραγγας Δημαρίου.

Η μάζα της Ροδόπης διαχωρίζεται περαιτέρω σε δύο υπομέρους τεκτονικές μονάδες (Σχήμα 2.2), την άνω που καλείται ως «τεκτονική ενότητα Σιδηρόνερου» στην οποία και λαμβάνει χώρα η εκσκαφή της σήραγγας και απλώνεται παράλληλα με τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνονται κυρίως εκρηξιγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα. Η δεύτερη ενότητα (η κάτω) που ονομάζεται «τεκτονική ενότητα του Παγγαίου όρους» τοποθετείται δυτικά, νοτιοδυτικά στη μάζα της Ροδόπης. (Papanikolaou & Panagopoulos, 1981, όπως αναφέρεται από τον Μουντράκη, 2010).

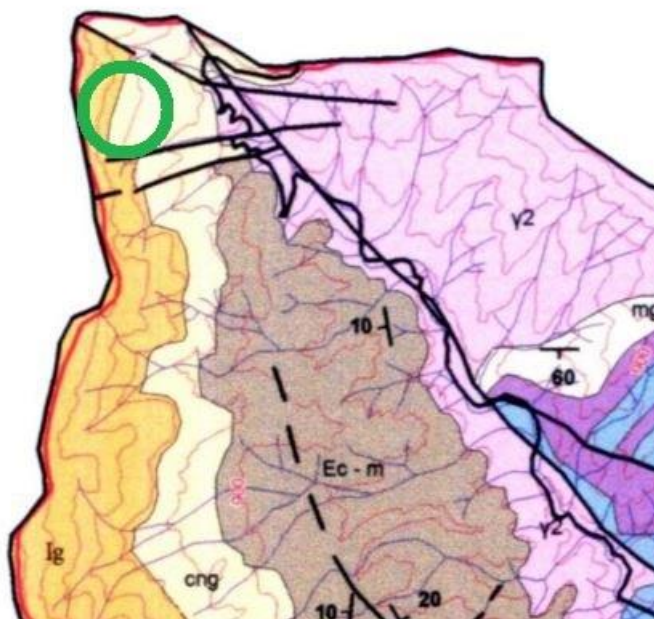


Σχήμα 2.2. Τεκτονικό σκαρίφημα της μάζας της Ροδόπης με τις δύο ενότητες. Στο υπόμνημα του χάρτη προβάλλονται: 1: μεταλικά ιζήματα, 2: ενότητα Παγγαίου, 3: ενότητα Σιδηρόνερου, 4: σχηματισμοί της Περιοδοπικής ζώνης, 5: γραμμή επώθησης, ενώ σημειώνεται και η θέση του τεχνικού έργου (Μουντράκης, 2010).

2.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Κατά το Τριτογενές (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο) συντελείται η ανάπτυξη της μολασσικής αύλακας του Έβρου όπου τα ιζήματα επικάθονται υπερκείμενα των ενοτήτων της μάζας Ροδόπης (Μουντράκης, 2010).

Λιθολογικά η μολάσσα αποτελείται από ιζηματογενείς σχηματισμούς όπως κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες-αργιλομάργες καθώς και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους ηλικίας Μ. Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου-Α. Μειοκαίνου, θαλάσσιας δημιουργίας κατά κύριο λόγο. Νεότερα αυτών παρεισφρέουν μέσα τους ακανόνιστα ηφαιστειακά πετρώματα όπως τόφφοι, ρυόλιθοι κ.α. ηλικίας Α. Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου που σηματοδοτούν την μεταλλική ηφαιστειότητα του Έβρου. Ο κάθετος άξονας της Εγνατίας οδού διατρέχει στο σύνολο του αυτούς τους σχηματισμούς και συνεπώς η μελέτη και η κατασκευή του συνόλου των εργασιών συντελείται σε αυτούς (Εικόνα 2.1)



Εικόνα 2.1. Απόσπασμα του υδρογεωλογικού χάρτη της ορεινής περιοχής του νομού Ροδόπης. Όπου ig: Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, cng: κροκαλοπαγή τριτογενούς και Ec-m: μολασσική σειρά. Σημειώνεται η περιοχή κατασκευής της σήραγγας Δημαρίου (Ι.Γ.Μ.Ε.).

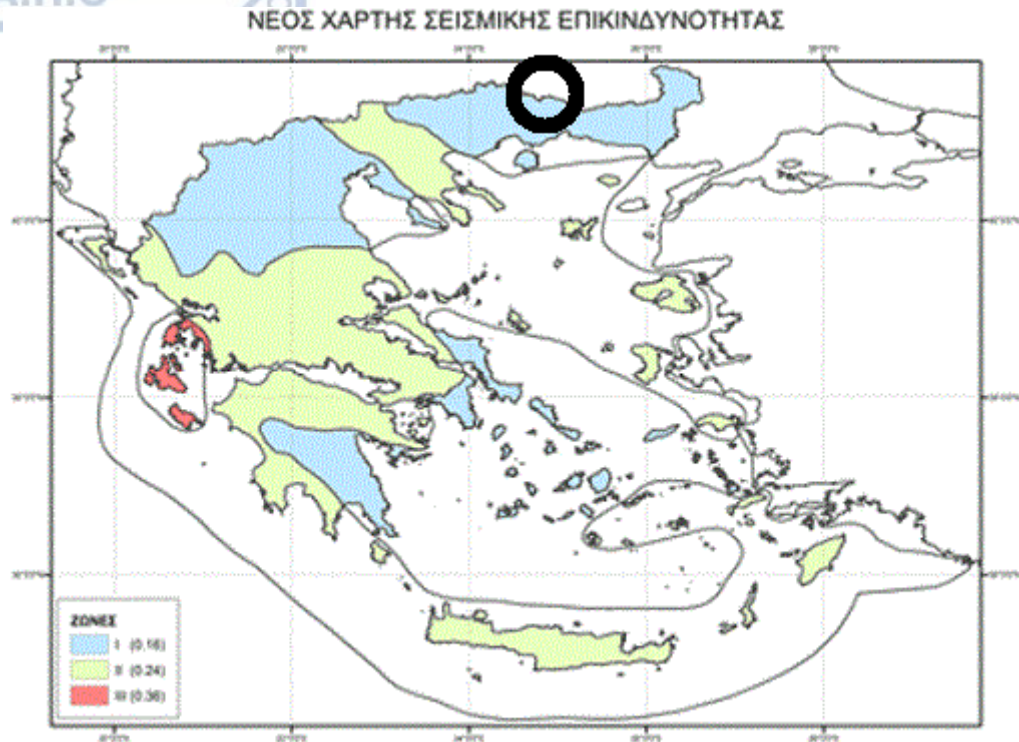
2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Τεκτονικά και όπως είναι αναμένεται λόγω της φύσης των μολασσικών λεκανών (λεκάνες απόθεσης ιζημάτων πίσω από το μέτωπο της ορογένεσης) δεν απαντώνται σημαντικές ρηξιγενείς δομές παρά μόνο δευτερογενή συνιζηματογενή ρήγματα τοπικού χαρακτήρα που ανήκουν στο μολασσικό κύκλο, διακατέχονται από μικρή εμμόνη και θεωρούνται ανενεργά (Δανηλίδου, 2018). Εξαίρεση αποτελεί το μεγάλο ρήγμα Ξάνθης-Αμφίπολης, που εκτείνεται από την περιοχή της Καβάλας μέχρι και βόρεια της Κομοτηνής, ανατολικά της Ροδόπης. Η διεύθυνση του χαρακτηρίζεται ΝΔ-ΒΑ έως ΔΝΔ-ΑΒΑ. Το τεχνικό απέχει σε ευθεία απόσταση περισσότερα των 30km από αυτό και συνεπώς δεν θεωρείται ότι υπάρχει άμεση γειτνίαση και οπότε ότι δεν επηρεάζεται άμεσα από αυτό.

2.4 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Η Βορειοανατολική Ελλάδα και η μολάσσα Ροδόπης στο σύνολο της εντάσσονται σύμφωνα με τον αναθεωρημένο χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας στην κατηγορία ένα (I) της Ελληνικής επικράτειας (Σχήμα 2.3). Δηλαδή τους αποδίδονται τιμές σεισμικής

επιτάχυνσης ίσες με $a=0.16g$ (το χαμηλότερο δυνατό). Συνεπώς αποτελούν περιοχές χαμηλού ρίσκου εκδήλωσης σεισμών μεγάλης κλίμακας (Σχήμα 2.11).

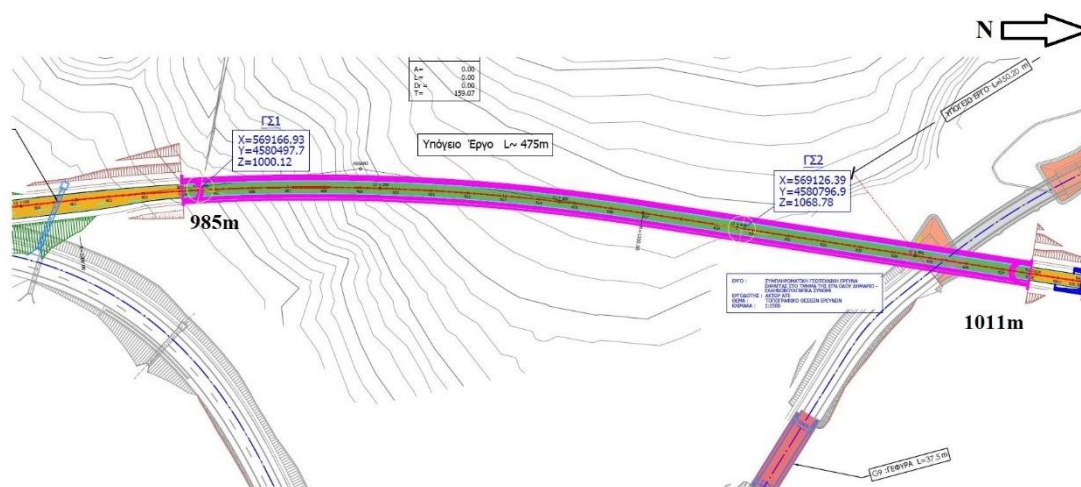


Σχήμα 2.3. Κατηγοριοποίηση του Ελλαδικού χώρου σε ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας. Το I συμβολίζει περιοχές χαμηλού κινδύνου με τιμές σεισμικής επιτάχυνσης $a=0.16g$ (low-seismic risk), μέχρι και το III όπου απαντώνται αυτές με τον μεγαλύτερο σεισμικό κίνδυνο με $a=0.36g$ (highest-seismic risk). Σημειώνεται και η περιοχή κατασκευής της σήραγγας (ΕΑΚ, 2004).

3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΓΓΥΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

3.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η στενή περιοχή κατασκευής της σήραγγας όπως έχει αναφερθεί παραπάνω εντοπίζεται γεωλογικά στη μολάσσα Ροδόπης. Μέσα της έχουν παρεισφρήσει ηφαιστειακά πετρώματα σε πολύ μεγάλο όγκο και έκταση, εξαιτίας της μεταλλικής ηφαιστειότητας που χρονικά συντελούνταν παράλληλα με την απόθεση των ιζημάτων. Η ψύξη ακανόνιστη τοποθέτηση των ροών και λαβών σε συνεργασία με την ταχεία ψύξη τους οδήγησαν στη δημιουργία ενός πολύπλοκου αναγλύφου. Χαρακτηρίζεται ως έντονο, πολυσχιδές, λοφώδες ορεινό ανάγλυφο (Αεροφωτογραφία 1.1; Σχήμα 3.1.).



Σχήμα 3.1. Τοπογραφική κάτοψη της σήραγγας Δημαρίου. Αναγράφονται οι δύο ανορυχθείσες γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε στάδιο συμπληρωματικής μελέτης αποκλειστικά για τις ανάγκες της κατασκευής της σήραγγας. Παρατηρείται το έντονο λοφώδες, πολυσχιδές ανάγλυφο της περιοχής. Επίσης αναφέρονται τα υψόμετρα του εδάφους στα οποία εντοπίζονται οι θέσεις των στομίων (Διδασκάλου, 2019).

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρείται ότι οι ισοϋψείς καμπύλες εμφανίζονται πυκνές έως πολύ πυκνές σηματοδοτώντας έντονη υψομετρική διαφοροποίηση στην περιοχή. Τα υψόμετρα στα οποία διαμορφώνονται τα στόμια εισόδου και εξόδου είναι περί τα 985m και 1011m αντίστοιχα, γεγονός που δικαιολογεί και την κλίση της σήραγγας ίση με $i=5.00\%$.

Τέλος σημαντικό γεωμορφολογικό γνώρισμα της περιοχής αποτελούν οι πολυποίκιλες εδαφικές αστάθειες (κατολισθήσεις) που συντελούνται λόγω της αποσαθρωσιμότητας των μολασσικών υλικών αλλά και της ύπαρξης νεότερων ασταθών σχηματισμών (Τεταρτογενών), κορήματα (SF), κώνοι κορημάτων (CS) κ.α.

(Εικόνα 3.). Τα κατολισθητικά φαινόμενα στην περιοχή διακατέχονται από μεγάλη επαναληψιμότητα και αναγνωρίζονται υλικά πρόσφατων αλλά και παλαιότερων κατολισθήσεων και θεωρούνται ως τα πλέον δυνητικά ασταθή. (Αλεξιάδου, 2014).

Υπερκείμενη της χάραξης της σήραγγας Δημαρίου εντοπίζεται μια τέτοια αστάθεια για αρκετά μεγάλο μήκος ($\approx 160\text{m}$), βέβαια το ίχνος της σήραγγας "περνάει" σε πολύ χαμηλότερο βάθος από το επίπεδο έδρασης της κατολίσθησης και τα στόμια εισόδου και εξόδου απέχουν σημαντικά από τα πλευρικά όρια της κατολίσθησης. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να επιδοθεί προσοχή στη μη εκ νέου ενεργοποίηση της κατολίσθησης λόγω της διάνοιξης.

3.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Όπως αναφέρεται και στο αντίστοιχο κεφάλαιο της τεκτονικής της ευρύτερης περιοχής δεν απαντώνται σημαντικές ρηξιγενείς δομές παρά μόνο δευτερογενή συνιζηματογενή ρήγματα τοπικού χαρακτήρα και περιορισμένης έκτασης.

3.3 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Στη στενή περιοχή της κατασκευής της σήραγγας σύμφωνα με το υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη της εγγύς περιοχής του έργου (Εικόνα 3.1) συναντώνται από τους νεότερους στους παλαιότερους οι εξής σχηματισμοί:

Τεταρτογενές

- Κορημάτα (SF). Χαλαρής δομής εδαφικά υλικά αργιλοαμμώδους έως αργιλοχαλικώδους σύστασης, με διάσπαρτους λίθους, καστανότεφρου χρώματος, προερχόμενα από τη διάβρωση των σχηματισμών του υποβάθρου
- Κώνοι Κορημάτων (CS). Χαλαρής έως ημισυνεκτικής τοπικά δομής, εκτεταμένα ποταμοχερσαία ιζήματα μορφής κώνου κορημάτων, αργιλοαμμώδους έως αργιλοχαλικώδους σύστασης, με λατύπες και βραχώδη τεμάχια καστανού έως σκούρου καστανού χρώματος.
- Υλικά παλαιών και προσφάτων κατολισθήσεων (L). Χαλαρής δομής και μεγάλης ανομοιομορφίας υλικά πρόσφατων και παλαιών ολισθήσεων του φυσικού αναγλύφου τα οποία συνίστανται κυρίως από χάλικες, λίθους και μεγάλους ογκόλιθους ηφαιστειακών ή τεμαχών της μαρμαροαμφιβολιτικής

σειράς, ανάλογα με τη προέλευση τους. Οι παλαιότερες ολισθήσεις είναι κατά κανόνα πιο εκτεταμένες και με σημαντικότερα κατά θέσεις πάχη

- Αποθέσεις κοίτης (RD). Ασύνδετα υλικά, κυρίως κροκάλες, το οποία αποτίθενται με πολύ μικρό πάχος στην ενεργή κοίτη των ρεμάτων της περιοχής, κατά μήκος της οποίας εμφανίζεται τοπικά το βραχώδες υπόβαθρο. Η εικόνα διαφοροποιείται σε ετήσια βάση. Ανάλογα με τη λειτουργία των ρεμάτων
- Αποθέσεις Αναβαθμίδας (RT). Χαλαρής έως ημισυνεκτικής δομής αποθέσεις αναβαθμίδας των ρεμάτων γκριζου χρώματος, αντίστοιχες και παλαιότερες των αποθέσεων κοίτης, αμμοχαλικώδους κατά βάση σύστασης με διάσπαρτες κατά βάση σύστασης με διάσπαρτες έως πυκνές κατά θέσεις κροκάλες.
- Αλλουβιακό Ριπίδιο (AF). Χαλαρής δομής ποταμοχειμάρειες αποθέσεις της ευρύτερης κοίτης των ρεμάτων, μορφής αλλουβιακού ριπιδίου, σκούρου καστανού χρώματος και αργιλοαμμώδους έως αμμοχαλικώδους σύστασης

Πλειο-Πλειστοκαινο

- Παλαιές Αλλουβιακές Αποθέσεις (PT). Ευρείας έκτασης και πάχους χερσαίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις ημισυνεκτικής δομής, αργιλοαμμώδους έως αμμοχαλικώδους κατά θέσεις σύστασης, με κροκαλολατυποπαγείς ορίζοντες και γενικά επικράτηση υλικού από τα ηφαιστειακά και ηφαιστειοϊζηματογενή, καστανού έως γκριζοπράσινου χρώματος.

Τριτογενές

Μολάσσα Ροδόπης (mo): Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, που συνίσταται από όξινα πυροκλαστικά υλικά (ιγκνιμβρίτες, που προέρχονται από πυροκλαστικές ροές) και εναλλαγές ψαμμιτών και ιλυολίθων. Συμπεριλαμβάνονται κυρίως:

- Τόφφοι που προέρχονται από συγκολλημένα πυροκλαστικά υλικά (κυρίως τέφρα και λιθάρια), διαμέτρου έως 3cm και τοπικά παρατηρούνται και βολίδες διαμέτρου της τάξης των 10-15cm. Έχουν ανοιχτότεφρο χρώμα και είναι παχυστρωματώδεις με πάχος στρώσης, που κυμαίνεται από 20 έως 100cm.
- Λατυποπαγή που προέρχονται κυρίως από συγκολλημένα πυροκλαστικά υλικά (κυρίως βολίδες), διαμέτρου από 3 έως 30cm αλλά και τεμάχη γρανιτών. Έχουν ανοιχτότεφρο έως τεφρό χρώμα και είναι συνήθως άστρωτα ή με σπάνια στρώση.

- Σειρές τεφρών ιλυολίθων/μαργών ελαφρά σχιστοποιημένων και κατά θέσεις παχυστρωματώδων, καστανόγκριζων ψαμμιτών. Η σειρά αυτή εμφανίζεται κυρίως στα ανώτερα στρώματα και συμπεριφέρεται τεχνικογεωλογικά περισσότερο σαν εδαφικό παρά σε βραχώδες υλικό. Συνεπώς στη παρούσα εργασία εμφανίζεται ως ψαμμιτομαργαϊκή σειρά και μελετάται ως εδαφικός σχηματισμός.

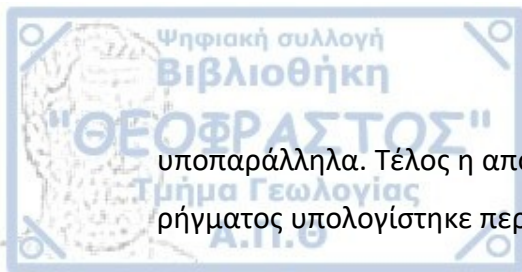
3.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΗΚΟΤΟΜΗ

ΣΗΡΑΓΓΑΣ

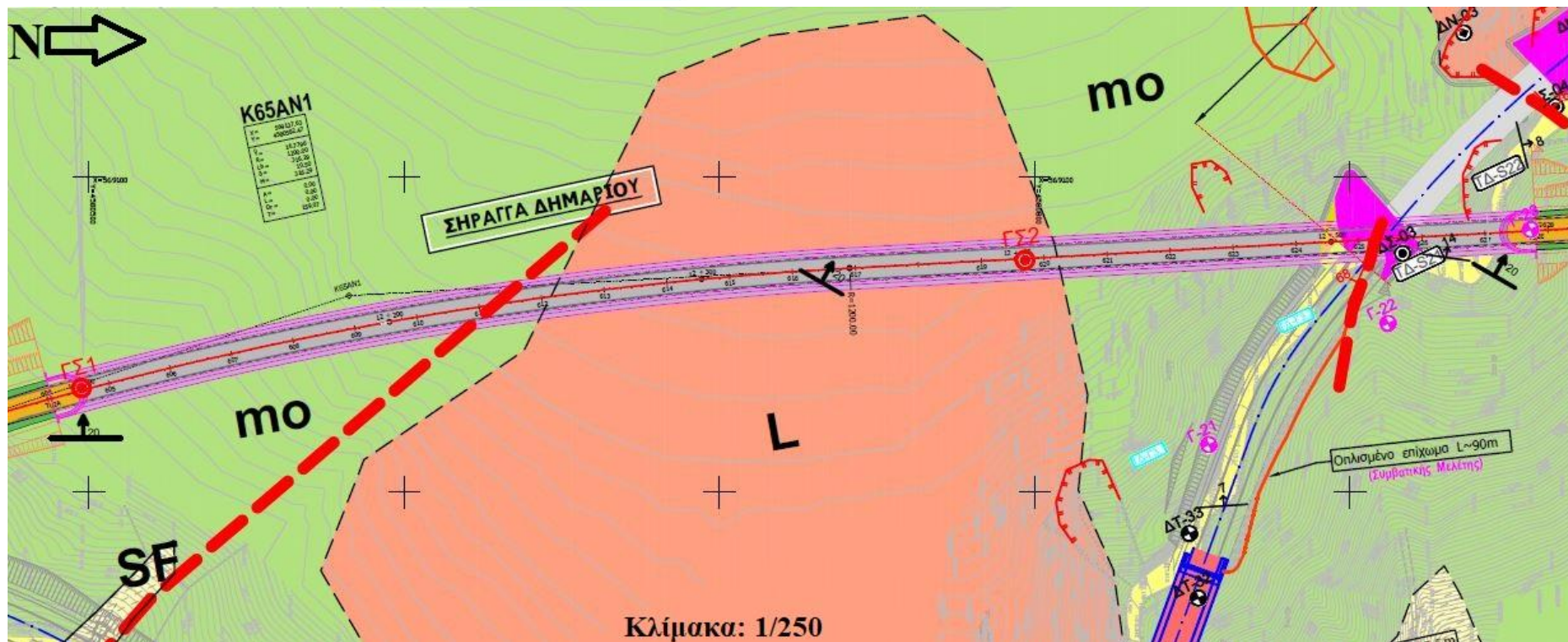
Ακολούθως επισημαίνεται η γεωλογική οριζοντιογραφία (Εικόνα 3.1) της περιοχής κατασκευής της σήραγγας και η αντίστοιχη μηκοτομή (Εικόνα 3.2) με διεύθυνση ίδια με αυτής της σήραγγας (B-N).

Για τη δημιουργία της μηκοτομής χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία που αναφέρονται στο γεωλογικό χάρτη. Επαφές, πιθανά ρήγματα και μορφολογία. Για τη χάραξη της τομής σε βάθος χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι δύο (2) γεωτρήσεις που διενεργήθηκαν ως αποτέλεσμα της συμπληρωματικής έρευνας για τη κατασκευή της σήραγγας Δημαρίου (ΓΣ-1 και ΓΣ-2). Επιπροσθέτως αξιοποιήθηκαν γεωτρήσεις προηγούμενων σταδίων (κατά σειρά από Νότο προς Βορρά) Γ-22, Γ23 και ΔΣ3. Προβλήθηκαν στο πραγματικό ύψος (με τη μακρύτερη τη Γ22 να απέχει 62m σε ευθεία γραμμή) και προσέφεραν σημαντικές πληροφορίες για την πιστοποίηση της ύπαρξης του ρήγματος που αναφέρεται ως πιθανό στην γεωλογική οριζοντιογραφία.

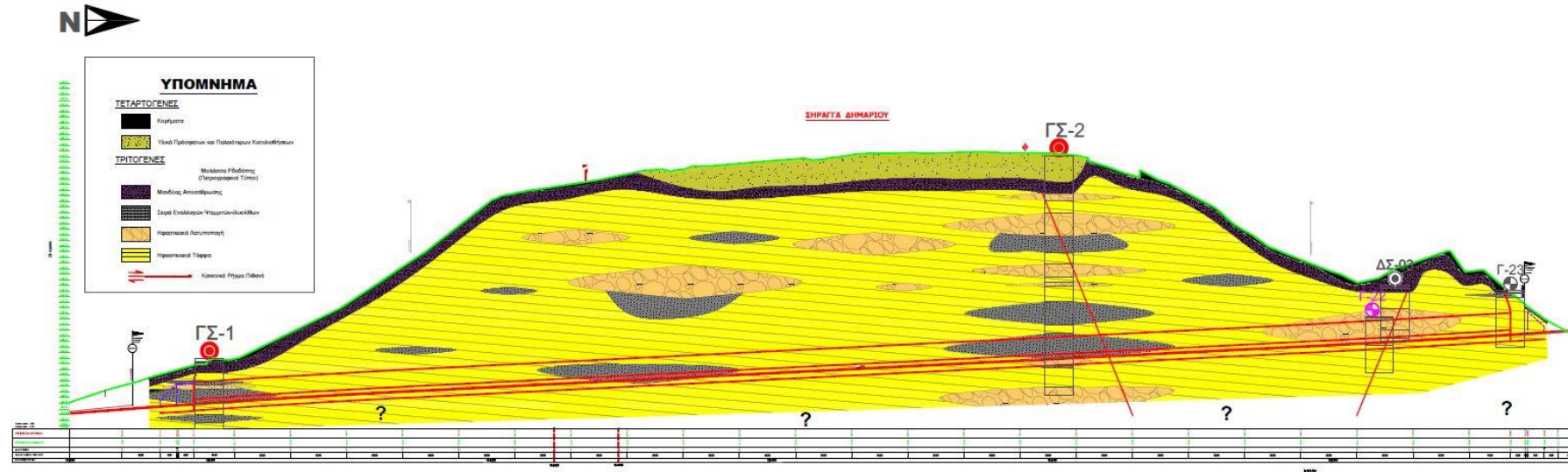
Από την ανάλυση της τομής παρατηρείται η συνεχόμενη ύπαρξη των ηφαιστειακών τόφφων στο υπόβαθρο με μέση γωνία κλίσης ίση με 16° προς τα ΒΒΔ, με την μερική διακοπή της συνέχειας τους από φακούς ηφαιστειακών λατυποπαγών ή και κατά τόπους από εναλλαγές ψαμμιτών-ιλυολίθων που βρίσκονται διάσπαρτα και ακανόνιστα στο χώρο. Ο μανδύας αποσάθρωσης διατηρεί σταθερό πάχος από 0.5 έως κατά τόπους 2m, ενώ τα υπερκείμενα κορήματα κυμαίνονται με ένα μέσο πάχος 0.5m. Τέλος, τα κατολισθέντα υλικά αναγνωρίζονται με ένα μέσο πάχος περί τα 9m και σίγουρα σε ασφαλή απόσταση από το επίπεδο της ερυθράς. Ερωτηματικό αποτελεί η ύπαρξη ή όχι του πρώτου ρήγματος από Νότο προς Βορρά. Υπολογίστηκε πως ορίζεται με διεύθυνση κλίσης προς τα ΑΒΑ και γωνία κλίσης περίπου ίση με 73° . Η σήραγγα αναφορικά με το εν λόγω ρήγμα (όπως παρουσιάζεται και στη τυπική διατομή που ακολουθεί στο κεφάλαιο 6.2, διατομή VII) έχει υπολογιστεί πως θα το τέμνει



υποπαράλληλα. Τέλος η απόσταση όπου η σήραγγα θα διαπερνά την επιφάνεια του ρήγματος υπολογίστηκε περί τα 23m, δηλαδή μεταξύ των Χ.Θ. 12+223 και 12+246.



Εικόνα 3.1. Γεωλογική οριζοντιογραφία. περιοχής διάνοιξης της σήραγγας Δημαρίου. Διακρίνονται οι γεωτρήσεις ΓΣ1 και ΓΣ2 και αυτές της προηγούμενης φάσης έρευνας του γεωερευνητικού προγράμματος. Διακρίνονται επίσης δύο πιθανές ρηξιγενείς δομές με τη μία από αυτές (αριστερά στο χάρτη) να διατρέχει τη σήραγγα για 23 μέτρα (υποπαράλληλα τεμνόμενα). Τέλος παρατηρείται ότι το σύνολο της σήραγγας θα διατρέχει τη μολάσσα Ροδόπης κάτω από το επίπεδο της κατολίσθησης.



Εικόνα 3.2. Γεωλογική μηκοτομή σήραγγας Δημαρίου. Διακρίνονται οι σχηματισμοί του υποβάθρου καθώς και οι τεκτονικές δομές περιορισμένες σε εμφάνιση

4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

4.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Στο παρακάτω κεφάλαιο πραγματοποιείται στατιστική επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων αποσκοπώντας στην ομαδοποίηση και κατηγοριοποίηση εκείνων των παραγόντων που διέπουν τη μηχανική συμπεριφορά των γεωυλικών (τόσο των βραχωδών όσο και των εδαφικών). Η αξιολόγηση διενεργείται ούτως ώστε να επιλεγθούν οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών για τη διαστασιολόγηση των προβλεπόμενων εργασιών της κατασκευής της σήραγγας Δημαρίου καθώς και την αναγνώριση πιθανών τύπων αστοχίας που ενδέχεται να πραγματοποιηθούν.

4.2. ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στη διάθεση της παρούσης εργασίας έχει τεθεί ένα πολύ μεγάλο πλήθος δεδομένων από τα εκάστοτε γεωερευνητικά προγράμματα που συντελέστηκαν για τη μελέτη του έργου κατασκευής του κάθετου άξονα της Εγνατίας Οδού Ξάνθη-Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Τα δεδομένα προέρχονται από την ανόρυξη 53 δειγματοληπτικών γεωτρήσεων διαφόρων βαθών και τις συνεπακόλουθες δοκιμές που συντελέστηκαν στα δείγματα (επί τόπου αλλά και εργαστηριακές). Συγκεκριμένα περιέχονται και αξιολογούνται:

Για τα εδαφικά δείγματα:

- 60 δοκιμές πρότυπης διείσδυσης (SPT)
- 7 δοκιμές της αστράγγιστης αντοχής (q_u) σε kPa
- 11 δοκιμές άμεσης διάτμησης c (kPa) και ϕ ($^\circ$)
- 5 δοκιμές περατότητας, μεταβλητού ύψους-πίπτοντος φορτίου, Maag (cm/sec²)

Για τα βραχώδη δείγματα

- 97 δοκιμές εύρεσης φαινόμενου βάρους γ (gr/cm³) των πετρωμάτων
- 148 δοκιμές μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής U.C.S. άρρηκτου βράχου, σ_{ci} (MPa)
- 129 δοκιμές προσδιορισμού μέτρου παραμορφωσιμότητας, E_i (GPa)
- 2 δοκιμές τριαξονικής φόρτισης άρρηκτου βράχου
- 129 δοκιμές σημειακής φόρτισης, $I_{s50(diam)}$ (MPa)
- 3 δοκιμές περατότητας, εισπίεσης Lugeon (cm/sec²)

- 3 μετρήσεις λόγου Poisson (ν)

Επιπροσθέτως των ανωτέρων και ειδικότερα για τους βραχώδεις σχηματισμούς διενεργήθηκαν επιπλέον βαθμονομήσεις και κατατάξεις σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα. Συγκεκριμένα συντελέστηκαν:

- 893 βαθμονομήσεις σύμφωνα με το δείκτη ποιότητας του πετρώματος (RQD) σύμφωνα με τον Deere (1964)
- 171 βαθμονομήσεις σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης βραχομάζας (GSI) σύμφωνα με τους Hoek & Marinos (2000)

4.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η εύρεση εκείνων των παραγόντων τα οποία θα θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά για το σύνολο του πληθυσμού που μελετάται είναι μια πολυπαραγοντική διαδικασία εξ αρχής. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο όταν αναφερόμαστε σε εδαφικά και βραχώδη υλικά τα οποία διακατέχονται από μια έντονη ανισοτροπία από θέση σε θέση και κατά κανόνα δεν ακολουθείται πάντοτε η κανονική κατανομή σε έναν παράγοντα.

Στην παρούσα εργασία διενεργείται μια στατιστική επεξεργασία όλων των παραπάνω δεδομένων (4.2) σε συνδυασμό με την γεωλογική κρίση και κατανόηση της συμπεριφοράς των γεωυλικών τόσο από φυσικής όσο και από μηχανικής μεριάς. Τελικά συντελείται μια κατηγοριοποίηση και προκύπτουν διακριτές ομάδες με παρόμοια χαρακτηριστικά. Οι ομάδες αυτές θα αναφέρονται ως τεχνικογεωλογικές ενότητες (Τ.Ε.). Κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα διακατέχεται από μια αντιπροσωπευτική παράμετρο όλων των διαθέσιμων στοιχείων και την ανάλογη περιγραφή του υλικού. Προχωρώντας ένα βήμα παραπάνω συντελείται η ομαδοποίηση των τεχνικογεωλογικών ενότητων σε τεχνικογεωλογικές ενότητες πλέον συγχωνευμένες (Τ.Ε.Σ.) όπου επί της ουσίας αναγνωρίζονται ως την γεωτεχνική τους συμπεριφορά παρεμφερείς τεχνικογεωλογικές ενότητες και ομαδοποιούνται. Με τη χρήση των Τ.Ε.Σ. προκύπτει οποιαδήποτε διαστασιολόγηση της εκσκαφής.

Αρχικά διενεργήθηκε στατιστική ανάλυση σε κάθε παράμετρο τόσο στο σύνολο της όσο και διαχωρισμένη ως προς γεωυλικό. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν και αναφέρονται στο σύνολο σχεδόν των παραγόντων είναι:

- Προβολή του παράγοντα σε σχέση με το βάθος σε διάγραμμα διασποράς για την πιθανή ερμηνεία του φαινομένου

- Εύρεση των ακραίων τιμών με τη χρήση του θηκογράμματος (boxplot) και κριτική αφαίρεση τους ανάλογα με το τι περιγράφουν. Το διάστημα εμπιστοσύνης ορίστηκε σταθερό για όλους τους παράγοντες και ίσο με το 90%
- Έλεγχος σε περίπτωση που η παράμετρος ακολουθεί την κανονική κατανομή (εάν το Sig.2 tailed >0.05 θεωρείται ότι υπάρχει κανονική κατανομή του δείγματος)
- Εύρεση όλων των στατιστικών παραμέτρων και κυρίως της μέσης τιμής (mean) και της τυπικής απόκλισης (standard deviation) αυτής
- Δημιουργία ιστογράμματος συχνοτήτων όπου αναγράφονται το πλήθος της δοκιμής, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση ενώ εμφανίζεται και η καμπύλη της κανονικής κατανομής
- Τέλος σε περιπτώσεις που χρειάζεται ομαδοποίηση των παραμέτρων π.χ. GSI συντελείται περαιτέρω ανάλυση και πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση με βάση το ποσοστό συμμετοχής του δείγματος και κυρίως τη γεωλογική κρίση και αξιολόγηση για τις αναμενόμενες τιμές της παραμέτρου ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πετρώματος.

Οι στατιστικές αναλύσεις συντελέστηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS Statistics της εταιρίας IBM.

Με το πέρας της στατιστικής ανάλυσης και την εύρεση των αντιπροσωπευτικών τιμών, δημιουργούνται οι τεχνικογεωλογικές ενότητες όπου όπως αναφέρεται παραπάνω αποτελούν ουσιαστικά ομάδες πετρογραφικών τύπων παρόμοιων χαρακτηριστικών, άρα και συνεπώς παρόμοιας τεχνικογεωλογικής και γεωτεχνικής συμπεριφοράς. Για την εύρεση των παραγόντων πλέον σε επίπεδο βραχομάζας γίνεται η επίλυση του γενικευμένου εμπειρικού κριτηρίου αστοχίας Hoek & Brown (2002) όπου τελικά προκύπτει η αντοχή της βραχομάζας σε θλίψη, σ_{cm} (MPa), καθώς και γίνεται μια προσαρμογή της περιβάλλουσας θραύσης του παραπάνω σε αυτή του εμπειρικού κριτηρίου Mohr-Coulomb για τον υπολογισμό των παραγόντων αντοχής μετρούμενων σε συνοχή, c (MPa) και γωνίας τριβής, ϕ ($^{\circ}$). Επίσης και λόγω της φύσης του τεχνικού έργου (υπόγεια εκσκαφή) υπολογίζονται οι πλευρικές πιέσεις ανάλογα με το εκάστοτε βάθος και παρατίθενται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα σε πίνακες τεχνικογεωλογικών ενοτήτων. Τέλος με την επίλυση του γενικευμένου κριτηρίου που

προτάθηκε από τους Hoek & Diederichs (2006) υπολογίζεται το μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m (GPa) της βραχομάζας.

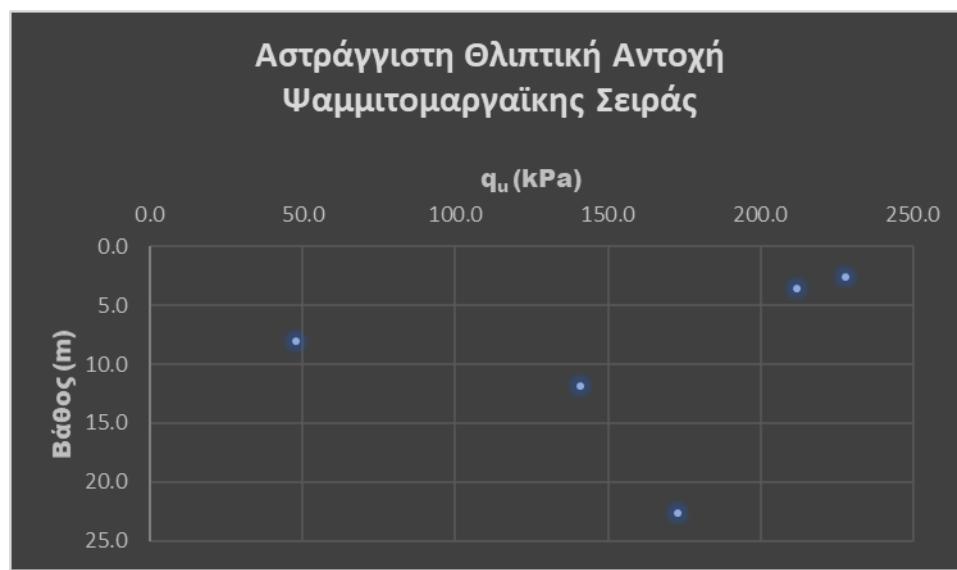
Η άδεια χρήσης όλων των παραπάνω προγραμμάτων/πακέτων παρέχεται στο χρήστη δωρεάν μέσω της φοιτητικής του ιδιότητας.

4.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

4.4.1. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

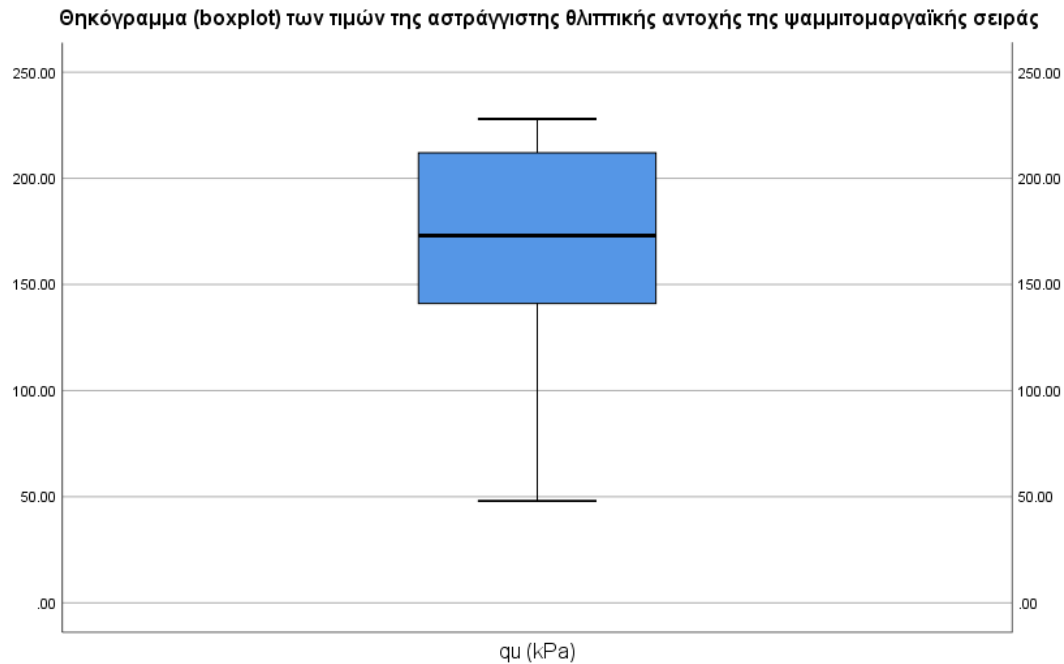
4.4.1.1. Αστράγγιστη θλιπτική αντοχή (q_u)

Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά:



Διάγραμμα 4.1. Διάγραμμα διασποράς της κατανομής της αστράγγιστης θλιπτικής αντοχής (q_u) σε σχέση με το βάθος για τη ψαμμιτομαργαϊκή σειρά.

Παρατηρείται από το διάγραμμα 4.1. ότι υπάρχει μια μεγάλη διασπορά έστω και σε αυτόν τον περιορισμένο σε αριθμό δειγμάτων και δεν αναγνωρίζεται κάποια συστηματική διαφοροποίηση με το βάθος. Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.2) της παραπάνω τιμής δεν αναγνωρίζονται ακραίες τιμές και η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.1) όπου και προκύπτει ότι αυτή ακολουθείται.



Διάγραμμα 4.2. Θηκόγραμμα της αστράγγιστης θλιπτικής αντοχής (q_u) για τη ψαμμιτομαργαϊκή σειρά.

Πίνακας 4.1. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

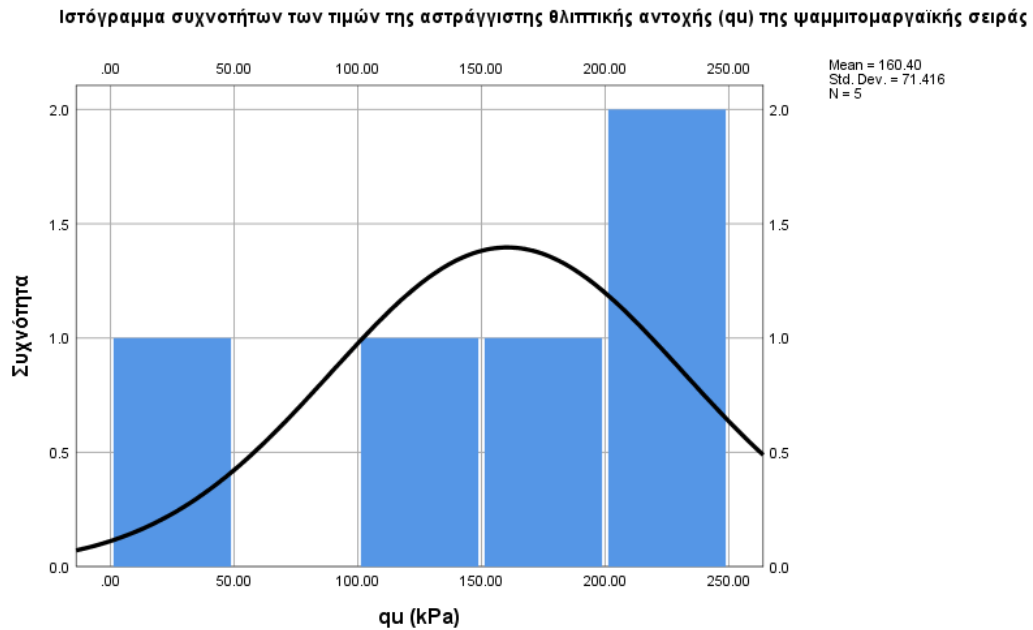
Sig (2-tailed)

0.2

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς της αστράγγιστη θλιπτικής αντοχής (Πίνακας 4.2) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.3).

Πίνακας 4.2. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση αυτής για την αστράγγιστη θλιπτική αντοχή, q_u (kPa).

N (δείγματα)	Μέση τιμή (kPa)	Τυπική απόκλιση
5	160,4	71,41



Διάγραμμα 4.3. Ιστόγραμμα συχνοτήτων της αστράγγιστης θλιπτικής αντοχής της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς.

Κατολισθήσεις:

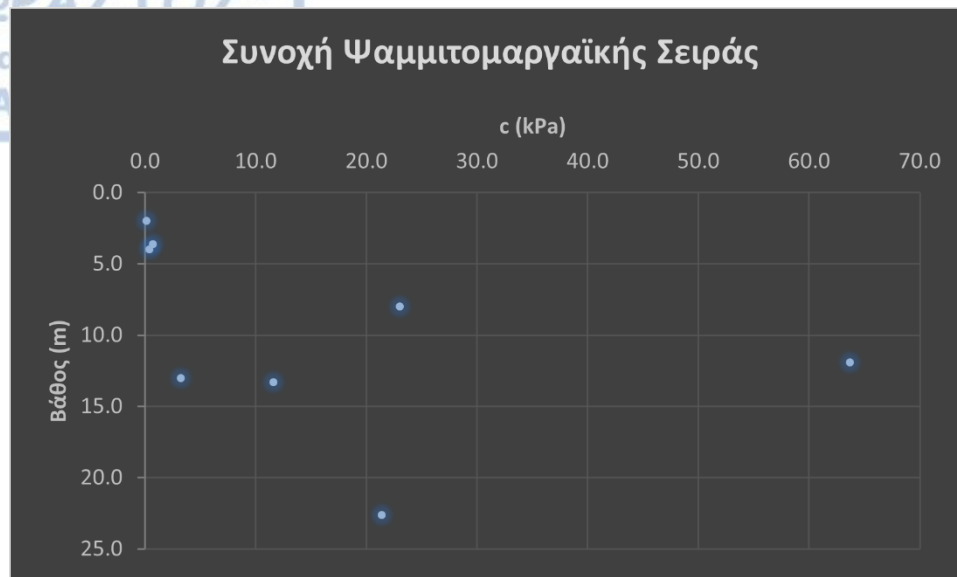
Έχουν αναγνωρισθεί δύο (2) τιμές αστράγγιστης θλιπτικής αντοχής των κατολισθημένων υλικών και συνεπώς η οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση δεν θα χαίρει αξιοπιστίας. Αν' αυτού υπολογίζεται κατευθείαν η μέση τιμή χωρίς την αντίστοιχη τυπική απόκλιση (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3. Μέση τιμή για την αστράγγιστη θλιπτική αντοχή, q_u (kPa) των κατολισθητικών υλικών.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (kPa)	Τυπική απόκλιση
2	138,5	-

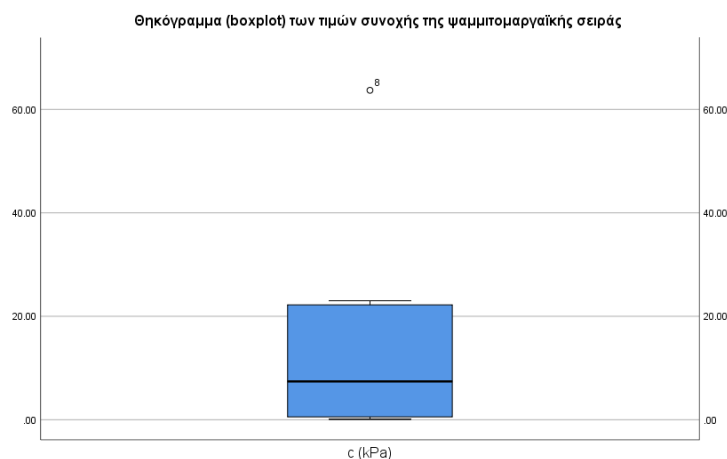
4.4.1.2. Συνοχή (c)

Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά:



Διάγραμμα 4.4. Διάγραμμα διασποράς της κατανομής της συνοχής (c) σε σχέση με το βάθος για τη ψαμμιτομαργαϊκή σειρά.

Παρατηρείται από το διάγραμμα 4.4. ότι υπάρχει διασπορά έστω και σε αυτόν τον περιορισμένο σε αριθμό δειγμάτων και αναγνωρίζεται μια αύξηση της τιμής σε σχέση με το βάθος. Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.5) της παραπάνω τιμής αναγνωρίζεται μια ακραία τιμή και εξαλείφεται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.3) όπου και προκύπτει ότι αυτή ακολουθείται.



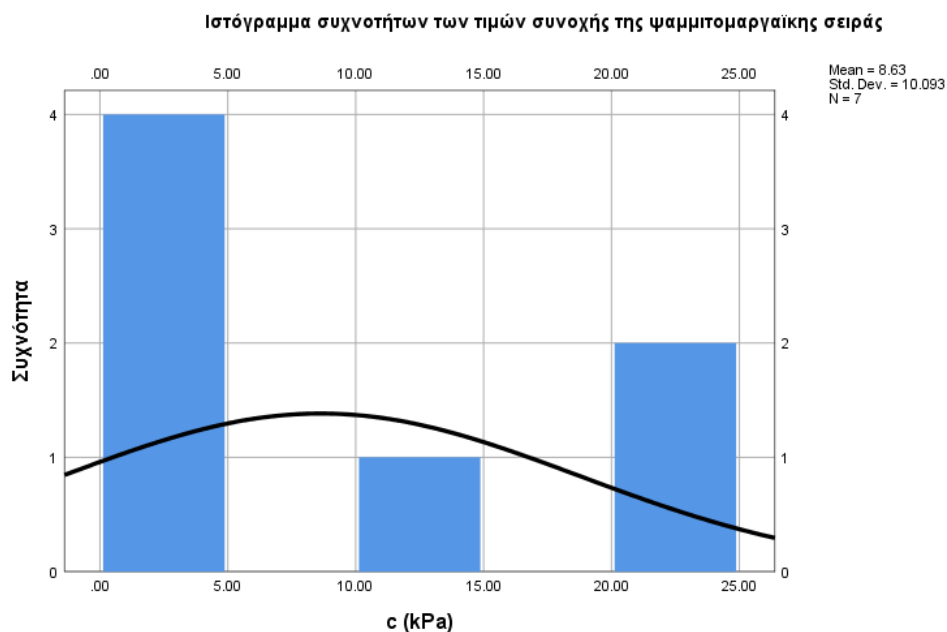
Διάγραμμα 4.5. Θηκόγραμμα της συνοχής (c) για τη ψαμμιτομαργαϊκή σειρά.

Πίνακας 4.3. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς της συνοχής (Πίνακας 4.4) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.6).

Πίνακας 4.4. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση αυτής για τη συνοχή c (kPa).

N (δείγματα)	Μέση τιμή (kPa)	Τυπική απόκλιση
7	8.63	10.093



Διάγραμμα 4.6. Ιστόγραμμα συχνοτήτων της συνοχής της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς.

Κατολισθήσεις:

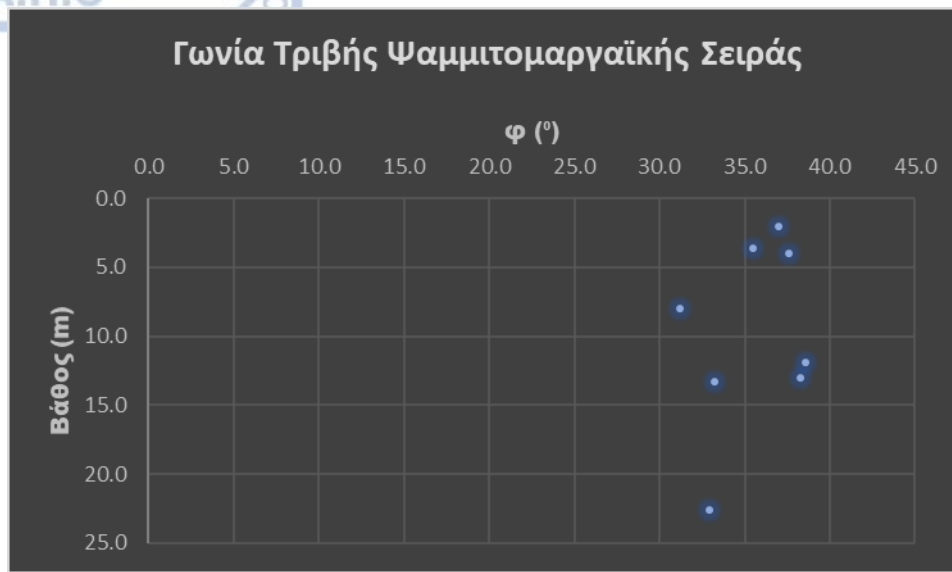
Έχουν αναγνωριστεί τρεις (3) τιμές συνοχής των κατολισθημένων υλικών και συνεπώς η οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση δεν θα χαίρει αξιοπιστίας. Αν' αυτού υπολογίζεται κατευθείαν η μέση τιμή χωρίς την αντίστοιχη τυπική απόκλιση (Πίνακας 4.5).

Πίνακας 4.5. Μέση τιμή της συνοχής c (kPa) των κατολισθημένων υλικών.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (kPa)	Τυπική απόκλιση
3	8,36	-

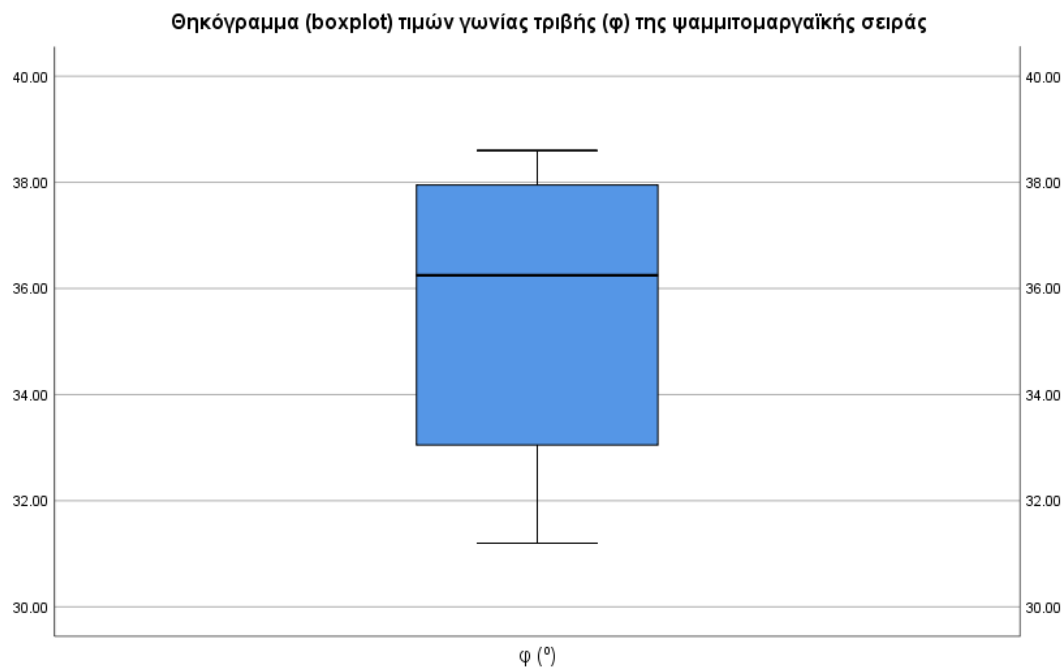
4.4.1.3. Γωνία τριβής (ϕ)

Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά:



Διάγραμμα 4.7. Διάγραμμα διασποράς της κατανομής της γωνίας τριβής (ϕ) σε σχέση με το βάθος για τη ψαμμιτομαργαϊκή σειρά.

Από το διάγραμμα 4.7. δεν παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση ως προς το εύρος των τιμών γωνίας τριβής αλλά ταυτόχρονα παρατηρείται μια αύξηση τους σε βάθος. Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.8) της παραπάνω παραμέτρου δεν αναγνωρίζονται ακραίες τιμές και η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.6) όπου και προκύπτει ότι αυτή ακολουθείται.



Διάγραμμα 4.8. Θηκόγραμμα της γωνίας τριβής (ϕ) για τη ψαμμιτομαργαϊκή σειρά.

Πίνακας 4.6. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

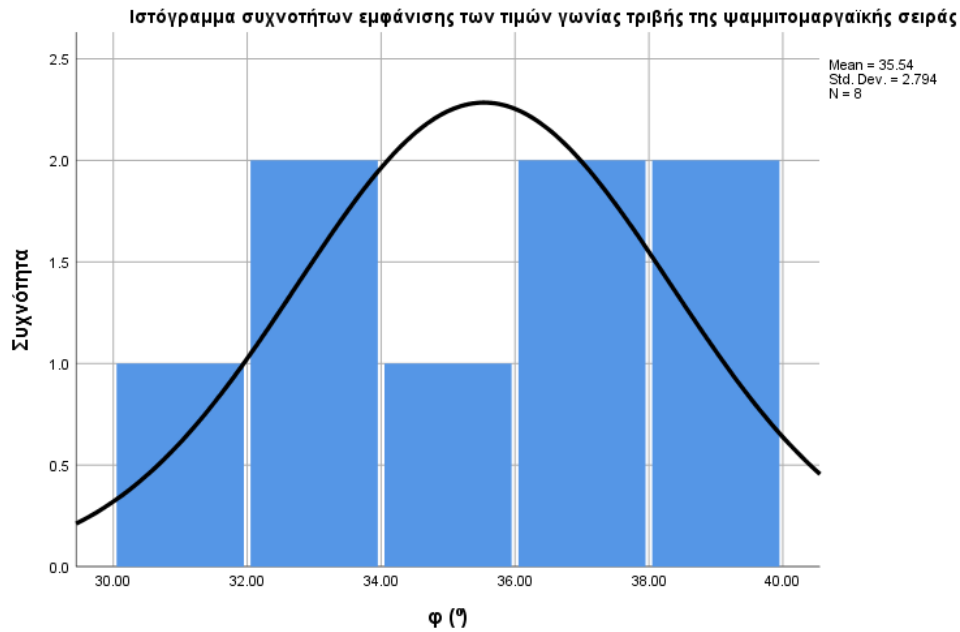
Sig (2-tailed)

0.2

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς της συνοχής (Πίνακας 4.7) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.9).

Πίνακας 4.7. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση αυτής για τη γωνία τριβής (ϕ) της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς.

N (δείγματα)	Μέση τιμή ($^{\circ}$)	Τυπική απόκλιση
8	35.54	36.25



Διάγραμμα 4.9. Ιστόγραμμα συχνοτήτων της γωνίας τριβής (ϕ) της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς.

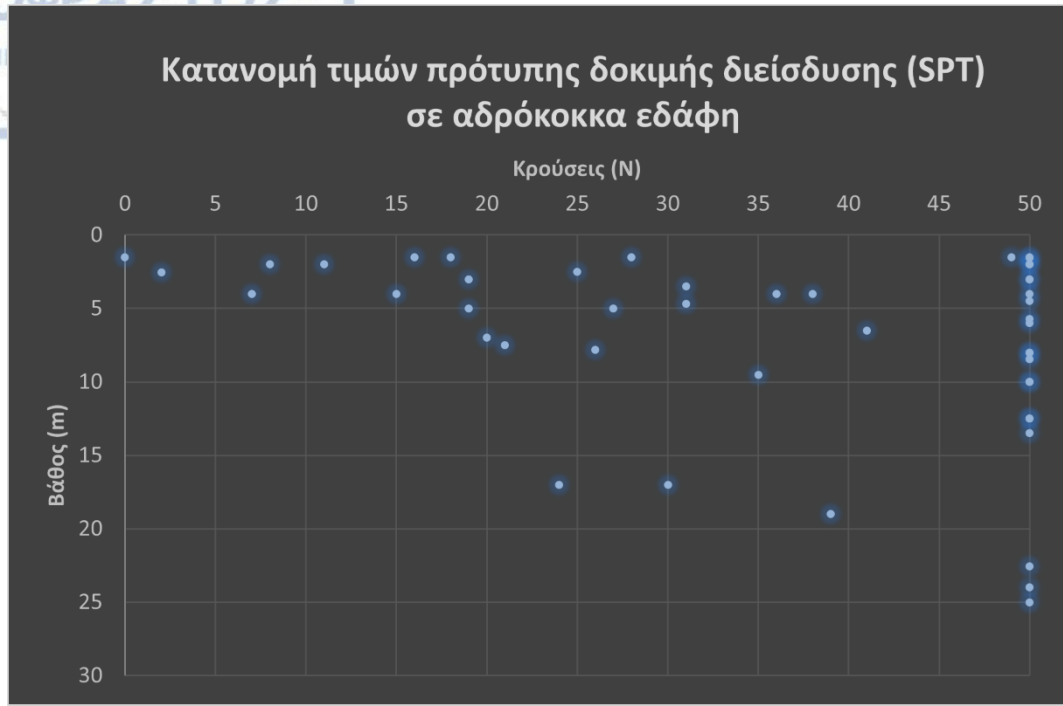
Κατολισθήσεις:

Έχουν αναγνωριστεί τρεις (3) τιμές γωνίας τριβής των κατολισθημένων υλικών και συνεπώς η οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση δεν θα χαίρει αξιοπιστίας. Αν' αυτού υπολογίζεται κατευθείαν η μέση τιμή χωρίς την αντίστοιχη τυπική απόκλιση (Πίνακας 4.8).

Πίνακας 4.8. Μέση τιμή της συνοχής ϕ (°) των κατολισθημένων υλικών.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (°)	Τυπική απόκλιση
3	36.2	-

4.4.1.4. Πρότυπη Δοκιμή Διείσδυσης (SPT) – Αδρόκοκκα

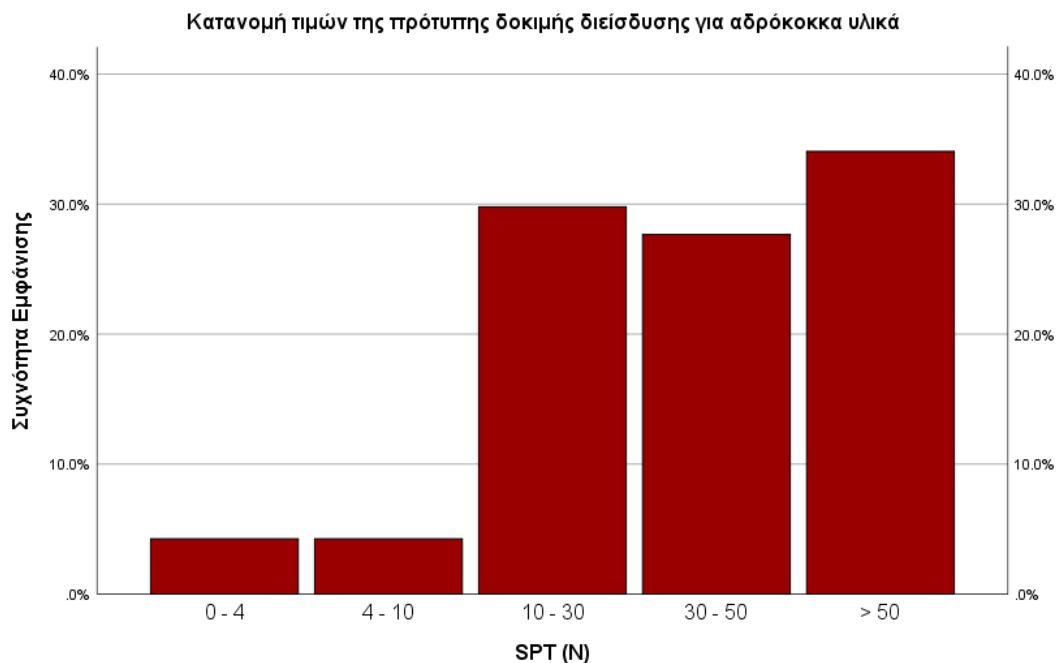


Διάγραμμα 4.10. Διάγραμμα διασποράς της κατανομής της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (SPT) σε αδρόκοκκα εδαφικά υλικά.

Από το διάγραμμα 4.10. παρατηρείται μια σημαντική διασπορά σε όλο το πιθανό εύρος των τιμών της δοκιμής (με αύξηση ανάλογα με το βάθος για τα ακραία νούμερα). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι υπάρχει μια μεγάλη συγκέντρωση των τιμών κοντά στο $N=50$ ή όντως το $N=50$. Ακολουθεί μια στατιστική επεξεργασία (Διάγραμμα 4.11) όπου έγινε προσπάθεια διαχωρισμού των αποτελεσμάτων σε σχέση με την κατάταξη που έχει προταθεί από τους Terzaghi & Peck (1967) (Πίνακας 4.9) όπου ανάλογα με τη τιμή προσδιορίζεται ποιοτικά η πυκνότητα τους.

Πίνακας 4.9. Αναμενόμενη πυκνότητα των αδρόκοκκων εδαφών ανάλογα με τη τιμή της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (SPT)

N SPT	Πυκνότητα
0-4	Πολύ Χαλαρό
4-10	Χαλαρό
10-30	Μετρίως Πυκνό
30-50	Πυκνό
>50	Πολύ Πυκνό



Διάγραμμα 4.11. Διάγραμμα συχνότητας εμφάνισης των τιμών SPT αναλογικά με προτεινόμενο εύρος του πίνακα 4.9.

Παρατηρείται ότι για ποσοστό των δειγμάτων άνω του 60% εμφανίζεται τιμή SPT μεγαλύτερη από 30 ενώ για το τελικό 34% η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε περισσότερο του 50. Συνεπώς με βάση την παραπάνω κατάταξη, η πυκνότητα των αδρόκοκκων εδαφικών σχηματισμών χαρακτηρίζεται ως Πυκνή-Πολύ Πυκνή.

4.4.1.5. Πρότυπη Δοκιμή Διείσδυσης (SPT) – Λεπτόκοκκα

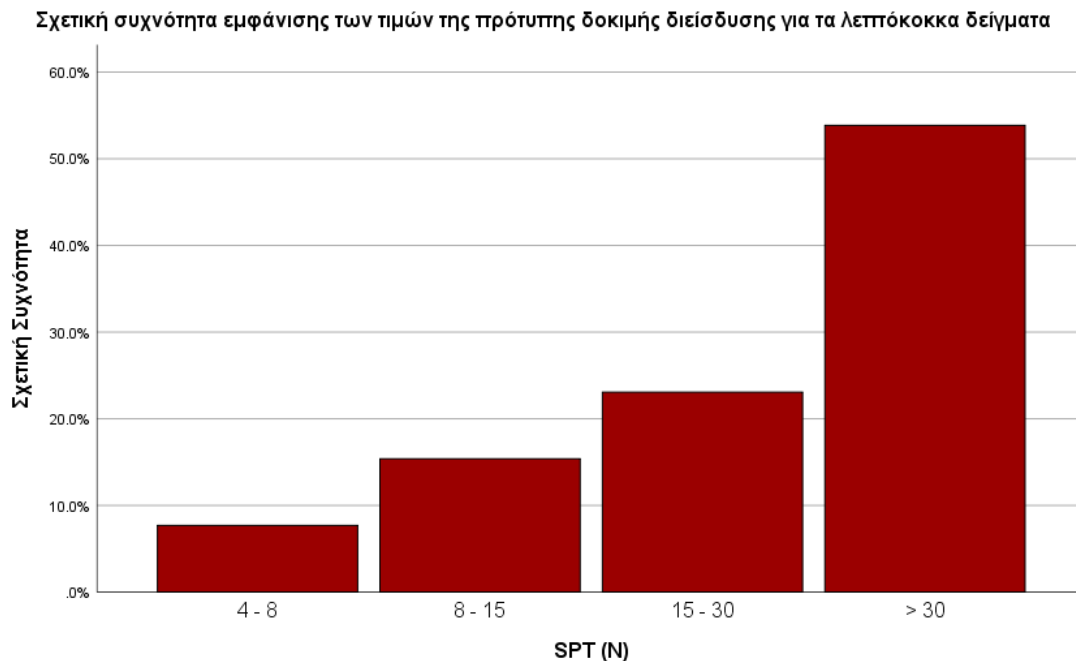


Διάγραμμα 4.11. Διάγραμμα διασποράς της κατανομής της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (SPT) σε λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά.

Από το διάγραμμα 4.11 αναγνωρίζεται η συγκέντρωση των περισσότερων δοκιμών ανάμεσα στις τιμές $N=10$ και $N=30$ με κάποιες να αγγίζουν τα πάνω όρια ήτοι 50. Ακολουθεί μια στατιστική επεξεργασία (Διάγραμμα 4.11) όπου όπως και παραπάνω με τα λεπτόκοκκα έγινε διαχωρισμός σε σχέση με την κατάταξη που έχει προταθεί από τους Terzaghi & Peck (1967) (Πίνακας 4.10) όπου ανάλογα με τη τιμή προσδιορίζεται ποιοτικά η πυκνότητα καθώς και η αστράγγιστη θλιπτική τους αντοχή, q_u (kPa).

Πίνακας 4.10. Αναμενόμενη πυκνότητα και αστράγγιστη θλιπτική αντοχή των λεπτόκοκκων εδαφών ανάλογα με τη τιμή της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (SPT)

N SPT	Πυκνότητα	q_u (kPa)
<2	Πολύ Μαλακό	<25
2-4	Μαλακό	25-50
4-8	Σταθερό	50-100
8-15	Στιφρό	100-200
15-30	Πολύ Στιφρό	200-400
>30	Σκληρό	>400



Διάγραμμα 4.12. Διάγραμμα συχνότητας εμφάνισης των τιμών SPT αναλογικά με προτεινόμενο εύρος του πίνακα 4.10.

Παρατηρείται ότι για ποσοστό των δειγμάτων άνω του 70% εμφανίζεται τιμή SPT μεγαλύτερη από 15 ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό (>50%) βρίσκεται πέρας των 30 χτύπων. Συνεπώς με βάση την παραπάνω κατάταξη (Πίνακας 4.10), η πυκνότητα των λεπτόκοκκων εδαφικών σχηματισμών χαρακτηρίζεται ως Πολύ Στιφρό έως Σκληρό και η επακόλουθη αντοχή σε αστράγγιστες συνθήκες θλίψης (q_u) λαμβάνει τιμές από 200 έως και άνω των 400 kPa.

4.4.1.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εδαφικών σχηματισμών και χαρακτηριστικές τιμές σχεδιασμού.

Με βάση όλη την παραπάνω γεωστατιστική επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων αναφορικά με τα εδαφικά υλικά δημιουργείται ο Πίνακας 4.11. στον οποίο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα και οι αναμενόμενες τεχνικογεωλογικές παράμετροι σχεδιασμού και ελέγχου για το σύνολο των υπό διερεύνηση σχηματισμών. Αξίζει να σημειωθεί μια σημαντική παρατήρηση:

1. Παρεμφερείς τιμές ενδέχεται να παρουσιάζει ο μανδύας αποσάθρωσης των βραχωδών σχηματισμών που εξετάζονται στη συνέχεια. Συνεπώς σε περίπτωση που λόγω (κυρίως) της αποσάθρωσης ο βραχώδης σχηματισμός

συμπεριφέρεται πλέον ανάμεσα στο μεταίχμιο ή καθαρά ως εδαφικός σχηματισμός παρουσιάζεται μια εναλλακτική για τον προσδιορισμό των παραμέτρων σχεδιασμού (η παραπάνω πρόταση υποστηρίζεται περισσότερο καθώς πλήθος δοκιμών SPT συντελέστηκαν στον αποσαθωμένο μανδύα του βραχώδους υποβάθρου, εξού και κάποιες μεγάλες τιμές ειδικά στα αδρόκοκκα, καθώς προέρχονται από αποσάθρωση κλαστικών πετρωμάτων (σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων).

Πίνακας 4.11. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα τεχνικογεωλογικών χαρακτηριστικών των εδαφικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας.

	q_u (kPa)	c (kPa)	ϕ (°)	Αδρόκοκκο και SPT >30	Αδρόκοκκο και SPT >50	Αερόκοκκο και SPT >15	Αερόκοκκο και SPT >30
Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά	160.4	8/63	36.25	Πυκνό	Πολύ Πυκνό	Πολύ Στιφρό & $q_u =$ 200-400 kPa	Σκληρό & $q_u > 400$ kPa
Κατολισθητικά Υλικά	138.5	8.36	36.2				

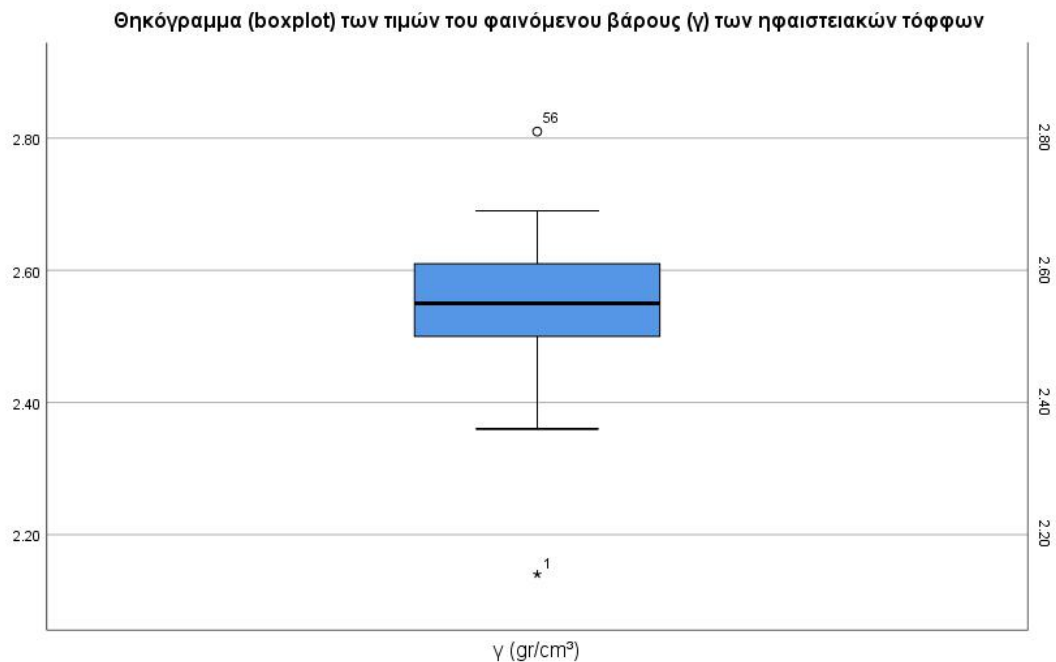
4.4.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Παρακάτω διενεργείται στατιστική ανάλυση των μηχανικών και των παραμέτρων βαθμονόμησης και ταξινόμησης για τα βραχώδη υλικά. Ακολουθείται η ίδια κατηγοριοποίηση με τη γεωλογική και συνεπώς για κάθε έναν από τους τρεις πετρογραφικούς σχηματισμούς διενεργήθηκαν ξεχωριστές αναλύσεις. Σε περιπτώσεις που ενδείκνυται η αξιολόγηση ως ενιαία σύνολα αξιολογούνται και στο σύνολο τους (ανεξαρτήτως πετρογραφικού τύπου).

4.4.2.1. Φαινόμενο Βάρος (γ)

Ηφαιστειακοί τόφοι:

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.13) της παραπάνω τιμής αναγνωρίζονται δύο (2) ακραίες τιμές και εξαλείφονται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.3) όπου και προκύπτει ότι αυτή ακολουθείται.



Διάγραμμα 4.13. Θηκόγραμμα του φαινόμενου βάρους (γ) για τους ηφαιστειακούς τόφφους.

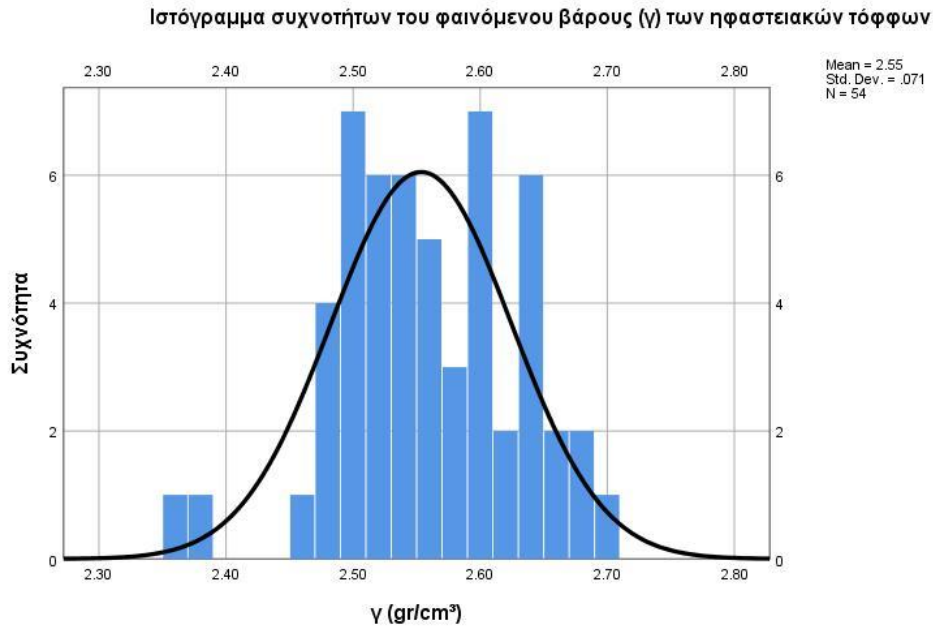
Πίνακας 4.12. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)	0.2
-----------------------	------------

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών τόφφων του φαινόμενου βάρους (Πίνακας 4.13) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.14).

Πίνακας 4.13. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του φαινόμενου βάρους των ηφαιστειακών τόφφων.

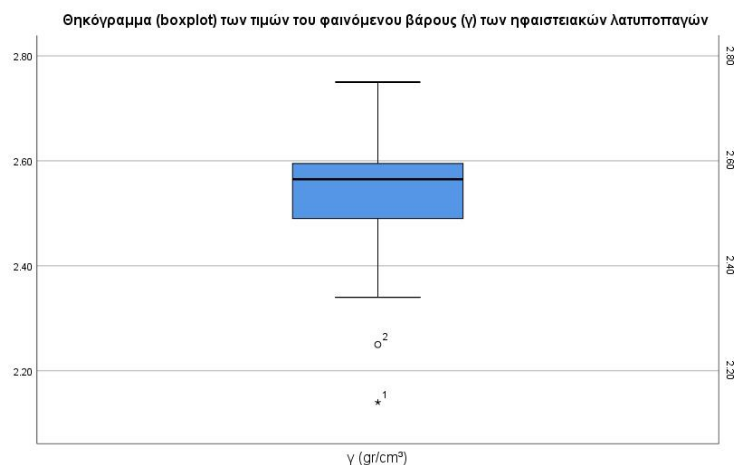
N (δείγματα)	Μέση τιμή (gr/cm ³)	Τυπική απόκλιση
54	2.55	0.071



Διάγραμμα 4.14. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του φαινόμενου βάρους (γ) των ηφαιστειακών τόφων.

Ηφαιστειακά λατυποπαγή:

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.15) της παραπάνω τιμής αναγνωρίζονται δύο (2) ακραίες τιμές και εξαλείφονται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.14) όπου και προκύπτει ότι αυτή ακολουθείται.



Διάγραμμα 4.15. Θηκόγραμμα του φαινόμενου βάρους (γ) για τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Πίνακας 4.14. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

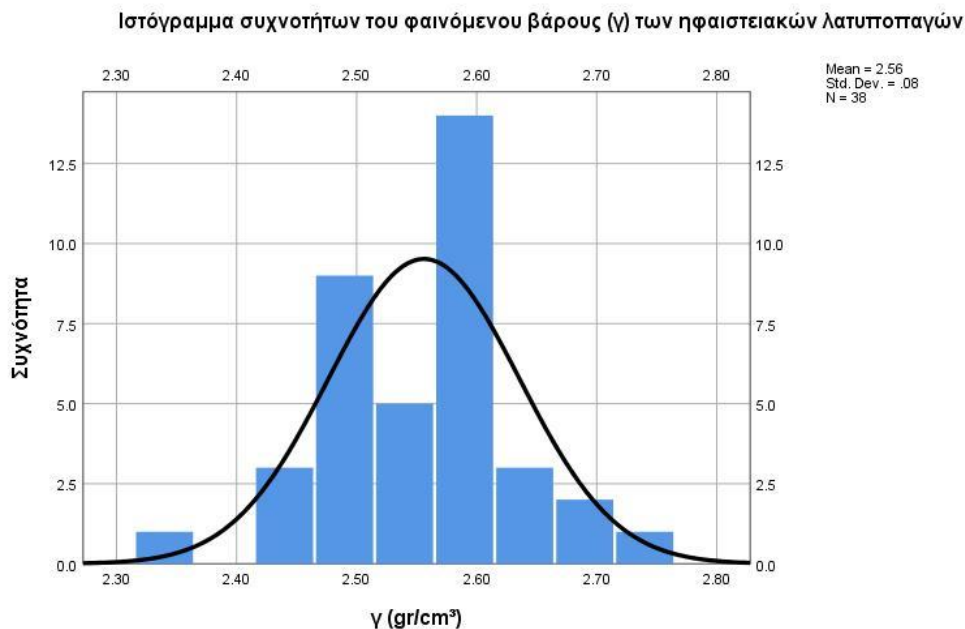
Sig (2-tailed)

0.097

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών λατυποπαγών του φαινομένου βάρους (Πίνακας 4.15) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.16).

Πίνακας 4.15. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του φαινομένου βάρους των ηφαιστειακών τόφων.

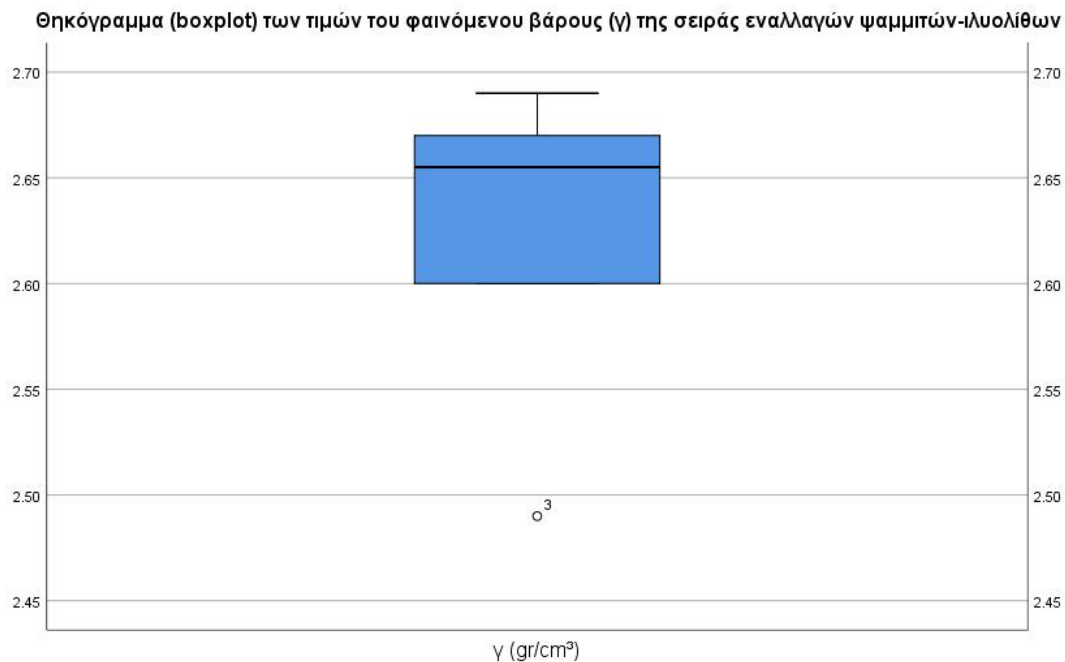
N (δείγματα)	Μέση τιμή (gr/cm ³)	Τυπική απόκλιση
38	2.56	0.08



Διάγραμμα 4.16. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του φαινομένου βάρους (γ) των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

Σειρά εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων:

Με βάση το ηθικόγραμμα (διάγραμμα 4.17) της παραπάνω τιμής αναγνωρίζεται μια (1) ακραία τιμή και εξαλείφεται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.16) όπου και προκύπτει ότι αυτή ακολουθείται.



Διάγραμμα 4.17. Θηκόγραμμα του φαινόμενου βάρους (γ) για τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

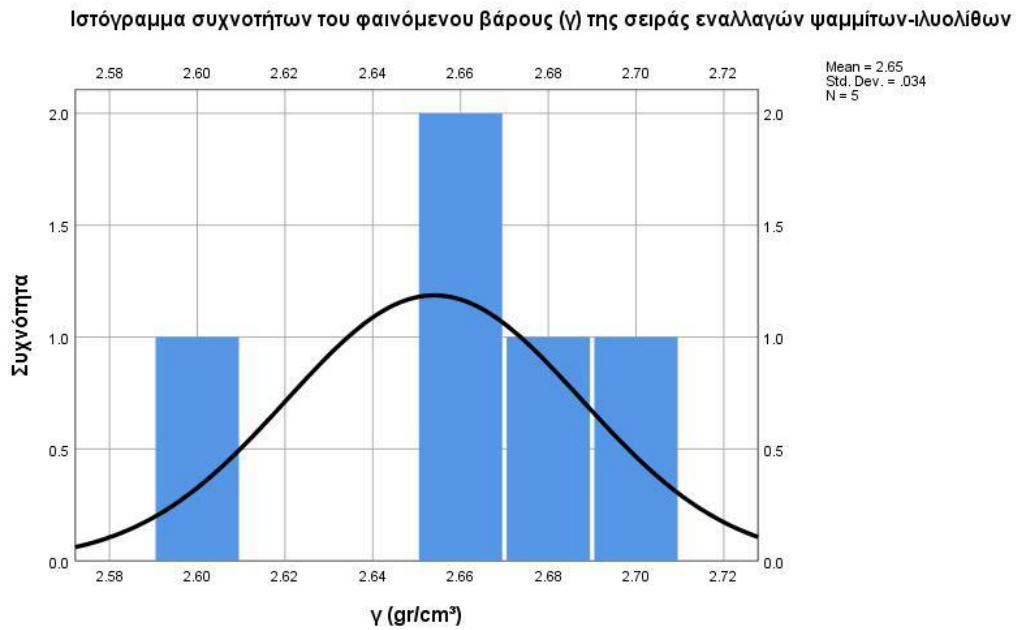
Πίνακας 4.16. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)	0.2
-----------------------	------------

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων του φαινόμενου βάρους (Πίνακας 4.17) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.14).

Πίνακας 4.17. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του φαινόμενου βάρους της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων

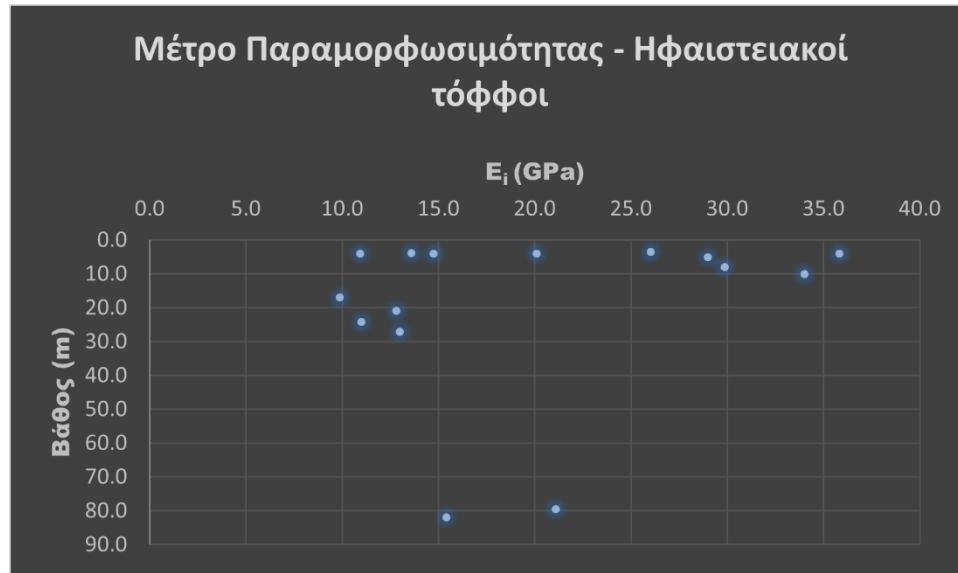
N (δείγματα)	Μέση τιμή (gr/cm³)	Τυπική απόκλιση
5	2.65	0.034



Διάγραμμα 4.18. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του φαινόμενου βάρους (γ) της σειράς εναλλαγών ψαμμίτων-ιλυολίθων.

4.4.2.2. Μέτρο παραμορφωσιμότητας άρρηκτου βράχου (E_i)

Ηφαιστειακοί τόφφοι:

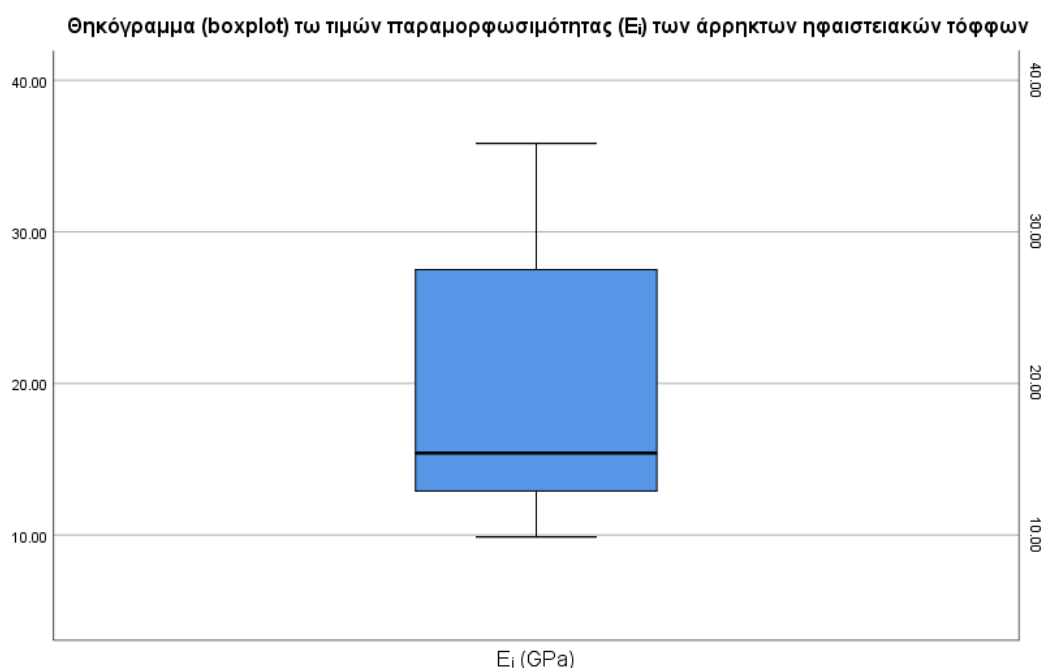


Διάγραμμα 4.19. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) των ηφαιστειακών τόφφων.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.19) σε σχέση με το βάθος, όπου αναγνωρίζεται η μεγάλη διακύμανση των τιμών παραμορφωσιμότητας που ποικίλει

από <10 GPa έως και >35GPa. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση του μέτρου με το βάθος.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.20) της παραπάνω παραμέτρου δεν αναγνωρίζεται καμία ακραία τιμή. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.18) όπου και προκύπτει ότι αυτή δεν ακολουθείται. Λογικά αναμενόμενο καθώς το εύρος των τιμών είναι διάσπαρτο χωρίς κάποια συστηματική ακολουθία να τηρείται (λόγω και της φύσης δημιουργίας του υλικού).



Διάγραμμα 4.20. Θηκόγραμμα του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) για τους ηφαιστειακούς τόφφους.

Πίνακας 4.18. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

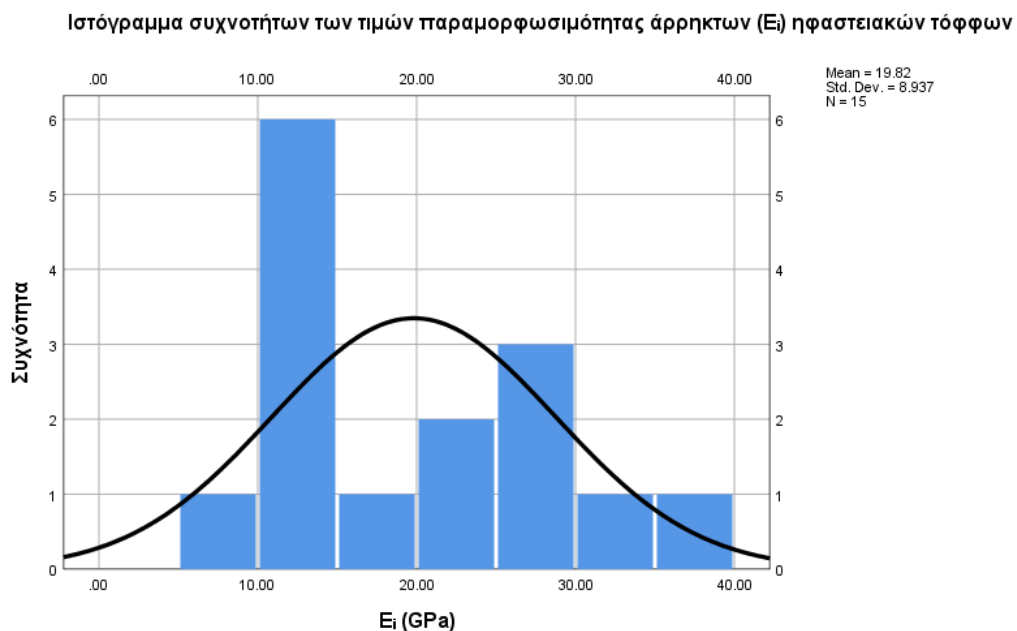
Sig (2-tailed)

0.044

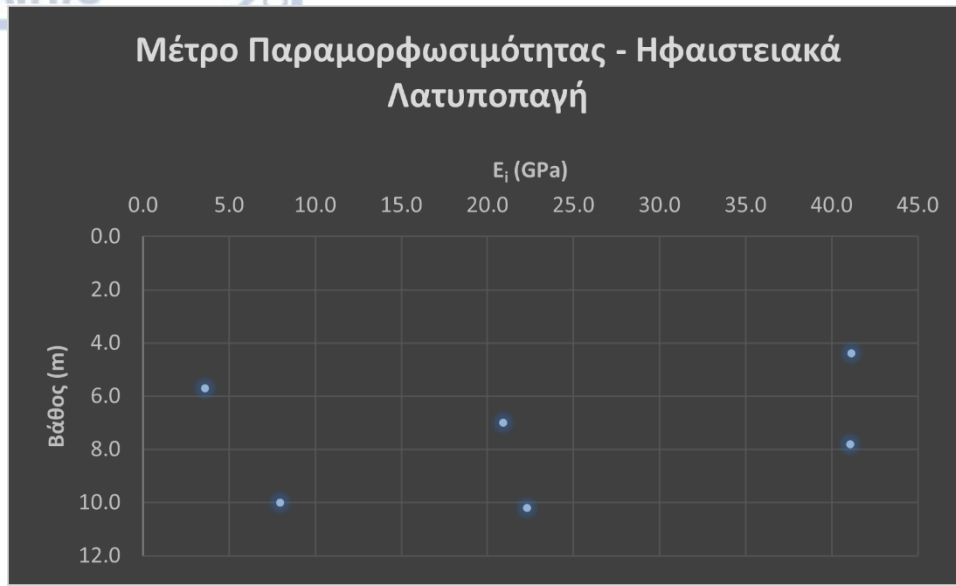
Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών τόφφων του μέτρου παραμορφωσιμότητας (Πίνακας 4.19) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.21).

Πίνακας 4.19. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) των ηφαιστειακών τόφφων.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (GPa)	Τυπική απόκλιση
1	19.82	8.937



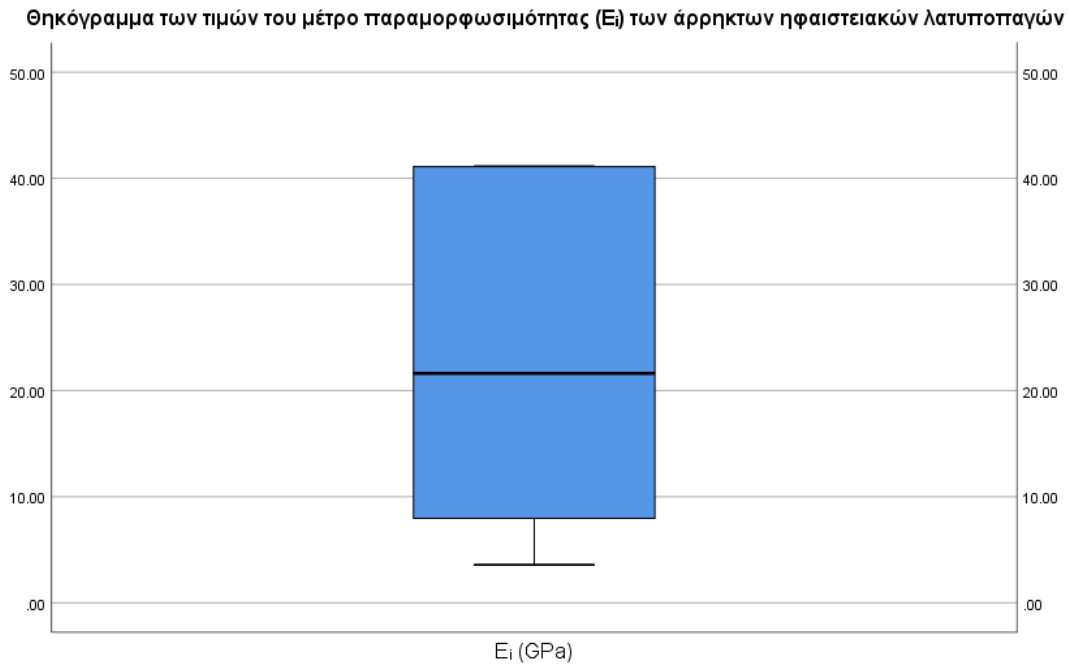
Διάγραμμα 4.21. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου παραμορφωσιμότητας των ηφαιστειακών τόφφων.



Διάγραμμα 4.22. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.22) σε σχέση με το βάθος, όπου αναγνωρίζεται η σημαντικά μεγάλη διακύμανση των τιμών παραμορφωσιμότητας που ποικίλει από <5 GPa έως και >40GPa. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι και εδώ δεν παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση του μέτρου με το βάθος.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.23) της παραπάνω παραμέτρου δεν αναγνωρίζεται καμία ακραία τιμή. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.20) όπου και προκύπτει ότι αυτή ακολουθείται.



Διάγραμμα 4.23. Θηκόγραμμα του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) για τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Πίνακας 4.20. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

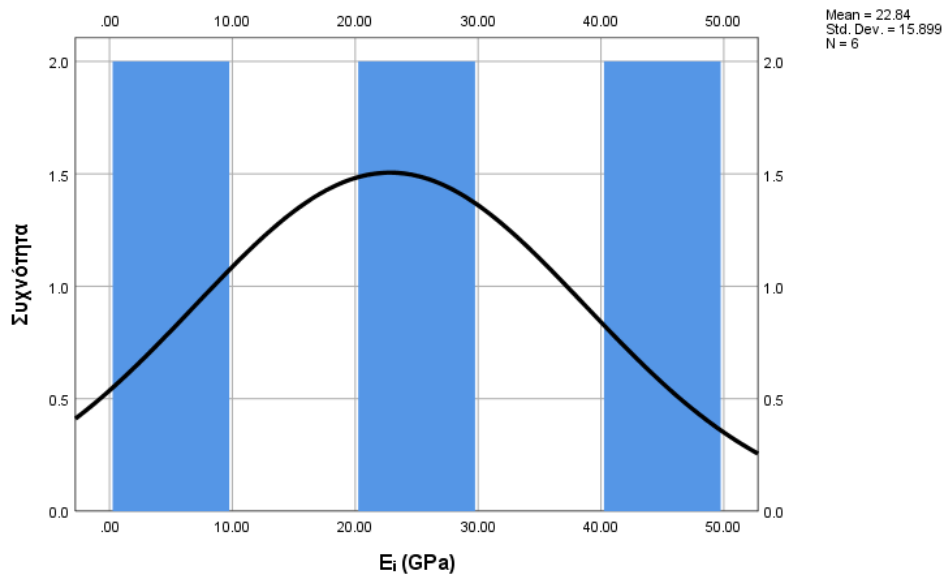
Sig (2-tailed)	0.2
----------------	-----

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών λατυποπαγών του μέτρου παραμορφωσιμότητας (Πίνακας 4.21) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.24).

Πίνακας 4.21. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

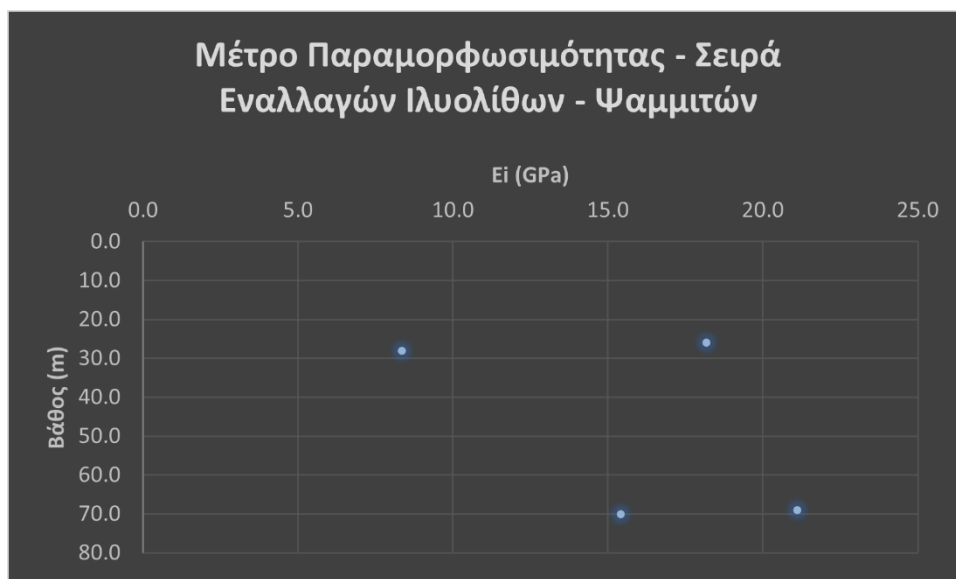
N (δείγματα)	Μέση τιμή (GPa)	Τυπική απόκλιση
6	22.84	15.899

Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών παραμορφωσιμότητας άρρηκτων (E_i) ηφαιστειακών λατυποπαγών



Διάγραμμα 4.24. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου παραμορφωσιμότητας των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

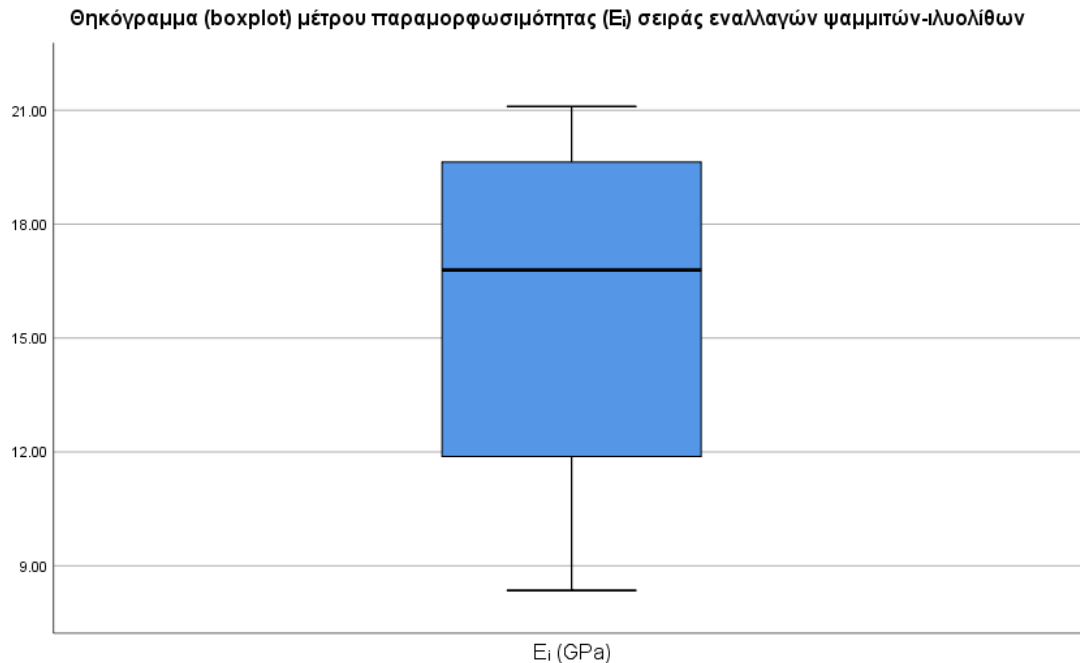
Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων:



Διάγραμμα 4.25. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.25) σε σχέση με το βάθος, όπου παρά το μικρό δείγμα τιμών παρατηρείται μια σχετική ομοιομορφία τιμών, περεταίρω συμπεράσματα περί βάθους δεν μπορούν εύκολα να εξαχθούν.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.26) της παραπάνω παραμέτρου δεν αναγνωρίζεται καμία ακραία τιμή. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.22) όπου δεν εξάγεται κάποιο αποτέλεσμα λόγω του πλήθους των δειγμάτων.



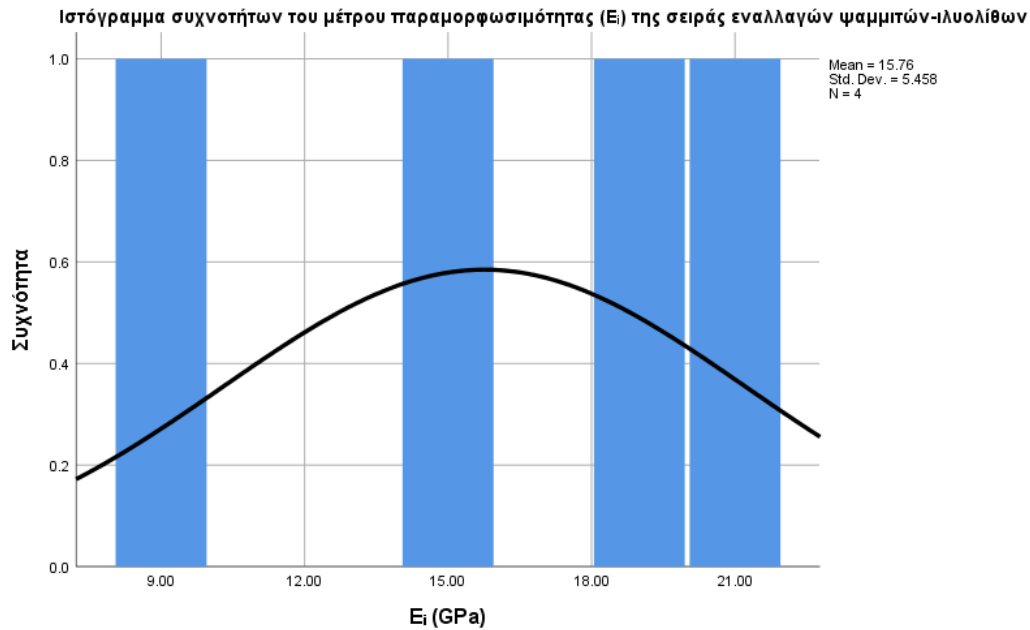
Διάγραμμα 4.26. Θηκόγραμμα του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) για τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

Πίνακας 4.22. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov
Sig (2-tailed) -

Τέλος προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών λατυποπαγών του μέτρου παραμορφωσιμότητας (Πίνακας 4.23) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.27).

Πίνακας 4.23. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου παραμορφωσιμότητας (E_i) της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (GPa)	Τυπική απόκλιση
4	15.76	5.458



Διάγραμμα 4.27. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου παραμορφωσιμότητας της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

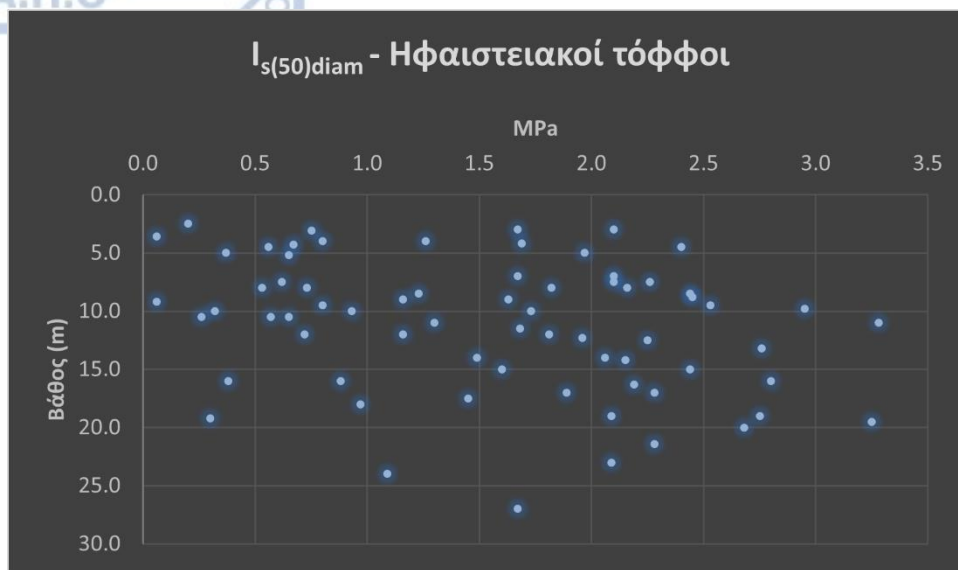
4.4.2.3. Δοκιμή σημειακής φόρτισης ($I_{s(50)diam}$)

Στη συνέχεια διενεργείται η αξιολόγηση της δοκιμής σημειακής φόρτισης. Σε πρώτο στάδιο εξετάζεται αυτή καθ' αυτή η δοκιμή και ταξινομείται το υπό διερεύνηση πέτρωμα ανάλογα με τη τιμή που προκύπτει με βάση τον Bieniawski (1975). Στη συνέχεια αξιολογείται η μετατροπή των τιμών της δοκιμής σε δοκιμές μονοαξονικής θλιπτικής σύμφωνα με τη σχέση $\sigma_c = K * I_{s(50)}$, όπου K ένας πολλαπλασιαστικός παράγοντας του δείκτη I_s .

Στο σημείο αυτό να τονιστεί πως για την εν λόγω αξιολόγηση επιλέχθηκε η χρήση μόνο της διαμετρικής δοκιμής (diam) και όχι αυτή της αξονικής (axial) καθώς όπως αναφέρεται από τον Κούκη (2006) είναι περισσότερο αξιόπιστη συγκριτικά με την αξονική. Τέλος, ο δείκτης I_s υπήρχε ήδη στην ανοιγμένη του μορφή, δηλαδή $I_{s(50)}$ κατά την αποδελτίωση των μητρώων των γεωτρήσεων.

Τέλος θεωρείται εξ' αρχής δεδομένο ότι τιμές της δοκιμής με $I_{s(50)diam} \leq 0.3$ MPa θεωρούνται αναληθείς και πιθανολογικά οφείλονται σε κακή κατάσταση του δοκιμίου ή σε μια ήδη προυπάρχουσα επιφάνεια αστοχίας και συνεπώς απορρίπτονται (Μαρίνος, 2019).

Ηφαιστειακοί τόφφοι:

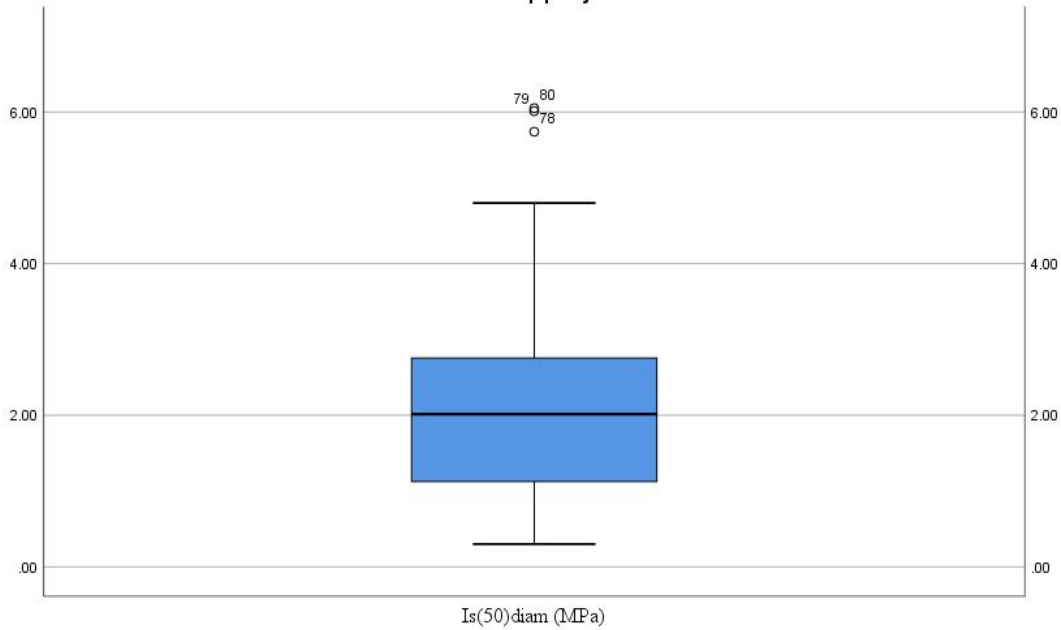


Διάγραμμα 4.28. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου του ανοιγμένου δείκτη σημειακής φόρτισης $I_{s(50)}$ στους ηφαιστειακούς τόφφους.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.28) σε σχέση με το βάθος, παρατηρείται μια αμυδρή, παραταύτα αύξηση της τιμής της πίεσης καθώς αυξάνεται το βάθος, ειδικά για τιμές πίεσης $> 2\text{MPa}$. Ταυτόχρονα όμως η διασπορά των τιμών σε χαμηλότερες πιέσεις είναι ακανόνιστη και συνεπής με τη πολυπλοκότητα του γεωλογικού μοντέλου της περιοχής.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.29) της παραπάνω παραμέτρου αναγνωρίζονται 4 ακραίες τιμές οι οποίες και διαγράφονται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.24) όπου και πιστοποιείται η ισχύς της.

Θηκόγραμμα (boxplot) των τιμών διαμετρικών δοκιμών σημειακής φόρτισης σε άρρηκτους ηφαιστειακούς τόφφους



Διάγραμμα 4.29. Θηκόγραμμα του μέτρου σημειακής φόρτισης ($I_{s(50)}$) για τους ηφαιστειακούς τόφφους

Πίνακας 4.24. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)

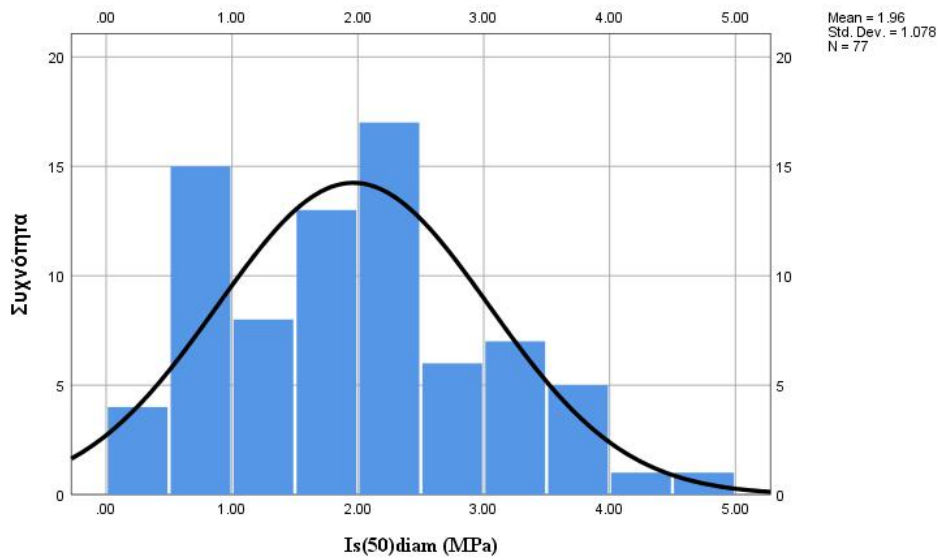
0.2

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών τόφφων (Πίνακας 4.25) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.30).

Πίνακας 4.25. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης ($I_{s(50)}$) των ηφαιστειακών τόφφων.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
77	1.96	1,07

Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών διαμετρικών δοκιμών σημειακής φόρτισης σε άρρηκτους ηφαιστειακούς τόφφους



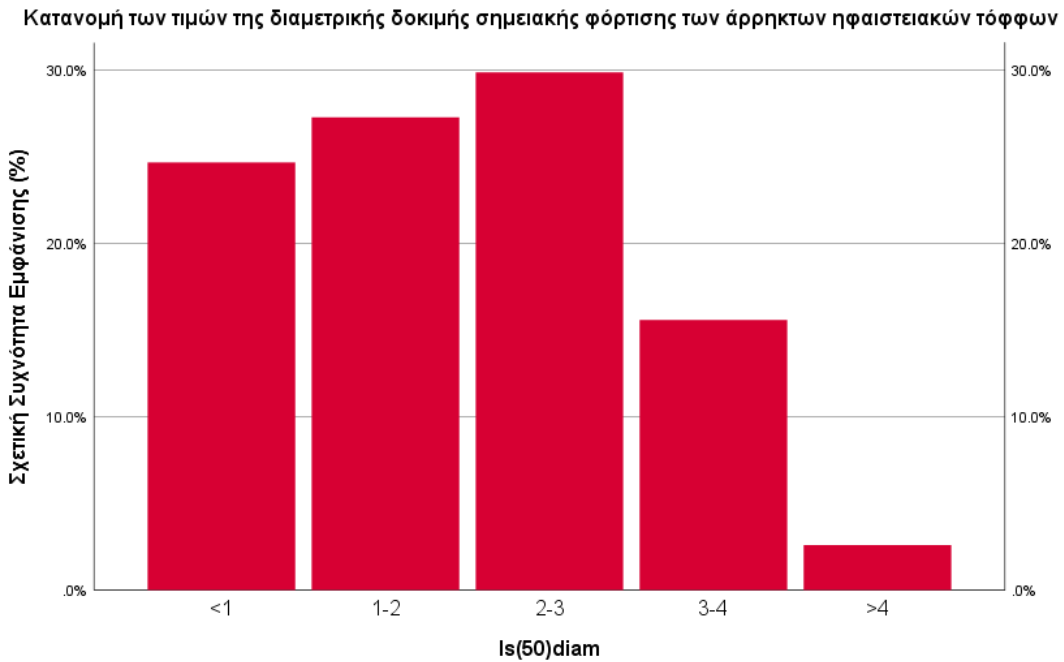
Διάγραμμα 4.30. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου σημειακής διαμετρικής φόρτισης για τους ηφαιστειακούς τόφφους.

Συνεπώς, με βάση τον παρακάτω πίνακα (4.26) που προέρχεται όπως αναφέρθηκε από τον Bieniawski το πέτρωμα χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή χαρακτηρίζεται ως: χαμηλής αντοχής -οριακά μέσης-.

Πίνακας 4.26. Χαρακτηρισμός πετρώματος αναλογικά με το αποτέλεσμα της δοκιμής σημειακής φόρτισης (Bieniawski, 1975).

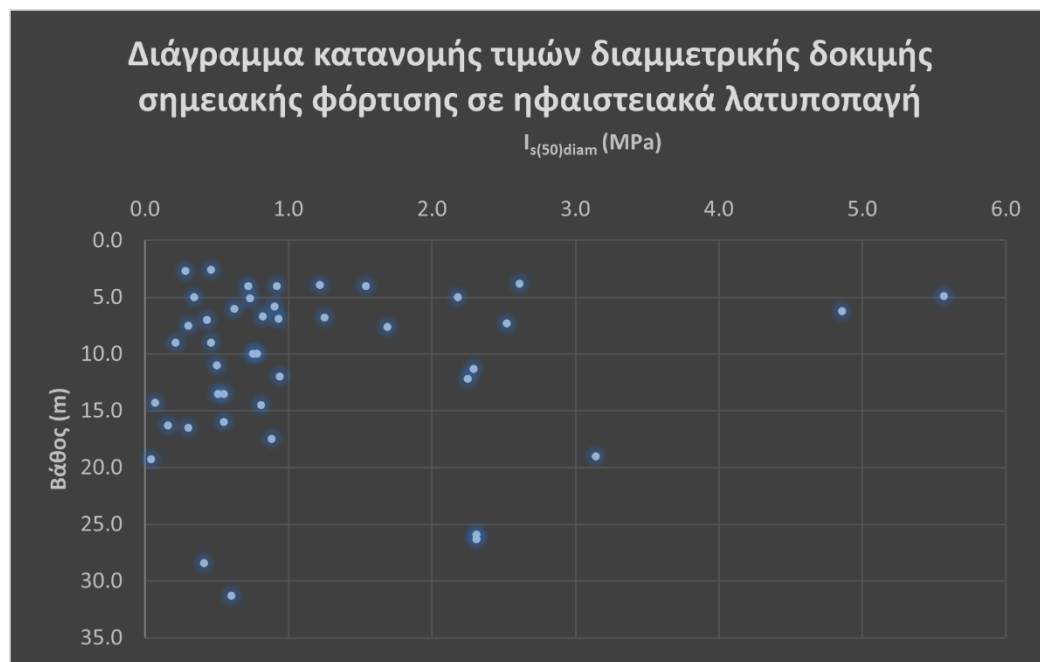
Χαρακτηρισμός Αντοχής	Δείκτης Σημειακής Φόρτισης $I_{s(50)}$ (MPa)
Πολύ Υψηλής Αντοχής	> 8
Υψηλής Αντοχής	4 – 8
Μέσης Αντοχής	2 - 4
Χαμηλής Αντοχής	1 - 2
Πολύ Χαμηλής Αντοχής	Δεν Συνίσταται η Δοκιμή

Πράγματι αυτό το αποτέλεσμα ανταποκρίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στη πραγματικότητα καθώς όπως αναγνωρίζεται και από το διάγραμμα (4.30) της σχετικής συχνότητας εμφάνισης των τιμών της σημειακής φόρτισης το 75% και πέρας αυτού έδωσε αντοχή μέχρι και 3MPa με το μεγαλύτερο ποσοστό εξ' αυτών (45%) να κυμαίνονται μεταξύ 0.3 και 2 MPa.



Διάγραμμα 4.30. Σχετική συχνότητα κατανομής των τιμών της σημειακής φόρτισης ($I_{s(50)}$) σε δείγματα ηφαιστειακών τόφφων.

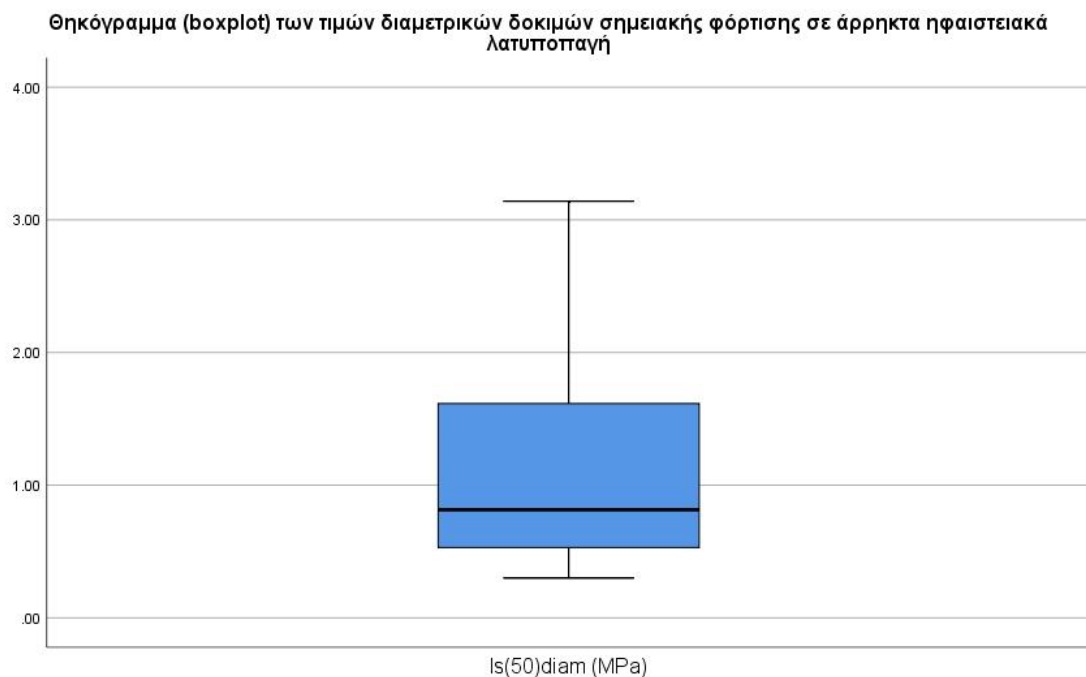
Ηφαιστειακοί λατυποπαγή:



Διάγραμμα 4.31. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου του ανοιγμένου δείκτη σημειακής φόρτισης $I_{s(50)}$ στα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.31) σε σχέση με το βάθος. Δεν παρατηρείται κάποια εμφανής διαφοροποίηση συγκριτικά με την αύξηση του βάθους. Αυτό που γίνεται εμφανές είναι η υψηλή συγκέντρωση των τιμών κάτω του 1MPa κάποιες εκ των οποίων ταξινομούνται εντός του ορίου $0 < I_{s(50)} < 0.3$ εξού και δεν χρησιμοποιούνται στην μετέπειτα ανάλυση.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.32) της παραπάνω παραμέτρου δεν αναγνωρίζονται ακραίες τιμές. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.24) όπου και δεν παρουσιάζεται ένδειξη κατανομής.



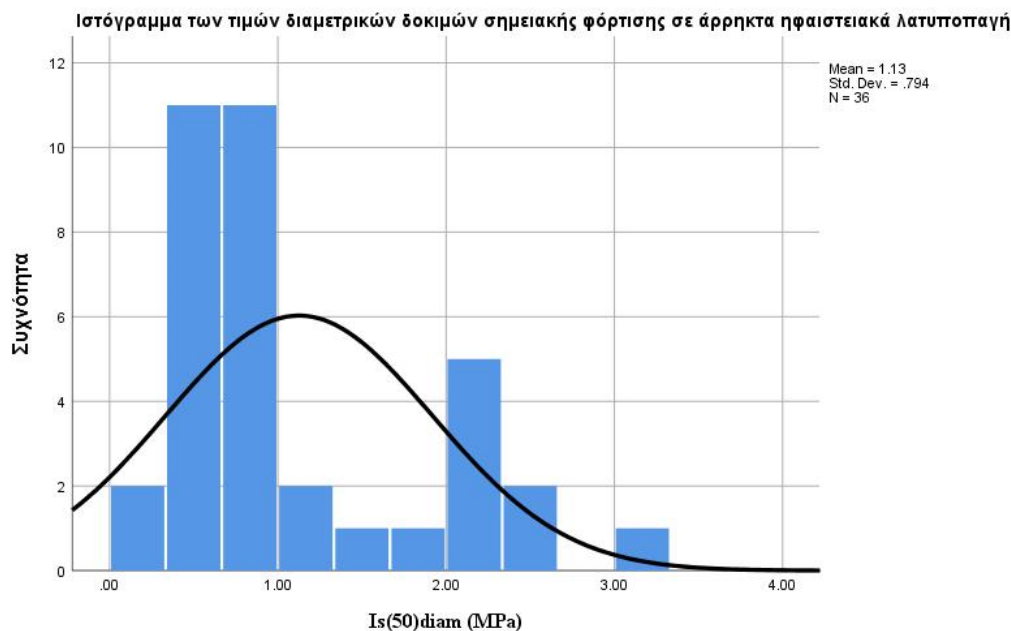
Διάγραμμα 4.32. Θηκόγραμμα του μέτρου σημειακής φόρτισης ($I_{s(50)}$) για τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Πίνακας 4.27. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov
Sig (2-tailed) -

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών λατυποπαγών (Πίνακας 4.28) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.33).

Πίνακας 4.28. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης($I_{s(50)}$) των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

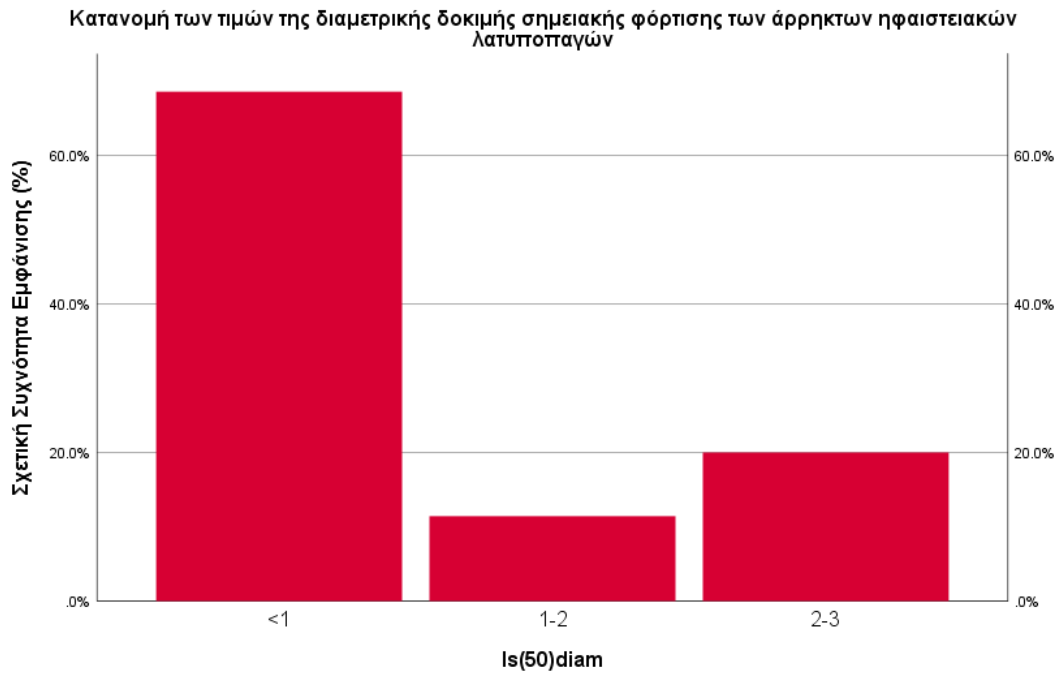
N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
36	1.1256	0.79437



Διάγραμμα 4.33. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου σημειακής διαμετρικής φόρτισης για τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Συνεπώς, με βάση τον πίνακα (4.26) το πέτρωμα χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή χαρακτηρίζεται ως: χαμηλής αντοχής.

Πράγματι αυτό το αποτέλεσμα ανταποκρίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στη πραγματικότητα καθώς όπως αναγνωρίζεται και από το διάγραμμα (4.34) της σχετικής συχνότητας εμφάνισης των τιμών της σημειακής φόρτισης το περισσότερο από το 60% δεν υπερβαίνει τη τιμή του 1 MPa ενώ κανένα δεν ξεπερνάει τη τιμή 3 MPa.



Διάγραμμα 4.34. Σχετική συχνότητα κατανομής των τιμών της σημειακής φόρτισης ($I_{s(50)}$) σε δείγματα ηφαιστειακών λατυποπαγών.

Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων:

Εντοπίζεται μόνο μια μέτρηση που ισούται με $I_{s(50)}=1,270$ MPa, συνεπώς αν και στατιστικά μη αποδεκτό (λόγω του πλήθους), το πέτρωμα χαρακτηρίζεται ως χαμηλής αντοχής σύμφωνα με τον Πίνακα 4.26.

Μετατροπή αντοχών προερχόμενων από σημειακή φόρτιση σε μονοαξονική θλιπτική αντοχή:

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω δύναται να υπολογιστεί έμμεσα μέσω της δοκιμής σημειακής φόρτισης η μονοαξονική θλιπτική αντοχή των πετρωμάτων με την ακόλουθη σχέση $\sigma_c = K * I_{s(50)}$, όπου K ένας πολλαπλασιαστικός παράγοντας του δείκτη I_s .

Ο πολλαπλασιαστικός συντελεστής K έγινε αντικείμενο μελέτης διαφόρων ερευνητών και στη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί κάποιος να βρει ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών τιμών. Όμως η θεώρηση αυτή είναι προσεγγιστική και μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδεκτά λάθη (τόσο υποσκελίζοντας όσο υπερσκελίζοντας τη τελική αντοχή σ_{ci}).

Στην παρούσα αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη διερεύνηση του κατάλληλου συντελεστή K αναφορικά με πυριγενή πυροκλαστικά και ηφαιστειακά υλικά (ειδικότερα τόφφους). Σε αυτές τις τιμές προστέθηκε η διεθνώς αναγνωρισμένη από την ISRM (1985) όπου $K = 20-25$ με μέσο το 22. Στον παρακάτω πίνακα (4.28) παρατίθενται οι διάφορες αυτές τιμές (κατά αύξοντα αριθμό), καθώς και η βιβλιογραφική αναφορά τους. Να διευκρινιστεί ότι οι τιμές αναφέρονται μόνο σε γραμμική σχέση.

Πίνακας 4.28. Καταγραφή των πολλαπλασιαστικών συντελεστών K που χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση.

K	
8-24	Read et al. (1964)
11.30	Kahraman & Gunydin (2009)
12-18	Forster (1983)
12.98	Kaya & Kahraman (2015)
17.68	Kaya & Kahraman (2015)
20-25	ISRM (1985)
27	Norbury (;

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

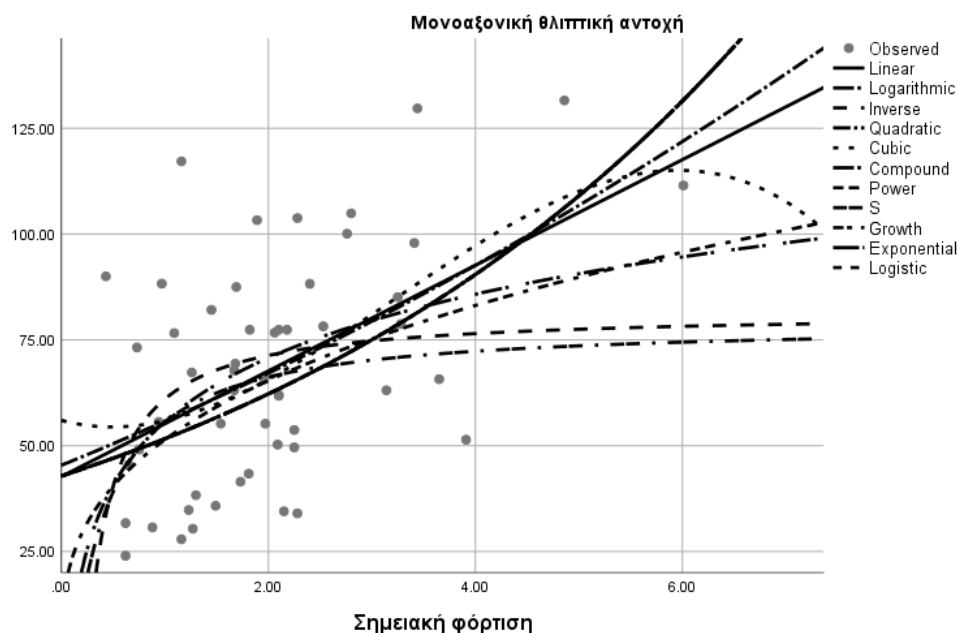
- Ταξινόμηση κατά αύξον αριθμό των συντελεστών K
- Εύρεση εκείνων των τιμών δοκιμών σημειακής φόρτισης για το κάθε πέτρωμα όπου παραπλήσια να έχει πραγματοποιηθεί δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης ($N=53$)
- Αναγωγή της κάθε μέτρησης $I_{s(50)di}$ συγκριτικά με τον εκάστοτε συντελεστή
- Σύγκριση των νέων τιμών σε σχέση με τις αυτούσιες τιμές της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής
- Διεξαγωγή συμπερασμάτων

Πραγματοποιώντας όλα τα παραπάνω κανείς καταλήγει για το συγκεκριμένο πλήθος δεδομένων της αξιολόγησης ότι οποιοσδήποτε συντελεστής και να επιλεγεί υποεκτιμά σε μεγάλο βαθμό την αντίστοιχη αντοχή της U.C.S. και συνεπώς απορρίπτονται στο σύνολο τους.

Σε ένα επόμενο στάδιο έγινε προσπάθεια εύρεσης ενός καινούργιου συντελεστή K ικανού να προβλέψει σε μεγάλο βαθμό την αντίστοιχη τιμή της U.C.S., μα κυρίως να μην μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό η μέση τιμή της στο σύνολο κάθε πετρογραφικού τύπου.

Μέσω του στατιστικού πακέτου διενεργήθηκε έρευνα παλινδρόμησης ούτως ώστε να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος με όσο το δυνατόν καλύτερη αντιστοιχία. Ο έλεγχος περιείχε το σύνολο των δυνατών εξισώσεων που διαθέτει το πακέτο και δεν περιορίστηκε μόνο σε γραμμική.

Στο παρακάτω διάγραμμα (4.35) παρουσιάζεται γραφικά η εκάστοτε καμπύλη των προτεινόμενων σχέσεων που δύναται να περιγράψουν το φαινόμενο. Προκύπτει ότι η καλύτερη συσχέτιση παρουσιάζεται μεταξύ της τιμής U.C.S. και της $I_{s50(diam)}$ όταν η σχέση είναι γραμμική.



Διάγραμμα 4.35. Παρουσιάζεται το πλήθος των προτεινόμενων εξισώσεων που δύναται να περιγράψουν καλύτερα το φαινόμενο.

Με βάση την παραπάνω διαδικασία προέκυψε αναλυτικός πίνακας (Παράρτημα) που αναλύει τη κάθε προτεινόμενη σχέση και προβάλλοντας και έναν συντελεστή συσχέτισης (R), ο συντελεστής αυτός γνωστός και ως συντελεστής Pearson συσχέτισης λαμβάνει τιμές από 0 έως και 1 (αναφορικά με γνησίως αύξουσες συναρτήσεις) και κατηγοριοποιεί τη σχέση τους ακολούθως:

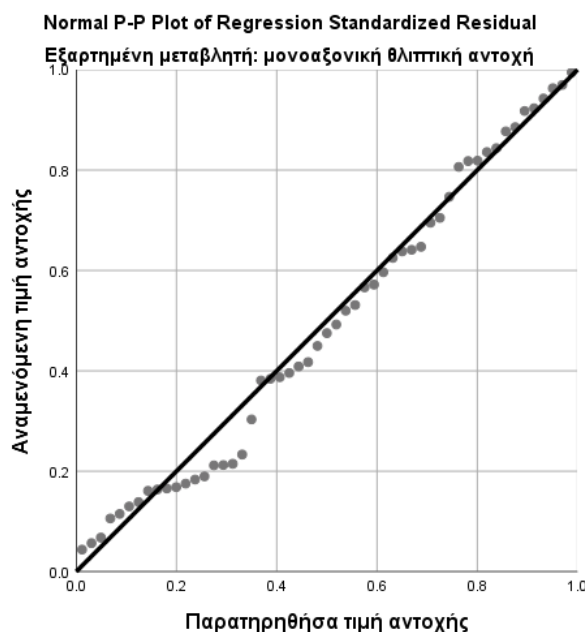
- $R = 0$, καμία συσχέτιση
- $0 \leq R \leq 0.3$, πολύ ασθενής συσχέτιση
- $0.3 \leq R \leq 0.5$, ασθενής συσχέτιση
- $0.5 \leq R \leq 0.7$, μέτρια συσχέτιση
- $0.7 \leq R \leq 1$, ισχυρή συσχέτιση

- $R = 1$, ισχυρή συσχέτιση

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει η γραμμική σχέση αναγνωρίστηκε ως η περισσότερο αξιόπιστη και με έναν συντελεστή $R=0.505$, ήτοι μέτρια συσχέτιση. Η σχέση που προέκυψε είναι της μορφής $y=a*x + \beta$ και συγκεκριμένα ισούται με:

$$\sigma_{ci} = 12.48 * I_{s(50)_{diam}} + 42.706$$

Όπως παρατηρείται και στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 4.36) η πρόβλεψη των τιμών σ_{ci} είναι σε καλή αντιστοιχία με τα πραγματικά δεδομένα.



Διάγραμμα 4.36. Προβολή της παρατηρηθείσας τιμής συγκριτικά με την αναμενόμενη. Σε γενικές γραμμές η ταύτιση είναι ικανοποιητική, με κάποιες διακυμάνσεις να παρατηρούνται στις χαμηλότερες τιμές αντοχής.

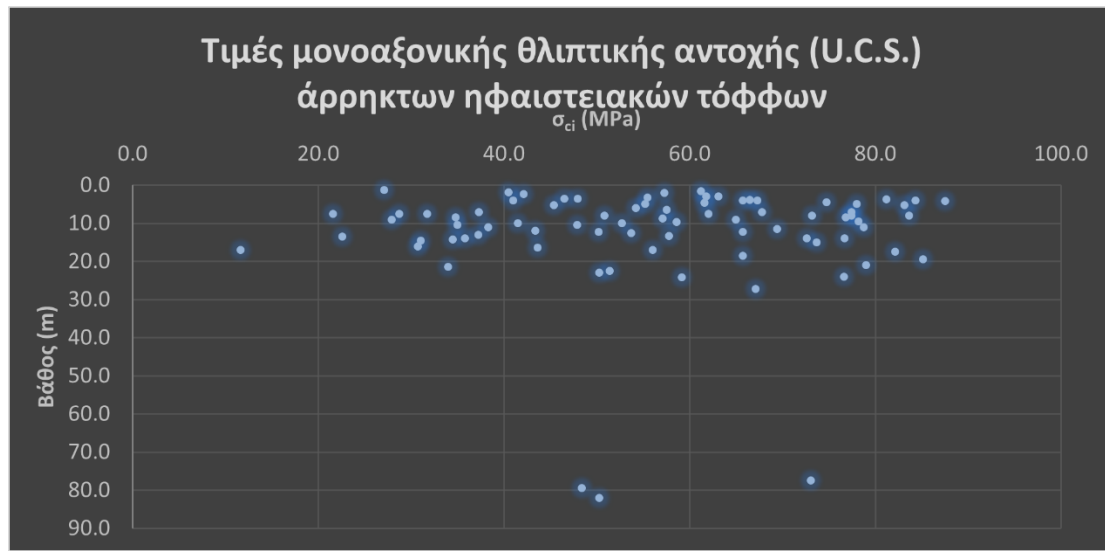
Βέβαια το σημαντικότερο στοιχείο που οδήγησε στην υιοθέτηση της παραπάνω σχέσης είναι η σχέση των δεδομένων προερχόμενων από την δοκιμή U.C.S. και αυτών που ανοίχθηκαν βασιζόμενα στην προτεινόμενη σχέση. Προκύπτει ότι οι τιμές που προέκυψαν δεν μεταβάλλουν σε μεγάλο βαθμό τη τελική μέση τιμή των πετρωμάτων και συνεπώς κρίνονται επί του πρακτέου αποδεκτές.

Συνεπώς οι τελικές τιμές αντοχής (σ_{ci}) εμπεριέχουν στην ανάλυση τους τις τιμές που προέκυψαν με την παραπάνω σχέση.

4.4.2.4. Δοκιμή μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci})

Αρχικά πραγματοποιείται η ανάλυση μόνο των τιμών που προέκυψαν από τις δοκιμές μονοαξονικής θλίψης και ακολουθεί δευτερογενώς ανάλυση συμπεριλαμβανομένων αυτών που προέκυψαν από την αναγωγή των δοκιμών σημειακής φόρτισης.

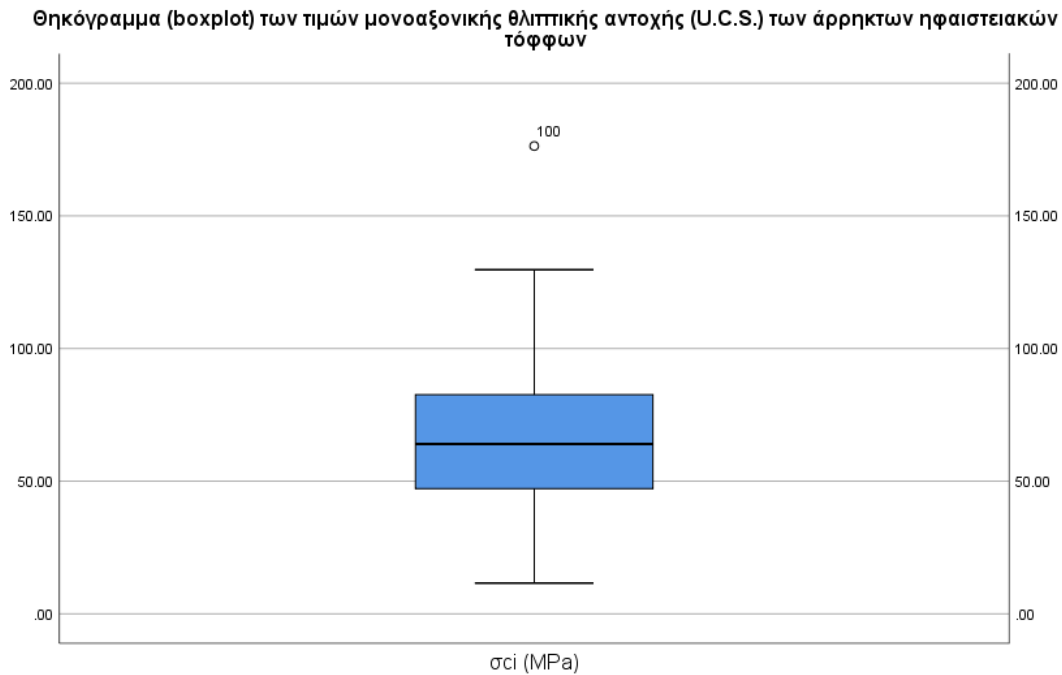
Ηφαιστειακοί τόφφοι μόνο μονοαξονική δοκιμή θλίψης:



Διάγραμμα 4.37. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) στους ηφαιστειακούς τόφφους.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.37) σε σχέση με το βάθος, δεν παρατηρείται όπως και με τις προηγούμενες παραμέτρους κάποια σταθερή τάση συγκριτικά με την αύξηση του βάθους. Οι τιμές είναι συγκεντρωμένες στο διάστημα πίεσης μεταξύ 20 και 80 MPa, το ίδιο φαινόμενο αναγνωρίζεται και σε μεγάλο βάθος (στο βάθος της εκσκαφής της σήραγγας) με τις τιμές εκεί να είναι μεν ανεβασμένες (>50 MPa) αλλά όχι κάτι διακριτό σε σχέση με το γενικό σύνολο και δικαιολογείται με την ανυπαρξία αποσθρωτικών παραγόντων σε αντίθεση με την επιφάνεια.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.38) της παραπάνω παραμέτρου αναγνωρίζεται μία (1) ακραία τιμή η οποία και διαγράφεται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.28) όπου και πιστοποιείται η ισχύς της.



Διάγραμμα 4.38. Θηκόγραμμα του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) για τους ηφαιστειακούς τόφους

Πίνακας 4.28. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)

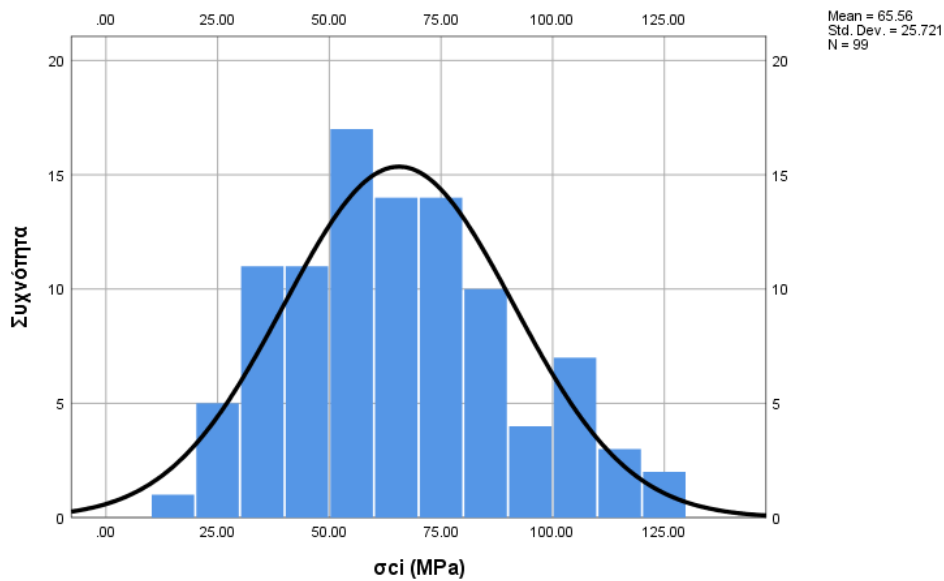
0.2

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών τόφων (Πίνακας 4.29) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.39).

Πίνακας 4.29. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης(σ_{ci}) των ηφαιστειακών τόφων.

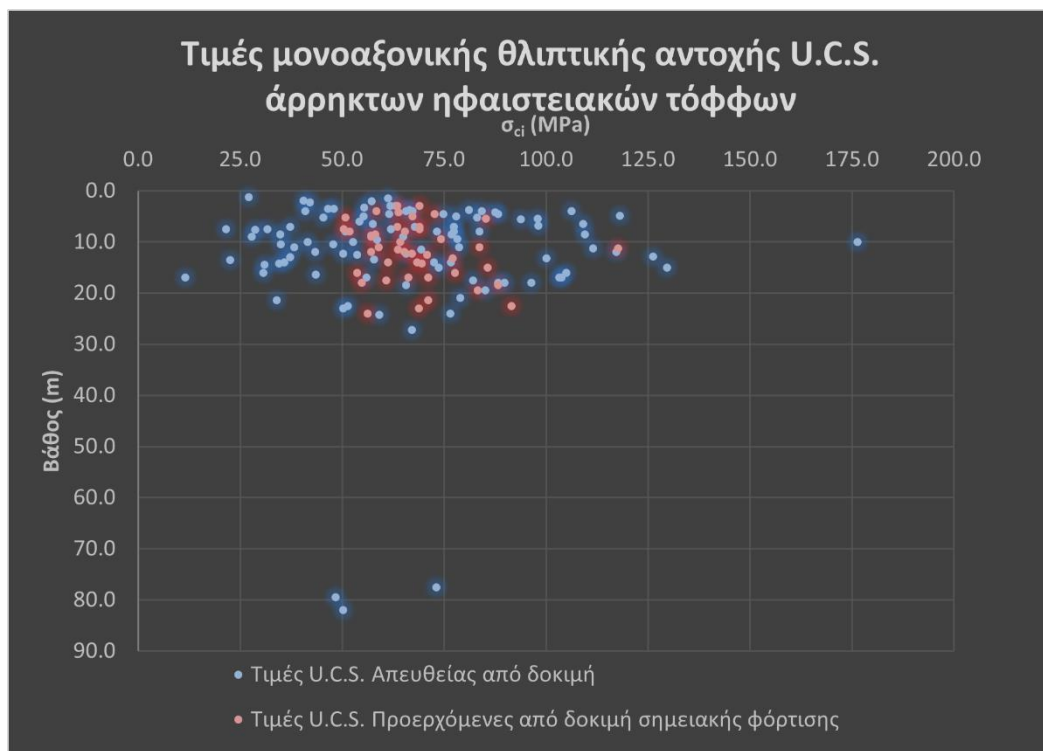
N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
99	65.56	25.721

Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (U.C.S.) άρρηκτων ηφαιστειακών τόφφων



Διάγραμμα 4.39. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής για τους ηφαιστειακούς τόφφους.

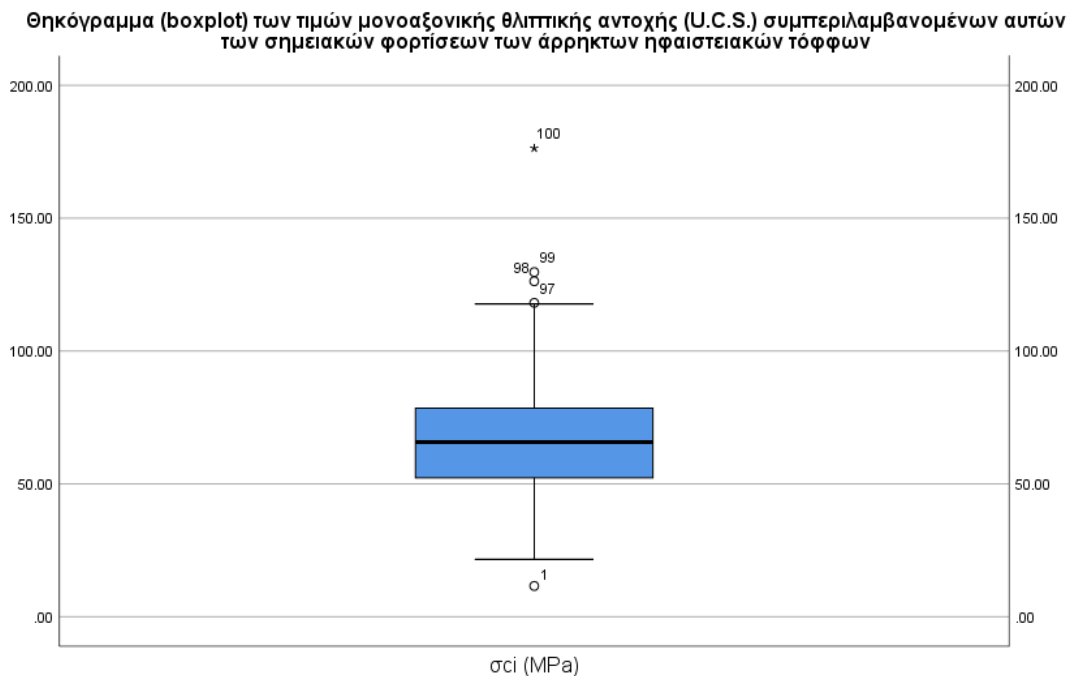
Ηφαιστειακοί τόφφοι συμπεριλαμβανομένων των τιμών της σημειακής φόρτισης:



Διάγραμμα 4.40. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων και των τιμών της σημειακής φόρτισης στους ηφαιστειακούς τόφφους.

Από το διάγραμμα διασποράς (διάγραμμα 4.40) δεν παρατηρείται κάποια σημαντική διαφοροποίηση συγκριτικά με το αντίστοιχο που αποτελείται εξ' ολοκλήρου από τιμές που προέρχονται απευθείας από μονοαξονική θλίψη σε επίρρωση και της καταλληλότητας της προτεινόμενης σχέσης για το μετασχηματισμό των τιμών της σημειακής φόρτισης σε τιμές μονοαξονικής θλίψης.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.41) της παραπάνω παραμέτρου αναγνωρίζονται τέσσερις (4) ακραίες τιμές και εξαλείφονται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.30) όπου και πιστοποιείται η ισχύς της.



Διάγραμμα 4.41. Θηκόγραμμα του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων αυτών της σημειακής φόρτισης για τους ηφαιστειακούς τόφφους

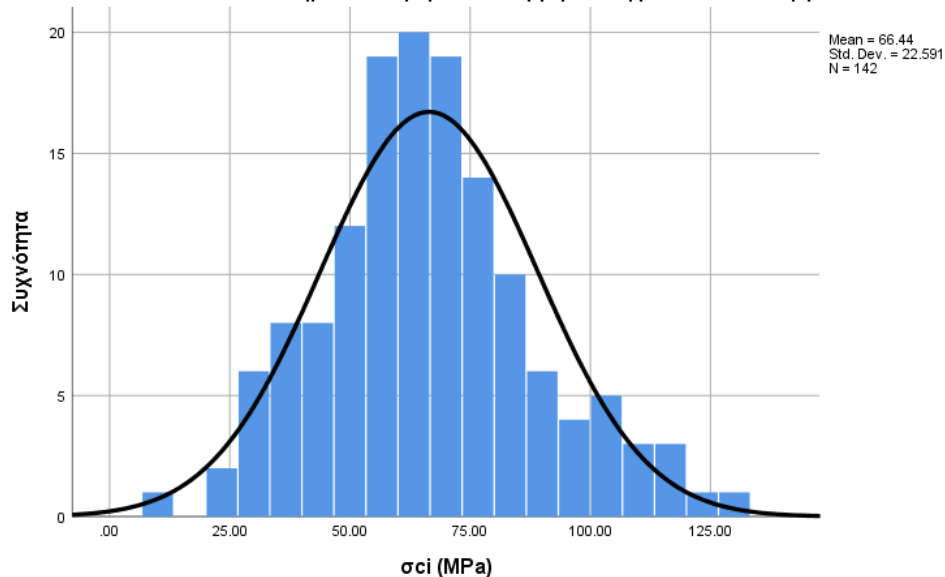
Πίνακας 4.30. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov	
Sig (2-tailed)	0.2

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών τόφφων (Πίνακας 4.31) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.42).

Πίνακας 4.31. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης(σ_{ci}) των ηφαιστειακών τόφων.

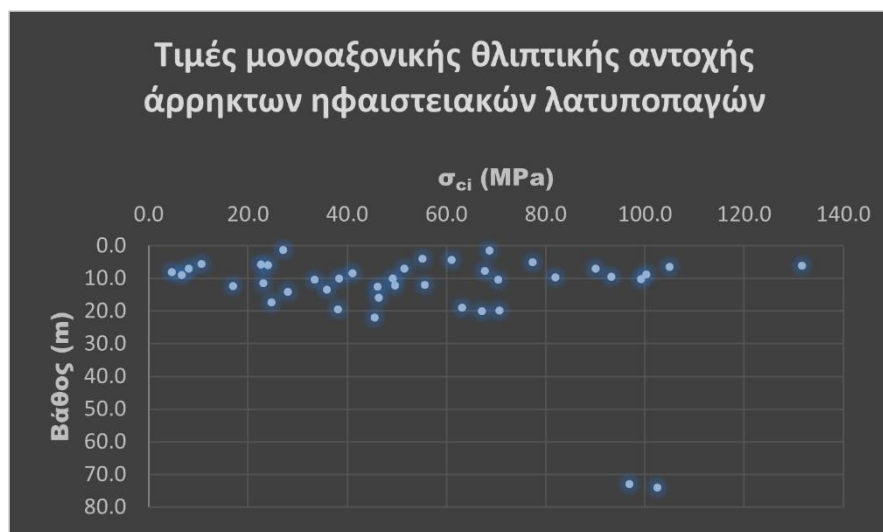
N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
142	66.44	22.591

Ιστόγραμμα συχνότητων των τιμών μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (U.C.S.) συμπεριλαμβανομένων αυτών των σημειακών φορτίσεων άρρηκτων ηφαιστειακών τόφων



Διάγραμμα 4.42. Ιστόγραμμα συχνότητων του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων αυτών της σημειακής φόρτισης για τους ηφαιστειακούς τόφους.

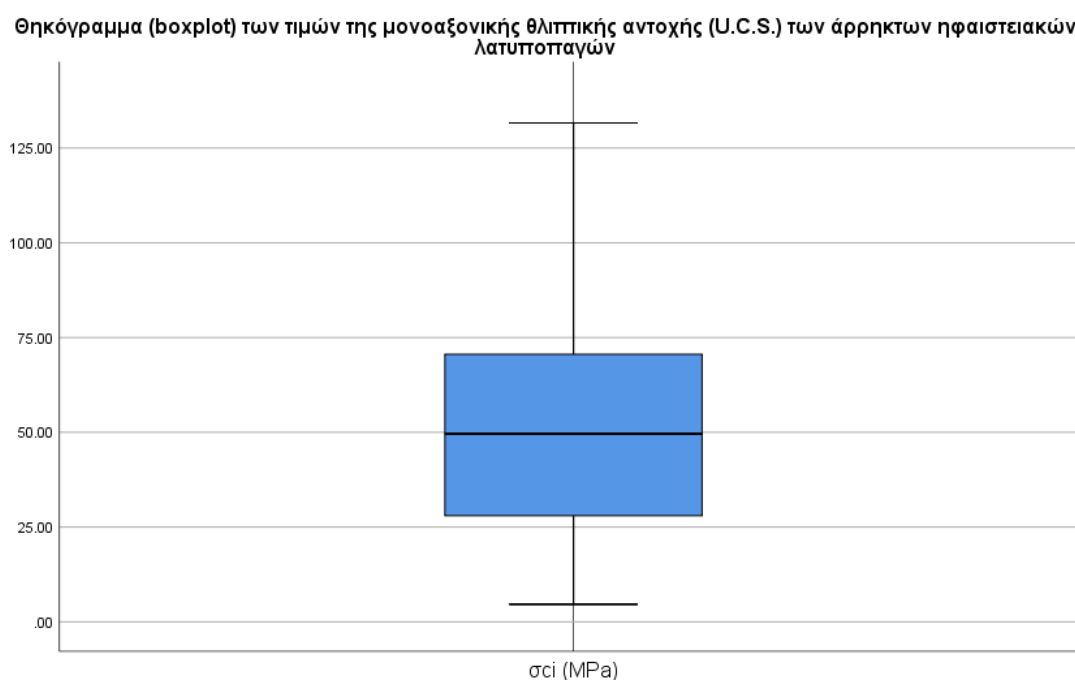
Ηφαιστειακά λατυποπαγή μόνο μονοαξονική δοκιμή θλίψης:



Διάγραμμα 4.43. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) στα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.43) σε σχέση με το βάθος, αντίστοιχα με τους ηφαιστειακούς τόφους η διακύμανση και η συμπεριφορά είναι ανάλογη. Εν προκειμένω αναγνωρίζεται μια μεγαλύτερη διασπορά σε τιμές πίεσης, δηλαδή MPa μεταξύ 20 και 100 μονάδων.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.44) της παραπάνω παραμέτρου δεν αναγνωρίζεται καμία ακραία τιμή. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.32) όπου και πιστοποιείται η ισχύς της.



Διάγραμμα 4.44. Θηκόγραμμα του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) για τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Πίνακας 4.32. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)

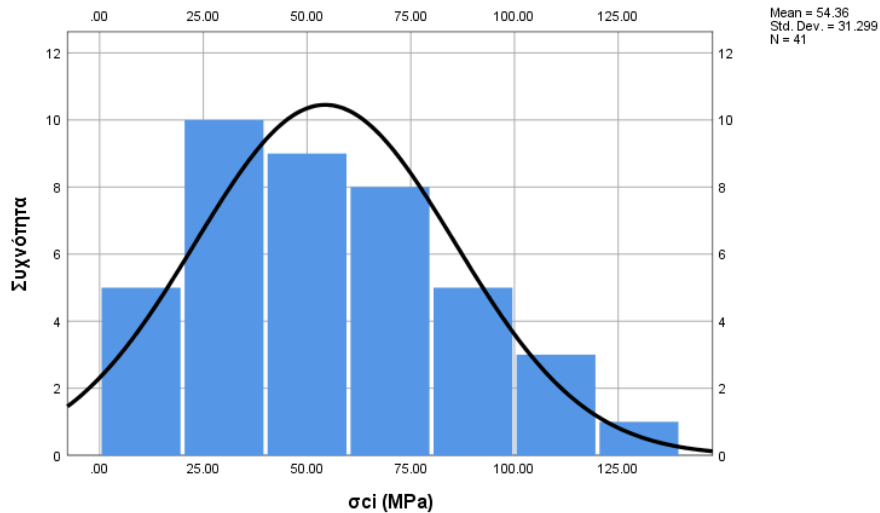
0.2

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών λατυποπαγών (Πίνακας 4.33) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.45).

Πίνακας 4.33. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης(σ_{ci}) των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

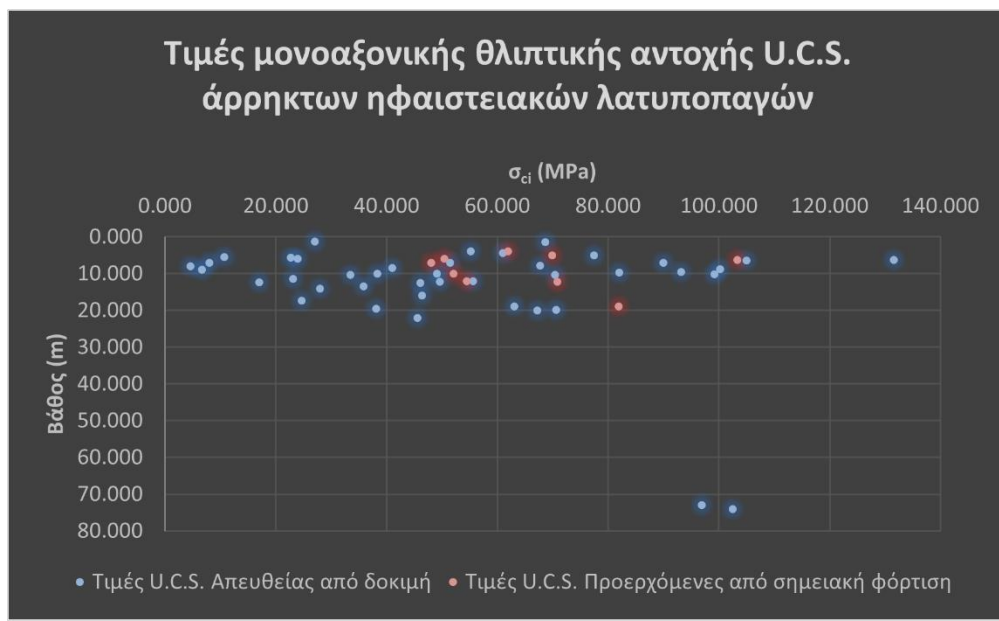
N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
41	54.358	31.299

Ιστόγραμμα συχνότητων των τιμών της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (U.C.S.) των άρρηκτων ηφαιστειακών λατυποπαγών



Διάγραμμα 4.45. Ιστόγραμμα συχνότητων του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής για τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

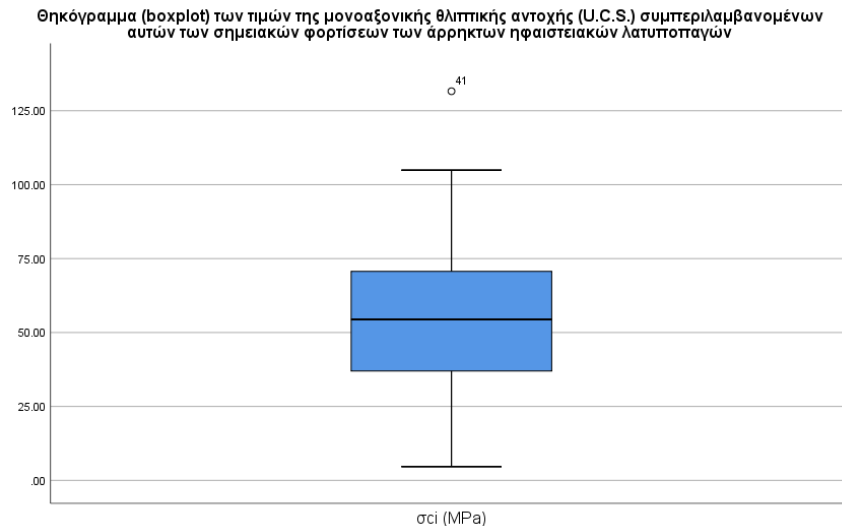
Ηφαιστειακά λατυποπαγή συμπεριλαμβανομένων των τιμών της σημειακής φόρτισης:



Διάγραμμα 4.46. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων και των τιμών της σημειακής φόρτισης στα ηφαιστειακά λατυποπαγή

Από το διάγραμμα διασποράς (διάγραμμα 4.45) εκ νέου παρατηρείται το φαινόμενο που αναφέρθηκε ανωτέρω χωρίς κάποια σημαντική διαφοροποίηση.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.47) της παραπάνω παραμέτρου αναγνωρίζεται μία (4) ακραία τιμή και εξαιρείται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.34) όπου και πιστοποιείται η ισχύς της.



Διάγραμμα 4.47. Θηκόγραμμα του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων αυτών της σημειακής φόρτισης για τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Πίνακας 4.34. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)

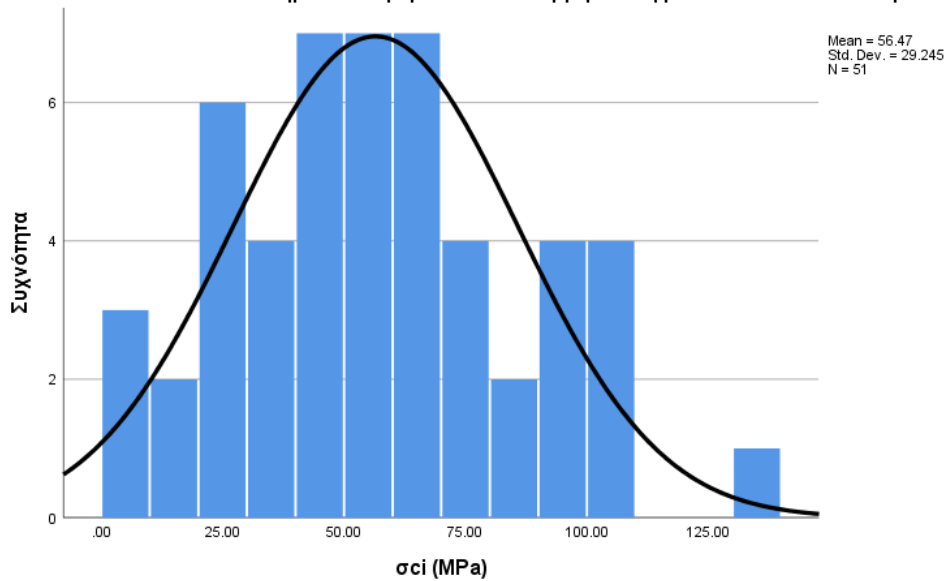
0.2

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο των ηφαιστειακών λατυποπαγών (Πίνακας 4.35) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.48).

Πίνακας 4.35. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης(σ_{ci}) των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

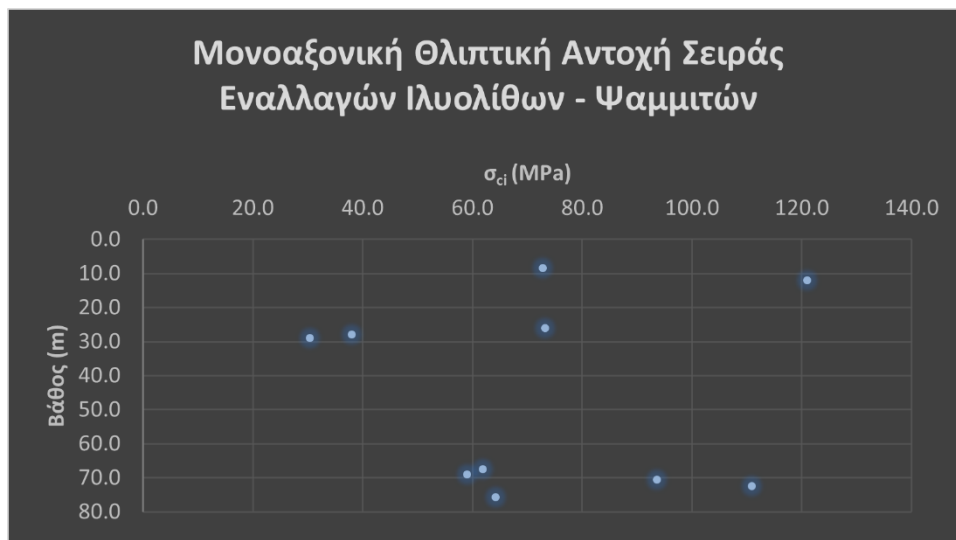
N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
51	56.47	29.245

Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (U.C.S.) συμπεριλαμβανομένων αυτών των σημειακών φορτίσεων των άρρηκτων ηφαιστειακών λατυποπαγών



Διάγραμμα 4.48. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων αυτών της σημειακής φόρτισης για τους ηφαιστειακούς τόφφους.

Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων μόνο μονοαξονική δοκιμή θλίψης:

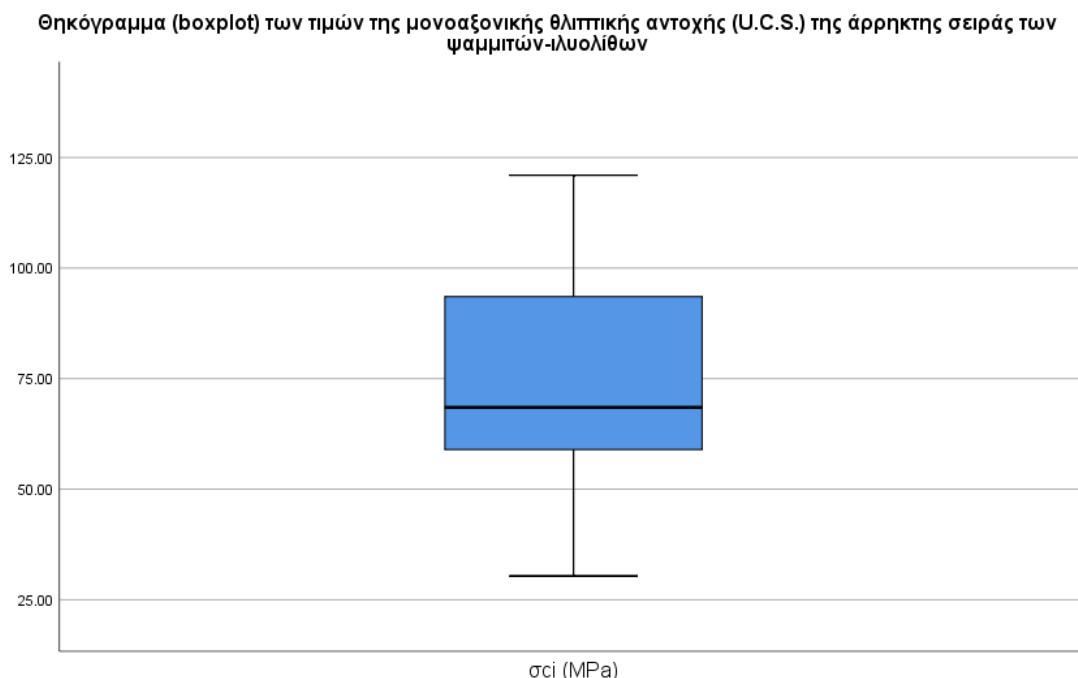


Διάγραμμα 4.49. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) στη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

Αρχικά προβάλλεται το διάγραμμα διασποράς (4.49) σε σχέση με το βάθος. Σε αντίθεση με τις παραπάνω κατηγορίες, αν και το πλήθος των στοιχείων είναι μειωμένο

παρατηρείται μια αύξηση των τιμών αντοχής συγκριτικά με την αύξηση του βάθους. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί γεωλογικά καθώς ναι μεν συμμετέχει ο ψαμμίτης (ο οποίος σαν πέτρωμα χαρακτηρίζεται ως υψηλής αντοχής) αλλά σε ίσες αναλογίες συμμετέχει ο ιλυόλιθος ο οποίος σε συνθήκες έντονης αποσάθρωσης υφίσταται σαφή ταπείνωση των μηχανικών του χαρακτηριστικών λόγω του φαινομένου της σχάσης. Ενώ αντίθετα σε μεγάλα βάθη εμφανίζει μια τελείως διαφορετική συμπεριφορά με κατά τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες αντοχές

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.50) της παραπάνω παραμέτρου δεν αναγνωρίζεται καμία ακραία τιμή. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.36) όπου και πιστοποιείται η ισχύς της.



Διάγραμμα 4.50. Θηκόγραμμα του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) για τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

Πίνακας 4.36. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)

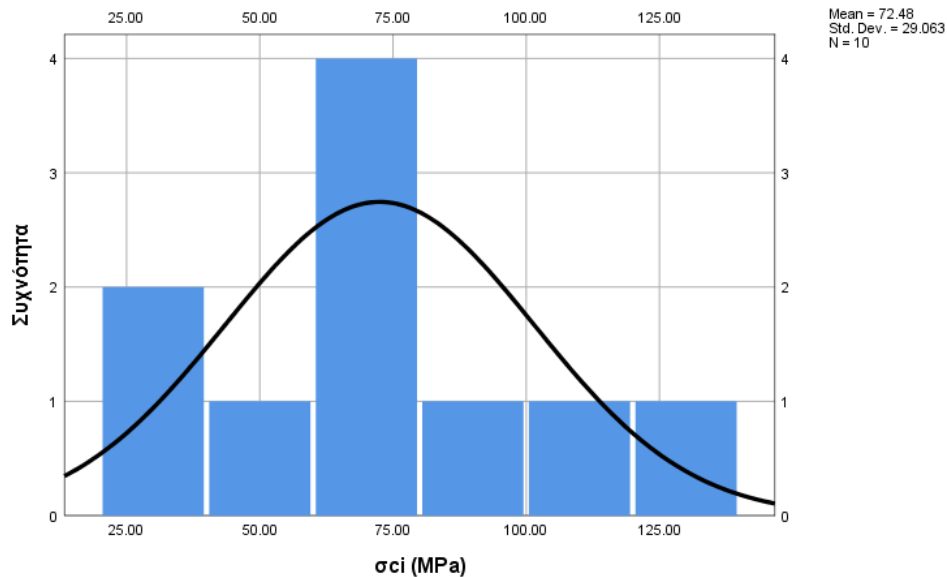
0.2

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο της σειράς των εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων (Πίνακας 4.37) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.51).

Πίνακας 4.37. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης (σ_{ci}) της σειράς ψαμμιτών-ιλυολίθων.

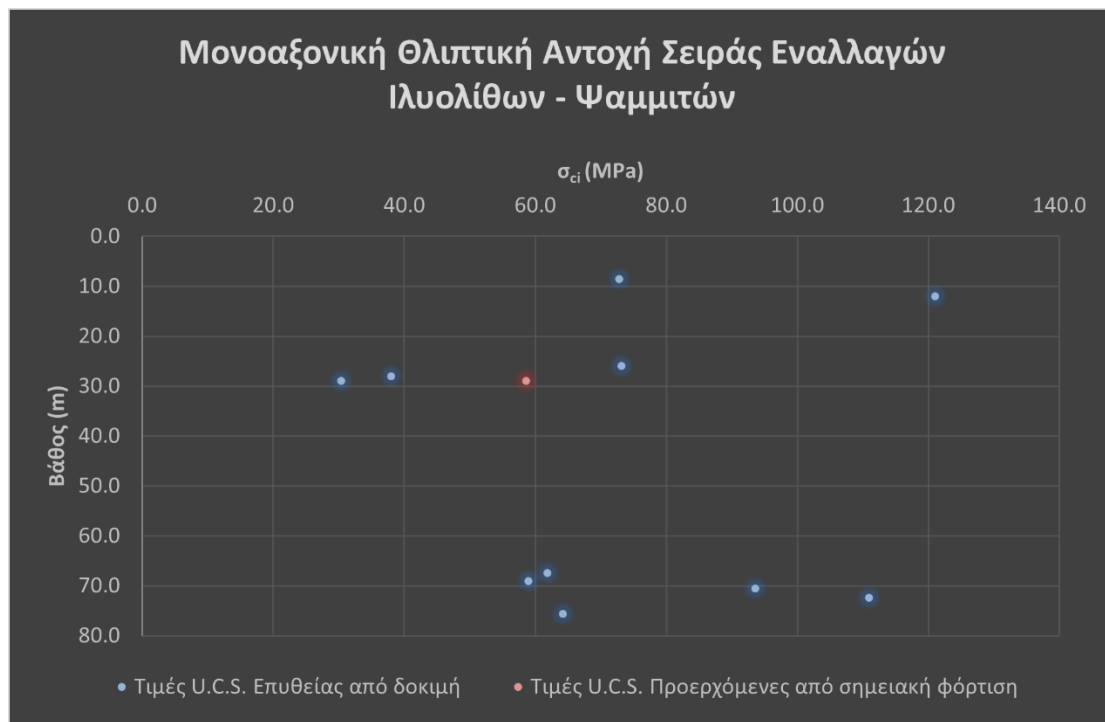
N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
10	72.482	29.063

Ιστόγραμμα συχνοτήτων της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (U.C.S.) της άρρηκτης σειράς ψαμμιτών-ιλυολίθων



Διάγραμμα 4.51. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής για τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

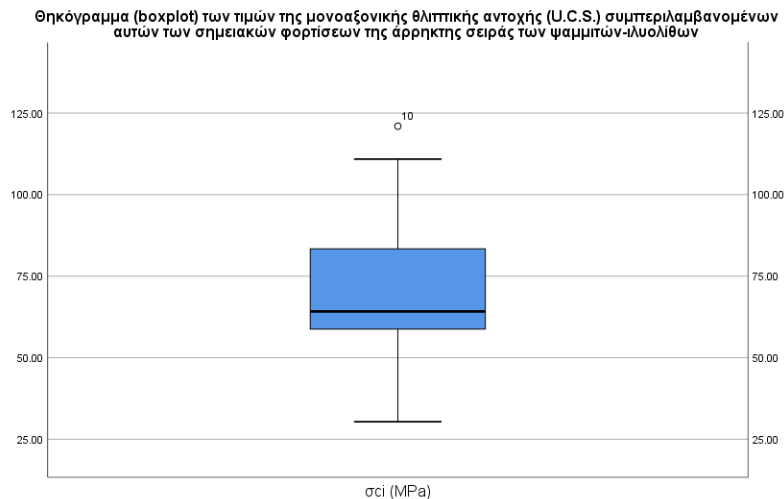
Σειρά ψαμμιτών-ιλυολίθων συμπεριλαμβανομένων των τιμών της σημειακής φόρτισης:



Διάγραμμα 4.52. Διάγραμμα διασποράς του μέτρου της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων και των τιμών της σημειακής φόρτισης στη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων

Από το διάγραμμα διασποράς (διάγραμμα 4.52) δεν αναγνωρίζεται κάποια διαφοροποίηση συγκριτικά με το προηγούμενο.

Με βάση το θηκόγραμμα (διάγραμμα 4.53) της παραπάνω παραμέτρου αναγνωρίζεται μία (4) ακραία τιμή και εξαλείφεται. Η ανάλυση συνεχίζεται με τη διερεύνηση της κανονικής κατανομής (Πίνακας 4.38) όπου και πιστοποιείται η ισχύς της.



Διάγραμμα 4.53. Θηκόγραμμα του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων αυτών της σημειακής φόρτισης για τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

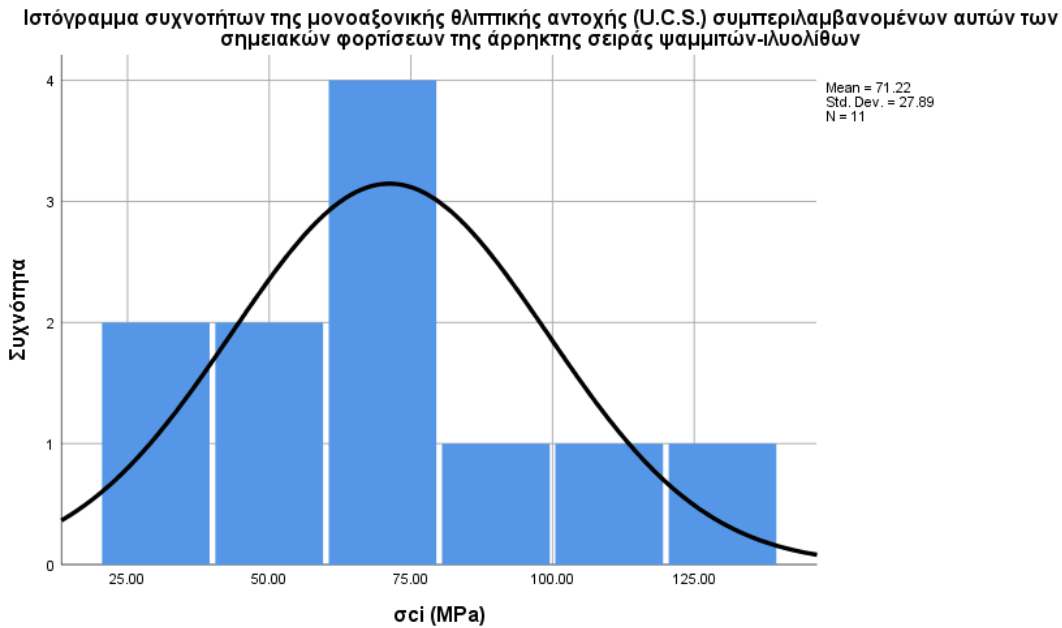
Πίνακας 4.38. Έλεγχος κανονικής κατανομής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Sig (2-tailed)	0.2
----------------	-----

Ακολούθως προκύπτει η μέση τιμή για το σύνολο της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων (Πίνακας 4.39) και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.54).

Πίνακας 4.39. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μέτρου σημειακής φόρτισης (σ_{ci}) της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (MPa)	Τυπική απόκλιση
11	71.22	27.89



Διάγραμμα 4.54. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του μέτρου μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής (σ_{ci}) συμπεριλαμβανομένων αυτών της σημειακής φόρτισης για τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

4.4.2.5. Δείκτης ποιότητας βραχομάζας (RQD)

Ο δείκτης ποιότητας βραχομάζας όπως έχει ήδη αναφερθεί προτάθηκε από τον Deere (1964) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της τεχνικογεωλογικής έρευνας καθώς μέσω της χρήσης του προκύπτουν σημαντικά στοιχεία αναφορικά με τη δομή της βραχομάζας. Εφαρμόζεται σε βραχώδεις σχηματισμούς και σύμφωνα με τη μεθοδολογία βαθμονομείται σε ποσοστό επί τοις εκατό ο βαθμός διαταραχής του πετρώματος. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται υπόψη τα τμήματα εκείνα του βράχου που διαθέτουν μήκος αδιατάραχτου πυρήνα μεγαλύτερο ή ίσο με 10cm. Η βαθμονόμηση πραγματοποιείται είτε ανά ένα μέτρο γεώτρησης είτε ανά βήμα προχώρησης γεωτρήσανου και ανάγεται σε ποσοστό. Είναι πολύ σημαντική παράμετρος καθώς εύκολα μπορεί να διακριθούν δομές (ρήγματα, πλήθος ασυνεχειών) ύψιστου γεωλογικού ενδιαφέροντος.

Ο Deere πρότείνει επίσης ένα σύστημα κατάταξης της βραχομάζας ανάλογα με το ποσοστό του RQD. Δηλαδή, όπως αναφέρεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.40) αναγνωρίζονται πέντε (5) διακριτές κατηγορίες ποιότητας πετρώματος.

Πίνακας 4.40. Κατάταξη βραχομάζας ανάλογα με τη βαθμονόμηση RQD (Deere, 1964).

RQD (%)	Ποιότητα Βραχομάζας
<25	Πολύ Φτωχή
25-50	Φτωχή
50-75	Μέτρια
75-90	Καλή
90-100	Εξαιρετική

Με βάση την παραπάνω κατάταξη προσδιορίζεται στην παρούσα εργασία και η ποιότητα της βραχομάζας της υπό διερεύνηση περιοχής. Αρχικά παρουσιάζεται στο σύνολο της η βραχομάζα (893m), εν συνεχεία οι τρεις πετρογραφικοί τύποι ξεχωριστά καθώς και ένας τέταρτος αναφορικά με τα αποσαθρωμένα τμήματα και καταλήγει στην απεικόνιση της σήραγγας αυτής καθ' αυτής μέσω μηκοτομής όπου αναφέρονται πάνω στις ανορυχθείσες γεωτρήσεις η ταξινόμηση του RQD.

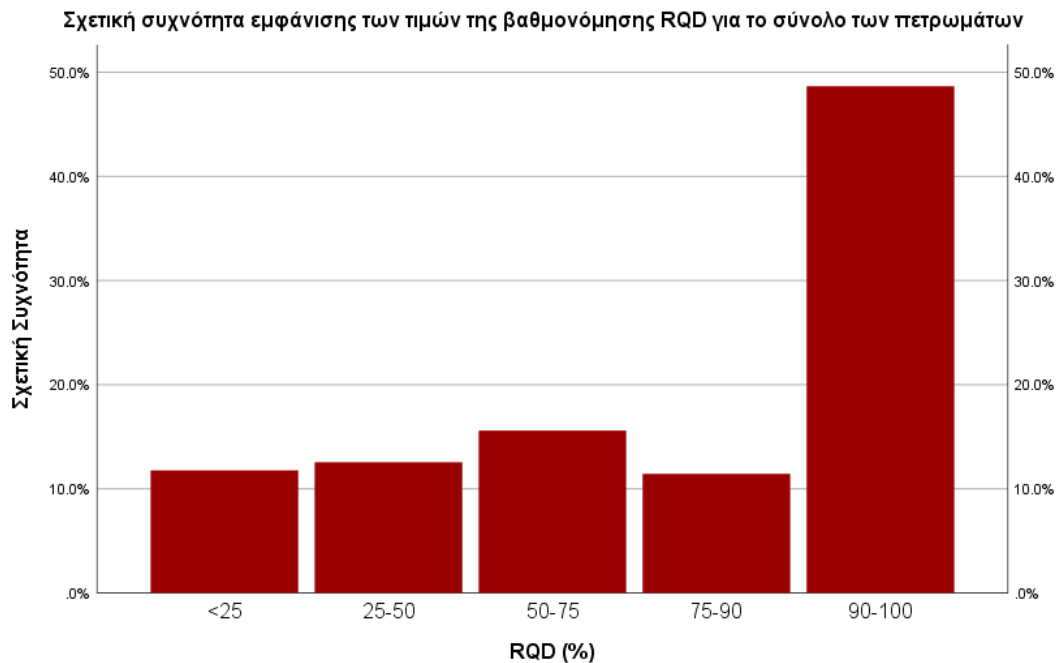
Σύνολο Βραχομάζας:



Διάγραμμα 4.55. Διάγραμμα διασποράς της βαθμονόμησης των τιμών RQD στο σύνολο της βραχομάζας.

Από το παραπάνω διάγραμμα (N=893) δεν παρατηρείται κάποια σημαντική διαφοροποίηση καθώς το εύρος των τιμών ανταποκρίνεται στο σύνολο σχεδόν της κλίμακας. Αυτό που διαφαίνεται είναι μια υψηλή συγκέντρωση τιμών RQD στα ανώτερα όρια. Πάντως σε κάθε περίπτωση το αποτέλεσμα κρίνεται αναμενόμενο καθώς συμμετέχει ένα πλήθος από βραχομάζες διαφορετικής δομής (από πλήρως κερματισμένες έως και πρακτικά αδιατάρακτες).

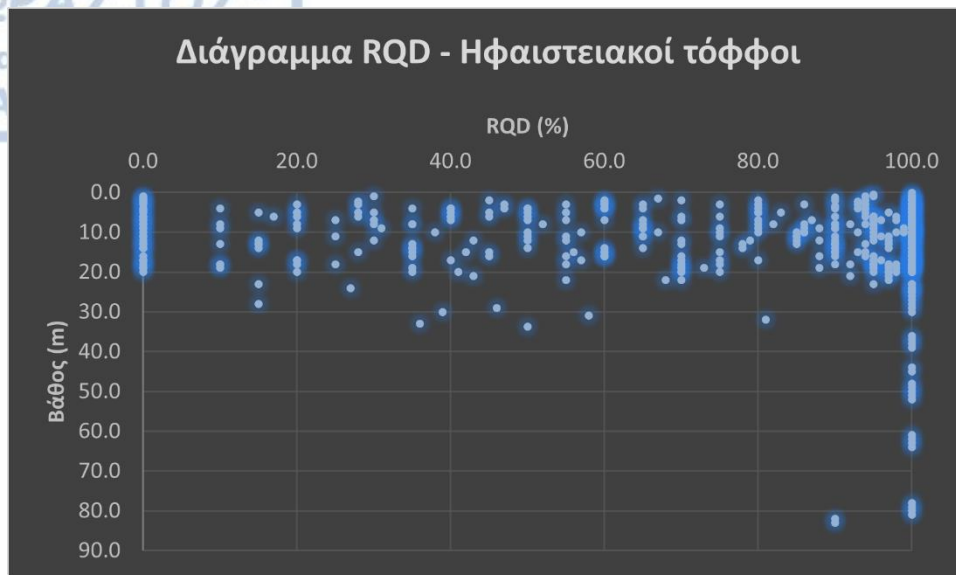
Στο διάγραμμα 4.56. παρουσιάζεται η ίδια κατηγοριοποίηση ως προς την κατάταξη που έχει προτείνει ο Deere (Πίνακας 4.40)



Διάγραμμα 4.56. Σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών της βαθμονόμησης RQD στο σύνολο της βραχομάζας.

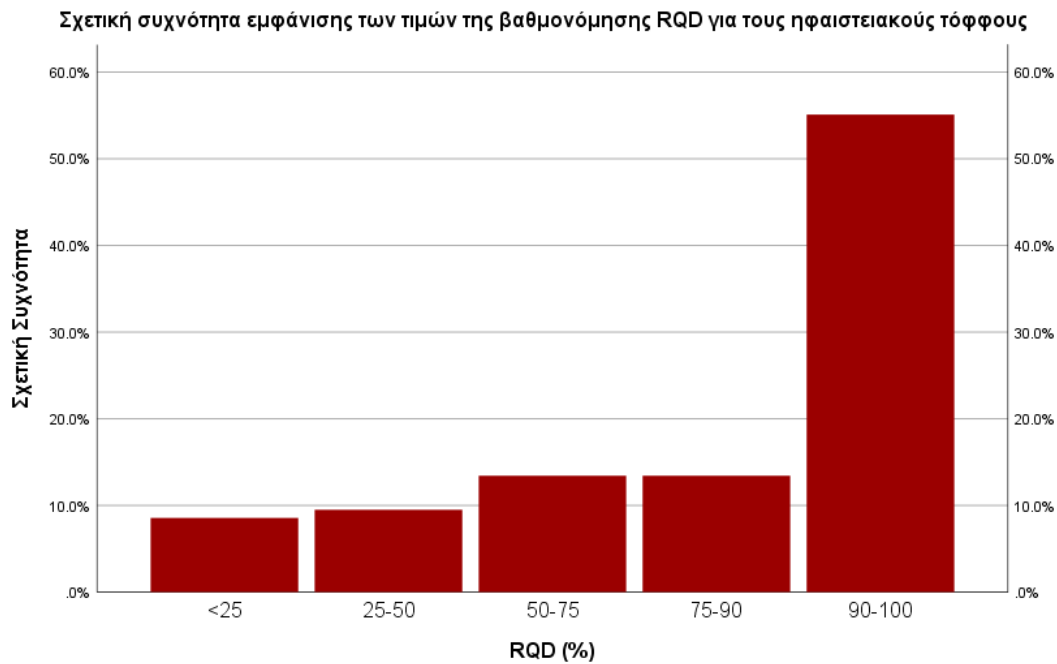
Πλέον γίνεται περισσότερο εμφανές ότι σε γενικές γραμμές η βραχομάζα χαρακτηρίζεται ως καλή έως εξαιρετική σε ποσοστό άνω του 50%. Το αποτέλεσμα κρίνεται δεκτό καθώς η περιοχή της κατασκευής της σήραγγας όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο εντοπίζεται μέσα σε μολλασική λεκάνη, αποτελεί δηλαδή έναν βραδειοορογενετικό σχηματισμό που δεν έχει υποστεί μεγάλες τεκτονικές καταπονήσεις της, ενδεχομένως να συναντώνται κάποιες ρηγματογενείς δομές αλλά θα είναι διάσπαρτες στο χώρο και συνήθως στα περιθώρια της λεκάνης.

Ηφαιστειακοί τόφοι:



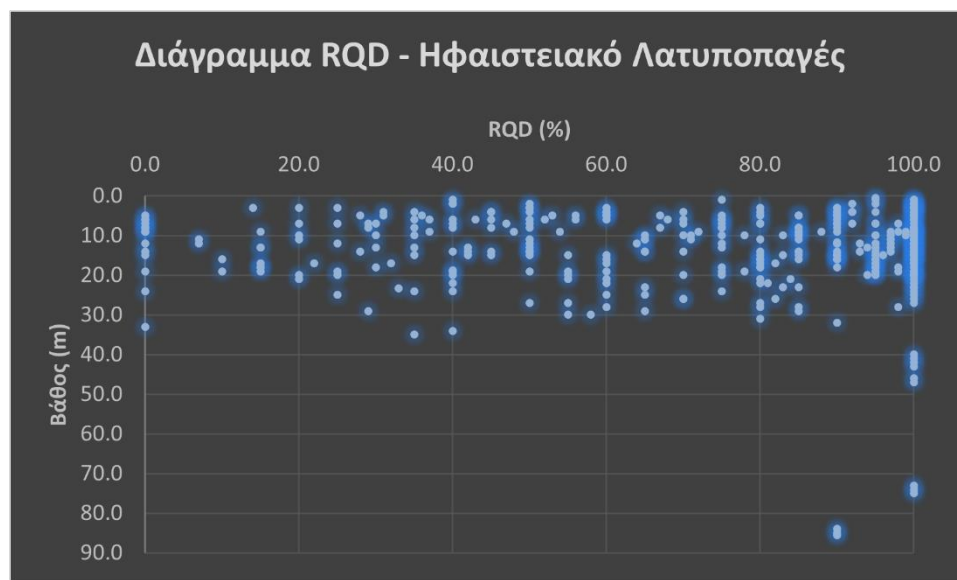
Διάγραμμα 4.5.7. Διάγραμμα διασποράς του βαθμού ποιότητας RQD των ηφαιστειακών τόφφων.

Αναλύοντας το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται η ίδια εικόνα συγκριτικά με το διάγραμμα που προβάλλει την ποιότητα στο σύνολο της βραχομάζας. Ακολουθεί η κατάταξη των ηφαιστειακών τόφφων συγκριτικά με την πρόταση του Deere (Διάγραμμα 4.58). Με μία πρώτη άποψη το διάγραμμα είναι ίδιο με το αυτό του συνόλου της βραχομάζας, όμως αποτελεί αυτό των ηφαιστειακών τόφφων, καθώς η περιοχή δομείται σχεδόν στο σύνολο της από αυτόν το σχηματισμό όπως έχει αναφερθεί. Παρατηρείται επίσης μια περεταίρω αύξηση της βραχομάζας εκείνης που χαρακτηρίζεται από πολύ καλή έως εξαιρετική και αντιπροσωπεύει περίπου το 67% του σχηματισμού.



Διάγραμμα 4.58. Σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών βαθμονόμησης RQD των ηφαιστειακών τόφφων.

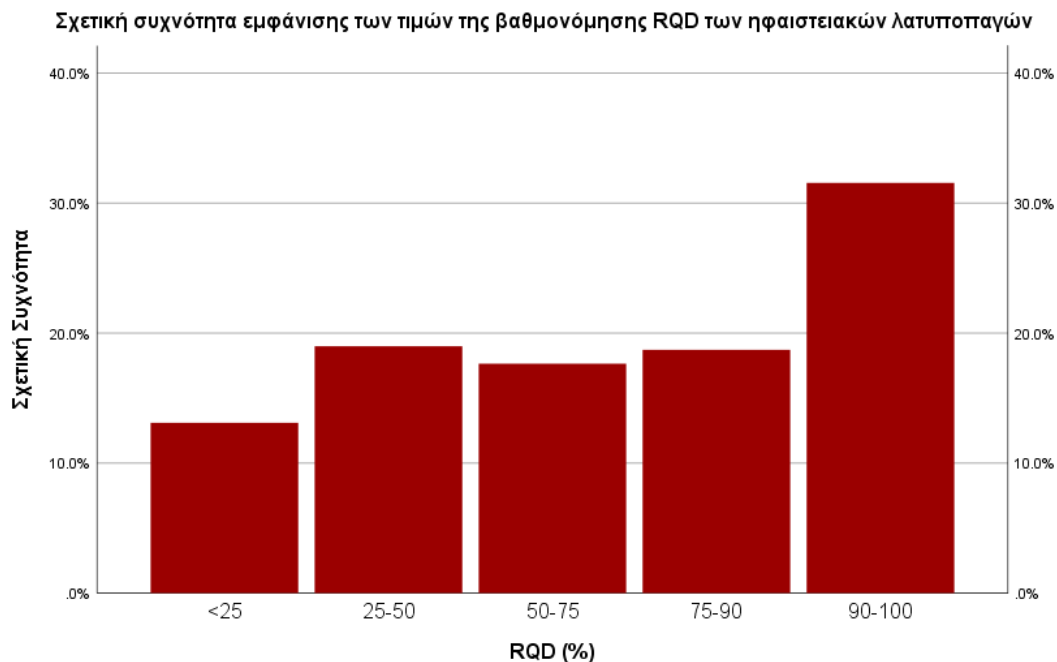
Ηφαιστειακά λατυποπαγή:



Διάγραμμα 4.59. Διάγραμμα διασποράς του βαθμού ποιότητας RQD των ηφαιστειακών τόφφων.

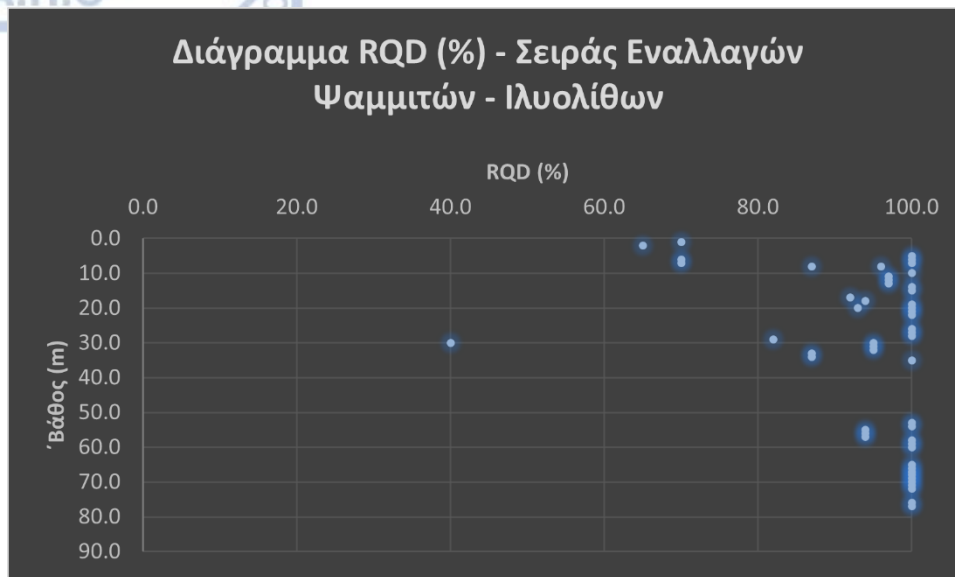
Από το διάγραμμα διασποράς των ηφαιστειακών λατυποπαγών παρατηρείται και εδώ μια παρεμφερής συμπεριφορά αναλογική με εκείνη των ηφαιστειακών τόφφων και

του συνόλου γενικότερα με κάποια μείωση στην συγκέντρωση των πολύ υψηλών τιμών. Σε συνέχεια της παραπάνω κατάταξης παραθέεται με τη σειρά του το διάγραμμα 4.60 αναφορικά με τη κατάταξη των ηφαιστειακών λατυποπαγών στην κατάταξη ποιότητας βραχομάζας και γίνονται πλέον εμφανείς περισσότερες σε πλήθος και συγκέντρωση περιοχές με τη βραχομάζα να διακατέχεται από έναν μεγαλύτερο βαθμό κερματισμού και συνεπώς να μειώνεται το ποσοστό των άρρηκτων ή εξαιρετικών δομών. Ένα σημαντικό ποσοστό άνω του 35% λογίζεται ως φτωχής έως μέτριας ποιότητας βραχομάζας και κατά τη μετέπειτα αξιολόγηση εδώ εντοπίζεται και το γεγονός της εμφάνισης υψηλών (συγκριτικά) τιμών περατότητας ακόμη και σε βάθος.



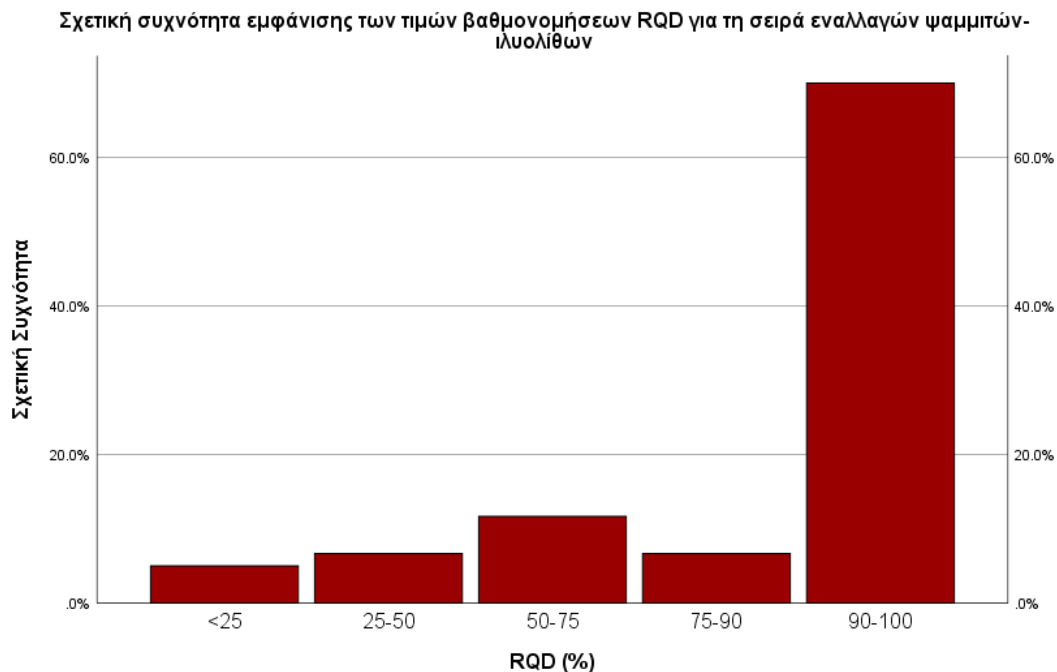
Διάγραμμα 4.60. Σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών βαθμονόμησης RQD των ηφαιστειακών λατυποπαγών.

Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων:



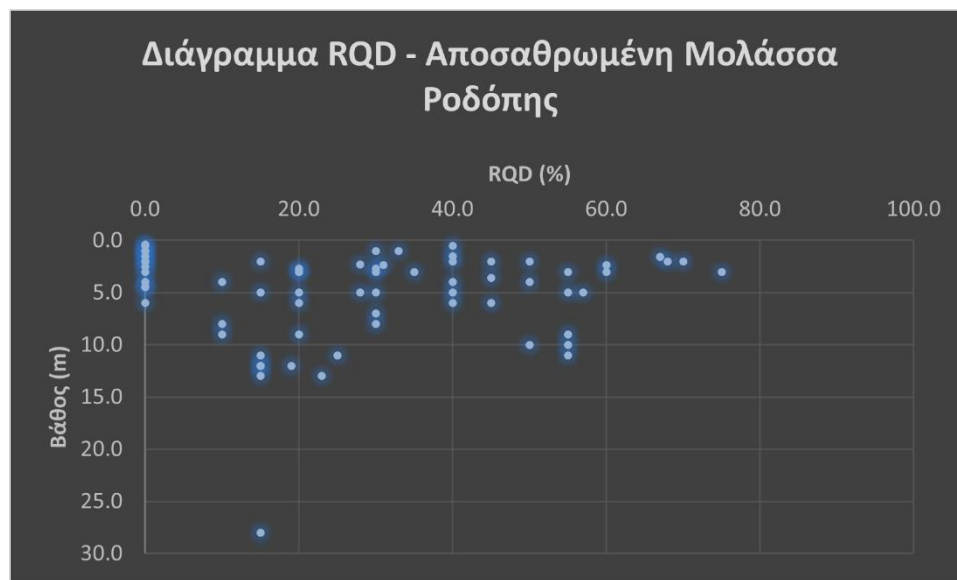
Διάγραμμα 4.61. Διάγραμμα διασποράς του βαθμού ποιότητας RQD της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

Από το διάγραμμα 4.61 παρατηρείται μια συστηματικά υψηλή κατάταξη ως προς το δείκτη RQD πράγμα που θεωρείται αναμενόμενο, αφενός λόγω της μικρής έκτασης του εν λόγω πετρογραφικού τύπου (και της συνεπακόλουθης αδυναμίας εύρεσης του) αφετέρου λόγω της εμφάνισης του σε μεγάλα βάθη και της έλλειψης ρηγματογενών δομών όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Τα παραπάνω επαληθεύονται και από το παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 4.62) όπου έχει κατηγοριοποιηθεί επίσης σύμφωνα με την κατάταξη του Deere και χαρακτηρίζεται σε ποσοστό άνω του 60% ως εξαιρετικής ποιότητας.



Διάγραμμα 4.62. Σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών βαθμονόμησης RQD της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

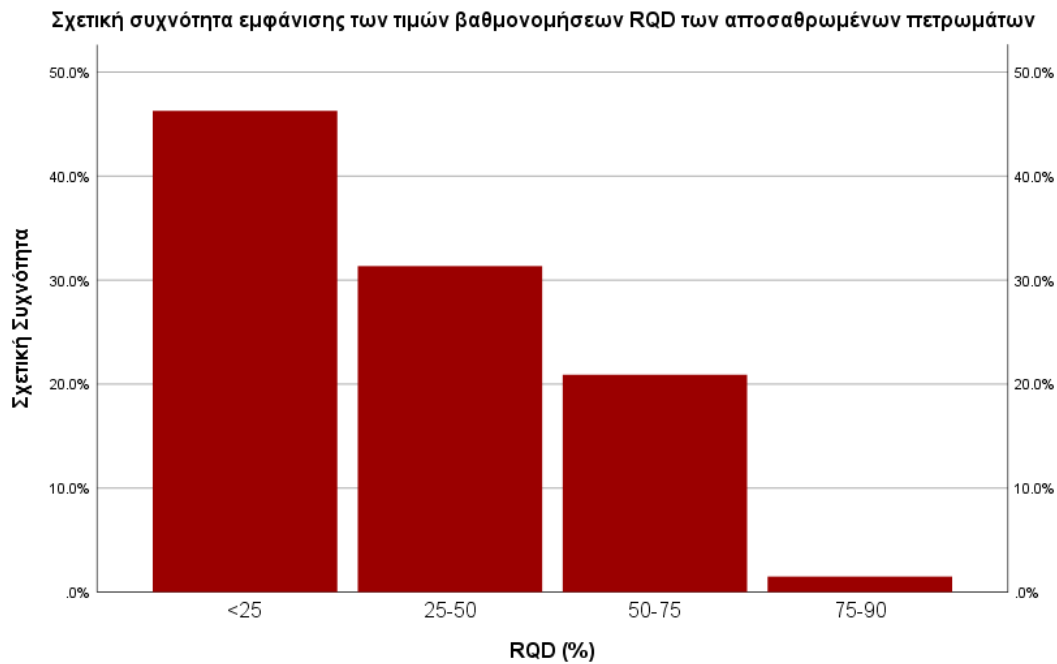
Αποσαθρωμένη βραχομάζα:



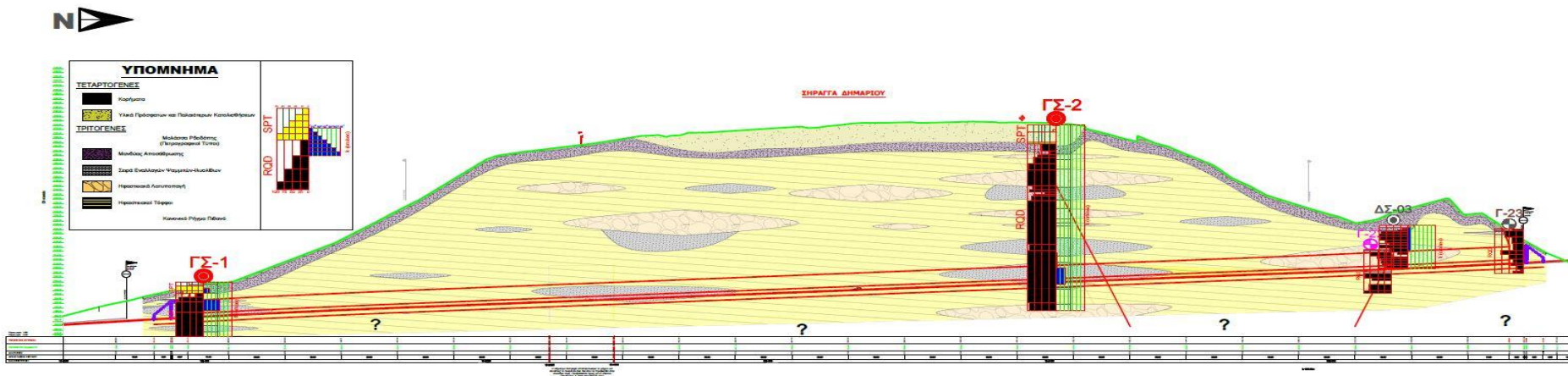
Διάγραμμα 4.63. Διάγραμμα διασποράς του βαθμού ποιότητας RQD των αποσαθρωμένων πυρήνων της βραχομάζας.

Παρατηρείται μια εμφανής διαφοροποίηση συγκριτικά με τα ανωτέρω με τιμές κυρίως χαμηλότερες από το 50% και μια συγκέντρωση κοντά στο 30-40%.

Αναμενόμενο λόγω της υφιστάμενης διεργασίας της αποσάθρωσης των επιφανειακών εμφανίσεων. Στο εν λόγω συμπέρασμα καταλήγει κανείς και με βάση το παρακάτω διάγραμμα (4.64) ανάλογα με την προαναφερθείσα κατάταξη. Πλέον δεν εντοπίζεται καθόλου βραχομάζα εξαιρετικής ποιότητας, ενώ και αυτή της καλής κατηγορίας είναι μηδαμινή. Η βραχομάζα χαρακτηρίζεται από πολύ φτωχή έως φτωχή.



Διάγραμμα 4.64. Σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών βαθμονόμησης RQD των αποσαθρωμένων υλικών.



Εικόνα 4.1. Μηκοτομή της σήραγγας Δημαρίου στην οποία σημειώνεται η γεωλογία, η σήραγγα, οι ταξινομήσεις SPT/RQD και ο συντελεστής περατότητας

Αναγνωρίζεται η ύπαρξη τεσσάρων γεωτρήσεων με την εκάστοτε βαθμονόμηση RQD. Παρατηρείται ότι στο σύνολο τους οι γεωτρήσεις εμφανίζουν υψηλές τιμές RQD ειδικά σε βάθος, όπως είναι και αναμενόμενο με βάση την προαναφερθείσα αξιολόγηση. Περιοχές με χαμηλές τιμές RQD εμφανίζονται στην επιφάνεια λόγω αποσάθρωσης και περιστασιακά στις περιοχές όπου αναμένεται η παρουσία ρηγμάτων.

Το τελευταίο πιστοποιείται και συγκριτικά με την γεωλογική ερμηνεία της παραπάνω μηκοτομής. Παρατηρείται πως στο σύνολο της η βραχομάζα διακατέχεται από καλή έως εξαιρετική ποιότητα ως προς το RQD σε βάθος καθώς εντοπίζονται συστηματικά μεγάλες τιμές. Εξάιρεση αποτελούν οι ζώνες ύπαρξης ρηξιγενών δομών όπου παρατηρείται ταπείνωση του RQD όπως αναγνωρίζεται και παραπάνω.

Αναφορικά με την περατότητα διακρίνεται μια αύξηση της τιμής του k σε βάθη ανάλογα με το βάθος της σήραγγας με τιμές που αυξάνονται από κάτω του 10^{-7} και φτάνουν έως και $1.27 \cdot 10^{-5}$ στα ηφαιστειακά λατυποπαγή και στη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

4.4.2.6. Ταξινόμηση βραχομάζας με τη χρήση του συστήματος GSI

Το σύστημα GSI αποτελεί ένα σύστημα ταξινόμησης βραχομάζας που έχει προταθεί στη τελευταία γενικευμένη του μορφή από τους Hoek και Marino (2001). Αποτελεί ένα εμπειρικό κριτήριο ταξινόμησης μιας βραχομάζας λαμβάνοντας υπόψιν δύο παράγοντες: α) το βαθμό κερματισμού της βραχομάζας και β) την κατάσταση των ασυνεχειών που εμφανίζονται στο σύνολο της. Λαμβάνει τιμές της κλίμακας του 100 (όπου 100 ισοδυναμεί με άρρηκτο βράχο) με ορισμένους περιορισμούς ως προς ορισμένες καταστάσεις στις οποίες δεν δύναται να περιέλθει ταυτόχρονα η βραχομάζα.

Από τότε που εγκαθιδρύθηκε το νέο γενικευμένο σύστημα έχουν προταθεί και άλλες μορφές αυτού αναφορικά συγκεκριμένα πετρώματα (φλύσχης, ασβεστόλιθοι, μολάσσα κ.α. Μαρίνος, 2007). Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το γενικευμένο σύστημα καθώς ενώ θα μπορούσε να διερευνηθεί η χρήση του GSI που πραγματεύεται τις μολάσσες δεν επιλεχθεί καθώς η φύση της συγκεκριμένης μολάσσας διαφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό με τη μολάσσα της Πίνδου από όπου κυρίως αντλήθηκαν οι πληροφορίες για τη διαμόρφωση του. Συνεπώς οποιαδήποτε κατάταξη συντελέστηκε βασίστηκε στο γενικευμένο.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη τελική κατάταξη έχει ως εξής:

- Παρατήρηση του βαθμού κερματισμού (δομή) της βραχομάζας μέσω παρατηρήσεων των πυρήνων των γεωτρήσεων
- Ταυτόχρονη αξιολόγηση της κατάστασης των ασυνεχειών όπως αυτή σημειώνεται στα μητρώα των γεωτρήσεων

Η ταξινόμηση συντελέστηκε και στους τρεις (3) πετρογραφικούς τύπους της μολάσας Ροδόπης, δηλαδή στους ηφαιστειακούς τόφφους, τα ηφαιστειακά λατυποπαγή καθώς και στη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων, από όπου και προέκυψαν 171 τιμές ταξινόμησης. Με το πέρας της διαδικασίας της ταξινόμησης του εκάστοτε πυρήνα, μέσω στατιστικής ανάλυσης προέκυψαν εύρη τιμών GSI που αντιπροσωπεύουν μια μοναδική κατηγορία βραχομάζας. Αυτές οι κατηγορίες προβάλλονται πάνω στο διάγραμμα του GSI με την ακόλουθη τους περιγραφή.

Τελικά σε συνέχεια με τη βαθμονόμηση του RQD προβάλλονται στη μηκοτομή του τεχνικού έργου στη θέση των γεωτρήσεων οι αντίστοιχες τιμές GSI που προέκυψαν για τις πυρηνοληψίες των αντίστοιχων γεωτρήσεων.

Ηφαιστειακοί τόφφοι:

Διακρίνονται πέντε (5) ενότητες βραχομάζας που προέκυψαν με την ενδελεχή παρατήρηση της βραχομάζας (88 τιμές GSI) για τους τόφφους. Αυτές είναι με την ανάλογη περιγραφή τους οι ακόλουθες:

Ι) Ηφαιστειακοί τόφφοι άρρηκτοι με πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1) χωρίς αποσάθρωση (W1). Πρόκειται πρακτικά για άρρηκτες ή σχεδόν άρρηκτες βραχομάζες αποτελούμενες εξ' ολοκλήρου από ηφαιστειακούς τόφφους με πολύ σποραδική εμφάνιση ασυνεχειών και με παντελή έλλειψη αποσάθρωσης. Συναντώνται κυρίως σε βάθος όπου δεν υφίστανται αποσαθρωτικές διεργασίες και σε περιοχές όπου δεν απαντάται κάποια ρηματογενής δομή. Χαρακτηριστικές τιμές GSI αυτής της κατηγορίας είναι 80 - 95 (Εικόνα 4.2; Εικόνα 4.7)



Εικόνα 4.2. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ταξινόμησης βραχομάζας με $GSI=90$. Ηφαιστειακοί τόφφοι με καθόλου ή παρουσία ασυνεχειών σε μεγάλη απόσταση. Η κατάσταση των ασυνεχειών, χαρακτηρίζεται ως πολύ τραχεία χωρίς υλικό πλήρωσης ή αποσάθρωση. Η παραπάνω γεώτρηση αποτελεί μία από τις δύο γεωτρήσεις που διατρήθηκαν για το σκοπό της πρόσθετης γεωτεχνικής έρευνας για τη σήραγγα Δημαρίου. Να σημειωθεί ότι τα εγκάρσια σπασίματα δεν αποτελούν απαραίτητα ασυνέχειες, τις περισσότερες φορές αποτελούν σπασίματα που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της ανόρυξης της γεώτρησης είτε αποτελούν το πέρας του βήματος προχώρησης.

II) Ηφαιστειακοί τόφφοι με αδιατάρακτη βραχομάζα που διέπονται από ένα έως τρία συστήματα ασυνεχειών με επιφάνειες ασυνεχειών μερικώς οξειδωμένες έως και κατά τόπους ελαφρώς αποσαθρωμένες (W2). Χαρακτηριστικές τιμές βαθμονόμησης $GSI\ 60-80$ (Εικόνα 4.3; Εικόνα 4.7)



Borehole (Γεώτρηση) ΔN-3 – Depth (Βάθος) 10.00~15.00m

Εικόνα 4.3. Χαρακτηριστική εικόνα ηφαιστειακών τόφων με 1 έως 3 συστήματα ασυνεχειών με κατάσταση ασυνεχειών πολύ τραχεία έως οξειδωμένη και κατά τόπους ελαφρώς αποσαθρωμένη. Η εν λόγω βραχομάζα βαθμονομήθηκε με 75 του συστήματος GSI.

III) Ηφαιστειακοί τόφοι με εμφανώς διαταραγμένη βραχομάζα κερματισμένοι έως αρκετά κερματισμένοι τεμνόμενοι από περισσότερες από 3 ασυνέχειες με μικρή απόσταση μεταξύ τους (10-15cm) επιφάνειες μετρίως αποσαθρωμένες, εξαλλοιωμένες (W2-W3. Χαρακτηριστικές τιμές βαθμονόμησης GSI 40 - 60 (Εικόνα 4.4; Εικόνα 4.7).



Borehole (Γεώτρηση) ΔΟ-23 – Depth (Βάθος) 30.00~33.70m

Εικόνα 4.4. Χαρακτηριστική περίπτωση βραχομάζας με βαθμονόμηση GSI 47. Διακρίνονται τα διαφορετικά συστήματα ασυνεχειών αλλά κυρίως η πολύ μικρή απόσταση ανάμεσα τους με τη συνεπακόλουθη δημιουργία μικρών τεμαχών. Ακόμα, διακρίνονται επιφάνειες μέτρια αποσαθρωμένες έως και εξαλλοιωμένες.

VI) Ηφαιστειακοί τόφοι με ισχυρά κερματισμένη δομή. Επιφάνειες πολύ αποσαθρωμένες με αργιλικό υλικό. Η αποσάθρωση σταδιακά προχωρά και στο εσωτερικό του πετρώματος με ταυτόχρονη απομείωση των μηχανικών του χαρακτηριστικών (W4). Εντοπίζονται επιφανειακά ή σε μικρά βάθη όπου γενικά διακατέχονται με μεγαλύτερες τιμές. Χαρακτηριστικές τιμές βαθμονόμησης GSI 25-40 (Εικόνα 4.5; Εικόνα 4.7).



Borehole (Γεώτρηση) ΔΤ-29 – Depth (Βάθος) 10.00~15.00m



Εικόνα 4.5. Χαρακτηριστική εικόνα που παρουσιάζονται οι ηφαιστειακοί τόφοι με GSI που κυμαίνεται από 25 (πάνω) έως 35 (κάτω).

V) Ηφαιστειακοί τόφοι πλήρως αποδιοργανωμένοι, πολύ αποσαθρωμένοι και παρουσία αργιλικού υλικού στο σύνολο της μάζας. Η αποσάθρωση έχει προχωρήσει και στο εσωτερικό του πετρώματος με την ραγδαία μείωση των μηχανικών του χαρακτηριστικών (W5). Εντοπίζονται κατά κύριο λόγο σε ρηγματογενείς περιοχές ή σε κάποιες περιπτώσεις σε απότομα πρανή που υφίστανται συνεχώς διαβρωτική δράση. Χαρακτηριστικές τιμές βαθμονόμησης GSI 15-25 (Εικόνα 4.6; Εικόνα 4.7)



Εικόνα 4.6 Χαρακτηριστικό παράδειγμα βραχομάζας ηφαιστειακών τόφφων σε ζώνη ρήγματος. Παρουσιάζεται πλήρως αποδιοργανωμένη και αποσαθρωμένη με αργιλικό υλικό. Βαθμονόμηση της ταξινόμησης GSI ισούται με 15.

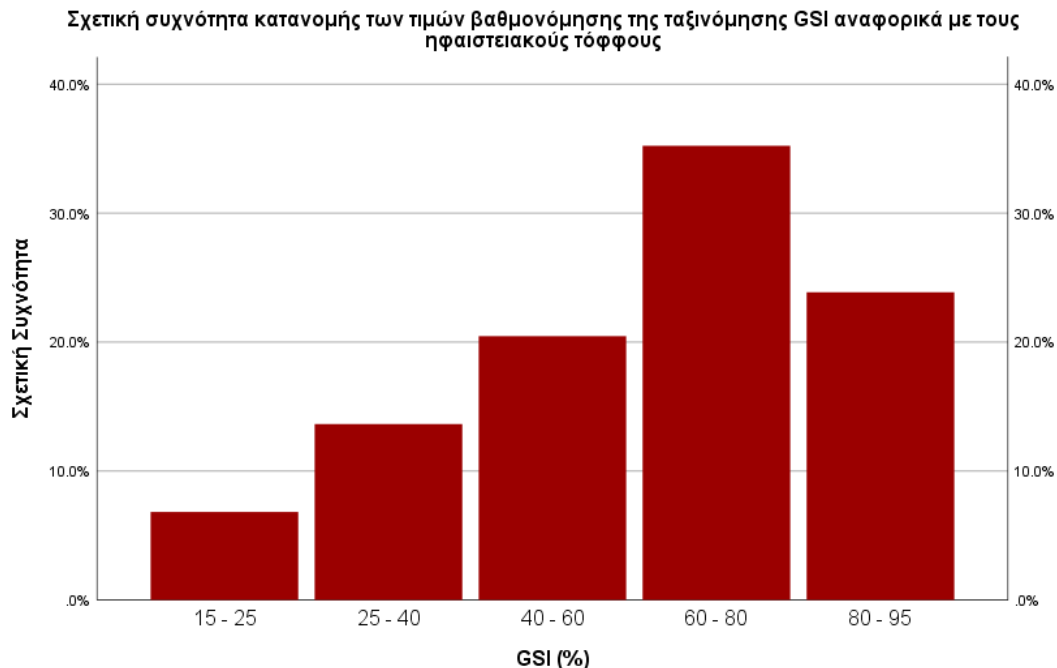
Παρακάτω παραθέτεται συγκεντρωτικά ο πίνακας ταξινόμησης GSI που περιλαμβάνει όλες τις ανώτερες κατηγορίες στο σύνολο τους με τα αντίστοιχα εύρη και την κωδική ονομασία κάθε ενότητας (Εικόνα 4.7).

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

Εικόνα 4.7. Ταξινόμηση GSI για τις προαναφερθείσες ενότητες των ηφαιστειακών τόφφων (Τροποποιημένο από Hoek & Marinos, 2000).

Τέλος από το παρακάτω διάγραμμα της σχετικής συχνότητας εμφάνισης των διάφορων τύπων της βραχομάζας (Διάγραμμα 4.65) αποτυπώνεται η χωρική κατανομή των ενότητων των ηφαιστειακών τόφφων. Παρατηρείται ότι τη μερίδα του λέοντος κατέχουν οι ενότητες I και II, ενώ οι χαμηλές τιμές συμμετέχουν σε ποσοστό περίπου 20% (εκ των οποίων υπερισχύει η ενότητα της αποσάθρωσης). Τέλος ένα ποσοστό 20%

αναγνωρίζεται από μέσες τιμές GSI και θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν κυρίως ως προς τη περατότητα σε βάθος ειδικά για την υπόγεια εκσκαφή.



Διάγραμμα 4.65. Σχετική συχνότητα κατανομής των τιμών ταξινόμησης του συστήματος GSI αναφορικά με τους ηφαιστειακούς τόφφους.

Ηφαιστειακά λατυποπαγή:

Διακρίνονται όπως και με τους ηφαιστειακούς τόφφους πέντε (5) ενότητες βραχομάζας που προέκυψαν βασιζόμενες στην παρατήρηση των πυρήνων γεωτρήσεων και την αντίστοιχη περιγραφή των ασυνεχειών. Για τον έλεγχο αυτό δημιουργήθηκαν 91 ξεχωριστές ταξινομήσεις της βραχομάζας.

1) Ηφαιστειακά λατυποπαγή άρρηκτα με πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1-3) ή αποσάθρωση (W1). Όπως και στην περίπτωση των ηφαιστειακών τόφφων έτσι και αντίστοιχα στα ηφαιστειακά λατυποπαγή διακρίνεται μια ενότητα πρακτικά άρρηκτου ή σχεδόν άρρηκτου βράχου που διακατέχεται από συνήθως 1 έως 3 οικογένειες ασυνεχειών που παρουσιάζονται "φρέσκες", πολύ τραχείες και κλειστές. Αναμένεται η εύρεση τους σε μεγάλα βάθη, σε ασφαλή απόσταση από τον αποσθρωτικό μανδύα. Αξίζει να σημειωθεί πως είναι αναμενόμενο η εύρεση αυτής της κατηγορίας της βραχομάζας να συνεπάγεται και την ύπαρξη αντίστοιχης κατηγορίας βραχομάζας των

ηφαιστειακών τόφφων πλησίον της. Χαρακτηριστικές τιμές ταξινόμησης GSI 80-90 (Εικόνα 4.8; Εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.8. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ταξινόμησης βραχομάζας με GSI=90. Ηφαιστειακά λατυποπαγή τόφφοι με πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών, που παρουσιάζονται "φρέσκες" χωρίς αποσάθρωση, κλειστές και πολύ τραχείες. Η παραπάνω γεώτρηση αποτελεί μία από τις δύο γεωτρήσεις που διατρήθηκαν για το σκοπό της πρόσθετης γεωτεχνικής έρευνας για τη σήραγγα Δημαρίου

2) Ηφαιστειακά λατυποπαγή ελαφρώς κερματισμένα (διατήρηση της δομής τους) με διακριτή εμφάνιση ασυνεχειών (1-3) με επιφάνειες τραχείες, ελαφρώς οξειδωμένες (W1-W2). Χαρακτηριστικές τιμές βαθμονόμησης GSI 60 -80 (Εικόνα 4.9; Εικόνα 4.14)



Borehole (Γεώτρηση) ΔΟ-24 – Depth (Βάθος) 25.00~30.00m

Εικόνα 4.9. Χαρακτηριστική εικόνα ηφαιστειακών λατυποπαγών κατηγορίας 2. Διακρίνονται τα συστήματα ασυνεχειών (2) με την κατάσταση τους να χαρακτηρίζεται από πολύ τραχεία έως τραχεία. Βαθμονομείται στο σύστημα GSI με 67.

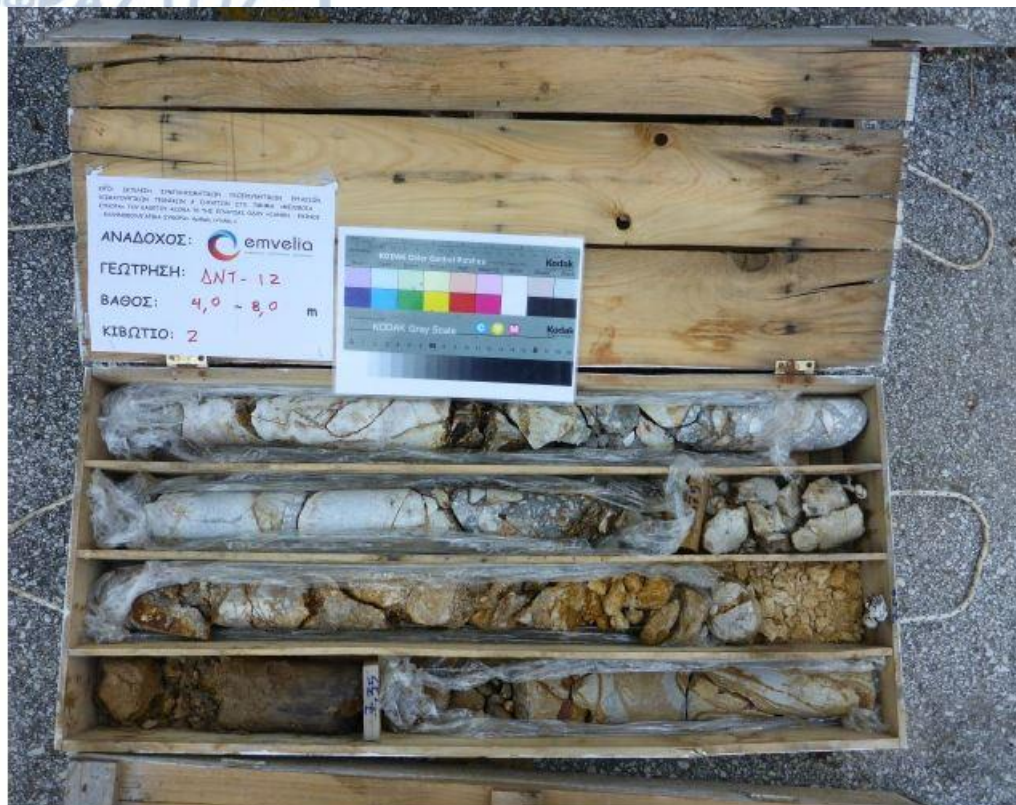
3) Ηφαιστειακά λατυποπαγή κερματισμένα έως πολύ κερματισμένα με διαταραγμένη βραχομάζα. Οι επιφάνειες των ασυνεχειών εμφανίζονται λείες μερικές αποσαθρωμένες έως και εξαλλοιωμένες (W2-W3). Διακριτή είναι η εμφάνιση περισσότερο των τριών ασυνεχειών και κυρίως η απόσταση μεταξύ τους (δημιουργία γωνιωδών τεμαχών). Διακρίνεται σαφής προχώρηση της αποσάθρωσης συγκριτικά με την κατηγορία 2. Βαθμονομείται στο σύστημα GSI με τιμές 42-60 (Εικόνα 4.10; Εικόνα 4.14)



Borehole (Γεώτρηση) ΔΟ-30 – Depth (Βάθος) 15.00~20.00m

Εικόνα 4.10. Χαρακτηριστική εμφάνιση της ενότητας 3 των ηφαιστειακών λατυποπαγών. Διακρίνεται η πολύ κερματισμένη δομή που διακατέχεται από περισσότερα των τριών συστημάτων ασυνεχειών και με τη προχώρηση της αποσάθρωσης στις επιφάνειες τους οι οποίες εμφανίζονται εξαλλοιωμένες. Βαθμονόμηση GSI ίση με 43.

4) Ηφαιστειακά λατυποπαγή με ισχυρά κερματισμένη δομή με επιφάνειες πολύ αποσαθρωμένες με εμφάνιση αργίλικού υλικού ή φαινομενικά κερματισμένη δομή με πολύ όμως φτωχή έως πολύ φτωχή κατάσταση ασυνεχειών που προκαλεί ραγδαία απομείωση της τιμής GSI. Παρόμοια συμπεριφορά και εικόνα με αυτή της κατηγορίας VI των ηφαιστειακών τόφφων. Η αποσάθρωση σταδιακά προχωρά και στο εσωτερικό του πετρώματος με ταυτόχρονη απομείωση των μηχανικών του χαρακτηριστικών (W4-W5). Εντοπίζονται επιφανειακά ή σε μικρά βάθη όπου γενικά διακατέχονται με μεγαλύτερες τιμές. Χαρακτηριστικές τιμές βαθμονόμησης GSI 25-42 (Εικόνα 4.11; Εικόνα 4.12; Εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.11. Χαρακτηριστική εικόνα της ενότητας 4 των ηφαιστειακών λατυποπαγών. Διακρίνονται τα ακανόνιστα τεμάχια της βραχομάζας όπως δημιουργούνται από τη αλληλοτέμνηση των διαφόρων συστημάτων ασυνεχειών αλλά και η πολύ φτωχή κατάσταση των επιφανειών τους. Συγκεκριμένα εντοπίζονται πολύ φτωχές και πολύ αποσαθρωμένες, περιστασιακή εμφάνιση αργιλικού υλικού. Βαθμονόμηση GSI ίση με 27.



Borehole (Γεώτρηση) ΔΟ-30 – Depth (Βάθος) 5.00~10.00m

Εικόνα 4.12. Χαρακτηριστική εικόνα της ενότητας 4 των ηφαιστειακών λατυποπαγών. Σε αυτή την υποπερίπτωση η βραχομάζα φαινομενικά διατηρεί σε μεγάλο βαθμό τη δομή της και χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς έως μέτρια κερματισμένη. Κύριο ρόλο απομείωσης της τιμής του GSI αποτελεί η κατάσταση των ασυνεχειών που εμφανίζονται από πολύ φτωχές έως κυρίως φτωχές. Η αποσάθρωση έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό και εντοπίζεται πλέον και στο πέτρωμα μειώνοντας τα μηχανικά του χαρακτηριστικά. Βαθμονόμηση GSI ίση με 25.

5) Ηφαιστειακά λατυποπαγή πλήρως αποδιοργανωμένα, πολύ αποσαθρωμένα και παρουσία αργιλικού υλικού στο σύνολο της μάζας. Η αποσάθρωση έχει προχωρήσει και στο εσωτερικό του πετρώματος με την ραγδαία μείωση των μηχανικών του χαρακτηριστικών (W5). Εντοπίζονται κατά κύριο λόγο σε ρηγματογενείς περιοχές ή σε κάποιες περιπτώσεις σε απότομα πρανή που υφίστανται συνεχώς διαβρωτική δράση (παρόμοια δομή και συμπεριφορά με τους ηφαιστειακούς τόφφους). Χαρακτηριστικές τιμές βαθμονόμησης GSI 16-25 (Εικόνα 4.12; Εικόνα 4.13)



Εικόνα 4.12. Χαρακτηριστική εμφάνιση ηφαιστειακών λατυποπαγών πλήρως αποδιοργανωμένων, αποσαθρωμένων. Εντοπίζονται πλησίον ή διατρέχονται από ρηξιγενείς δομές. Η δομή και η ποιότητα που παρουσιάζουν προκαλεί απότομη ταπείνωση των μηχανικών τους χαρακτηριστικών σε αντιστοιχία με τον άρρηκτο βράχο. Βαθμονόμηση με το σύστημα GSI ίση με 17.

Ακολουθεί το διάγραμμα GSI που εντοπίζονται στο σύνολο τους όλες οι πιθανές ενότητες των ηφαιστειακών λατυποπαγών που έχουν αναφερθεί με τα αντίστοιχα εύρη και τη κωδική ονομασία τους (Εικόνα 4.13).

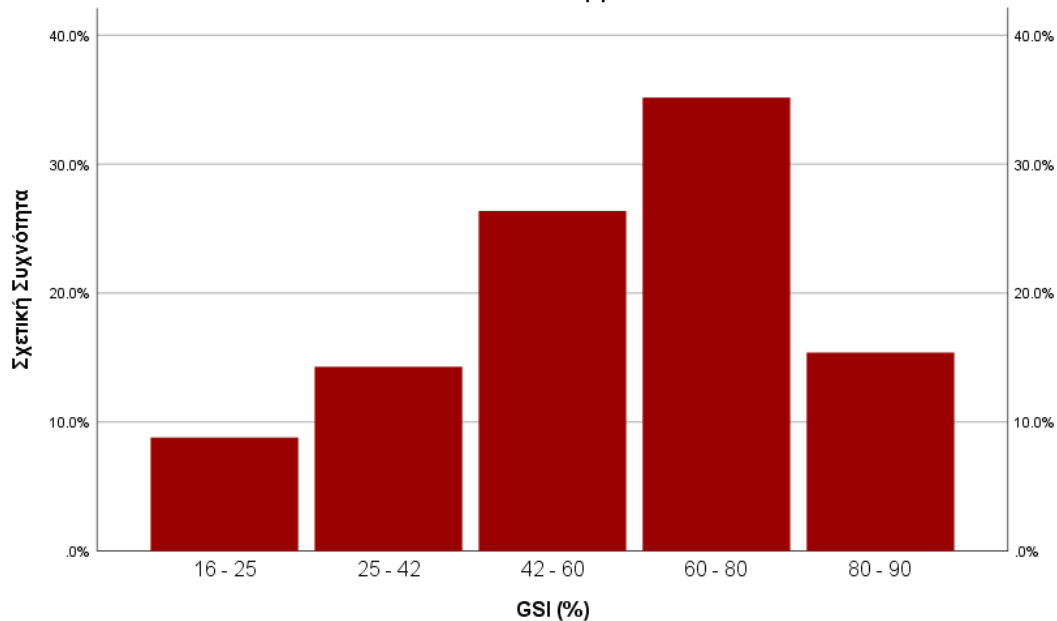
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ (Hoek and Marinos, 2000) Βασίζονται στην εμφάνιση της βραχομάζας (περιγραφή δομής και κατάσταση επιφάνειας ασυνεχειών) εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI, χωρίς υποχρεωτικά μεγάλη ακρίβεια. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι GSI=35. Σημειώνεται ότι ο Πίνακας δεν εφαρμόζεται σε κινηματικά ελεγχόμενες αστάθειες. Στην περίπτωση που οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες έχουν μη ευνοϊκό προσανατολισμό σε σχέση με το πρανές εκκακούς, τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχομάζας. Η διατμητική αντοχή επιφανειών σε βράχους που υπόκεινται σε εξασθένηση λόγω διακύμανσης της περιεκτικότητας σε υγρασία, είναι περαιτέρω μειωμένη όταν υπάρχει νερό. Όταν, οι βραχομάζες ανήκουν στις μέτριες έως πτωχές κατηγορίες και υπάρχει νερό τότε μετακινούμαστε προς τα δεξιά. Η υδροστατική πίεση λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων. ΔΟΜΗ		ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ				
		ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τραχείες, μη αποσθρωμμένες επιφάνειες	ΚΑΛΗ Τραχείες, ελαφρά αποσθρωμμένες και οξείδωμένες επιφάνειες	ΜΕΤΡΙΑ Λείες, με τριβές αποσθρωμμένες και εξαλειωμένες επιφάνειες	ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολίσθησης, πολύ αποσθρωμμένες με συμπαγή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολίσθησης πολύ αποσθρωμμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης
		ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ →				
 INTACT OR MASSIVE - Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άσπρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση  BLOCKY - Αδιατάρακτη βραχομάζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών  VERY BLOCKY - Μερικώς διαταραγμένη βραχομάζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών  BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας  DISINTEGRATED - Ισχυρά κερματισμένη βραχομάζα με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιωδών και αποστρογγυλωμένων τεμαχίων  LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχομάζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιωδών τεμαχίων		ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΑΛΛΗΛΟΚΛΕΙΔΩΜΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ				
		90 1	80 2	70 3	60 4	N/A
						N/A
						N/A
						N/A
						10

Εικόνα 4.13. Ταξινόμηση GSI για τις προαναφερθείσες ενότητες των ηφαιστειακών λατυποπαγών (Τροποποιημένο από Hoek & Marinos, 2000).

Τέλος από το παρακάτω διάγραμμα της σχετικής συχνότητας εμφάνισης των διάφορων ενοτήτων της βραχομάζας (Διάγραμμα 4.66) αποτυπώνεται η χωρική κατανομή τους σε ποσοστό. Παρατηρείται μια αύξηση στις μέσες τιμές GSI συγκριτικά με τους ηφαιστειακούς τόφφους. Συγκεκριμένα περισσότερο από 60% των μετρήσεων αντιστοιχεί σε αυτές τις δύο ενότητες βραχομάζας. Ταυτόχρονα εντοπίζονται

παρόμοιες αναλογίες με αυτές των ηφαιστειακών τόφων στις δύο ενότητες με τα χαμηλότερα χαρακτηριστικά του συστήματος GSI.

Σχετική συχνότητα κατανομής των τιμών βαθμονόμησης της ταξινόμησης GSI αναφορικά με τα ηφαιστειακά λατυποπαγή



Διάγραμμα 4.66. Σχετική συχνότητα κατανομής των τιμών ταξινόμησης του συστήματος GSI αναφορικά με τα ηφαιστειακά λατυποπαγή.

Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων:

Τέλος, η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για το τρίτο και τελευταίο πετρογραφικό τύπο της μολάσσας Ροδόπης, τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών ιλυολίθων. Αναλύονται 27 ξεχωριστές ταξινομήσεις βραχομάζας. Σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες εδώ εντοπίζονται τέσσερις (4) ενότητες παρόμοιου δείκτη GSI. Ακολούθως αναλύονται μία προς μία και προβάλλεται σε συνέχεια με τα παραπάνω συγκεντρωτικά το σύστημα GSI και το αντίστοιχο διάγραμμα σχετικής συχνότητας εμφάνισης.

Α) Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων πρακτικά άρρηκτη, με έλλειψη ή πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1) χωρίς αποσάθρωση (W1-W2). Αυτή η ενότητα αντιπροσωπεύει βραχόμαζες όπου η σειρά εναλλαγών εμφανίζεται άθικτη ή παρατηρείται σποραδικά η επανεμφάνιση ενός συστήματος ασυνεχειών. Οι ασυνέχειες

χαρακτηρίζονται ως "φρέσκιες", πολύ κλειστές, πολύ τραχιές χωρίς υλικό πλήρωσης έως περιστασιακά τραχιές, ελαφρώς αποσαθρωμένες με παρουσία οξειδίων. Δεν διακρίνεται η εναλλαγή των δύο πετρωμάτων και θεωρούνται ως ένας τύπος με αντίστοιχα μία τεχνικογεωλογική συμπεριφορά ως σύνολο. Εντοπίζεται κατά κύριο λόγο σε μεγάλα βάθη, σε απόσταση από ρηξιγενείς δομές και κυρίως αποσαθρωτικούς παράγοντες. Η ενότητα αυτή λαμβάνει τιμές στο σύστημα GSI που κυμαίνονται από 76 έως 90 (Εικόνα 4.14; Εικόνα 4.18).



Εικόνα 4.14. Από το 25.20m και μετέπειτα συναντάται η ενότητα Α των εναλλαγών ψαμμιτών ιλυολίθων. Παρατηρείται η συνεχής δομή με την σποραδική εμφάνιση ασυνεχειών (1 στον αριθμό). Οι επιφάνειες είναι πολύ τραχιές χωρίς αποσάθρωση και υλικό πλήρωσης. Το υλικό συμπεριφέρεται ως ένα κοινό σύστημα. Βαθμονόμηση συστήματος GSI ίση με 90.

Β) Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων κερματισμένος από τρία (3) ή/και περισσότερα συστήματα ασυνεχειών με επιφάνειες τοπικά αποσαθρωμένες έως λείες. Η βραχομάζα αυτής της ενότητας λόγω της παρουσίας των ασυνεχειών αναγνωρίζεται από κυβικά έως γωνιώδη τεμάχια που διατηρούν όμως το αλληλοκλείδωμα τους, η

αποσάθρωση μεταβάλει τις ασυνέχειες από πολύ τραχείες σε τραχείες έως και λείες. Το εύρος των τιμών GSI κυμαίνεται από 56 έως 76 (Εικόνα 4.15; Εικόνα 4.18).



Borehole (Γεώτρηση) ΔΣ-2 – Depth (Βάθος) 15.00~20.00m

Εικόνα 4.15. Από το βάθος των 16.80m και μετέπειτα αναγνωρίζεται η σειρά εναλλαγών ψαμμιτών ιλυολίθων. Παρατηρούνται τα κυβικά τεμάχια από την μικρή απόσταση των ασυνεχειών. Στην προκειμένη περίπτωση οι τελευταίες εμφανίζονται ως τραχείες με οξειδώσεις. Βαθμονόμηση του συστήματος GSI ίση με 74.

Γ) Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων ισχυρά κερματισμένη έως αποδιοργανωμένη με μέτρια έως έντονη αποσάθρωση στο σύνολο της (W2-W3). Συναντάται αποκλειστικά σε ζώνες ρηγμάτων σε βάθος κάτω από το επίπεδο του μανδύα αποσάθρωσης. Αναμένεται απομείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχομάζας που ελέγχεται κυρίως από την αποσάθρωση του ιλυολίθου. Εύρος τιμών GSI μεταξύ 30 και 47 μονάδες (Εικόνα 4.16; Εικόνα 4.18).



Εικόνα 4.16 Στο βάθος των 31.80m διακρίνεται μια σαφής διαφοροποίηση της σειράς συγκριτικά με τις παραπάνω ενότητες. Η σειρά εμφανίζεται πολύ κερματισμένη έως αποδιοργανωμένη κατά θέσεις. Βαθμονόμηση GSI ίση με 35.

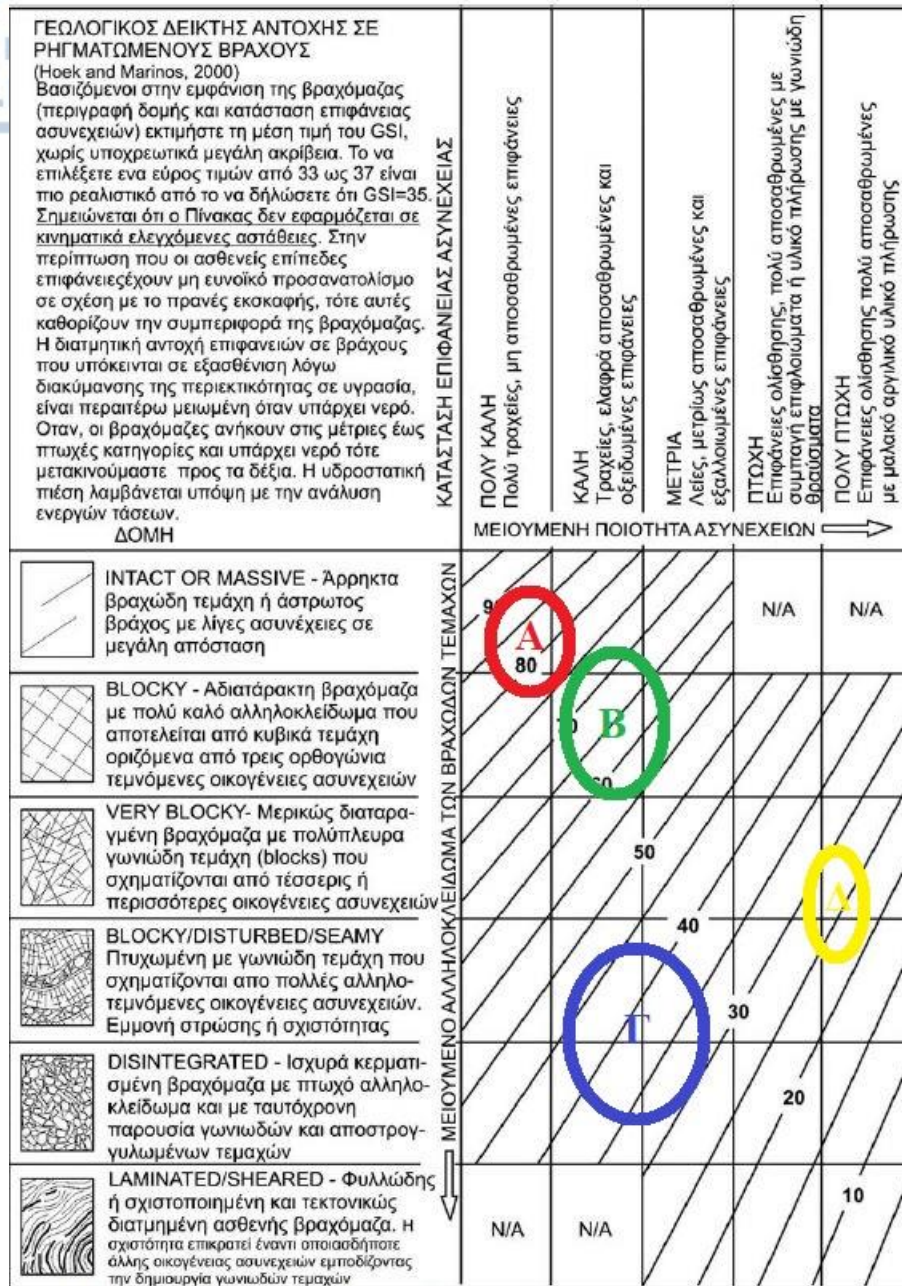
Δ) Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων ισχυρά κερματισμένη αλλά κυρίως ισχυρά αποσαθρωμένη (W4-W5). Συναντάται αποκλειστικά σε περιβάλλοντα έντονης αποσάθρωσης, κυρίως επιφανειακά. Η αποσάθρωση του ιλυολίθου είναι πολύ έντονη λόγω του φαινομένου της σχάσης. Αναμένεται σημαντικός υποσκελισμός των μηχανικών ιδιοτήτων της βραχομάζας. Εύρος τιμών GSI μεταξύ 22 και 30 μονάδες (Εικόνα 4.17; Εικόνα 4.18).



Εικόνα 4.17. Σε βάθος 11.40 έως 13.40m εντοπίζεται η σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων. Χαρακτηρίζεται από ισχυρό κερματισμό (διατηρείται σε κάποιες περιπτώσεις η δομή) και κυρίως από την έντονη αποσάθρωση της ίδιας πλέον της βραχομάζας λόγω της σχάσης του ιλυολίθου. Βαθμονόμηση GSI ίση με 22.

Συμπερασματικά παρατηρείται και σε πλήρη αντιδιαστολή με τους προηγούμενους πετρογραφικούς τύπους ότι στη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων τις χαμηλότερες τιμές στο διάγραμμα GSI τις λαμβάνει η ενότητα εκείνη που βρίσκεται στο μανδύα αποσάθρωσης και όχι αυτή που γειτνιάζει με ρηξιγενείς δομές. Το γεγονός αυτό οφείλεται όπως αναφέρθηκε παραπάνω στην ιδιαιτερότητα του ιλυολίθου στο φαινόμενο της σχάσης.

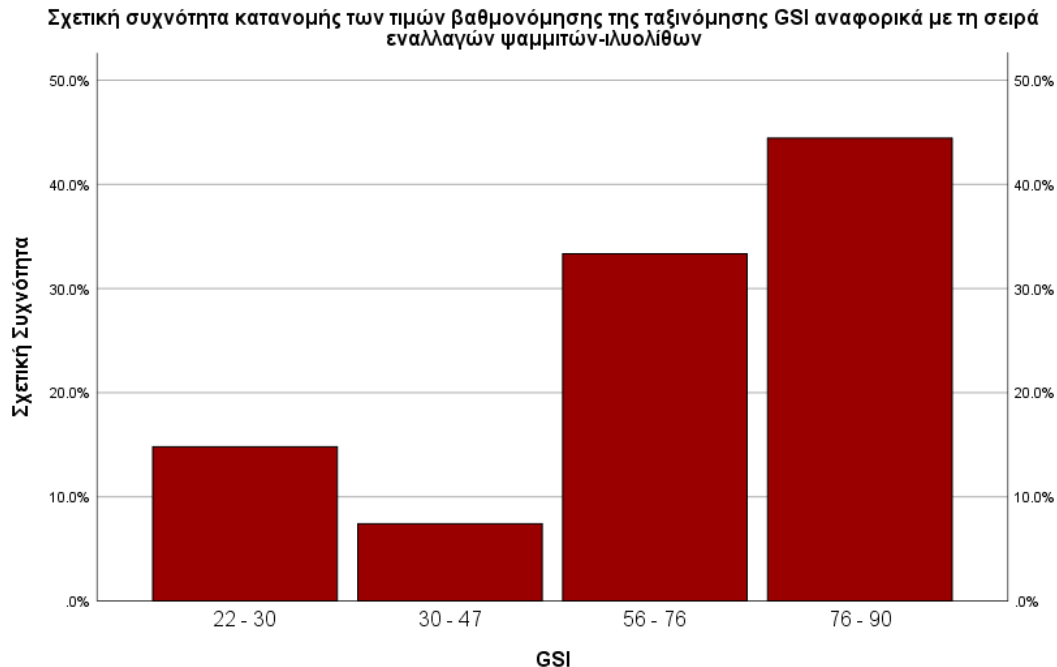
Ακολουθεί το διάγραμμα GSI που εντοπίζονται στο σύνολο τους όλες οι πιθανές ενότητες της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων που έχουν αναφερθεί με τα αντίστοιχα εύρη και τη κωδική ονομασία τους (Εικόνα 4.18).



Εικόνα 4.18. Ταξινόμηση GSI για τις προαναφερθείσες ενότητες της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων (Τροποποιημένο από Hoek & Marinos, 2000).

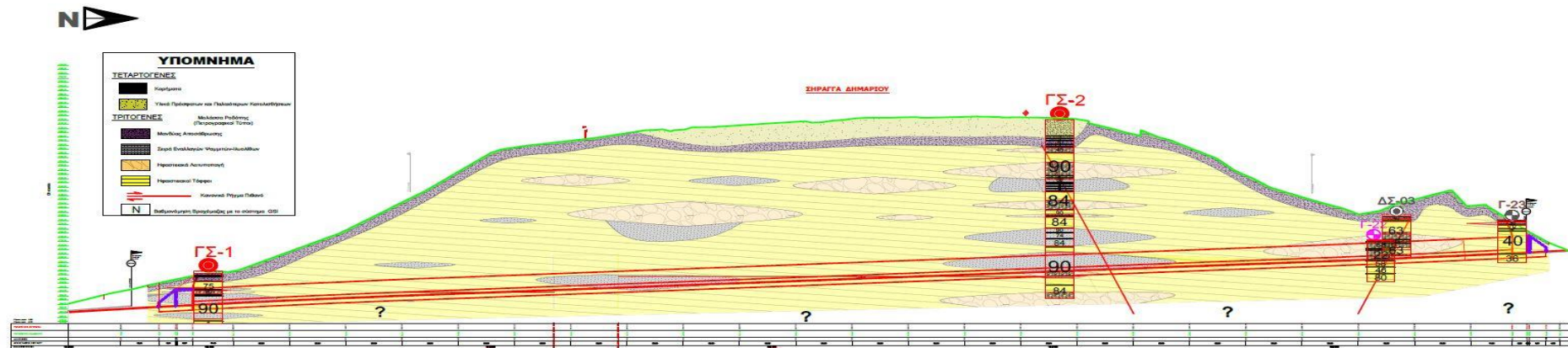
Τέλος από το παρακάτω διάγραμμα της σχετικής συχνότητας κατανομής των διάφορων ενοτήτων της βραχομάζας (Διάγραμμα 4.67) αποτυπώνεται η χωρική κατανομή τους σε ποσοστό. Αναγνωρίζεται το φαινόμενο που εν μέρη έχει περιγραφεί παραπάνω και σύμφωνα με τη γεωλογία της περιοχής. Το μεγαλύτερο ποσοστό (>75%) της σειράς λαμβάνει τιμές άνω των 56 μονάδων και θεωρείται ότι γενικά θα συμπεριφερθεί ικανοποιητικά κατά τη διάνοιξη της σήραγγας (υψηλές μέσες τιμές

αντοχής και παραμόρφωσης). Το ποσοστό των υπολοίπων είναι αρκετά μικρό, πράγμα που δικαιολογείται από την σποραδική εμφάνιση της σειράς και την έλλειψη πλήθους ρηξιγενών δομών.



Διάγραμμα 4.67. Σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών ταξινόμησης του συστήματος GSI αναφορικά με τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.

Τέλος, στο επίπεδο της σήραγγας (Εικόνα 4.19) παρατηρείται μια πληθώρα από διαφορετικά εύρη τιμών GSI που γενικά ακολουθεί τον κανόνα της κατανομής όπως παρουσιάζεται παραπάνω. Σε βάθος παρουσιάζονται κατά μέσο όρο σταθερά υψηλές τιμές GSI στο σύνολο της βραχομάζας. Εξαιρέσεις αποτελούν οι περιοχές που εντοπίστηκαν ρηξιγενείς δομές ή ζώνες έντονης αποσάθρωσης όπως χαρακτηριστικά γίνεται αντιληπτό από τις γεωτρήσεις Γ-22 και Γ-23 αντίστοιχα.



4.5. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

4.5.1. Εισαγωγή

Λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις υπό ανάλυση παραπάνω παραμέτρους προκύπτουν τελικά διακριτές τεχνικογεωλογικές ενότητες (Τ.Ε.) που κάθε μία από αυτές διέπεται και χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες τιμές.

Προκύπτουν τελικά δεκατέσσερις (14) στον αριθμό, διαφορετικές Τ.Ε. που κάθε μία από αυτές αντικατοπτρίζει τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες που αναμένεται να συναντηθούν κατά τη κατασκευή του τεχνικού έργου.

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων αντοχής πλέον σε κλίμακα βραχομάζας (σ_{cm}) χρησιμοποιήθηκε όπως έχει ήδη αναφερθεί το εμπειρικό κριτήριο αστοχίας που προτάθηκε από τους Hoek & Brown (2002) που αποτελεί ένα μη γραμμικό κριτήριο αστοχίας και ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

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

Όπου σ_1 και σ_3 οι μέγιστες κύριες τάσεις, m_b μια μειωμένη τιμή της σταθεράς m_i για τη βραχομάζα, ενώ s και a είναι σταθερές εξαρτώμενες από τα χαρακτηριστικά της βραχομάζας.

Το κριτήριο λαμβάνει ως συντελεστές τις τιμές των εξής παραμέτρων:

- Τη μονοαξονική θλιπτική αντοχή του άρρηκτου βράχου (σ_{ci}) σε MPa
- Τον παράγοντα m_i , που αποτελεί μια σταθερά αντιπροσωπευτική για κάθε υλικό και εκφράζει το αλληλοκλείδωμα των κόκκων-ορυκτών που το αποτελούν
- Τη τιμή της ταξινόμησης GSI ως παράγοντα απομείωσης των παραπάνω

Επίσης και αφού πρόκειται για κατασκευή υπόγειου έργου λαμβάνονται υπόψιν τα εξής:

- Το φαινόμενο βάρος του πετρώματος (γ) σε MN/m³
- Το βάθος στο οποίο θα εκσκαφθεί η σήραγγα σε m

Τελικά με την επίλυση του παραπάνω προκύπτει η αντοχή πλέον της βραχομάζας σ_{cm} (MPa) καθώς και οι τιμές του κριτηρίου αστοχίας Mohr-Coulomb c (MPa) και ϕ

(^ο). Ακόμη υπολογίζονται οι μέγιστες πλευρικές κύριες τάσεις σ_{3mx} (MPa) ανάλογα με το βάθος της εκσκαφής.

Για την εύρεση του μέτρου παραμορφωσιμότητας της βραχομάζας E_m χρησιμοποιείται το γενικευμένο κριτήριο που προτάθηκε από τους Hoek & Diederichs (2006) και έχει την εξής μορφή:

$$E_{rm}(MPa) = E_i \left(0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((80+5D-6.57)/11)}} \right)$$

Το κριτήριο αυτό δέχεται ως παραμέτρους τα εξής:

- Το μέτρο παραμορφωσιμότητας του άρρηκτου βράχου (E_i) σε MPa

Επίσης εφόσον πρόκειται για κατασκευή υπόγειου έργου λαμβάνονται υπόψιν τα εξής:

- Ο παράγοντας διαταραχής D που αντιστοιχεί στο βαθμό διατάραξης της βραχομάζας ανάλογα με το τρόπο εκσκαφής της σήραγγας και επιλέχθηκε ίσος με μηδέν (0)

Τελικά προκύπτει πλέον το μέτρο παραμορφωσιμότητας της βραχομάζας (E_m) σε MPa

Οι παραπάνω συντελεστές έχουν υπολογιστεί στο προηγούμενο τμήμα του κεφαλαίου αυτού. Μοναδική εκκρεμότητα παραμένει η εύρεση της σταθεράς m_i του άρρηκτου βράχου για κάθε έναν από τους τρεις πετρογραφικούς τύπους.

4.5.2. Υπολογισμός σταθεράς m_i

Στο πλαίσιο της συμπληρωματικής γεωτεχνικής έρευνας για τη σήραγγα Δημαρίου συντελέστηκαν πέρα των ανωτέρω δύο τριαξονικές δοκιμές θλίψης σε βραχώδη δοκίμια, συγκεκριμένα και τα δύο στη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων. Μέσω αυτών των δοκιμών και χρησιμοποιώντας τις μέγιστες κύριες τάσεις που εφαρμόστηκαν στα δοκίμια υπολογίστηκε η σταθερά m_i με τη χρήση του προγράμματος RocData. Τα αποτελέσματα αναφέρονται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 4.5.1 και 4.5.2) (στο Παράρτημα Β παρουσιάζεται τα παραχθέντα αποτελέσματα όπως προκύπτουν από την επίλυση του προγράμματος).

Πίνακας 4.5.1. Ζεύγη τιμών κυρίων τάσεων για τρία βήματα φόρτισης και αντίστοιχα το αποτέλεσμα του παράγοντα m_i για τη γεώτρηση ΓΣ-1 (βάθος 13,50-14,00m)

σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	m_i
0	97.49	38.362
5	178.44	
10	221.21	

Πίνακας 4.5.2. Ζεύγη τιμών κυρίων τάσεων για τρία βήματα φόρτισης και αντίστοιχα το αποτέλεσμα του παράγοντα m_i για τη γεώτρηση ΓΣ-2 (βάθος 67.40-68.40m)

σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	m_i
0	61.88	33.354
5	109.52	
10	175.24	

Τα παραπάνω αποτελέσματα κρίνονται απορριπτέα καθώς οι τιμές αυτές είναι υπερδιαστασιολογημένες και στη διεθνή βιβλιογραφία δεν αναφέρεται κάτι αντίστοιχο. Εκτιμάται ότι καίριο ρόλο έπαιξε η μη εφαρμογή περισσότερων βημάτων φόρτισης ούτως ώστε να αποκτήσει κλίση η καμπύλης της περιβάλλουσας θραύσης του κριτηρίου Hoek & Brown (αφού επί του πρακτέου ο συντελεστής m_i εξαρτάται κυρίως από αυτή τη κλίση).

Συνεπώς, για την επίλυση των παραπάνω εξισώσεων εκτιμήθηκαν βιβλιογραφικά οι τιμές του παράγοντα m_i για κάθε ένα από τους τρεις πετρογραφικούς τύπους. Συγκεκριμένα με βάση τις προτεινόμενες τιμές από τους Hoek & Marinos (2001) (Εικόνα 4.5.1) Επιλέχθηκαν για:

- Ηφαιστειακούς τόφφους: $m_i = 13$
- Ηφαιστειακά λατυποπαγή: $m_i = 19$
- Εναλλαγές ψαμμιτών-ιλυολίθων: $m_i = 12$ *

* Για τον παράγοντα m_i για τη σειρά εναλλαγών εκτιμήθηκε ότι περισσότερο αντιπροσωπευτική θα είναι η μέση τιμή των ψαμμιτών και ιλυολίθων ήτοι 17 και 7 αντίστοιχα, ενώ οι υπόλοιπες αποτελούν το μέσο όρο που προτείνουν οι συγγραφείς.

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerates (21±3) Breccias (19±5)	Sandstones 17±4	Siltstones 7±2 Greywackes (18±3)	Claystones 4±2 Shales (6±2) Marls (7±2)
		Carbonates	Crystalline Limestone (12±3)	Sparitic Limestones (10±2)	Micritic Limestones (9±2)	Dolomites (9±3)
	Non- Clastic	Evaporites		Gypsum 8±2	Anhydrite 12±2	
		Organic				Chalk 7±2
METAMORPHIC	Non foliated		Marble 9±3	Hornfels (19±4) Metasandstone (19±3)	Quartzites 20±3	
	Slightly foliated		Migmatite (29±3)	Amphibolites 26±6	Gneiss 28±5	
	Foliated*			Schists 12±3	Phyllites (7±3)	Slates 7±4
IGNEOUS	Plutonic	Light	Granite 32±3 Granodiorite (29±3)	Diorite 25±5		
		Dark	Gabbro 27±3 Norite 20±5	Dolerite (16±5)		
	Hypabyssal		Porphyries (20±5)		Diabase (15±5)	Peridotite (25±5)
	Volcanic	Lava		Rhyolite (25±5) Andesite 25±5	Dacite (25±3) Basalt (25±5)	Obsidian (19±3)
		Pyroclastic	Agglomerate (19±3)	Breccia (19±5)	Tuff (13±5)	

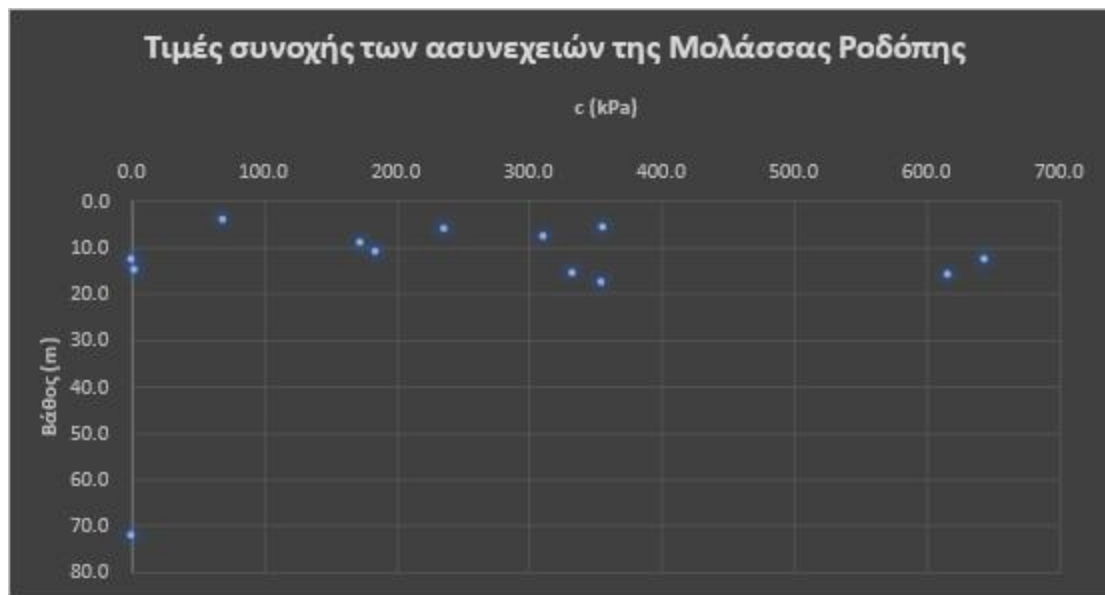
Εικόνα 4.5.1. Τιμές της σταθεράς m_i για μια σειρά πετρωμάτων όπως προτείνονται από τους Hoek & Marinos (2001). Σημειώνονται με χρωματιστά τετράγωνα οι τιμές που επιλέχθηκαν για την παρούσα εργασία.

4.5.3. Υπολογισμός παραμέτρων διατμητικής αντοχής ασυνεχειών

Αναφορικά με την εύρεση των καταλληλότερων και πλέον αντιπροσωπευτικών τιμών παραμέτρων διατμητικής αντοχής των ασυνεχειών, δηλαδή της γωνίας τριβής (ϕ) και της συνοχής (c), επιλέχθηκε εκ των προτέρων η θεώρηση ότι το σύνολο των δοκιμών άμεσης διάτμησης που πραγματοποιήθηκαν αντιπροσωπεύει τη βραχομάζα στο σύνολο της. Συνεπώς δεν γίνεται διάκριση μεταξύ πετρογραφικών τύπων και το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένα και αναφέρεται στις τιμές αντοχής των ασυνεχειών της Μολάσας Ροδόπης. Η παραδοχή αυτή κρίθηκε αναγκαία για δύο

λόγους. Αφενός το μικρό πλήθος δεδομένων αντοχής ($N=14$) και αφετέρου η πολυπλοκότητα του γεωλογικού μοντέλου καθώς και η έλλειψη πληροφοριών για το ποια ήταν η ασυνέχεια στην οποία διενεργούνταν η δοκιμή άμεσης διάτμησης κάθε φορά. Σε κάθε περίπτωση το αποτέλεσμα δεν διαφέρει σημαντικά από κάθε πετρογραφικό τύπο και ασυνέχεια ξεχωριστά, όπως φανερώνεται και από τα αποτελέσματα των δοκιμών.

Συνοχή (c)

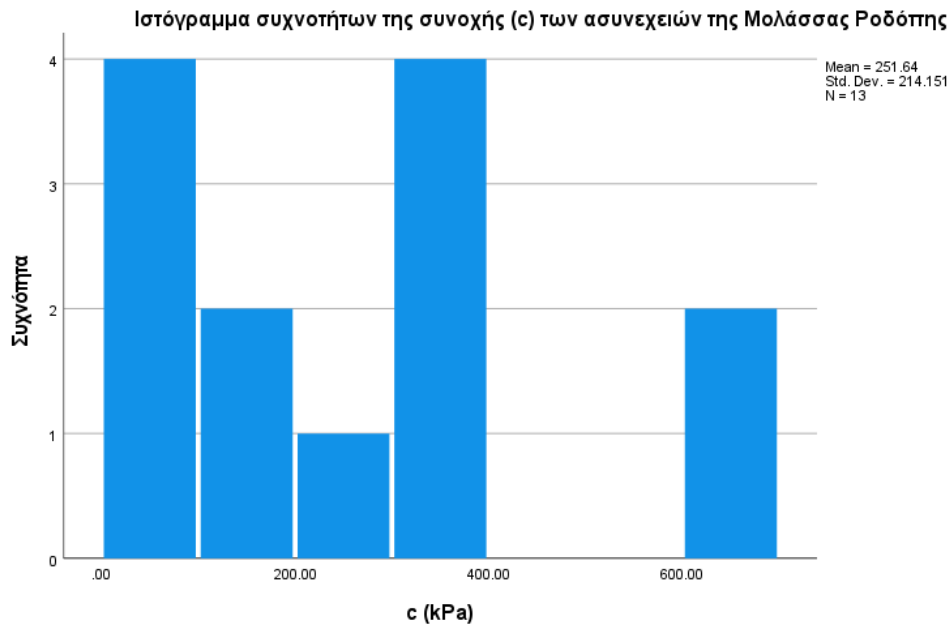


Διάγραμμα 4.5.3.1. Διάγραμμα διασποράς της κατανομής της συνοχής (c) των ασυνεχειών σε σχέση με το βάθος για τη Μολάσσα Ροδόπης

Παρατηρείται από το διάγραμμα 4.5.3.1 η διασπορά των τιμών της συνοχής. Στον πίνακα 4.5.3.1 προκύπτει η μέση τιμή της συνοχής των ασυνεχειών για το σύνολο της Μολάσσας Ροδόπης και προβάλλεται και το αντίστοιχο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.5.3.2).

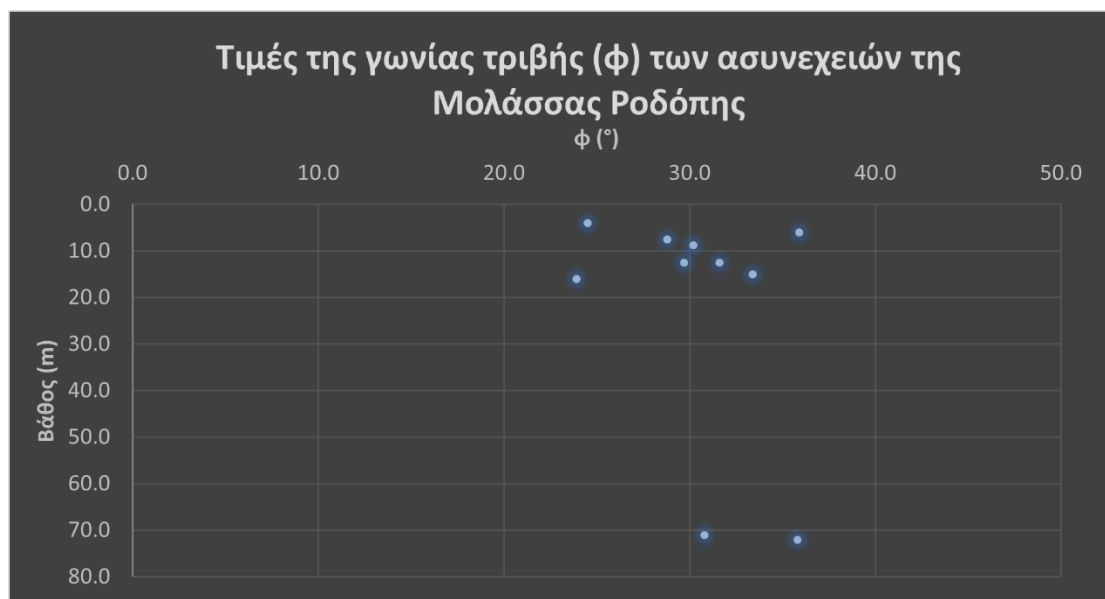
Πίνακας 4.5.3.1. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση αυτής για τη συνοχή c (kPa) των ασυνεχειών.

N (δείγματα)	Μέση τιμή (kPa)	Τυπική απόκλιση
13	252	214



Διάγραμμα 4.5.3.2. Ιστόγραμμα συχνοτήτων της συνοχής των ασυνεχειών της Μολάσσας Ροδόπης.

Γωνία Τριβής (φ)



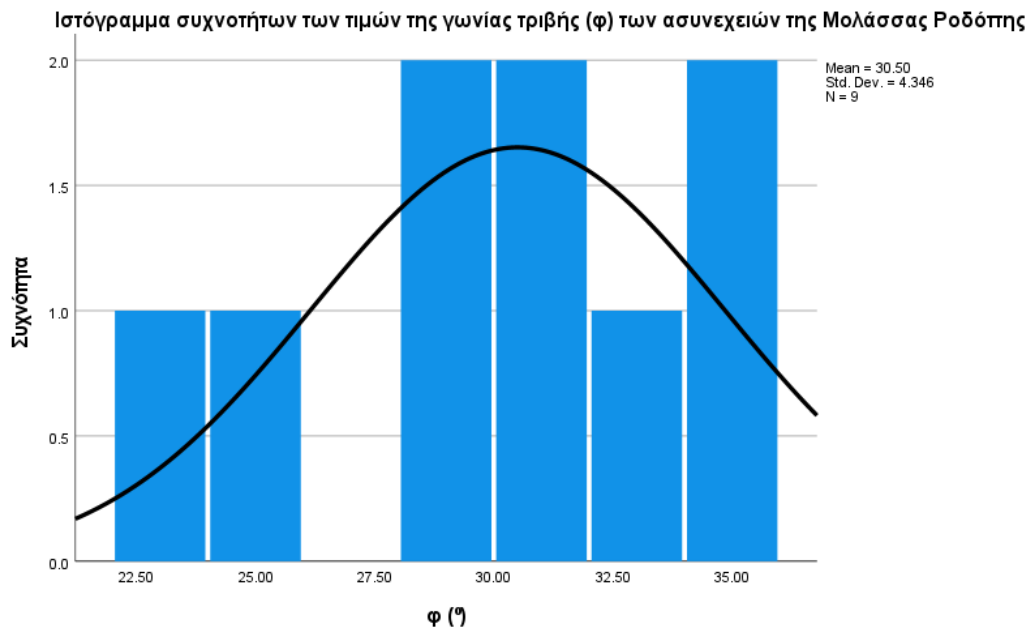
Διάγραμμα 4.5.3.3. Διάγραμμα διασποράς της κατανομής της γωνίας τριβής (φ) των ασυνεχειών σε σχέση με το βάθος για τη Μολάσσα Ροδόπης

Παρατηρείται από το διάγραμμα 4.5.3.3 η διασπορά των τιμών της γωνίας τριβής. Στον πίνακα 4.5.3.2 προκύπτει η μέση τιμή της της παραμέτρου των ασυνεχειών για το

σύνολο της Μολάσσας Ροδόπης ενώ ακολουθεί το ιστόγραμμα συχνοτήτων (Διάγραμμα 4.5.3.4).

Πίνακας 4.5.3.2. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση αυτής για τη γωνία τριβής ϕ ($^{\circ}$) των ασυνεχειών.

N (δείγματα)	Μέση τιμή ($^{\circ}$)	Τυπική απόκλιση
9	30	4



Διάγραμμα 4.5.3.4. Ιστόγραμμα συχνοτήτων της γωνίας τριβής των ασυνεχειών της Μολάσσας Ροδόπης.

4.5.4. Υπολογισμοί παραμέτρων Τεχνικογεωλογικών Ενοτήτων

Οι υπολογισμοί και τα παράγωγα τους επισυνάπτονται στο παράρτημα Β. Παρακάτω παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας για την κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα και τις αντίστοιχες παραμέτρους (Πίνακας 4.5.3).

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	Τ.Ε.	GSi	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ν	γ (gr/cm ³)	σ_{ci} (MPa)	m_i	E_i (GPa)	σ_{cm} (MPa)	E_m (GPa)
Ηφαιστειακοί Τόφφοι	1	80-95	Ηφαιστειακοί τόφφοι άρρηκτοι με πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1) χωρίς αποσάθρωση (W1)	0.13	2.55	66	13	19	39	18
	2	60-80	Ηφαιστειακοί τόφφοι με αδιατάρακτη βραχομάζα που διέπονται από ένα έως τρία συστήματα ασυνεχειών με επιφάνειες ασυνεχειών μερικώς οξειδωμένες έως και κατά τόπους ελαφρώς αποσαθρωμένες (W1-W2).				13		20	14
	3	40-60	Ηφαιστειακοί τόφφοι με εμφανώς διαταραγμένη βραχομάζα κερματισμένοι έως αρκετά κερματισμένοι τεμνόμενοι από περισσότερες από 3 ασυνέχειες με μικρή απόσταση μεταξύ τους (10-15cm) επιφάνειες μετρίως αποσαθρωμένες, εξαλλοιωμένες (W2-W3).				13		13	6
	4	25-40	Ηφαιστειακοί τόφφοι με ισχυρά κερματισμένη δομή. Επιφάνειες πολύ αποσαθρωμένες με αργιλικό υλικό (W4)			46	10	10	5	1
	5	15-25	Ηφαιστειακοί τόφφοι πλήρως αποδιοργανωμένοι, πολύ αποσαθρωμένοι και παρουσία αργιλικού υλικού στο σύνολο της μάζας (W4-W5)				12		4	0,5
Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	6	80-90	Ηφαιστειακά λατυποπαγή άρρηκτα με πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1-3) ή αποσάθρωση. (W1)	0.13	2.6	56	19	22	30	21
	7	60-80	Ηφαιστειακά λατυποπαγή ελαφρώς κερματισμένα (διατήρηση της δομής τους) με διακριτή εμφάνιση ασυνεχειών (1-3) με επιφάνειες τραχείες, ελαφρώς οξειδωμένες (W1-W2)						20	16
	8	42-60	Ηφαιστειακά λατυποπαγή κερματισμένα έως πολύ κερματισμένα με διαταραγμένη βραχομάζα. Οι επιφάνειες των ασυνεχειών εμφανίζονται λείες μερικώς αποσαθρωμένες έως και εξαλλοιωμένες						13	7

			(W2W3)							
	9	25-42	Ηφαιστειακά λατυποπαγή με ισχυρά κερματισμένη δομή με επιφάνειες πολύ αποσαθρωμένες με εμφάνιση αργιλικού υλικού ή φαινομενικά κερματισμένη δομή με πολύ όμως φτωχή έως πολύ φτωχή κατάσταση ασυνεχειών (W4-W5)			27	17	6	4	0.6
	10	16-25	Ηφαιστειακά λατυποπαγή πλήρως αποδιοργανωμένα, πολύ αποσαθρωμένα και παρουσία αργιλικού υλικού στο σύνολο της μάζας (W4)				18		3	0.3
Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων	11	76-90	Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων πρακτικά άρρηκτη, με έλλειψη ή πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1) χωρίς αποσάθρωση (W1).	0.13-0.15	2.6	71	12	13	30	11
	12	56-76	Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων κερματισμένος από τρία (3) ή/και περισσότερα συστήματα ασυνεχειών με επιφάνειες τοπικά αποσαθρωμένες έως λείες (W1-W2)						16	6
	13	30-47	Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων ισχυρά κερματισμένη έως αποδιοργανωμένη με μέτρια έως έντονη αποσάθρωση στο σύνολο της (W2-W3).			43	10	6	5	0.7
	14	22-30	Δ) Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων ισχυρά κερματισμένη αλλά κυρίως ισχυρά αποσαθρωμένη (W4-W5).						4	0.3

* Πρέπει να σημειωθεί ότι για την εξαγωγή των κατάλληλων συντελεστών έγιναν κάποιες παραδοχές συνυφασμένες με την μέχρι τώρα θεώρηση των υλικών που συνοψίζονται στα εξής:

- Η σταθερά του υλικού m_i απομειώθηκε σε κάθε T.E. στην οποία υπάρχει ενισχυμένο το φαινόμενο της αποσάθρωσης καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί μειώνονται σε μεγάλο βαθμό τα μηχανικά χαρακτηριστικά του πετρώματος
- Για τις ενότητες της σειράς των εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων το m_i εκτιμήθηκε στη μέση τιμή των δύο ξεχωριστών σχηματισμών, δηλαδή ίσο με 12
- Η επιλογή του εκάστοτε αντιπροσωπευτικού GSI βασίστηκε κατά κύριο λόγο στις μέσες τιμές του εύρους που προτείνεται σε κάθε ενότητα. Στις περιπτώσεις όπου το παραπάνω δεν ακολουθείται επιλέχθηκαν τιμές ζυγισμένες ως προς το βάρος των τιμών GSI της κάθε ενότητας και προς τη μεριά της ασφάλειας
- Για τον ίδιο λόγο μειώνονται επίσης και η μονοαξονική θλιπτική αντοχή (σ_{ci}) καθώς και το μέτρο παραμορφωσιμότητας του άρρηκτου βράχου (E_i) στις όμοιες με τις παραπάνω ενότητες κατά μία τιμή της τυπικής απόκλισης μεγαλώνοντας έτσι το διάστημα εμπιστοσύνης και δίνοντας τελικά περισσότερο αντιπροσωπευτικές τιμές στην πραγματικότητα
- Οι υπολογισμοί των παραμέτρων του κριτηρίου αστοχίας Mohr-Coulomb διενεργήθηκαν για τρία (3) διαφορετικά βάθη, 20, 50 και 80m ανά κάθε T.E. και αναφέρονται στο παράρτημα B

Τέλος σημαντικό κεφάλαιο στη διάνοιξη μιας υπόγειας εκσκαφής αποτελεί η εξέταση του καθεστώτος των υπόγειων υδάτων. Για το λόγο αυτό διενεργήθηκαν όπως έχει αναφερθεί, δοκιμές περατότητας τόσο σε εδαφικά όσο και βραχώδη υλικά. Από την αξιολόγηση αυτών των δοκιμών προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι πετρογραφικοί τύποι της περιοχής και ιδιαίτερα στο βάθος εκσκαφής θεωρούνται αδιαπέρατοι (τιμές περατότητας μικρότερες του 10^{-7} cm/sec. Εξαιρέση αποτελεί ο πετρογραφικός τύπος των ηφαιστειακών λατυποπαγών καθώς οι δοκιμές έδωσαν τιμές περατότητας έως και $1.33 \cdot 10^{-4}$ cm/sec. Από την αντιστοίχιση της περιοχής και του βάθους διεξαγωγής των δοκιμών και συγκρινόμενα με το σύστημα ταξινόμησης GSI προκύπτει ότι οι τιμές αυτής της περατότητας ανταποκρίνονται σε GSI 40-60, δηλαδή αναφέρονται στην T.E.



8. Συνεπώς μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δοθεί κατά τη διάνοιξη της σήραγγας σε τέτοια υλικά.

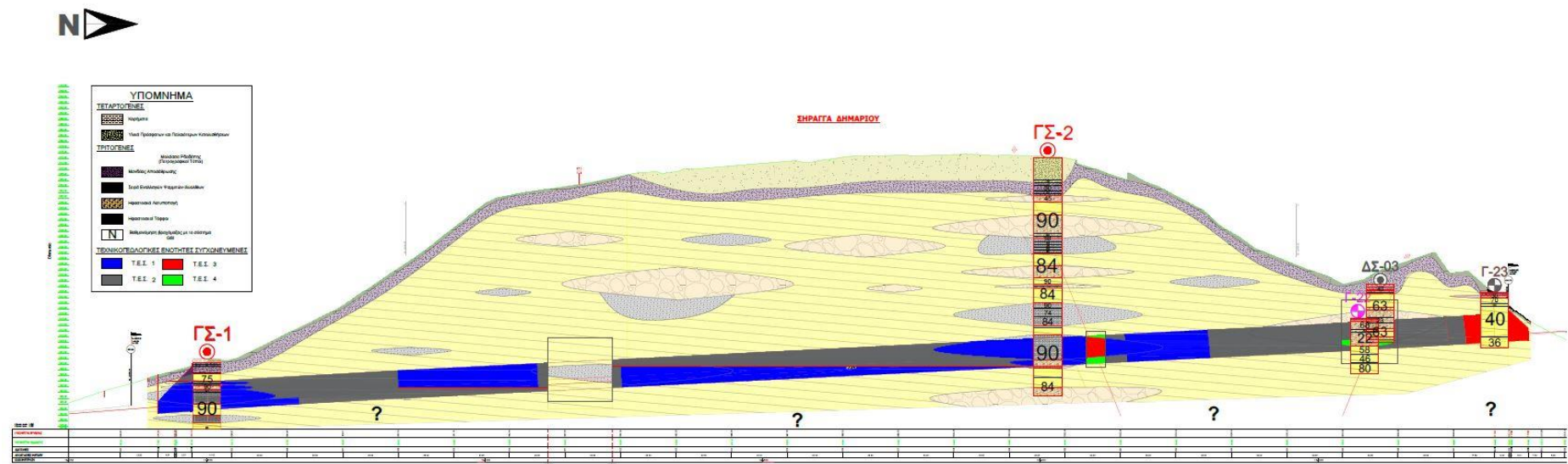
4.6. ΣΥΓΧΩΝΕΥΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

Στο παρόν κεφάλαιο συντελείται μια εκ νέου ομαδοποίηση των παραχθέντων τεχνικογεωλογικών ενοτήτων σε συγχωνευμένες τεχνικογεωλογικές ενότητες (Τ.Ε.Σ.) καθώς παρατηρείται τόσο από τις παραμέτρους όσο και από γεωλογική / γεωτεχνική άποψη μια συγγένεια ως προς τη συμπεριφορά κάποιων από τα παραπάνω υλικά σε σχέση με κάποιο άλλο. Η σχέση αυτή δεν ανταποκρίνεται πλήρως για όλες τις Τ.Ε. και συνεπώς ομαδοποιούνται και συγχωνεύονται αυτές οι οποίες αναμένεται να παρουσιάσουν την ίδια ή παρόμοια γεωτεχνική συμπεριφορά. Οι παράμετροι σχεδιασμού της κάθε Τ.Ε.Σ. δίνονται πλέον σε εύρη ανάλογα με τις αρχικές της κάθε Τ.Ε. Στον πίνακα που ακολουθεί αναλύονται οι Τ.Ε.Σ. (Πίνακας 4.6.1).

T.E.Σ.	GSI	RQD	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	v	σ_{cm} (MPa)	E_m (GPa)
1	76-95	Εξαιρετική έως Καλή	Ηφαιστειακοί τόφφοι άρρηκτοι με πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1-3) χωρίς αποσάθρωση. (W1) & Ηφαιστειακά λατυποπαγή άρρηκτα με πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1-3) χωρίς αποσάθρωση. (W1) & Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων πρακτικά άρρηκτη, με έλλειψη ή πολύ αραιή εμφάνιση ασυνεχειών (1) χωρίς αποσάθρωση. (W1)	0.13-0.15	30-39	11-21
2	42-65	Μέτρια έως Φτωχή	Ηφαιστειακοί τόφφοι με αδιατάρακτη έως διαταραγμένη βραχομάζα κερματισμένοι έως αρκετά κερματισμένοι που διέπονται από ένα έως τρία συστήματα ασυνεχειών με μικρή απόσταση μεταξύ τους (10-15cm) με επιφάνειες ασυνεχειών μερικώς οξειδωμένες έως και κατά τόπους μέτρια αποσαθρωμένες (W2-W3). & Ηφαιστειακά λατυποπαγή ελαφρώς κερματισμένα έως πολύ κερματισμένα (διατήρηση της δομής τους) με διακριτή εμφάνιση ασυνεχειών (1-3) με επιφάνειες τραχείες έως λείες, ελαφρώς αποσαθρωμένες έως και εξαλλοιωμένες (W2-W3) & Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων κερματισμένος από τρία (3) ή/και περισσότερα συστήματα ασυνεχειών με επιφάνειες τοπικά αποσαθρωμένες έως λείες (W1-W2).	0.13	13-20	6-16

3	25-42	Μέτρια έως Φτωχή	Ηφαιστειακοί τόφοι με ισχυρά κερματισμένη δομή. Επιφάνειες πολύ αποσαθρωμένες με αργιλικό υλικό (W4) & Ηφαιστειακά λατυποπαγή με ισχυρά κερματισμένη δομή με επιφάνειες πολύ αποσαθρωμένες με εμφάνιση αργιλικού υλικού ή φαινομενικά κερματισμένη δομή με πολύ όμως φτωχή έως πολύ φτωχή κατάσταση ασυνεχειών (W4-W5) & Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων ισχυρά κερματισμένη έως αποδιοργανωμένη με μέτρια έως έντονη αποσάθρωση στο σύνολο της (W2-W3).	0.13	4-5	0.6-1
4	15-25	Πολύ Φτωχή	Ηφαιστειακοί τόφοι πλήρως αποδιοργανωμένοι, πολύ αποσαθρωμένοι και παρουσία αργιλικού υλικού στο σύνολο της μάζας (W4-W5) & Ηφαιστειακά λατυποπαγή πλήρως αποδιοργανωμένα, πολύ αποσαθρωμένα και παρουσία αργιλικού υλικού στο σύνολο της μάζας (W4)	0.13	3-4	0.3-0.5
5	22-30	Πολύ Φτωχή	Δ) Σειρά εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων ισχυρά κερματισμένη αλλά κυρίως ισχυρά αποσαθρωμένη (W4-W5).	0.13-0.15	4	0.38

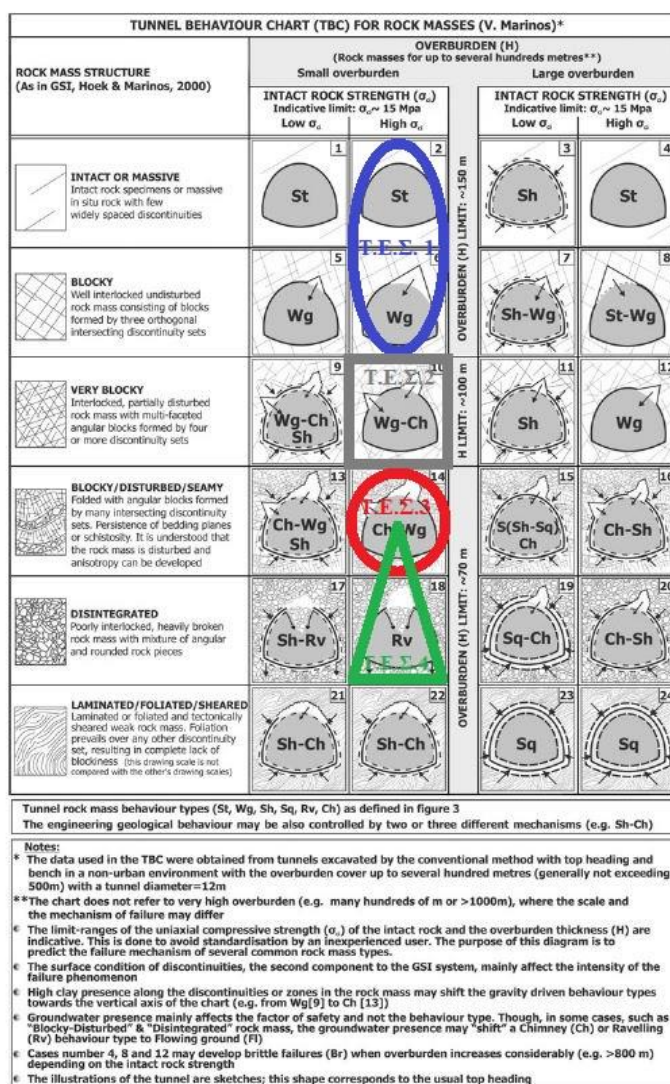
Εν συνεχεία, βασίζόμενοι στην τελευταία ομαδοποίηση των Τ.Ε.Σ., σε συνάρτηση με την αντιστοίχιση των τιμών της ταξινόμησης GSI στις γεωτρήσεις που διανοίχθηκαν στο πλαίσιο του γεωερευνητικού προγράμματος της σήραγγας Δημαρίου αναγνωρίζονται οι διάφορες Τ.Ε.Σ. που απαντώνται κατά μήκος της σήραγγας και στο επίπεδο αυτής. Στην ακόλουθη μηκοτομή (Σχήμα 4.6.1) παρουσιάζονται γραφικά όλες οι αναμενόμενες συγχωνευμένες τεχνικογεωλογικές ενότητες που υπολογίστηκε ότι θα συναντηθούν με βάση την παραπάνω αξιολόγηση. Εκτιμάται ότι θα συναντηθούν όλες σχεδόν οι Τ.Ε.Σ., εξαίρεση αποτελεί η Τ.Ε.Σ.5, δηλαδή η ενότητα που αναφέρεται στην αποσάθρωση της σειράς εναλλαγών ψαμμιτών-ιλυολίθων.



Σχήμα 4.6.1. Οι συγχωνευμένες τεχνικογεωλογικές ενότητες όπως αναμένεται να συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Δημαρίου. Κάθε ενότητα αντιπροσωπεύεται από ένα μοναδικό χρώμα όπως περιγράφεται στο υπόμνημα. Η αντιστοίχιση έγινε με βάση τις τιμές ταξινόμησης του δείκτη GSI στα ανάλογα βάθη όπου σχεδιάζεται να διατρέχει η σήραγγα τη βραχομάζα.

4.7. ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Λαμβάνοντας υπόψιν τις πληροφορίες που πηγάζουν μέσω της παραπάνω αξιολόγησης της περιοχής και στηριζόμενοι στο διάγραμμα συμπεριφοράς σηράγγων (Tunnel Behaviour Chart – TBC) που έχει προταθεί από τον Μαρίνο (2012) (Σχήμα 4.7.1) αναγνωρίζονται και προβάλλονται κατά μήκος της σήραγγας όλες οι αναμενόμενοι τύποι συμπεριφοράς και αστοχίας που δύναται να συναντηθούν ανάλογα με την κάθε Τ.Ε.Σ. κατά τη φάση εκσκαφής της σήραγγας.



Σχήμα 4.7.1. Διάγραμμα συμπεριφοράς σηράγγων. Στο παραπάνω διάγραμμα σκιαγραφούνται όλες οι Τ.Ε.Σ. που αναμένεται να συναντηθούν κατά την εκσκαφή της σήραγγας. Τα χρώματα αντιστοιχούν σε αυτά των Τ.Ε.Σ. που έχουν δοθεί και στην Τεχνικογεωλογική μηκοτομή (Σχήμα 4.6.2) καθώς και στην μηκοτομή (Σχήμα 4.7.2) που περιγράφει το παρών διάγραμμα εποπτικά (Marinos, 2012).

Γίνεται αντιληπτό πως στο σύνολο της εκσκαφής της σήραγγας δεν αναμένεται να παρουσιαστούν ιδιαίτερα προβλήματα τεχνικογεωλογικής-γεωτεχνικής συμπεριφοράς παρά μόνο βαρυτικού τύπου αστοχίες σε διατομές που η βραχομάζα που το επιτρέπει.

Η παρουσία σοβαρών προβλημάτων τασικής μορφής δεν αναμένεται να εντοπιστεί κατά τη διάνοιξη της σήραγγας καθώς οι συνθήκες δεν επιτρέπουν τέτοια φαινόμενα όπως αποδεικνύεται και παρακάτω (Σχήμα 4.7.2), παραμορφώσεις μικρότερες του 1%.

Συγκεκριμένα, καθώς το περιβάλλον εκσκαφής της σήραγγας εντοπίζεται σε βάθη με χαμηλά υπερκείμενα οι πιθανοί τύποι συμπεριφοράς περιορίζονται μόνο στις αριστερές στήλες του διαγράμματος TBC (Σχήμα 4.7.1). Ειδικότερα, στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.7.1) περιγράφονται οι τύποι συμπεριφοράς ανάλογα με την εκάστοτε Τ.Ε.Σ.

Πίνακας 4.7.1. Περιγραφή Τ.Ε.Σ. και αναμενόμενου τύπου συμπεριφοράς

Τ.Ε.Σ.	Συμπεριφορά
1	St-Wg
2	Wg-Ch
3	Ch-Wg
4	Ch-Wg & Rv

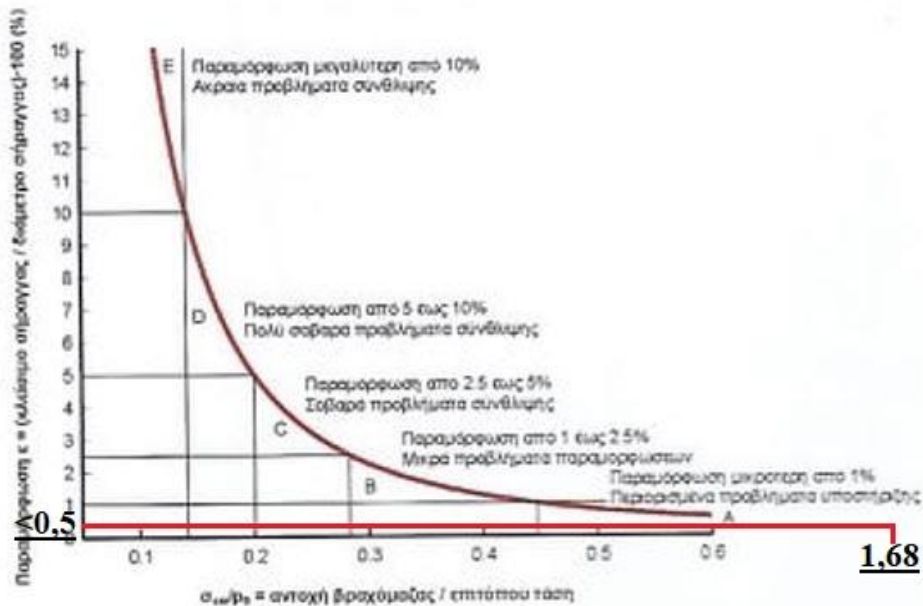
* Όπου St: Stable = Ευσταθής διατομή με τοπικές μόνο βαρυτικές αστοχίες, Wg: Wedge = Σφηνοειδείς ολισθήσεις ή πτώσεις τεμαχών λόγω βαρύτητας, Ch: Chimney = Υπερεκσκαφή ή αστοχία τύπου καμινάδας, Rv: Ravelling = Άμεση καταρροή της βραχομάζας στο εσωτερικό της σήραγγας. Σε περίπτωση που εντοπίζονται περισσότερες της μίας συμπεριφοράς η διατομή της σήραγγας αναμένεται να συμπεριφέρεται σε κάποια ενδιάμεση κατάσταση.

Έτσι το ενδεχόμενο εκδήλωσης τασικών αστοχιών όπως τονίζεται παραπάνω και παρουσιάζεται στην παρακάτω ανάλυση, όπου γίνεται αντιστοίχιση των επί τόπου συνθηκών με βάση τη μέχρι τώρα γνώση για συμπεριφορά βραχομαζών σε παρόμοια περιβάλλοντα (Hoek & Marinos, 2000) δεν αναμένεται η ύπαρξη τους κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.

Δηλαδή, επιλέγοντας την ακραία περίπτωση με την βραχομάζα στη χειρότερη της τεχνικογεωλογική κατάσταση ήτοι την Τ.Ε.Σ. 4 με την αντοχή της ίση με $\sigma_{cm} = 3\text{MPa}$, με την επιτόπου τάση στο μέγιστη τιμή της ($p_0 = \gamma \cdot h = 0.026 \cdot 68 = 1,786 \text{ MN/m}$) που αναπτύσσεται λόγω μέγιστου ύψους υπερκείμενου προκύπτει αποτέλεσμα ίσο με 1,679 ή 1,68. Προβάλλοντας το παραπάνω νούμερο στο διάγραμμα σ_{cm}/p_0 προς παραμόρφωση ϵ παρατηρείται ότι εμφανίζεται πέρας της περιοχής Α (Παραμόρφωση μικρότερη της μονάδας).

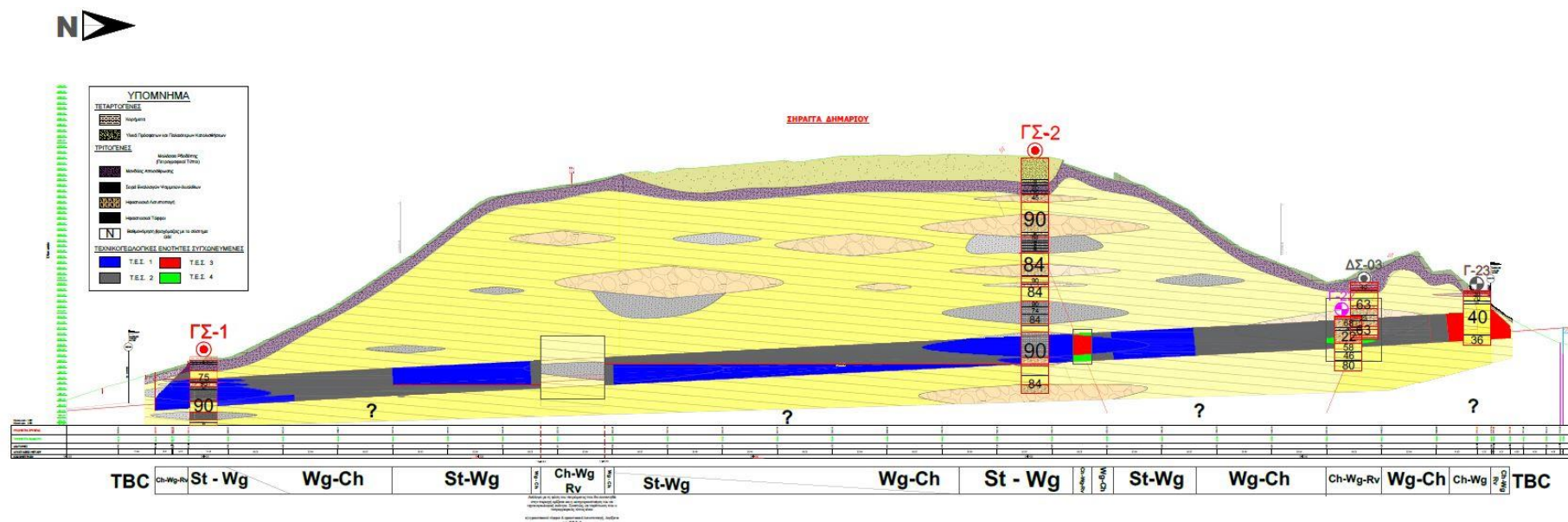
Με τη σειρά του αυτό αντιστοιχίζεται στον άξονα y στη τιμή παραμόρφωσης ϵ μικρότερη του μισού της μονάδας και αφού η διάμετρος της σήραγγας είναι 10m από τον τύπο:

παραμόρφωση (ϵ) = (κλείσιμο σήραγγας \ διάμετρος σήραγγας) * 100 (%) προκύπτει ότι το μέγιστο κλείσιμο της σήραγγας μπορεί να ισούται στη χειρίστη περίπτωση με 0,05m ή 5cm, δηλαδή πρακτικά ελάχιστη.



Σχήμα 4.7.2. Διάγραμμα που συσχετίζει την αντοχή της βραχομάζας προς την επιτόπου τάση (σ_{cm}/p_o) με την παραμόρφωση (ϵ σε ποσοστό επί τοις εκατό) στη σήραγγα (Hoek and Marinos, 2000).

Συμπερασματικά όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται σχηματικά στην επόμενη τεχνικογεωλογική μηκοτομή (Σχήμα 4.7.3) όπου πλέον, πέρα από τις Τ.Ε.Σ. που αναμένεται να συναντηθούν κατά την εκσκαφή παρουσιάζεται και σε μορφή μπάρας (TBC) στο κάτω μέρος η αναμενόμενη τεχνικογεωλογική συμπεριφορά σε κάθε μία από αυτές σε αντιστοιχία με την κατάταξη του πίνακα 4.7.1.



Σχήμα 4.7.3. Οι συγχωνευμένες τεχνικογεωλογικές ενότητες όπως αναμένεται να συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Δημαρίου με την προσθήκη της τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς με βάση το διάγραμμα TBC για κάθε μία από αυτές.

5. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ (ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ)

Όπως δείχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο μέσω της γεωλογικής – τεχνικογεωλογικής αξιολόγησης που διαδραματίστηκε για την περιοχή εκσκαφής της σήραγγας Δημαρίου ο κύριος και βασικός προβληματισμός από άποψη αστοχιών και συμπεριφοράς της βραχομάζας έγκειται σε βαρυτικού τύπου – ανισότροπες εν δυνάμει αστοχίες.

Συνεπώς, στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται και ελέγχεται η ικανότητα εμφάνισης στην πράξη τέτοιου είδους αστοχιών μέσω της ανάλυσης των δοθέντων τεκτονικών διαγραμμάτων και της συνεπακόλουθης κινηματικής ανάλυσης για την εκδήλωση αυτών.

Η διαδικασία ξεκινά από την επεξεργασία των τεκτονικών διαγραμμάτων που έχουν παρθεί στην ύπαιθρο μέσω στατιστικής επεξεργασίας εξού και προκύπτουν οι κύριες επιφάνειες με τα εκάστοτε γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά (γωνία κλίσης / διεύθυνση κλίσης) εκφρασμένα σε μοίρες ($^{\circ}$).

Έπειτα, προσθέτοντας τα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχομάζας όπως προέκυψαν από την τεχνικογεωλογική αξιολόγηση, δηλαδή τη γωνία τριβής (ϕ) και τη συνοχή (c), καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πρανούς διενεργείται κινηματική ανάλυση αποσκοπώντας στον προσδιορισμό της ικανότητας εκδήλωσης αστοχιών διαφόρων τύπων. Τα παραπάνω πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του προγράμματος Dips 7.0 της εταιρίας Rocscience.

Στην συνέχεια και αφού έχουν προσδιοριστεί οι επιφάνειες εκείνες που δύναται να οδηγήσουν σε εκδήλωση αστοχίας σε συνάρτηση με τη γεωμετρία του πρανούς διενεργούνται ξεχωριστά πλέον αριθμητικές αναλύσεις για την επί του πρακτέου εξακρίβωση της εκδήλωσης ή μη μιας αστοχίας. Για παραπάνω και ανάλογα με το τύπο της αστοχίας χρησιμοποιήθηκαν επίσης προγράμματα της εταιρίας Rocscience. Ειδικότερα, αναφορικά με επίπεδες ολισθήσεις το πρόγραμμα RocPlane 2.0 για τις σφηνοειδείς ολισθήσεις το Swedge και για τις ολισθήσεις από ανατροπή το RocTopple. Τέλος για το εσωτερικό της σήραγγας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Unwedge.

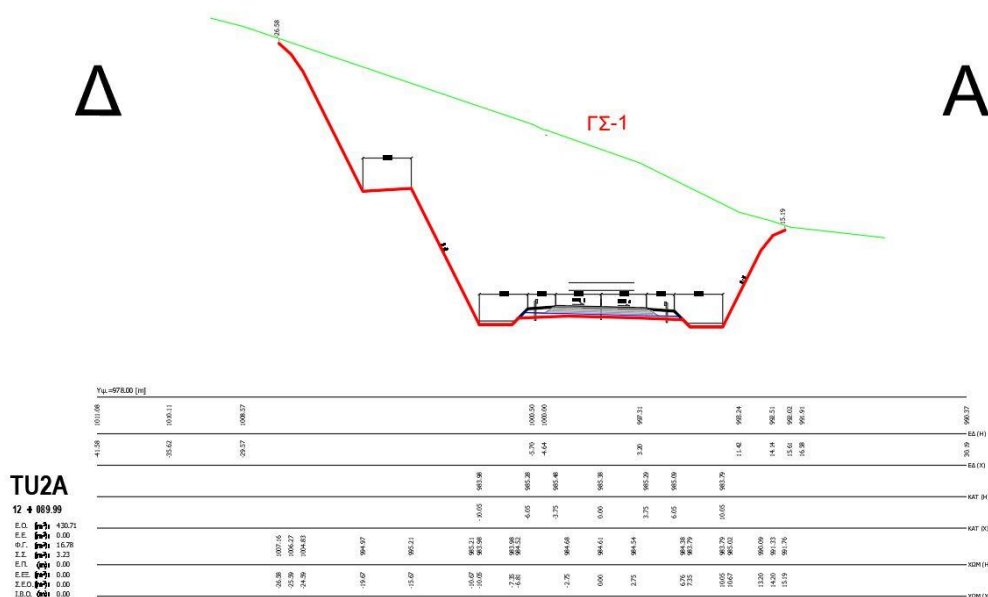
Η ανάλυση λαμβάνει χώρα ξεχωριστά για τα δύο στόμια (εισόδου – Νότιο και εξόδου – Βόρειο) καθώς και για το εσωτερικό της σήραγγας στις περιοχές που έχει

αναγνωρίζεται η δυνατότητα εμφάνισης αστοχιών. Συγκεκριμένα, αναφορικά με τα στόμια η διαδικασία διαδραματίζεται και για τα τρία πρανή (μετωπικό και τα δύο πλευρικά) που δημιουργούνται κατά τη διάνοιξη του τεχνικού έργου.

Στο τέλος κάθε φάσης ανάλυσης παρουσιάζονται συνοπτικά πίνακες που φανερώνουν τις αναμενόμενες κινηματικές αστοχίες (επίπεδες, σφηνοειδείς ολισθήσεις και ανατροπές) με τις κύριες εκείνες επιφάνειες (στρώση, διακλάσεις, ρήγματα) που τις δημιουργούν καθώς και τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων με τον κάθε συντελεστή ασφαλείας.

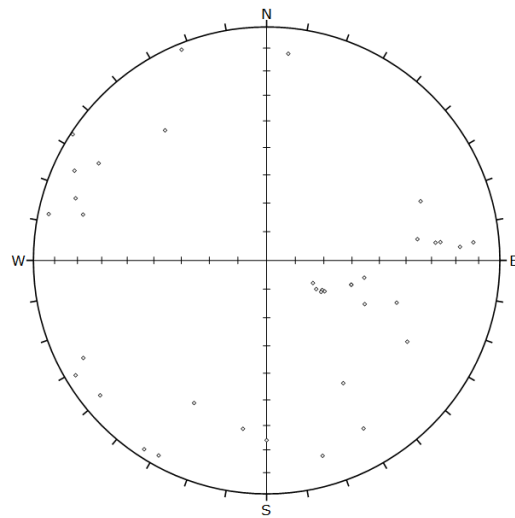
Τέλος στο παράρτημα Δ επισυνάπτονται οι αρχικές μετρήσεις των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των ασυνεχειών / διακλάσεων (τεκτονικά διαγράμματα) όπως ελήφθησαν κατά την υπαίθρια παρατήρηση καθώς και οι αναλυτικές πράξεις υπολογισμού της κάθε ανάλυσης (Infoviewer).

5.1. ΣΤΟΜΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ (ΝΟΤΙΟ)



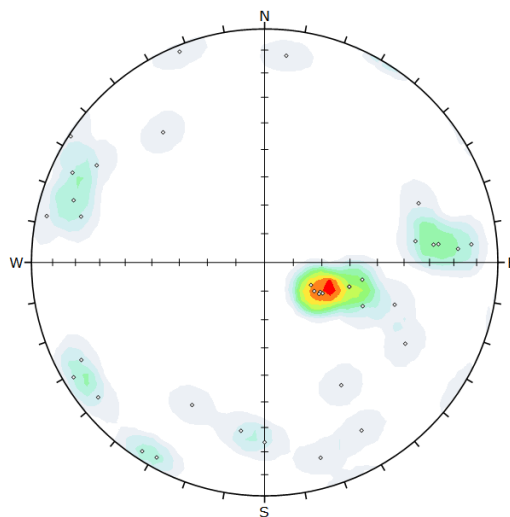
Γεωμετρικά στοιχεία ασυνεχειών/διακλάσεων

Αναφορικά με το στόμιο εισόδου που γεωγραφικά βρίσκεται στο Νότιο άκρο της σήραγγας με βάση τη στατιστική ανάλυση των μετρήσεων όπως παρατηρείται σε βήματα από τα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 & 5.1.4) αναγνωρίζονται 4 κύριες επιφάνειες και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 5.1.1).



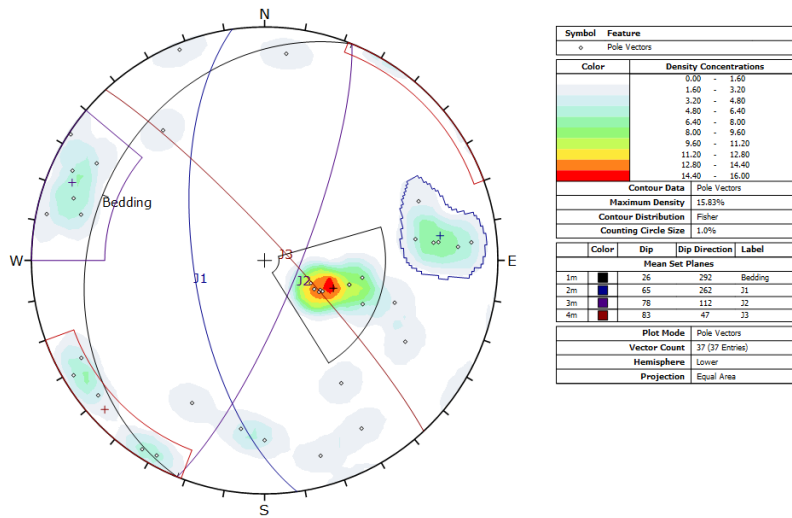
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count	37 (37 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Σχήμα 5.1.1. Οι επιφάνειες όπως παρουσιάζονται σε μορφή πόλων στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.

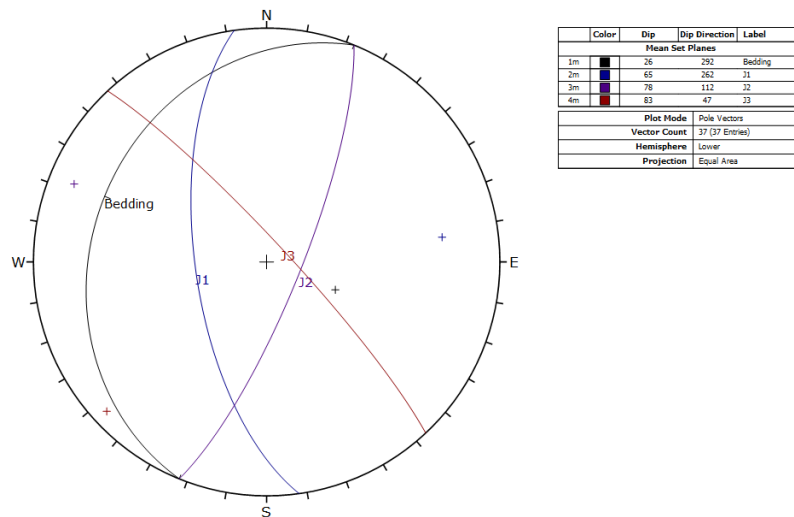


Symbol	Feature
○	Pole Vectors
Color	
Density Concentrations	
0.00	- 2.60
1.60	- 3.20
3.20	- 4.80
4.80	- 6.40
6.40	- 8.00
8.00	- 9.60
9.60	- 11.20
11.20	- 12.80
12.80	- 14.40
14.40	- 16.00
Contour Data Pole Vectors	
Maximum Density	15.83%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode Pole Vectors	
Vector Count	37 (37 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Σχήμα 5.1.2. Η πυκνότητα που παρουσιάζεται με διαφορετικά χρώματα από τη στατιστική ανάλυση του προγράμματος Dips στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.



Σχήμα 5.1.3. Επιλογή από το χρήστη της κατάλληλης συγκέντρωσης των πόλων όπως προβάλλεται στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.



Σχήμα 5.1.4. Οι κύριες τελικές επιφάνειες όπως προέκυψαν στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.

Πίνακας 5.1.1. Κύριες επιφάνειες αδυναμίας του Νότιο στομίου

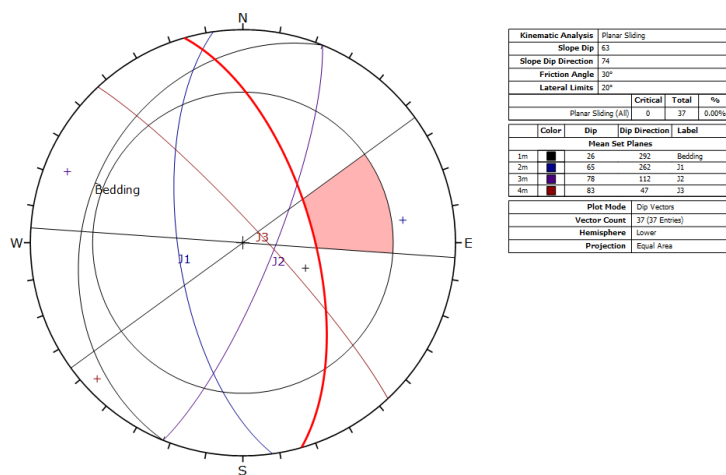
Όνομα	Γωνία Κλίσης (°)	Διεύθυνση Κλίσης (°)
Bedding	26	292
J1	65	262
J2	78	112
J3	83	47

Κινηματικές Αναλύσεις

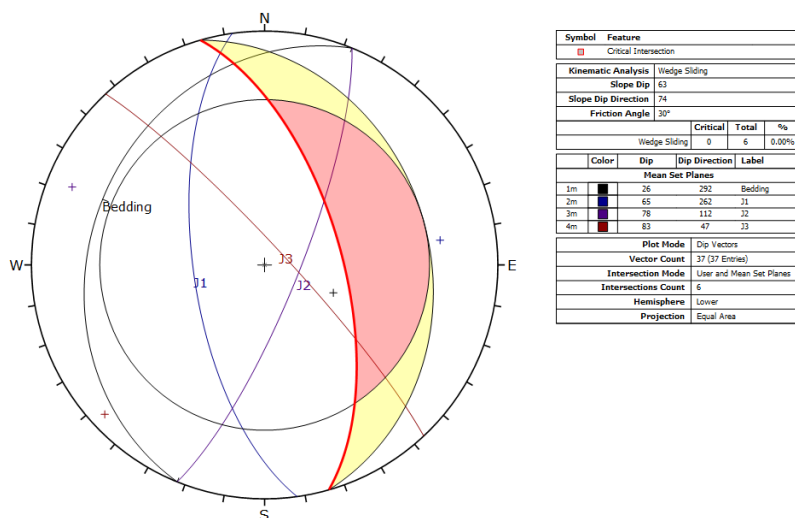
Δυτικό Πρανές (63°/074°)

Βασιζόμενοι στα παραπάνω γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ασυνεχειών αναφορικά με το δυτικό πρανές διενεργήθηκε κινηματική ανάλυση των διαφορετικών τύπων ανισότροπης αστοχίας (Σχήματα 5.1.5, 5.1.6, 5.1.7 & 5.1.8). Στο τέλος ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας που αναγράφει τις κρίσιμες εκείνες επιφάνειες ανά τύπο που δύναται να οδηγήσουν σε αστοχία (Πίνακας 5.1.2).

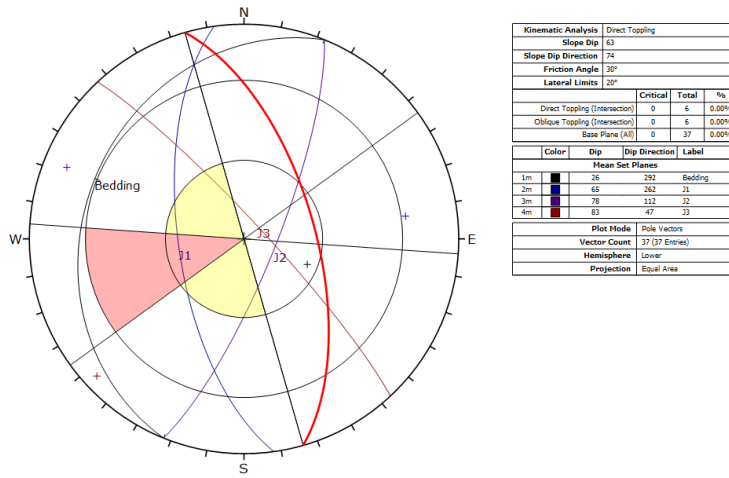
Από αυτά παρατηρείται ότι για το συγκεκριμένο πρανές δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα βαρυτικού τύπου με εξαίρεση της πιθανότητας εκδηλώσεως του φαινομένου της ανατροπής λόγω κάμψης σε σχέση με την ασυνέχεια J1.



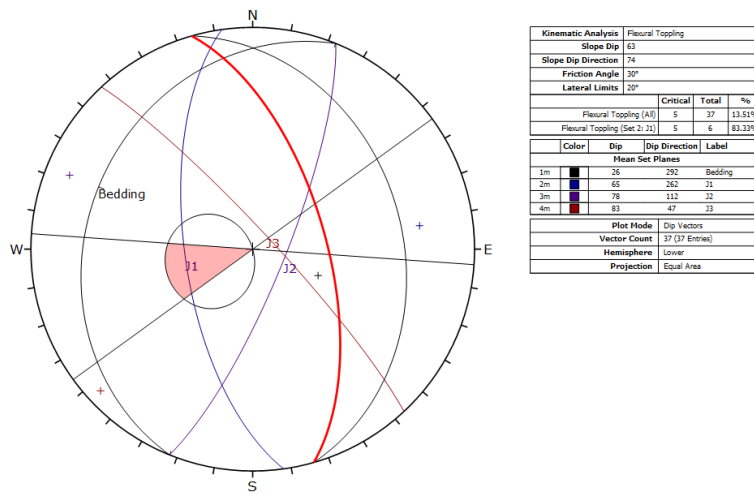
Σχήμα 5.1.5. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης επίπεδης ολίσθησης στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.



Σχήμα 5.1.6. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.



Σχήμα 5.1.7. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.



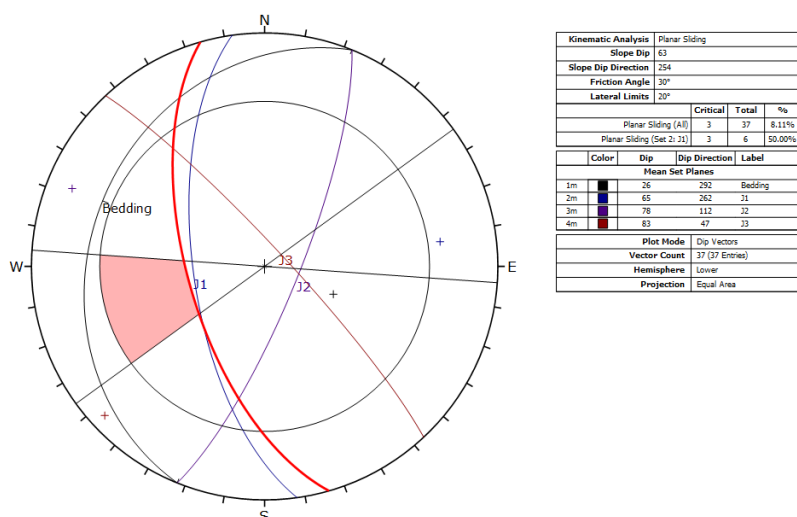
Σχήμα 5.1.8. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης ανατροπής από κάμψη στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.

Πίνακας 5.1.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την κινηματική ανάλυση στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.

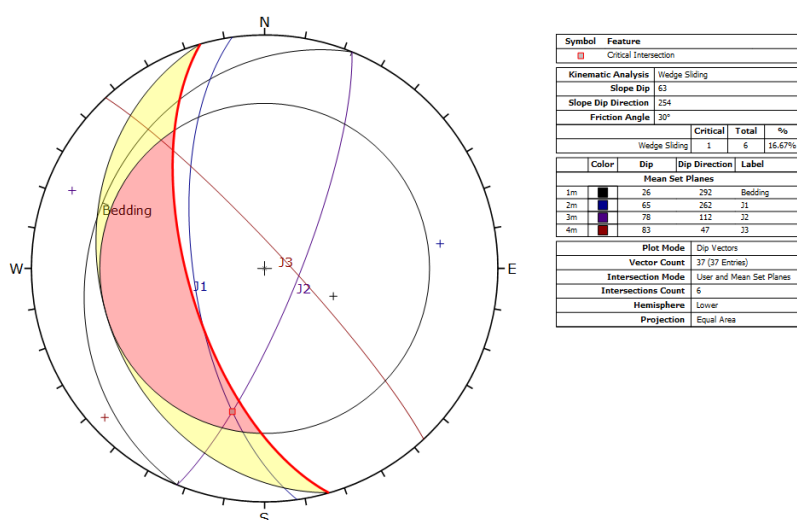
Τύπος	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ
Επίπεδη	-	-
Σφηνοειδής	-	-
Άμεση Ανατροπή	-	-
Ανατροπή από Κάμψη	ΝΑΙ	J1

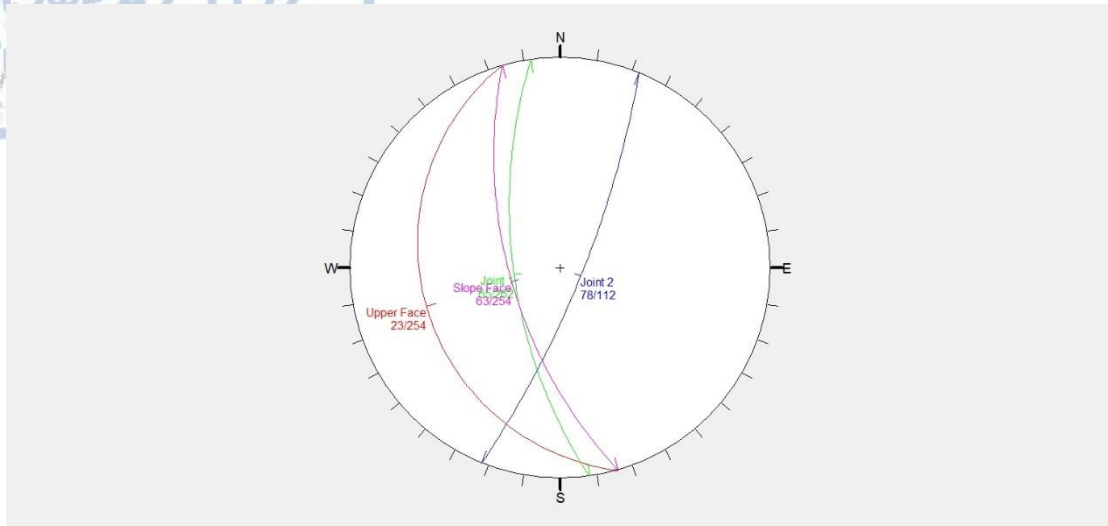
Ανατολικό Πρανές (63°/254°)

Αντίστοιχα με την παραπάνω διαδικασία εδώ εξετάζεται το ανατολικό πρανές του νοτίου στομίου (Σχήματα 5.1.9, 5.1.10^α & β, 5.1.11 & 5.1.12). Στο τέλος ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας που αναγράφει τις κρίσιμες εκείνες επιφάνειες ανά τύπο που δύναται να οδηγήσουν σε αστοχία (Πίνακας 5.1.3).

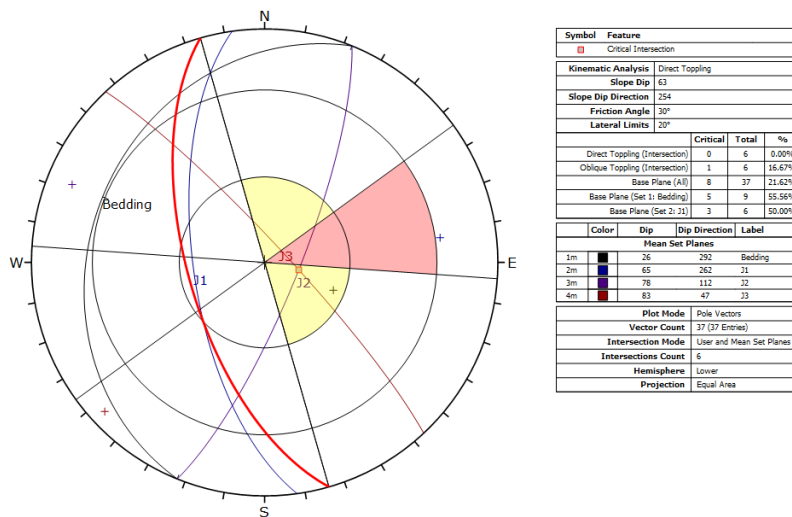


Σχήμα 5.1.9. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης επίπεδης ολίσθησης στο ανατολικό πρανές του νότιου στομίου.

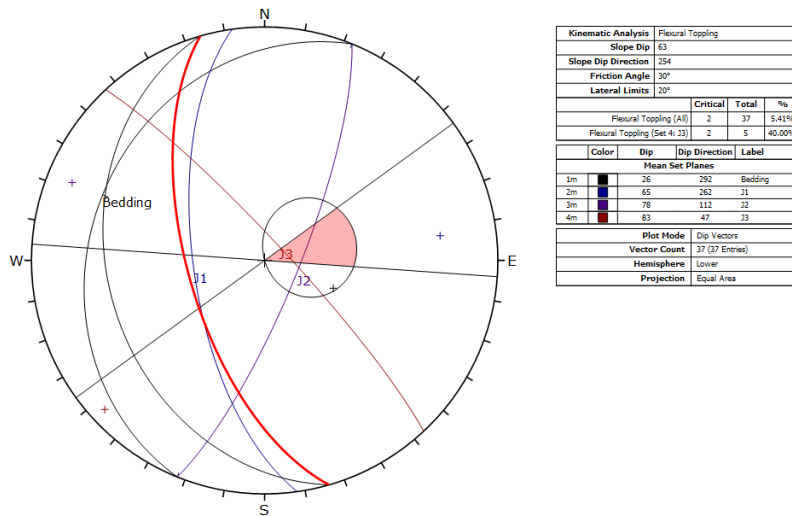




Σχήματα 5.1.10α & β. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο ανατολικό πρανές του νότιου στομίου.



Σχήμα 5.1.11. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής στο ανατολικό πρανές του νότιου στομίου.

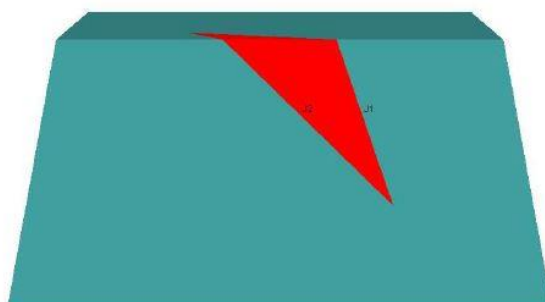


Σχήμα 5.1.12. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης ανατροπής από κάμψη στο ανατολικό πρανές του νότιου στομίου.

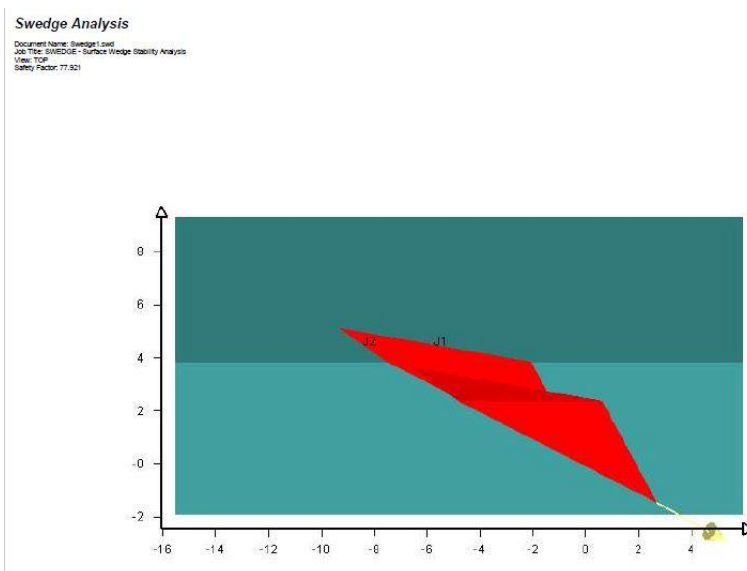
Πίνακας 5.1.3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την κινηματική ανάλυση στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.

Τύπος	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ
Επίπεδη	NAI (γεωμετρικά μόνο)	J1
Σφηνοειδής	NAI	J1 – J2
Άμεση Ανατροπή	NAI	Bedding & J1
Ανατροπή από Κάμψη	NAI	J3

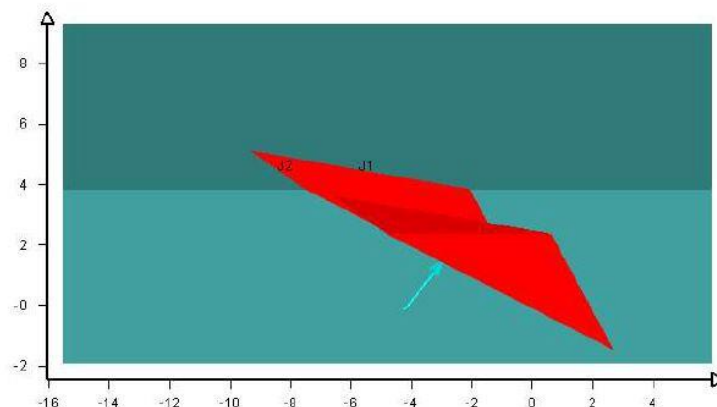
Εν συνεχεία και όπως έχει ήδη αναφερθεί διενεργείται αριθμητική ανάλυση για την εξακρίβωση της πιθανότητας αστοχίας καθώς και την εύρεση του συντελεστή ασφαλείας για κάθε τύπο και περίπτωση. Η ανάλυση επεκτείνεται τόσο με τη προσθήκη της σεισμικής επιτάχυνσης όσο και την πίεση του νερού καθώς και σε συνδυασμό αυτών (Σχήματα 5.1.13, 5.1.14, 5.1.15, 5.1.16, 5.1.17, 5.1.18, 5.1.19, 5.1.20, 5.1.21, 5.1.22, 5.1.23, 5.1.24 & 5.1.25).



Σχήμα 5.1.13. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου χωρίς την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων.

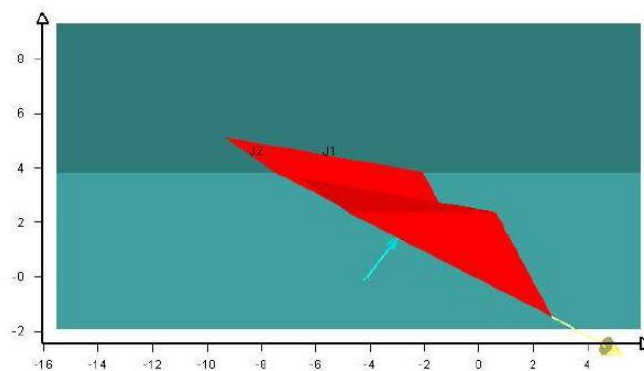


Σχήμα 5.1.14. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης.

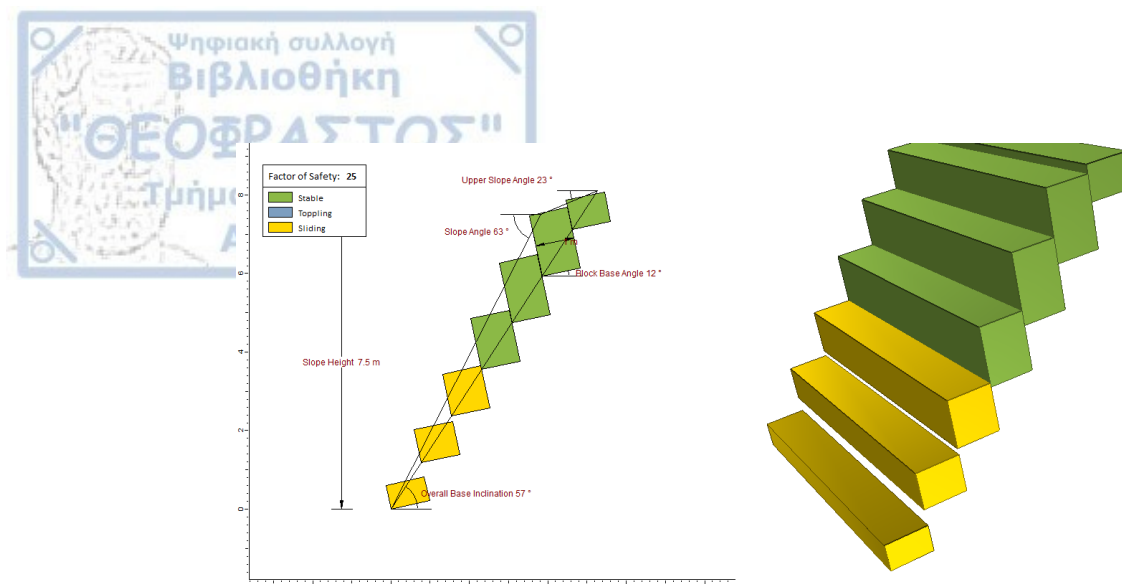


Σχήμα 5.1.15. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη πίεσης πόρων

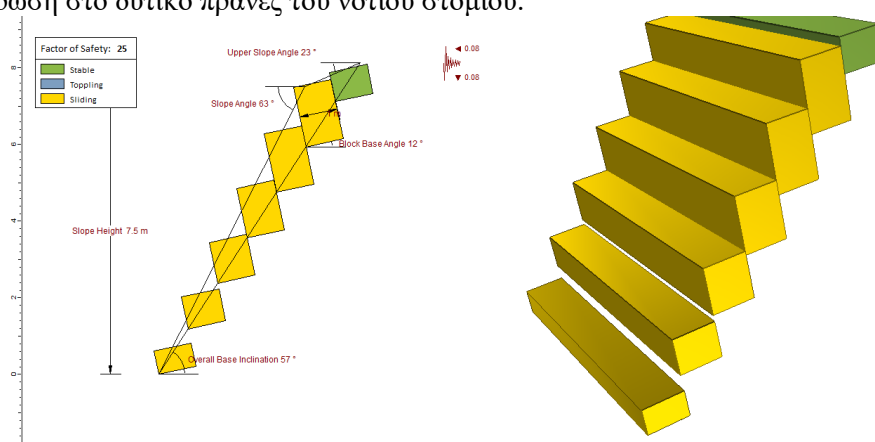
Swedge Analysis
Document Name: Swedge1.swd
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: TOP
Safety Factor: 9.7085



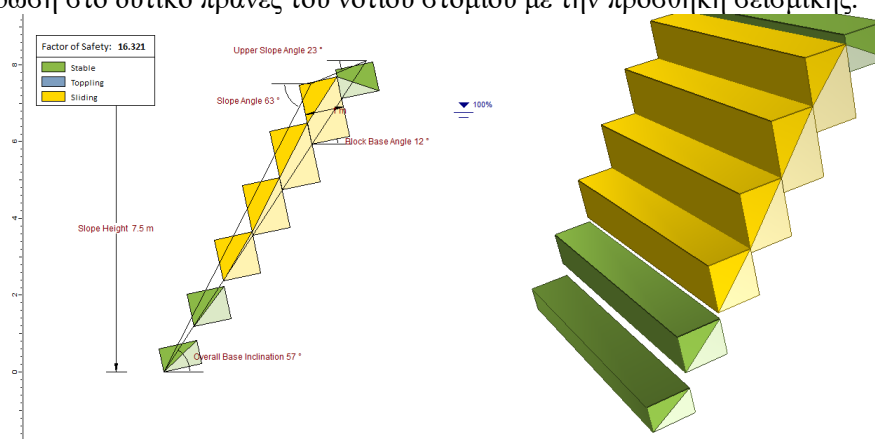
Σχήμα 5.1.16. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων



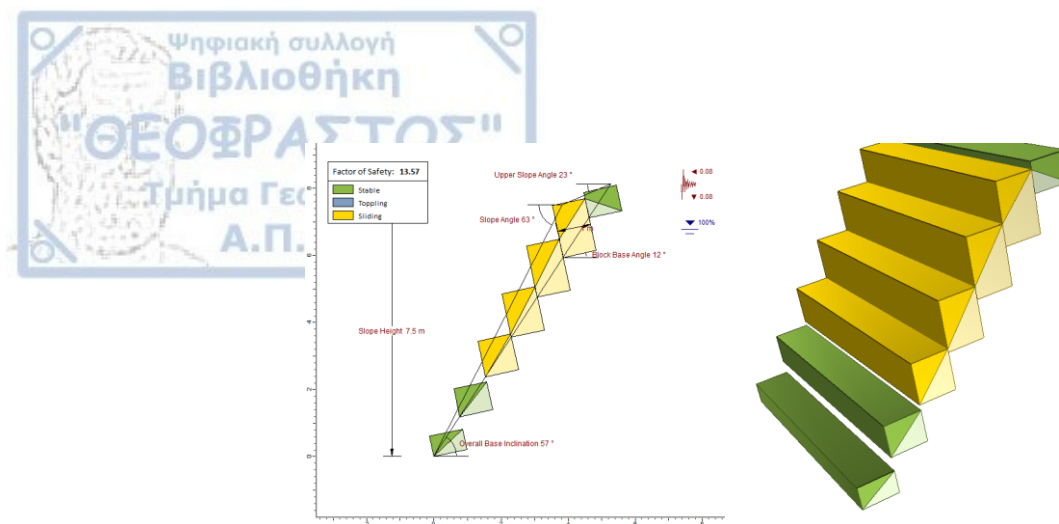
Σχήμα 5.1.17. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη στρώση στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.



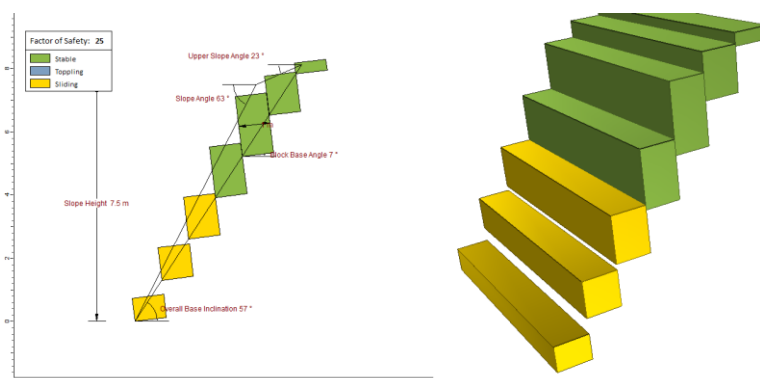
Σχήμα 5.1.18. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη στρώση στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής.



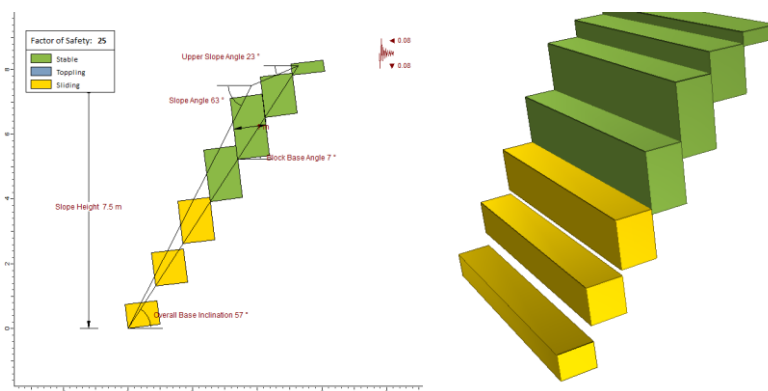
Σχήμα 5.1.19. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη στρώση στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη πίεσης πόρων.



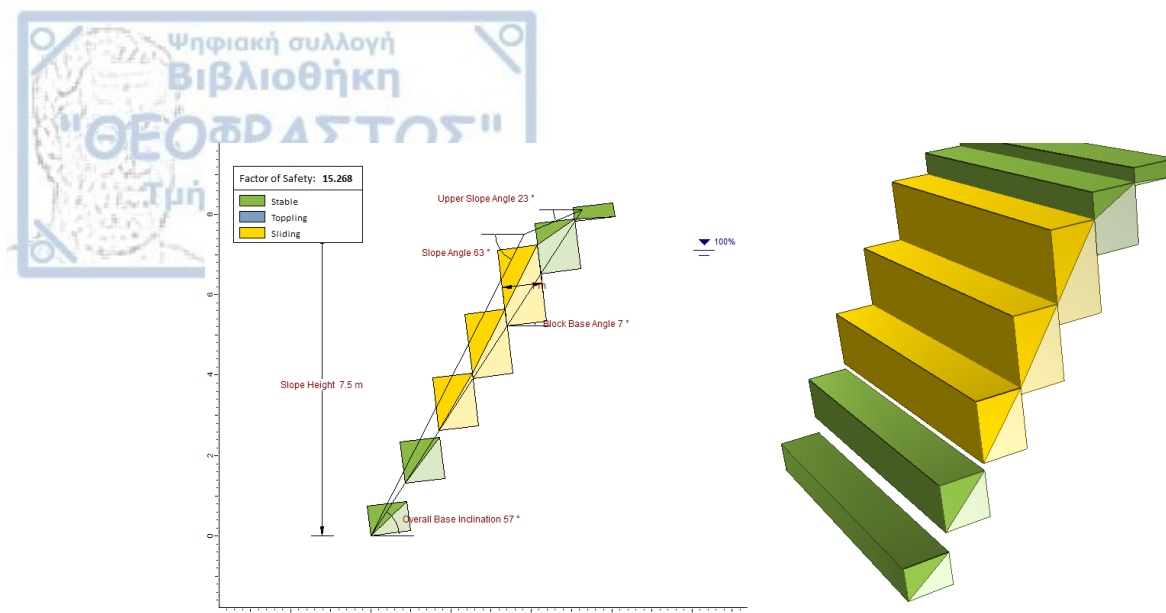
Σχήμα 5.1.20. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη στρώση στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων



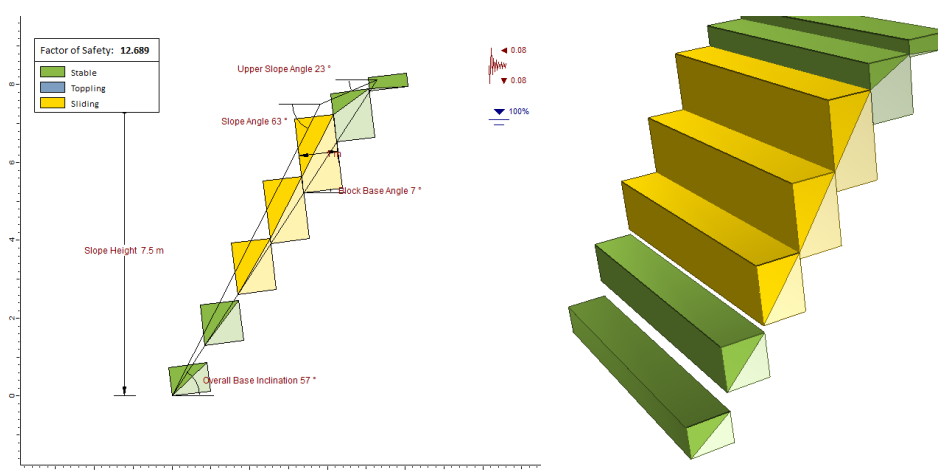
Σχήμα 5.1.21. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη J1 στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου.



Σχήμα 5.1.22. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη J1 στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης.



Σχήμα 5.1.23. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη J1 στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη πίεσης πόρων.



Σχήμα 5.1.24. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής συγκριτικά με τη J1 στο δυτικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων

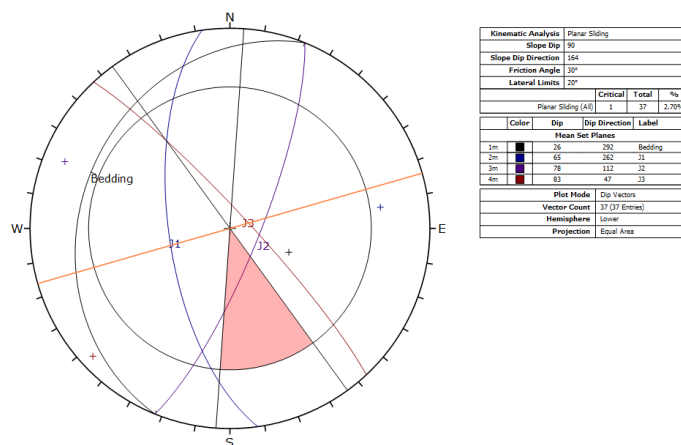
Τέλος στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ομαδοποιημένα όλα τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων με τον εκάστοτε συντελεστή ασφαλείας έναντι αστοχίας (Πίνακας 5.1.4). Από τα τόσο μεγάλα αποτελέσματα των συντελεστών ασφαλείας ($\gg 1$) προκύπτει ότι το ενδεχόμενο εμφάνισης μιας αστοχίας στις συγκεκριμένες γεωμετρικές / τεχνικογεωλογικές συνθήκες είναι μη ρεαλιστικό.

Πίνακας 5.1.4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αριθμητικές αναλύσεις των πιθανών τύπων ανισότροπης αστοχίας στο δυτικό πρανές του νοτίου στομίου. Περιλαμβάνεται επίσης και ο συντελεστής ασφαλείας.

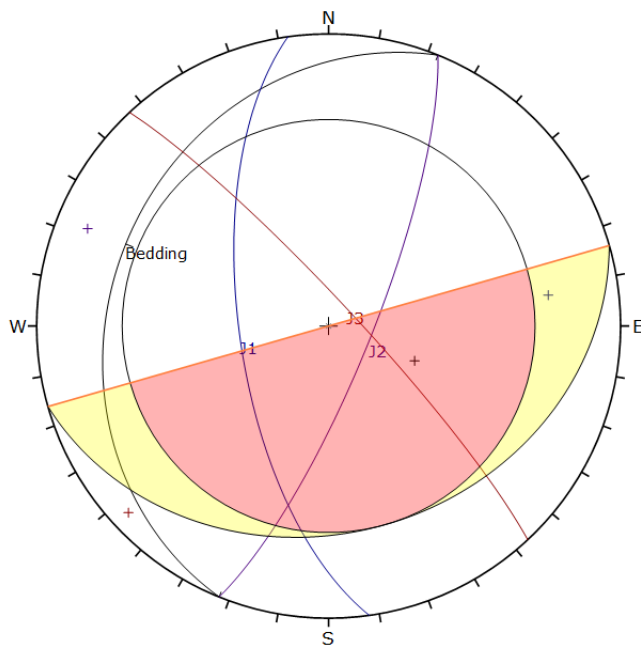
ΤΥΠΟΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)
Σφηνοειδής (J1-J2)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	88.2
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	77.9
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	9.1
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	8.7
Άμεση Ανατροπή (Bedding)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	25
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	25
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	16.3
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	13.6
Άμεση Ανατροπή (J1)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	25
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	25
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	15.3
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	12.7

Μετωπικό Πρανές (90°/164°)

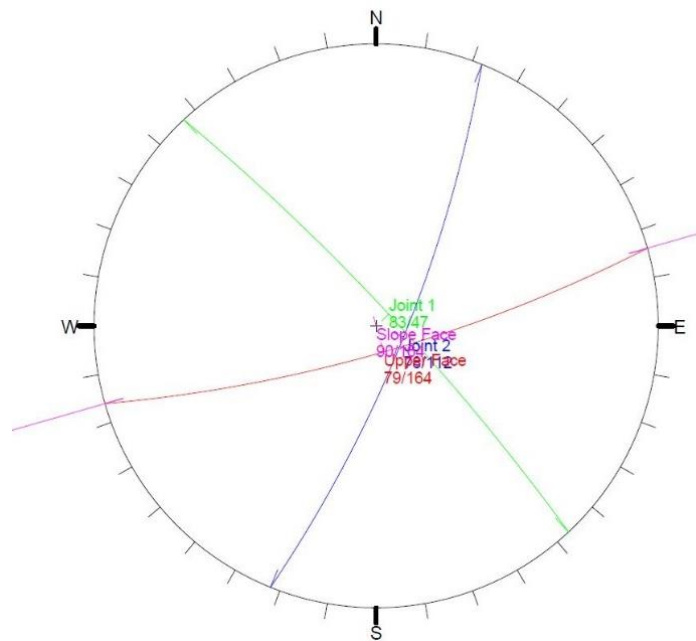
Τέλος, εξετάζεται το μετωπικό πρανές του νοτίου στομίου (Σχήματα 5.1.25, 5.1.26, 5.1.27 & 5.1.28) ενώ ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας που αναγράφει τις κρίσιμες εκείνες επιφάνειες ανά τύπο που δύναται να οδηγήσουν σε αστοχία (Πίνακας 5.1.5).



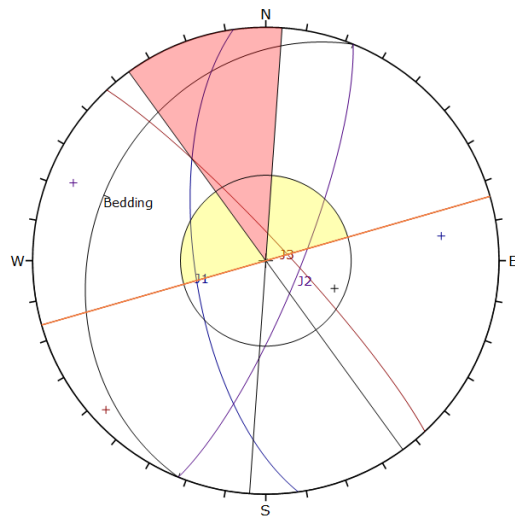
Σχήμα 5.1.25. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης επίπεδης ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου.



Kinematic Analysis		Wedge Sliding		
Slope Dip		90		
Slope Dip Direction		164		
Friction Angle		30°		
		Critical	Total	%
Wedge Sliding		137	665	20.60%
	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m		26	292	Bedding
2m		65	262	J1
3m		78	112	J2
4m		83	47	J3
Plot Mode		Dip Vectors		
Vector Count		37 (37 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Area		



Σχήματα 5.1.26α & β. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου.

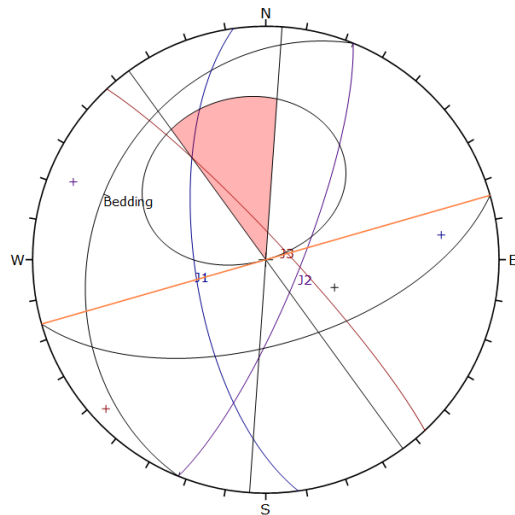


Kinematic Analysis		Direct Toppling		
Slope Dip	90			
Slope Dip Direction	164			
Friction Angle	30°			
Lateral Limits	20°			
		Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	153	665	23.01%	
Oblique Toppling (Intersection)	42	665	6.32%	
Base Plane (All)	1	37	2.70%	

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	26	292	Bedding
2m	65	262	31
3m	78	112	32
4m	83	47	33

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	37 (37 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Σχήμα 5.1.27. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου.



Kinematic Analysis		Flexural Toppling		
Slope Dip	90			
Slope Dip Direction	164			
Friction Angle	30°			
Lateral Limits	20°			
		Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	4	37	10.81%	

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	26	292	Bedding
2m	65	262	31
3m	78	112	32
4m	83	47	33

Plot Mode	Dip Vectors
Vector Count	37 (37 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Σχήμα 5.1.28. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης ανατροπής από κάμψη στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου.

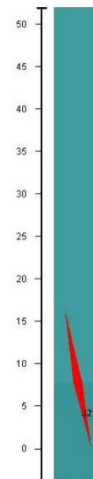
Πίνακας 5.1.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την κινηματική ανάλυση στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου.

Τύπος	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ
Επίπεδη	-	-
Σφηνοειδής	NAI	J2 – J3
Άμεση Ανατροπή	-	-
Ανατροπή από Κάμψη	-	-

Ακολουθεί η αριθμητική ανάλυση για την εξακρίβωση της πιθανότητας αστοχίας καθώς και την εύρεση του συντελεστή ασφαλείας για την εκδήλωση σφηνοειδών ολισθήσεων τόσο σε περιβάλλον ηρεμίας όσο και σε περιβάλλον φόρτισης (σεισμική επιτάχυνση και πίεση πόρων) όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. (Σχήματα 5.1.29, 5.1.30, 5.1.31, 5.1.32).

Swedge Analysis

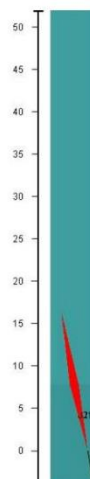
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: FRONT
Safety Factor: 38.3428



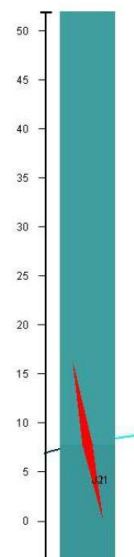
Σχήμα 5.1.29. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου.

Swedge Analysis

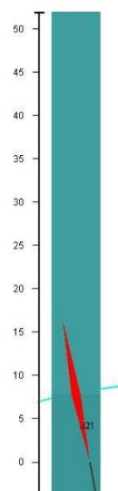
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: FRONT
Safety Factor: 35.4453



Σχήμα 5.1.30. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης.



Σχήμα 5.1.31. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη πίεσης πόρων



Σχήμα 5.1.31. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του νότιου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων

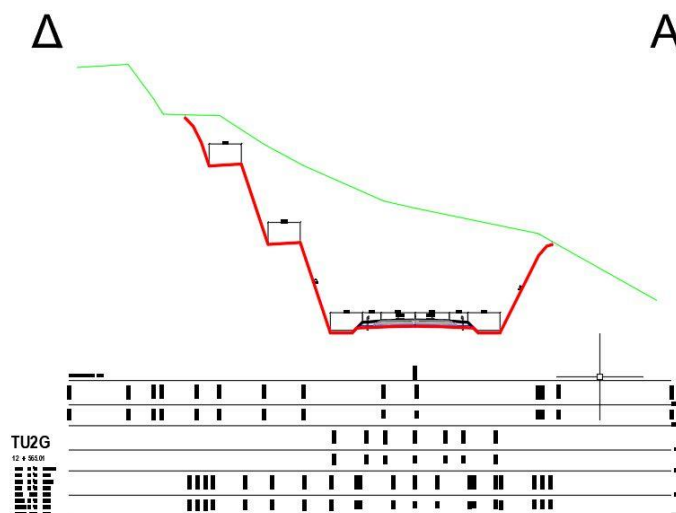
Κλείνοντας, στον πίνακα 5.1.6 προβάλλονται οι διαφορετικές αριθμητικές αναλύσεις με τους υπολογισθέντες συντελεστές ασφαλείας έναντι ολίσθησης. Παρατηρείται και σε αυτή τη περίπτωση ότι ο συντελεστής ασφαλείας λαμβάνει

ιδιαίτερα υψηλές τιμές ($>>1$) και συνεπώς δεν διατρέχεται κίνδυνος αστοχίας. Εξαίρεση αποτελεί η ανάλυση που λαμβάνει υπόψιν τόσο την πίεση πόρων αυτή καθ' αυτή αλλά και το συνδυασμό με σεισμική φόρτιση. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής ασφαλείας εξανεμίζεται (ισούται με 0) πράγμα που υποδηλώνει ότι η ολίσθηση είναι βέβαιο πως θα πραγματοποιηθεί.

Πίνακας 5.1.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αριθμητικές αναλύσεις των πιθανών τύπων ανισότροπης αστοχίας στο μετωπικό πρηνές του νότιου στομίου. Περιλαμβάνεται επίσης και ο συντελεστής ασφαλείας.

ΤΥΠΟΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)
Σφηνοειδής (J2-J3)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	38.3
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	35.4
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0

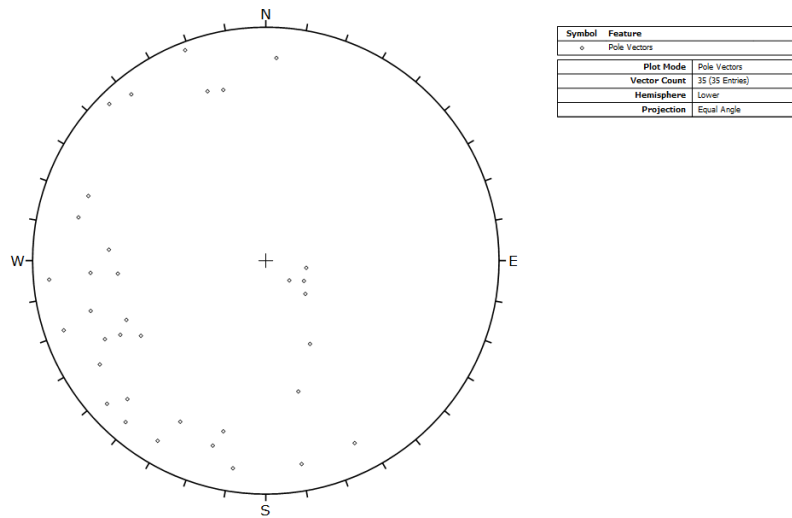
5.2. ΣΤΟΜΙΟ ΕΞΟΔΟΥ (ΒΟΡΕΙΟ)



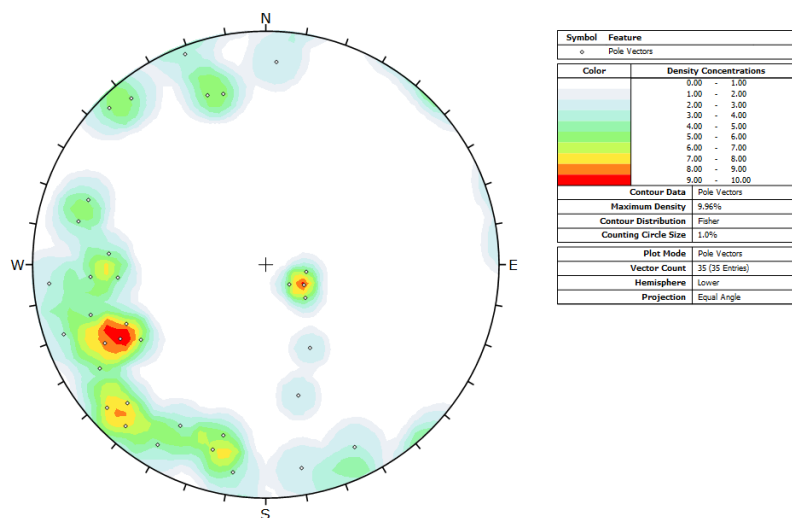
Γεωμετρικά στοιχεία ασυνεχειών/διακλάσεων

Παρομοίως με το Νότιο έτσι και στο Βόρειο στόμιο εισόδου της σήραγγας με βάση τη στατιστική ανάλυση των μετρήσεων όπως παρατηρείται σε βήματα από τα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 & 5.2.4) αναγνωρίζονται 4 κύριες

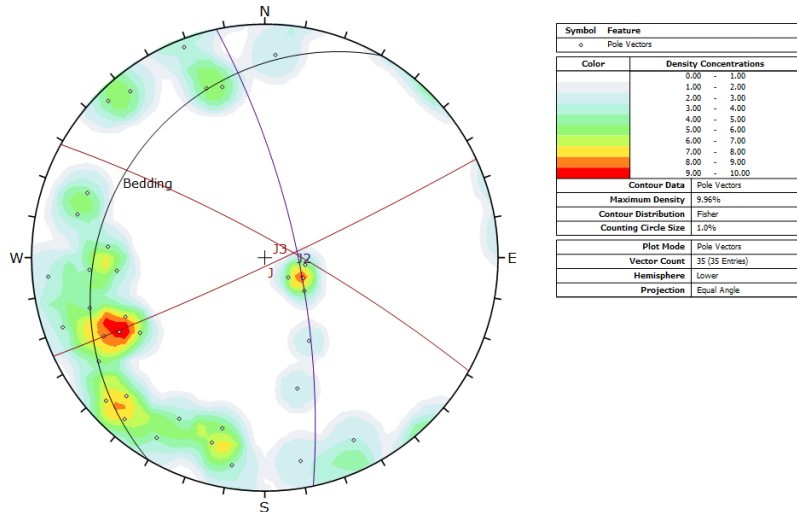
οικογένειες ασυνεχειών (μία εκ των οποίων αποτελεί τη στρώση και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 5.2.1).



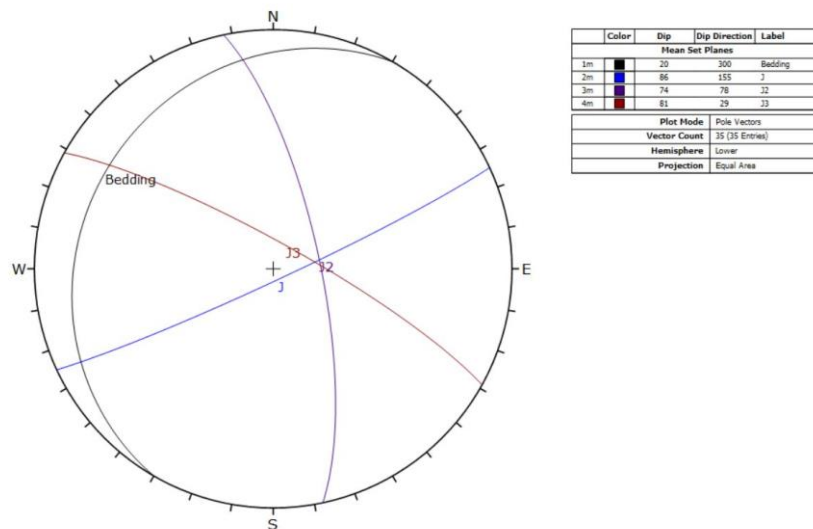
Σχήμα 5.2.1. Οι επιφάνειες όπως παρουσιάζονται σε μορφή πόλων στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.



Σχήμα 5.2.2. Η πυκνότητα που παρουσιάζεται με διαφορετικά χρώματα από τη στατιστική ανάλυση του προγράμματος Dips στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.



Σχήμα 5.2.3. Επιλογή από το χρήστη της κατάλληλης συγκέντρωσης των πόλων όπως προβάλλεται στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.



Σχήμα 5.2.4. Οι 4 κύριες τελικές επιφάνειες όπως προέκυψαν στο στερεοδιάγραμμα Schmidt.

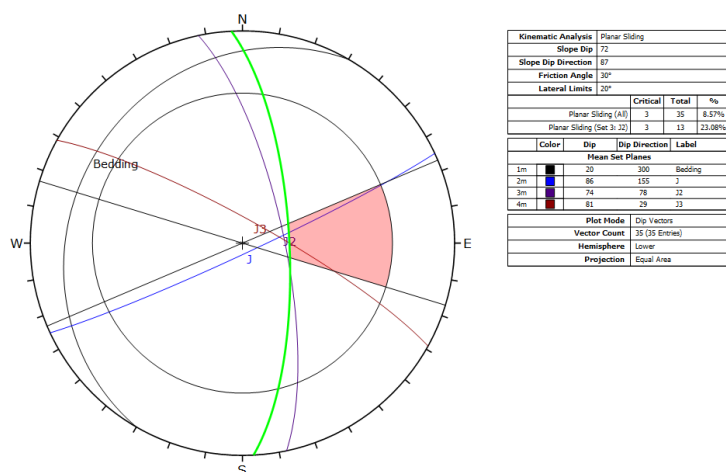
Πίνακας 5.2.1. Κύριες επιφάνειες αδυναμίας του Βόρειο στομίου

Όνομα	Γωνία Κλίσης (°)	Διεύθυνση Κλίσης (°)
Bedding	20	300
J	86	155
J2	74	78
J3	81	29

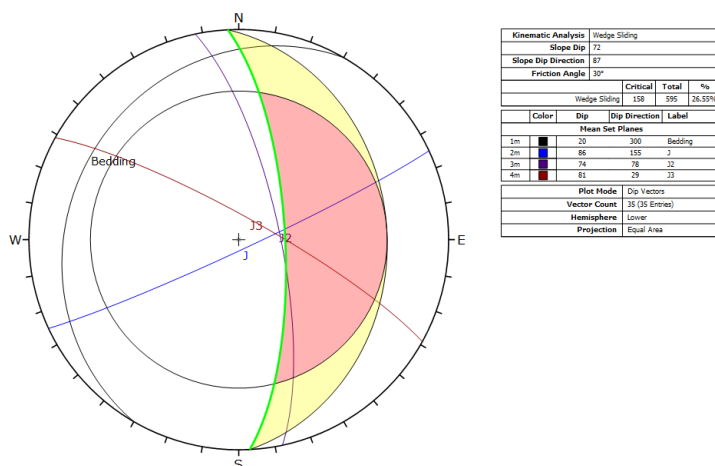
Δυτικό Πρανές (72°/087°)

Βασίζόμενοι στα παραπάνω γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ασυνεχειών αναφορικά με το δυτικό πρανές διενεργήθηκε κινηματική ανάλυση των διαφορετικών τύπων ανισότροπης αστοχίας (Σχήματα 5.2.5, 5.2.6, 5.2.7 & 5.2.8). Στο τέλος ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας που αναγράφει τις κρίσιμες εκείνες επιφάνειες ανά τύπο που δύναται να οδηγήσουν σε αστοχία (Πίνακας 5.2.2).

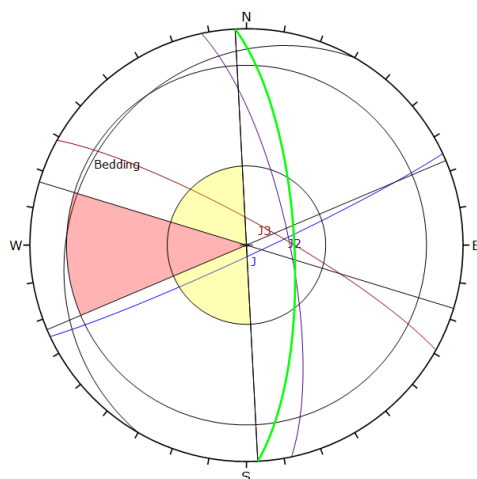
Από αυτά παρατηρείται ότι για το συγκεκριμένο πρανές δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα βαρυτικού τύπου με εξαίρεση της πιθανότητας εκδηλώσεως του φαινομένου της ανατροπής λόγω κάμψης σε σχέση με την ασυνέχεια J1.



Σχήμα 5.2.5. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης επίπεδης ολίσθησης στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου.

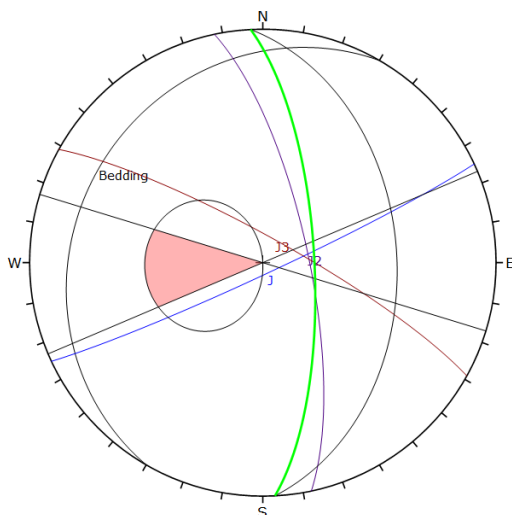


Σχήμα 5.2.6. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου.



Kinematic Analysis		Direct Topping		
Slope Dip		72		
Slope Dip Direction		87		
Friction Angle		30°		
Lateral Limits		20°		
		Critical	Total	%
Direct Topping (Intersection)		24	595	4.03%
Oblique Topping (Intersection)		27	595	4.54%
Base Plane (All)		3	35	8.57%
Base Plane (See 3: 12)		3	13	23.08%
Color	Dip	Dip Direction	Label	
Mean Set Planes				
1m		20	300	Bedding
2m		86	155	J
3m		74	78	J2
4m		81	29	J3
Plot Mode				
Vector Count		35 (35 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Area		

Σχήμα 5.2.7. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου.



Kinematic Analysis		Flexural Topping		
Slope Dip		72		
Slope Dip Direction		87		
Friction Angle		30°		
Lateral Limits		20°		
		Critical	Total	%
Flexural Topping (All)		0	35	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label	
Mean Set Planes				
1m		20	300	Bedding
2m		86	155	J
3m		74	78	J2
4m		81	29	J3
Plot Mode				
Vector Count		35 (35 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Area		

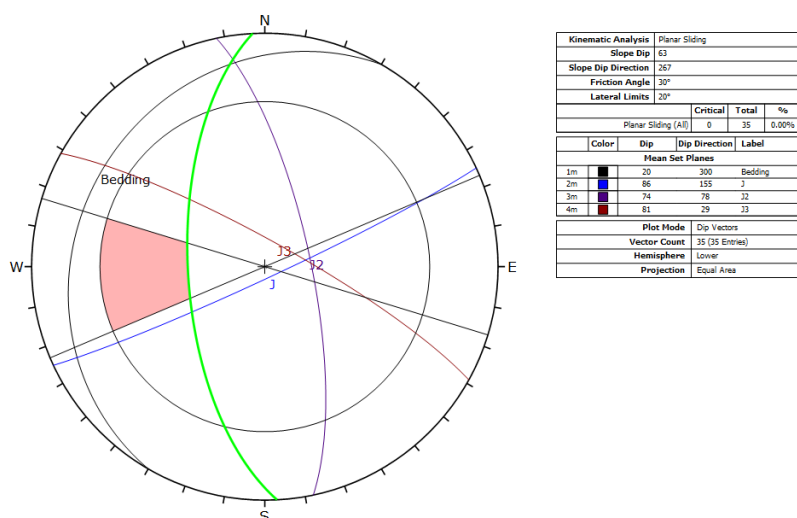
Σχήμα 5.2.8. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης ανατροπής από κάμψη στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου.

Πίνακας 5.2.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την κινηματική ανάλυση στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου.

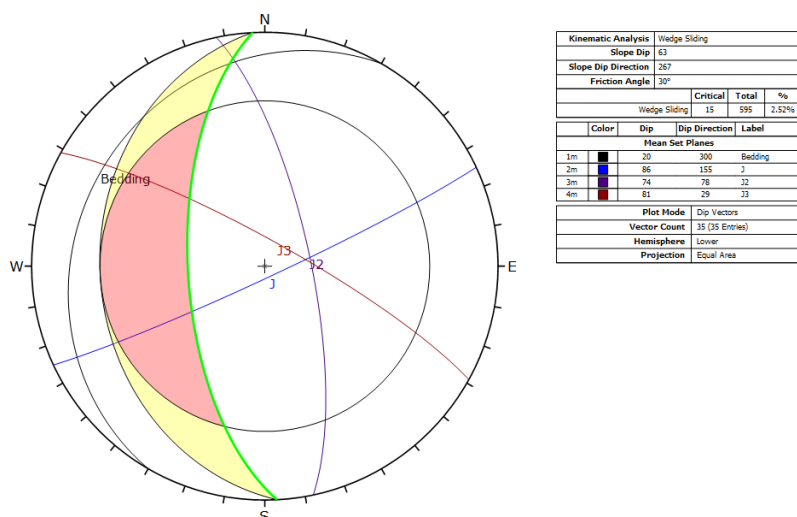
Τύπος	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ
Επίπεδη	-	-
Σφηνοειδής	-	-
Άμεση Ανατροπή	-	-
Ανατροπή από Κάμψη	-	-

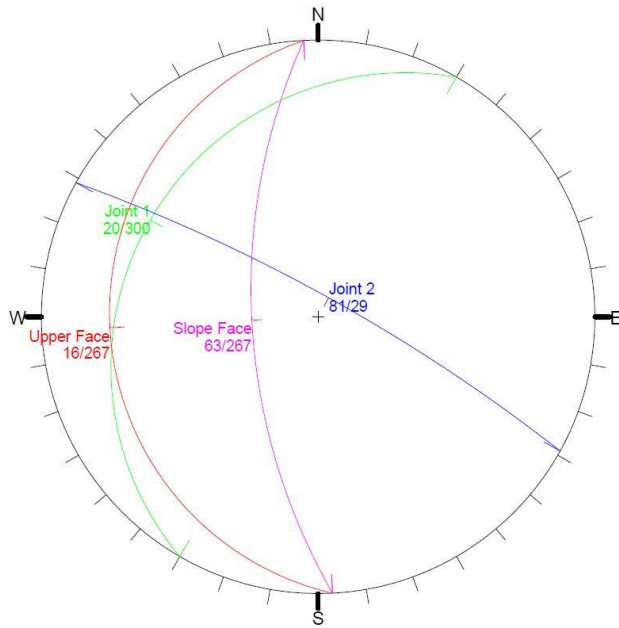
Ανατολικό Πρανές (63°/267°)

Αντίστοιχα με την παραπάνω διαδικασία εδώ εξετάζεται το ανατολικό πρανές του νοτίου στομίου (Σχήματα 5.2.9, 5.2.10α & β, 5.2.11 & 5.2.12). Στο τέλος ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας που αναγράφει τις κρίσιμες εκείνες επιφάνειες ανά τύπο που δύναται να οδηγήσουν σε αστοχία (Πίνακας 5.2.3).

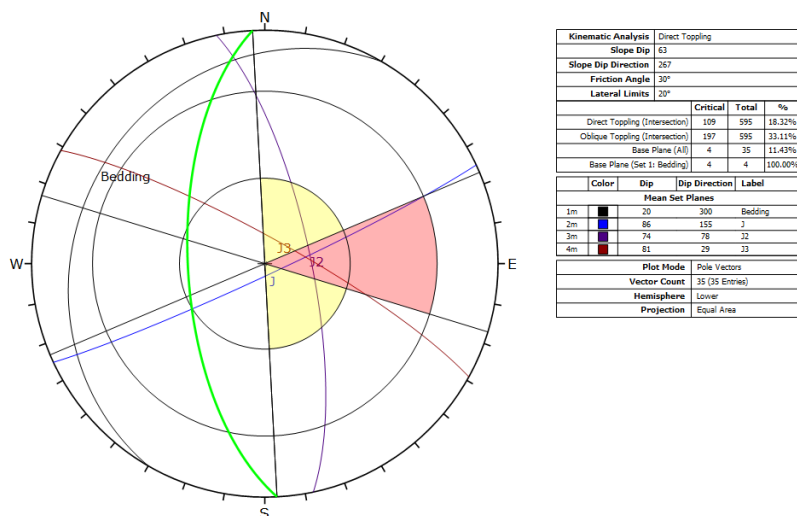


Σχήμα 5.2.9. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης επίπεδης ολίσθησης στο ανατολικό πρανές του βόρειου στομίου.

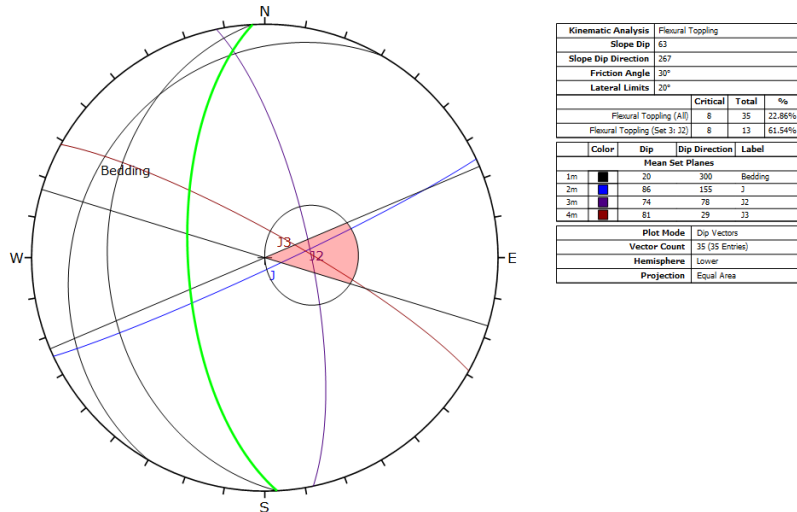




Σχήμα 5.2.10α & β. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο ανατολικό πρυνές του βόρειου στομίου.



Σχήμα 5.2.11. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής στο ανατολικό πρυνές του βόρειου στομίου.

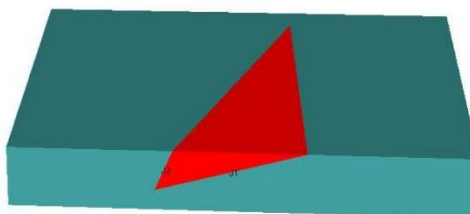


Σχήμα 5.2.12. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης ανατροπής από κάμψη στο ανατολικό πρυνές του βόρειου στομίου.

Πίνακας 5.2.3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την κινηματική ανάλυση στο δυτικό πρυνές του βόρειου στομίου.

Τύπος	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ
Επίπεδη	-	-
Σφηνοειδής	ΝΑΙ	Bedding – J3
Άμεση Ανατροπή	-	-
Ανατροπή από Κάμψη	-	-

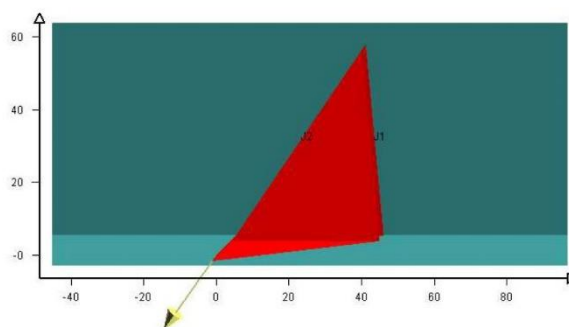
Εν συνεχεία και όπως και στο νότιο πρυνές, διενεργείται αριθμητική ανάλυση για την εξακρίβωση της πιθανότητας αστοχίας καθώς και την εύρεση του συντελεστή ασφαλείας για κάθε τύπο και περίπτωση. Η ανάλυση επεκτείνεται τόσο με τη προσθήκη της σεισμικής επιτάχυνσης όσο και την πίεση του νερού καθώς και σε συνδυασμό αυτών (Σχήματα 5.2.13, 5.2.14, 5.2.15, 5.2.16).



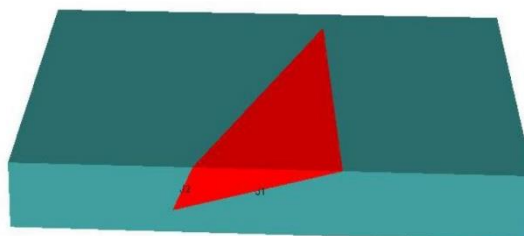
Σχήμα 5.2.13. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο ανατολικό πρανές του βόρειου στομίου χωρίς την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων.

Swedge Analysis

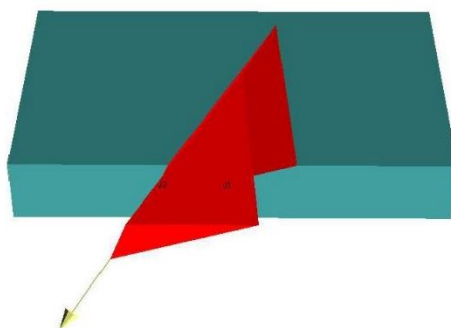
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: TOP
Safety Factor: 10.5886



Σχήμα 5.2.14. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης.



Σχήμα 5.2.15. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου με την προσθήκη πίεσης πόρων



Σχήμα 5.1.16. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο δυτικό πρανές του βόρειου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων.

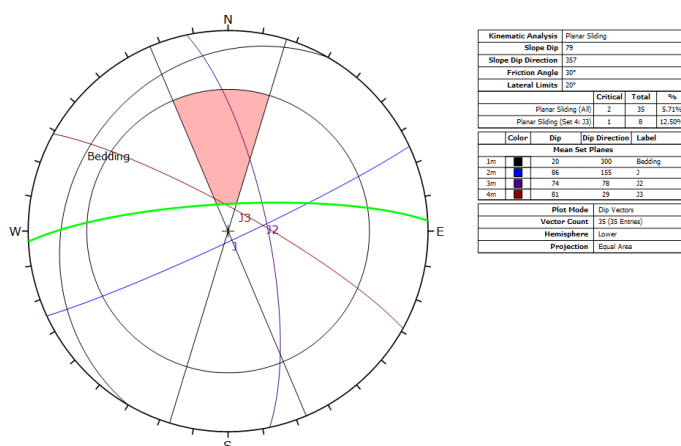
Τέλος στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ομαδοποιημένα όλα τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων με τον εκάστοτε συντελεστή ασφαλείας έναντι αστοχίας (Πίνακας 5.2.4). Από τα τόσο μεγάλα αποτελέσματα των συντελεστών ασφαλείας ($\gg 1$) προκύπτει ότι το ενδεχόμενο εμφάνισης μιας αστοχίας στις συγκεκριμένες γεωμετρικές / τεχνικογεωλογικές συνθήκες είναι μη ρεαλιστικό.

Πίνακας 5.2.4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αριθμητικές αναλύσεις των πιθανών τύπων ανισότροπης αστοχίας του δυτικού πρανού στο βόρειο στόμιο. Περιλαμβάνεται επίσης και ο συντελεστής ασφαλείας.

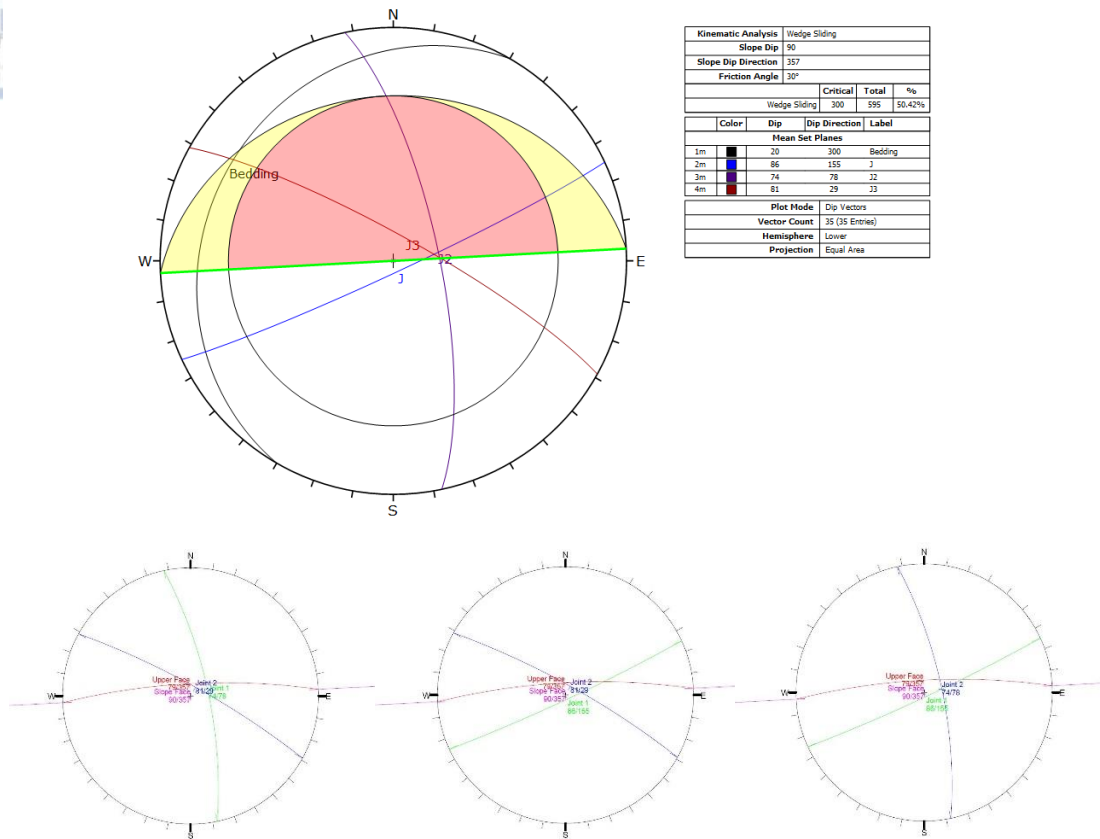
ΤΥΠΟΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)
Σφηνοειδής (J1-J2)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	13.1
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	10.6
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	10,7
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	9

Μετωπικό Πρανές (90°/357°)

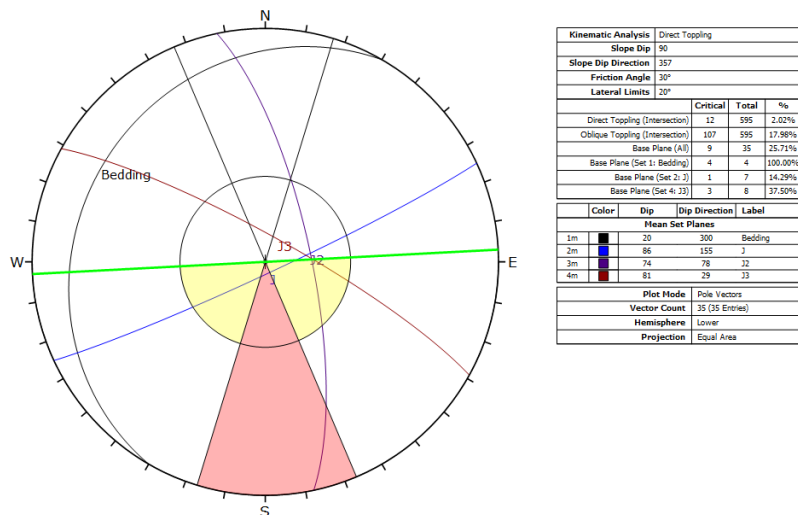
Τέλος, εξετάζεται το μετωπικό πρανές του νοτίου στομίου (Σχήματα 5.2.17, 5.2.18^a, β & γ, 5.2.19 & 5.2.20) ενώ ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας που αναγράφει τις κρίσιμες εκείνες επιφάνειες ανά τύπο που δύναται να οδηγήσουν σε αστοχία (Πίνακας 5.2.5).



Σχήμα 5.2.17. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης επίπεδης ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του βόρειου στομίου.



Σχήματα 5.2.18α, β & γ. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης στο μετωπικό πρανές του βόρειου στομίου.



Σχήμα 5.2.19. Κινηματική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης άμεσης ανατροπής στο μετωπικό πρανές του βόρειου στομίου.

Kinematic Analysis		Flexural Topping		
Slope Dip		90°		
Slope Dip Direction		357		
Friction Angle		30°		
Lateral Limits		20°		
		Critical	Total	%
Flexural Topping (All)		4	35	11.43%
Flexural Topping (See 2.1)		3	7	42.86%
Color	Mean	Dip Direction	Label	
1m		20	300	Bedding
2m		86	155	2
3m		74	78	22
4m		81	29	23
Plot Mode		Dip Vectors		
Vector Count		35 (35 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Respiration		Equal Area		

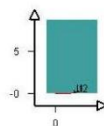
Πίνακας 5.2.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την κινηματική ανάλυση στο μετωπικό πρηνές του βόρειου στομίου.

Τύπος	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ
Επίπεδη	-	-
Σφηνοειδής	NAI	J – J2 J – J3 J2 – J3
Άμεση Ανατροπή	-	-
Ανατροπή από Κάμψη	-	-

161

Swedge Analysis

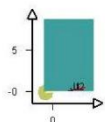
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: TOP
Safety Factor: 39.3495



Σχήμα 5.2.22. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης μεταξύ των ασυνεχειών J-J2 στο μετωπικό πρανές του βόρειου στομίου.

Swedge Analysis

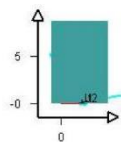
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: TOP
Safety Factor: 36.3364



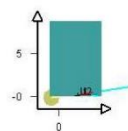
Σχήμα 5.2.23. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης μεταξύ των ασυνεχειών J-J2 στο μετωπικό πρανές του βόρειου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης.

Swedge Analysis

Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: TOP
Safety Factor: 0

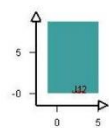


Σχήμα 5.2.24. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης μεταξύ των ασυνεχειών J-J2 στο μετωπικό πρανές του βόρειου στομίου με την προσθήκη πίεσης πόρων.



Σχήμα 5.2.25. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης μεταξύ των ασυνεχειών J-J2 στο μετωπικό πρυνές του βόρειου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης και πίεσης πόρων.

Swedge Analysis
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: TOP
Safety Factor: 63.9859



Σχήμα 5.2.26. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης μεταξύ των ασυνεχειών J-J3 στο μετωπικό πρυνές του βόρειου στομίου.

Swedge Analysis
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: TOP
Safety Factor: 63.9859



Σχήμα 5.2.27. Αριθμητική ανάλυση δυνατότητας εμφάνισης σφηνοειδούς ολίσθησης μεταξύ των ασυνεχειών J-J3 στο μετωπικό πρυνές του βόρειου στομίου με την προσθήκη σεισμικής επιτάχυνσης.



Swedge Analysis
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE
Safety Section: 3



Swedge Analysis
Document Name: Swedge1
Job Title: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
View: PERSPECTIVE



Κλείνοντας, στον πίνακα 5.2.6 προβάλλονται οι διαφορετικές αριθμητικές αναλύσεις με τους υπολογισθέντες συντελεστές ασφαλείας έναντι σφηνοειδούς ολίσθησης σε κάθε ένα από τα τρία πιθανά ζεύγη ασυνεχειών. Παρατηρείται ότι στα δύο πρώτα ζεύγη ο συντελεστής ασφαλείας λαμβάνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές ($>>1$) και συνεπώς δεν διατρέχεται κίνδυνος αστοχίας. Εξαίρεση αποτελεί η ανάλυση που λαμβάνει υπόψιν τόσο την πίεση πόρων αυτή καθ' αυτή αλλά και το συνδυασμό με σεισμική φόρτιση. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής ασφαλείας εξανεμίζεται (ισούται με 0) πράγμα που υποδηλώνει ότι η ολίσθηση είναι βέβαιο πως θα πραγματοποιηθεί. Τέλος αναφορικά με τρίτο ζεύγος (J2-J3) το αποτέλεσμα του υπολογισμού του συντελεστή ασφαλείας ισούται εξ' αρχής με μηδέν ακόμα και χωρίς την πρόσθετη φόρτιση. Συνεπώς στην συγκεκριμένη περίπτωση ο FoS θα ισούται σε κάθε περίπτωση με μηδέν.

Πίνακας 5.2.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις αριθμητικές αναλύσεις των πιθανών τύπων ανισότροπες αστοχίας στο μετωπικό πρηνές του βορείου στομίου. Περιλαμβάνεται επίσης και ο συντελεστής ασφαλείας.

ΤΥΠΟΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS.)
Σφηνοειδής (J-J2)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	39
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	36
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0
Σφηνοειδής (J-J3)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	64
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	59
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0
Σφηνοειδής (J2-J3)	ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	0
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	0
	ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0
	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΑΙ ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ	0

5.3. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου μελετάται ξεχωριστά η συμπεριφορά της βραχομάζας στο εσωτερικό της σήραγγας αναφορικά με βαρυτικού τύπου αστοχίες. Εφόσον οι τελευταίες έχει προβλεφθεί ότι δύναται να δημιουργηθούν από το διάγραμμα TBC (Κεφάλαιο 4.7) τότε διενεργείται η παρακάτω ανάλυση όπου αναγνωρίζονται με βάση τη διατομή, τον προσανατολισμό του τεχνικού και τη γεωμετρία και τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των ασυνεχειών όλες οι πιθανές σφηνοειδείς ολισθήσεις, υπολογίζεται ο όγκος τους και τέλος δίνεται ο αντίστοιχος συντελεστής ασφαλείας για την κάθε μία πιθανή αστοχία. Η διαδικασία συντελείται ανά τρεις οικογένειες ασυνεχειών τη φορά και συνεπώς όσο αυξάνονται οι ασυνέχειες τόσο αυξάνεται με γεωμετρική πρόοδο το σύνολο των πιθανών αστοχιών.

Στη σήραγγα Δημαρίου η παραπάνω ανάλυση συντελείται δύο φορές καθώς όπως φαίνεται και από το επόμενο σχήμα (Σχήμα 5.3.1) η διεύθυνση της δεν διατηρείται σταθερή καθ' όλο το μήκος της και συνεπώς κρίθηκε αναγκαίος ο διαχωρισμός σε δύο τμήματα. Το πρώτο που βρίσκεται ερχόμενοι από το Νότο μέχρι και το μέσο της σήραγγας και έχει μέση διεύθυνση 164° και το δεύτερο από την "κάμψη" έως και την έξοδο της σήραγγας στο Βόρειο στόμιο, με τη μέση διεύθυνση αυτού να υπολογίστηκε ίση με 177° . Σε κάθε περίπτωση η γωνία κλίσης (λόγω υψομετρικής διαφοράς) της σήραγγας στο σύνολο της διατηρείται σταθερή και ίση με 3° . Τέλος τα γεωμετρικά στοιχεία των ασυνεχειών που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε ανάλυση αντιστοιχούν στα τεκτονικά διαγράμματα που πάρθηκαν πλησίον του κάθε στομίου, δηλαδή στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το Τ.Δ. του Νότιου στομίου και στη δεύτερη αυτό του Βόρειου.

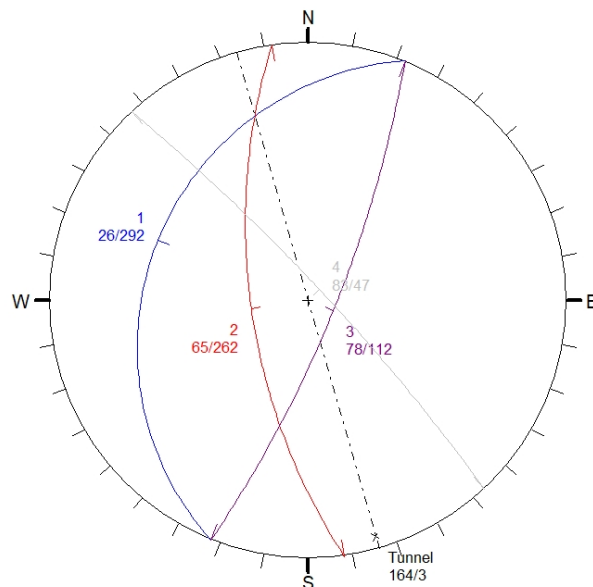


Σχήμα 5.3.1. Τοπογραφική αναπαράσταση της σήραγγας Δημαρίου. Με τη μαύρη συνεχή γραμμή να αποτελεί το όριο των δύο διαφορετικών διευθύνσεων.

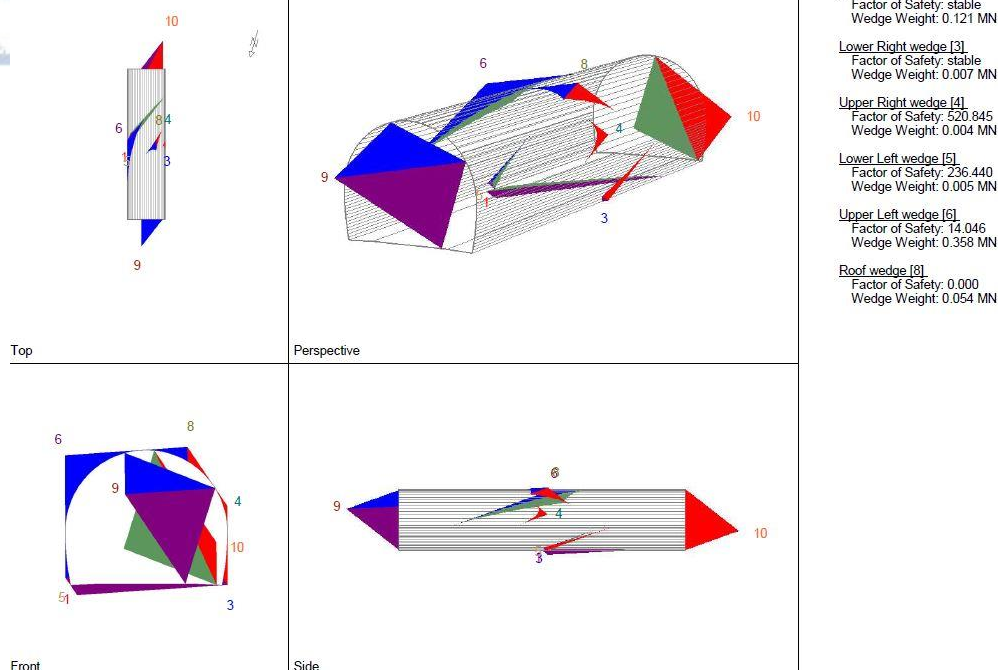
Τμήμα 1 (164°)

Ανάλυση μεταξύ: Bedding, J1 & J2

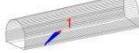
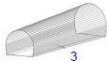
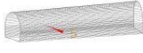
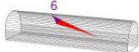
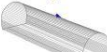
Στο ακόλουθο δίκτυο (Σχήμα 5.3.2) παρουσιάζονται οι παραπάνω επιφάνειες ασυνέχειας σε σχέση με τη σήραγγα. Ενώ στα δύο επόμενα σχήματα (Σχήμα 5.3.3 & 5.3.4) παρουσιάζονται εποπτικά σε τρισδιάστατη και δισδιάστατη απεικόνιση το πλήθος, η γεωμετρία, το βάρος καθώς και ο εκάστοτε συντελεστής ασφαλείας των σχηματισμένων σφηνών περιμετρικά της σήραγγας. Η εν λόγω διαδικασία επαναλαμβάνεται και την εφαρμογή σεισμικού φορτίου (Σχήματα 5.3.5 & 5.3.6). Τέλος παραθέεται συγκεντρωτικός πίνακας όπου αναγράφονται οι περιπτώσεις με συντελεστή ασφαλείας κάτω της μονάδας με τα εκάστοτε χαρακτηριστικά (Πίνακας 5.3.1).



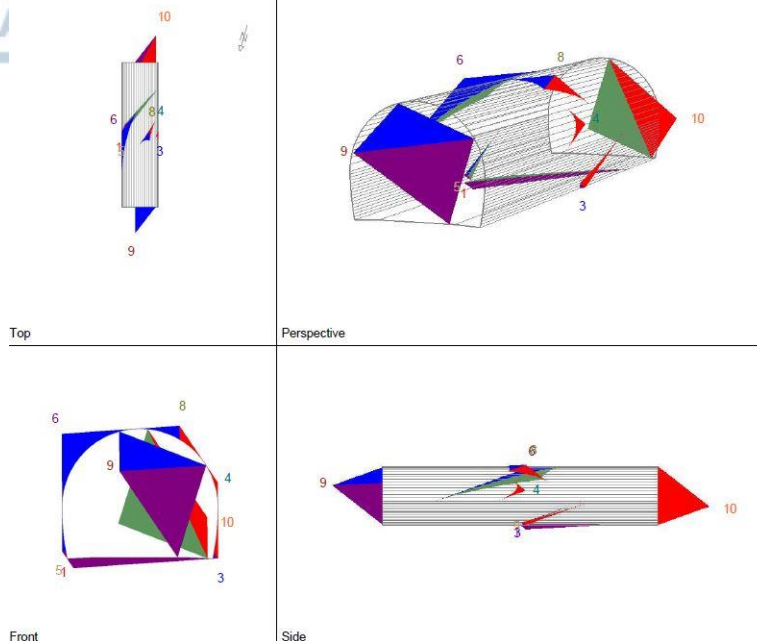
Σχήμα 5.3.2. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



Σχήμα 5.3.3. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.

Floor wedge [1] FS: stable  Weight: 0.121 MN	Lower Right wedge [3] FS: stable  Weight: 0.007 MN	Upper Right wedge [4] FS: 520.845  Weight: 0.004 MN	Lower Left wedge [5] FS: 236.440  Weight: 0.005 MN	Wedge Information Floor wedge [1] Factor of Safety: stable Wedge Weight: 0.121 MN Lower Right wedge [3] Factor of Safety: stable Wedge Weight: 0.007 MN Upper Right wedge [4] Factor of Safety: 520.845 Wedge Weight: 0.004 MN Lower Left wedge [5] Factor of Safety: 236.440 Wedge Weight: 0.005 MN Upper Left wedge [6] Factor of Safety: 14.046 Wedge Weight: 0.358 MN Roof wedge [8] Factor of Safety: 0.000 Wedge Weight: 0.054 MN Near End wedge [9] Factor of Safety: 17.392 Wedge Weight: 2.065 MN Far End wedge [10] Factor of Safety: 28.838 Wedge Weight: 2.250 MN
Upper Left wedge [6] FS: 14.046  Weight: 0.358 MN	Roof wedge [8] FS: 0.000  Weight: 0.054 MN	Near End wedge [9] FS: 17.392  Weight: 2.065 MN	Far End wedge [10] FS: 28.838  Weight: 2.250 MN	

Σχήμα 5.3.4. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Wedge Information

<u>Floor wedge [1]</u>
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.121 MN
<u>Lower Right wedge [3]</u>
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.007 MN
<u>Upper Right wedge [4]</u>
Factor of Safety: 665.552
Wedge Weight: 0.004 MN
<u>Lower Left wedge [5]</u>
Factor of Safety: 267.734
Wedge Weight: 0.005 MN
<u>Upper Left wedge [6]</u>
Factor of Safety: 15.286
Wedge Weight: 0.358 MN
<u>Roof wedge [8]</u>
Factor of Safety: 0.000
Wedge Weight: 0.054 MN

Σχήμα 5.3.5. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου

Floor wedge [1] FS: stable Weight: 0.121 MN	Lower Right wedge [3] FS: stable Weight: 0.007 MN	Upper Right wedge [4] FS: 665.552 Weight: 0.004 MN	Lower Left wedge [5] FS: 267.734 Weight: 0.005 MN	Wedge Information <u>Floor wedge [1]</u> Factor of Safety: stable Wedge Weight: 0.121 MN <u>Lower Right wedge [3]</u> Factor of Safety: stable Wedge Weight: 0.007 MN <u>Upper Right wedge [4]</u> Factor of Safety: 665.552 Wedge Weight: 0.004 MN <u>Lower Left wedge [5]</u> Factor of Safety: 267.734 Wedge Weight: 0.005 MN <u>Upper Left wedge [6]</u> Factor of Safety: 15.286 Wedge Weight: 0.358 MN <u>Roof wedge [8]</u> Factor of Safety: 0.000 Wedge Weight: 0.054 MN <u>Near End wedge [9]</u> Factor of Safety: 19.694 Wedge Weight: 2.065 MN <u>Far End wedge [10]</u> Factor of Safety: 36.850 Wedge Weight: 2.250 MN
Upper Left wedge [6] FS: 15.286 Weight: 0.358 MN	Roof wedge [8] FS: 0.000 Weight: 0.054 MN	Near End wedge [9] FS: 19.694 Weight: 2.065 MN	Far End wedge [10] FS: 36.850 Weight: 2.250 MN	

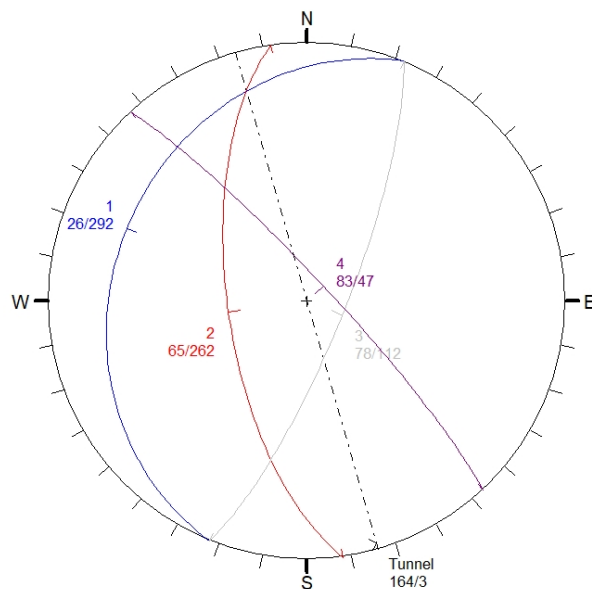
Σχήμα 5.3.6. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου

Πίνακας 5.3.1. Συγκεντρωτικός πίνακας των περιπτώσεων με χαμηλό συντελεστή ασφαλείας.

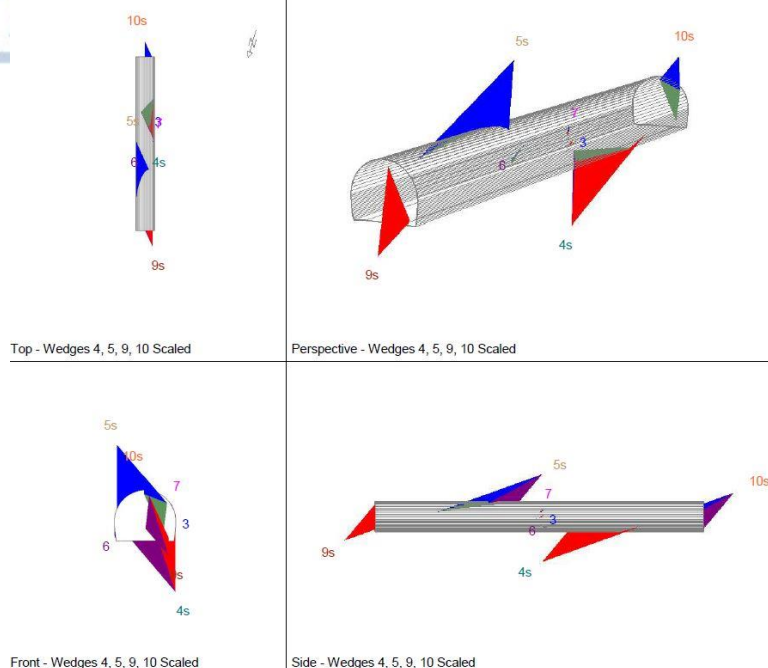
ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΝΟΥΜΕΡΟ ΣΦΗΝΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)	ΒΑΡΟΣ (MN)
Bedding – J1 – J2	OXI NAI	8	0	0.054

Ανάλυση μεταξύ: Bedding, J1 & J3

Ομοίως με παραπάνω εδώ η ανάλυση διαδραματίζεται μεταξύ των ασυνεχειών: Bedding, J1 & J3. Έτσι από διαδικασία προκύπτουν τα σχήματα (Σχήμα 5.3.7, 5.3.8, 5.3.9, 5.3.10 & 5.3.11). Προκύπτει ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν αναμένεται κάποια ολίσθηση ανεξάρτητα με την επιβολή ή μη πρόσθετης φόρτισης.



Σχήμα 5.3.7. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



Wedge Information

Upper Right wedge [3]
Factor of Safety: 2023.142
Wedge Weight: 0.000 MN

Floor wedge [4]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 6.174 MN

Roof wedge [5]
Factor of Safety: 13.122
Wedge Weight: 5.275 MN

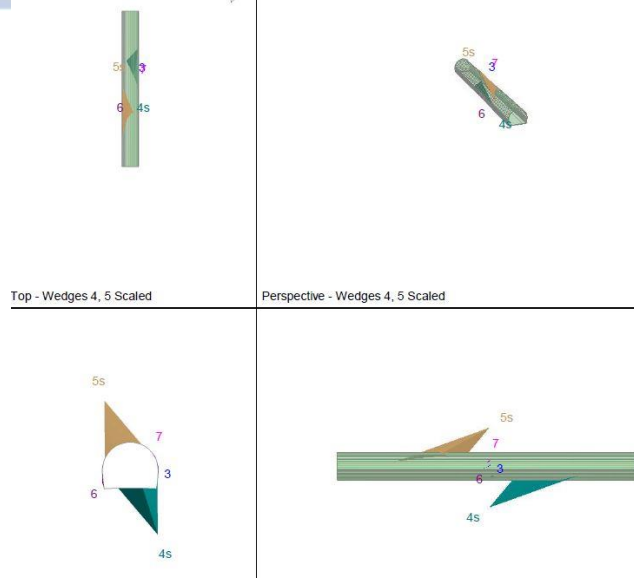
Lower Left wedge [6]
Factor of Safety: 210.837
Wedge Weight: 0.003 MN

Upper Right wedge [7]
Factor of Safety: 108.856
Wedge Weight: 0.001 MN

Σχήμα 5.3.8. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.

Upper Right wedge [3] FS: 2023.142 Weight: 0.000 MN	Floor wedge [4] Scaled FS: stable Weight: 6.174 MN	Roof wedge [5] Scaled FS: 13.122 Weight: 5.275 MN	Lower Left wedge [6] FS: 210.837 Weight: 0.003 MN	Wedge Information Upper Right wedge [3] Factor of Safety: 2023.142 Wedge Weight: 0.000 MN Floor wedge [4] Factor of Safety: stable Wedge Weight: 6.174 MN Roof wedge [5] Factor of Safety: 13.122 Wedge Weight: 5.275 MN Lower Left wedge [6] Factor of Safety: 210.837 Wedge Weight: 0.003 MN Upper Right wedge [7] Factor of Safety: 108.856 Wedge Weight: 0.001 MN Near End wedge [9] Factor of Safety: stable Wedge Weight: 1.371 MN Far End wedge [10] Factor of Safety: 23.260 Wedge Weight: 1.371 MN
Upper Right wedge [7] FS: 108.856 Weight: 0.001 MN	Near End wedge [9] Scaled FS: stable Weight: 1.371 MN	Far End wedge [10] Scaled FS: 23.260 Weight: 1.371 MN		

Σχήμα 5.3.9. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Wedge Information

Upper Right wedge [3]
Factor of Safety: 1583.264
Wedge Weight: 0.000 MN

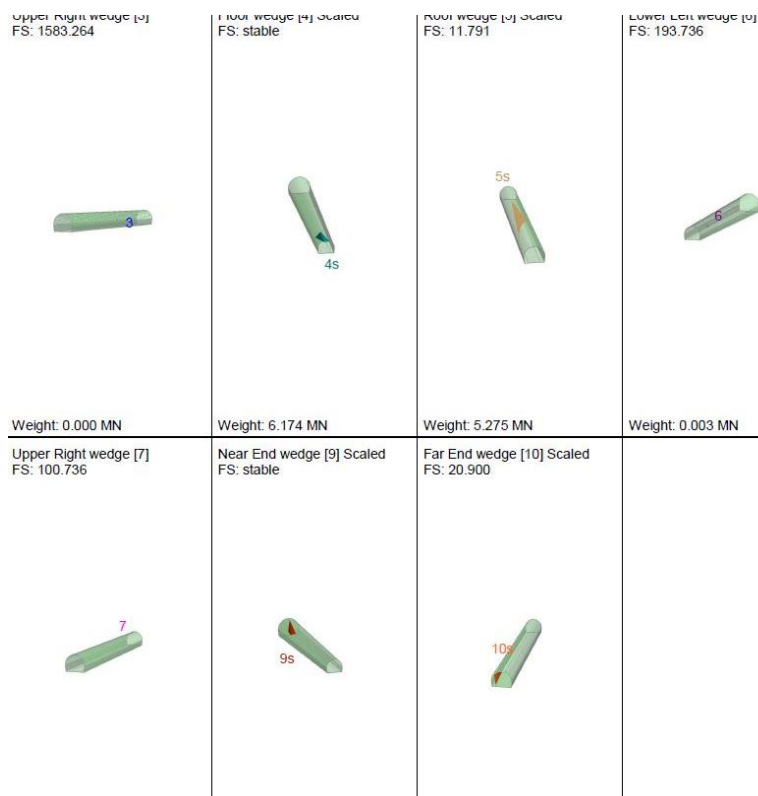
Floor wedge [4]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 6.174 MN

Roof wedge [5]
Factor of Safety: 11.791
Wedge Weight: 5.275 MN

Lower Left wedge [6]
Factor of Safety: 193.736
Wedge Weight: 0.003 MN

Upper Right wedge [7]
Factor of Safety: 100.736
Wedge Weight: 0.001 MN

Σχήμα 5.3.10. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.



Wedge Information

Upper Right wedge [3]
Factor of Safety: 1583.264
Wedge Weight: 0.000 MN

Floor wedge [4]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 6.174 MN

Roof wedge [5]
Factor of Safety: 11.791
Wedge Weight: 5.275 MN

Lower Left wedge [6]
Factor of Safety: 193.736
Wedge Weight: 0.003 MN

Upper Right wedge [7]
Factor of Safety: 100.736
Wedge Weight: 0.001 MN

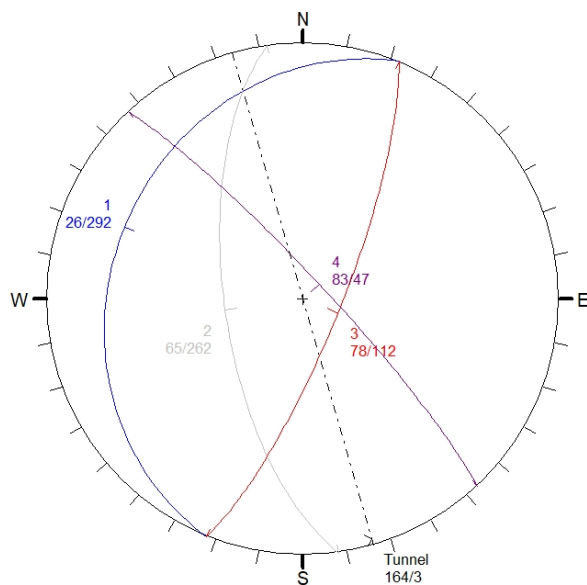
Near End wedge [9]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 1.371 MN

Far End wedge [10]
Factor of Safety: 20.900
Wedge Weight: 1.371 MN

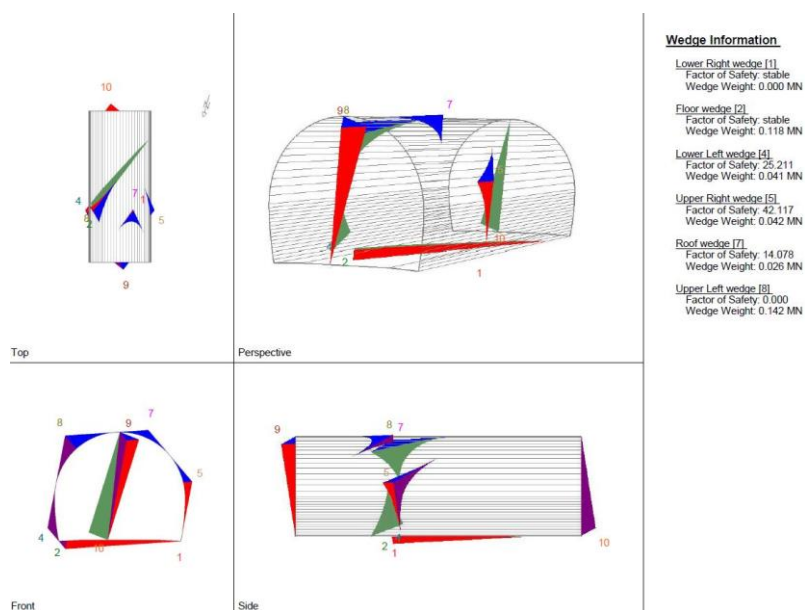
Σχήμα 5.3.11. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Ανάλυση μεταξύ: Bedding, J2 & J3

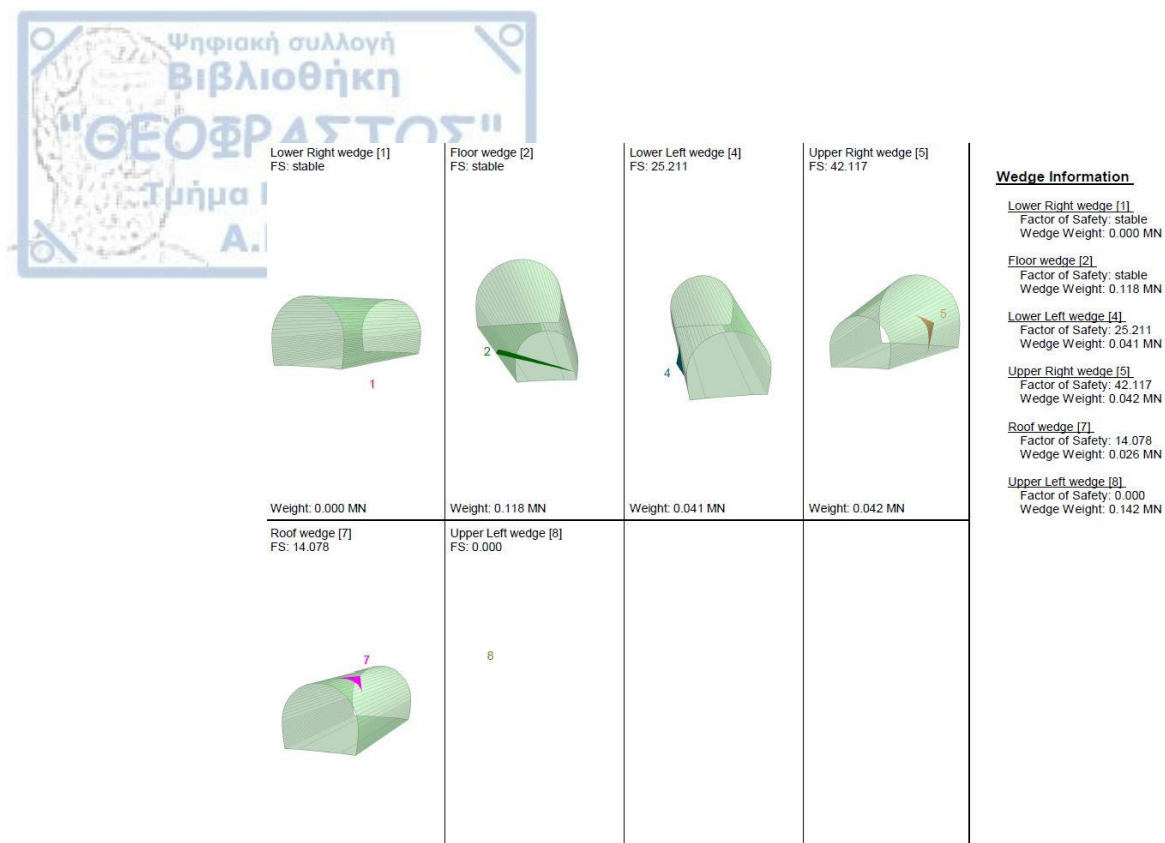
Ομοίως με παραπάνω εδώ η ανάλυση διαδραματίζεται μεταξύ των ασυνεχειών: Bedding, J2 & J3. Έτσι από διαδικασία προκύπτουν τα σχήματα (Σχήμα 5.3.12, 5.3.13, 5.3.14, 5.3.15 & 5.3.16). Τέλος παρουσιάζεται στον συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 5.3.2) η περίπτωση εκείνη για την οποία αναμένεται να εκδηλωθεί ολίσθηση.



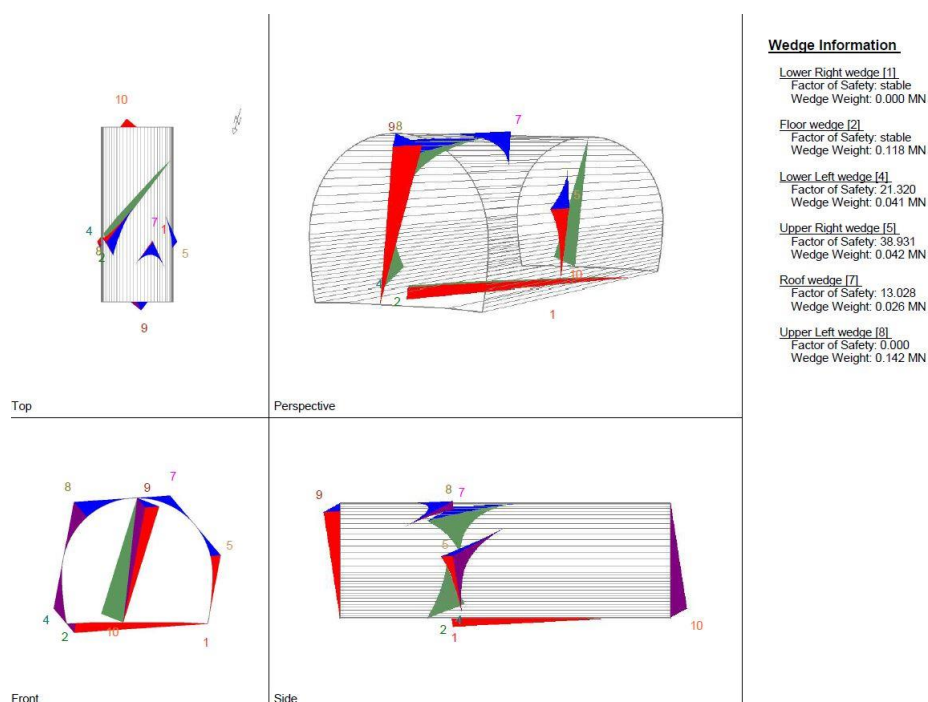
Σχήμα 5.3.12. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



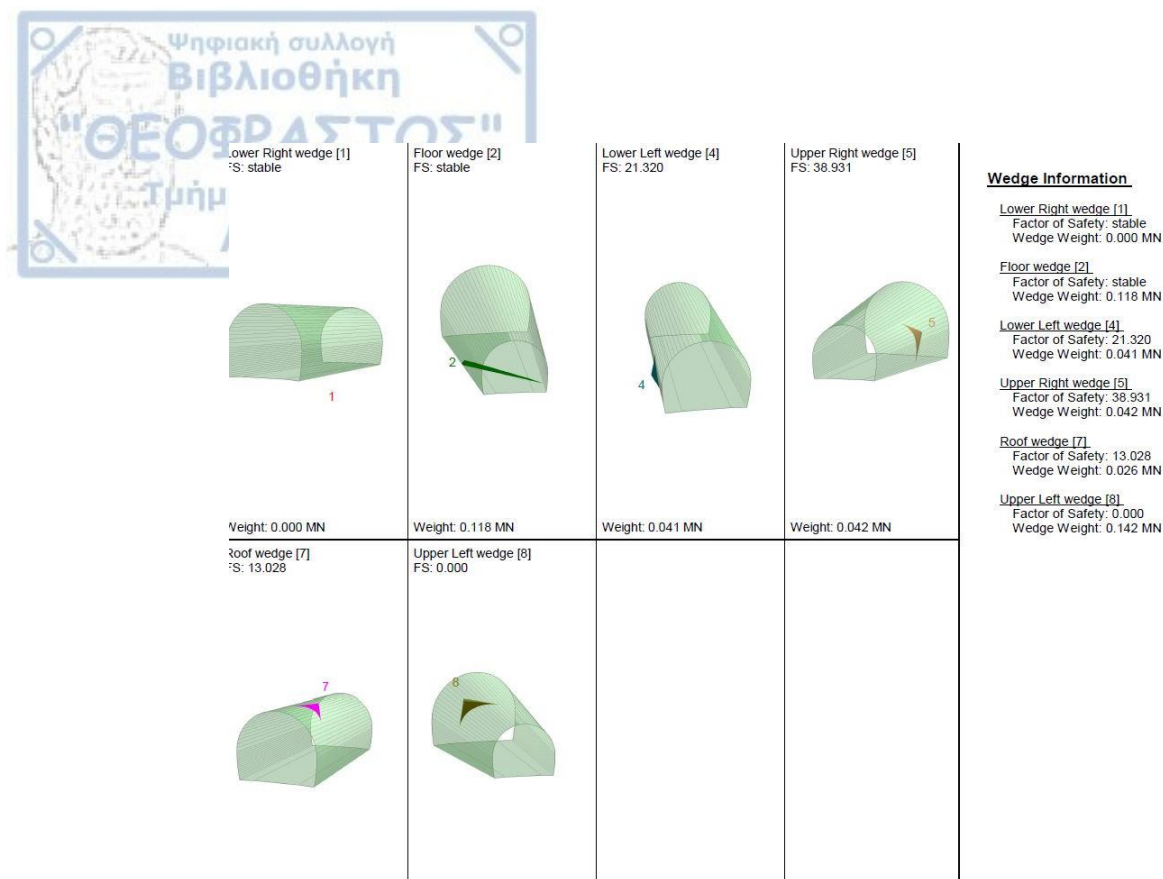
Σχήμα 5.3.13. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Σχήμα 5.3.14. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Σχήμα 5.3.15. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.



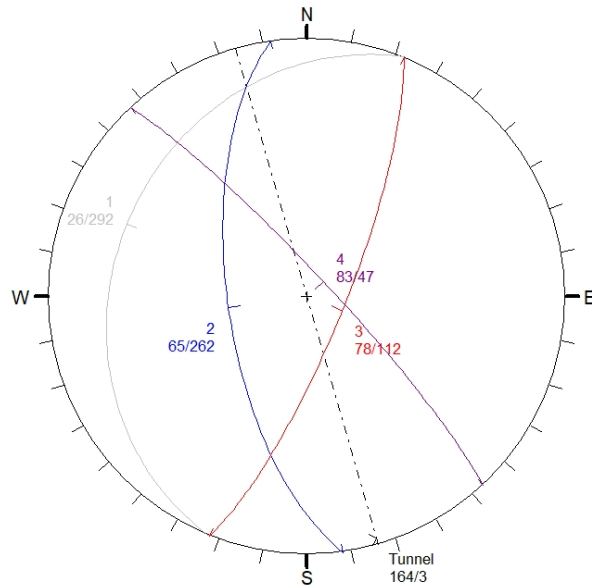
Σχήμα 5.3.16. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Πίνακας 5.3.2. Συγκεντρωτικός πίνακας των περιπτώσεων με χαμηλό συντελεστή ασφαλείας.

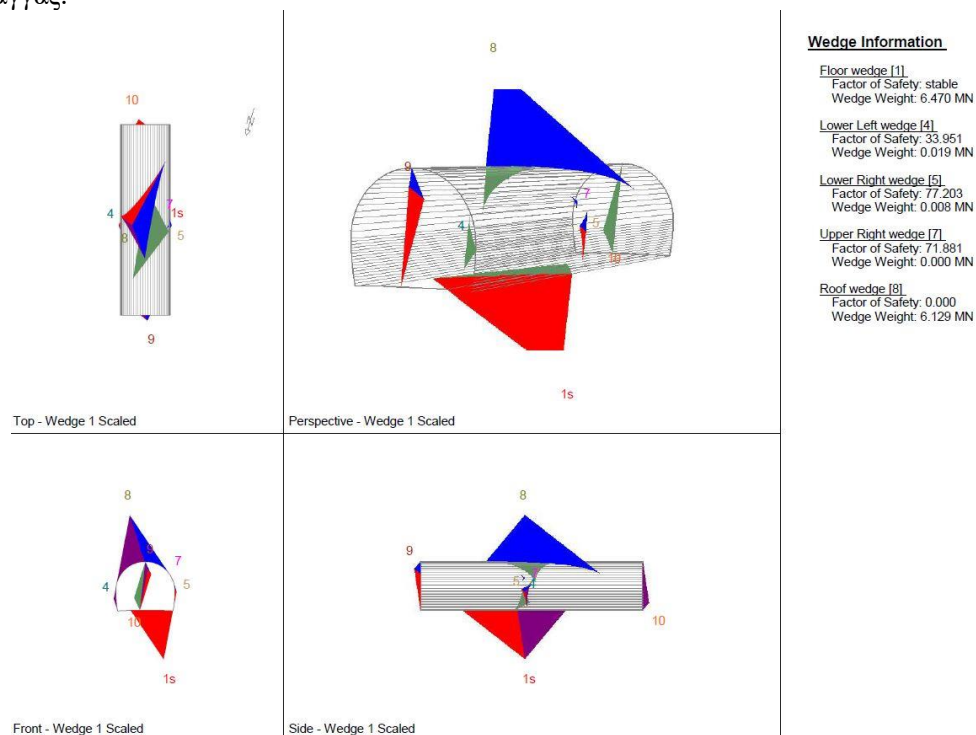
ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΝΟΥΜΕΡΟ ΣΦΗΝΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)	ΒΑΡΟΣ (MN)
Bedding – J2 – J3	OXI	8	0	0.142
	NAI			

Ανάλυση μεταξύ: J1, J2 & J3

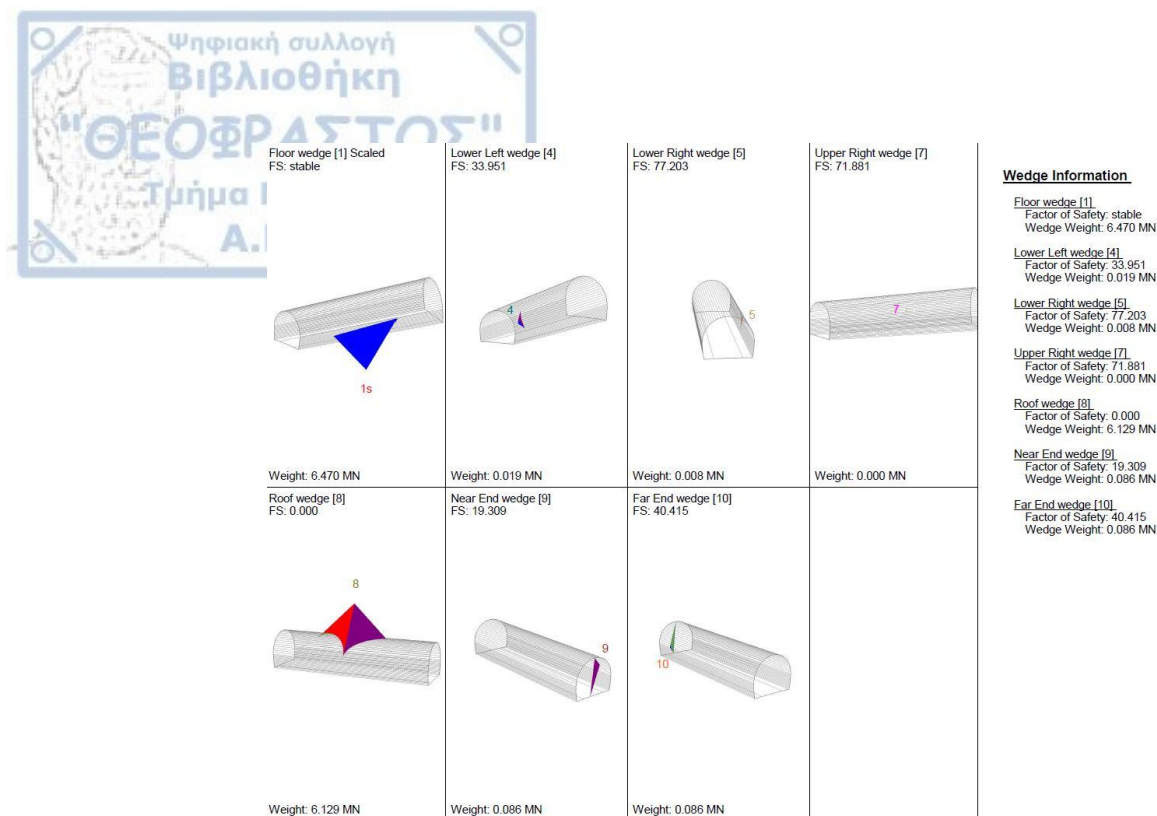
Ομοίως και για την τελευταία ομάδα ασυνεχειών: J1, J2 & J3. Έτσι από διαδικασία προκύπτουν τα σχήματα (Σχήμα 5.3.17, 5.3.18, 5.3.19, 5.2.20 & 5.3.21). Τέλος παρουσιάζεται στον συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 5.3.3) η περίπτωση εκείνη για την οποία αναμένεται να εκδηλωθεί ολίσθηση.



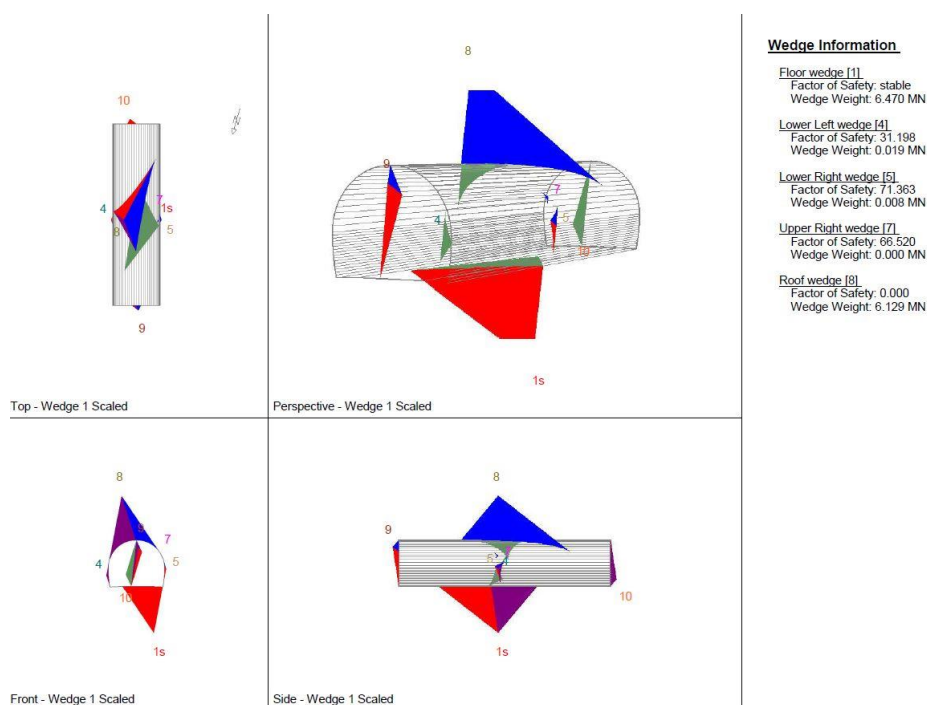
Σχήμα 5.3.17. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



Σχήμα 5.3.18. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.

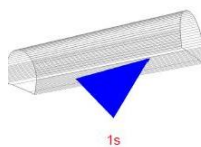


Σχήμα 5.3.19. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



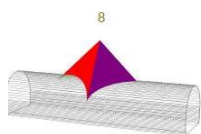
Σχήμα 5.3.20. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Floor wedge [1] Scaled
S: stable



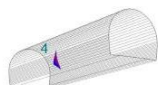
Weight: 6.470 MN

Floor wedge [8]
S: 0.000



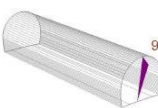
Weight: 6.129 MN

Lower Left wedge [4]
FS: 31.198



Weight: 0.019 MN

Near End wedge [9]
FS: 17.850



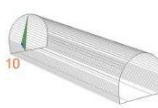
Weight: 0.086 MN

Lower Right wedge [5]
FS: 71.363



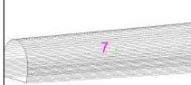
Weight: 0.008 MN

Far End wedge [10]
FS: 36.315



Weight: 0.086 MN

Upper Right wedge [7]
FS: 66.520



Weight: 0.000 MN

Wedge Information

Floor wedge [1]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 6.470 MN

Lower Left wedge [4]
Factor of Safety: 31.198
Wedge Weight: 0.019 MN

Lower Right wedge [5]
Factor of Safety: 71.363
Wedge Weight: 0.008 MN

Upper Right wedge [7]
Factor of Safety: 66.520
Wedge Weight: 0.000 MN

Roof wedge [8]
Factor of Safety: 0.000
Wedge Weight: 6.129 MN

Near End wedge [9]
Factor of Safety: 17.850
Wedge Weight: 0.086 MN

Far End wedge [10]
Factor of Safety: 36.315
Wedge Weight: 0.086 MN

Σχήμα 5.3.21. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

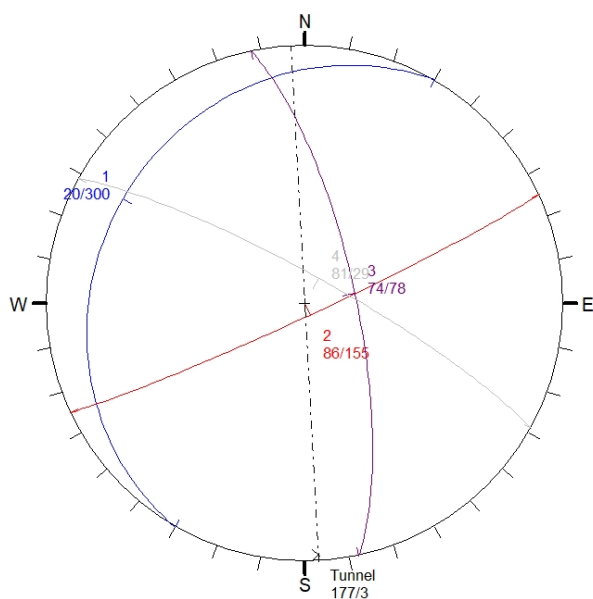
Πίνακας 5.3.2. Συγκεντρωτικός πίνακας των περιπτώσεων με χαμηλό συντελεστή ασφαλείας.

ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΝΟΥΜΕΡΟ ΣΦΗΝΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)	ΒΑΡΟΣ (MN)
J1 – J2 – J3	OXI	8	0	6.129
	NAI			

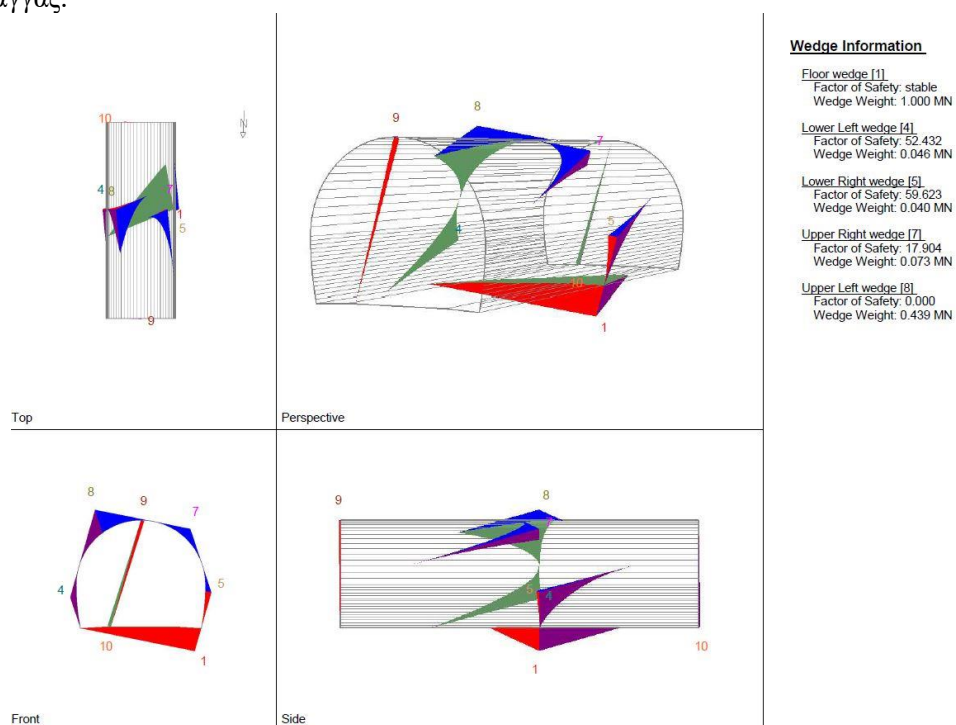
Τμήμα 2 (177°)

Ανάλυση μεταξύ: Bedding, J & J1

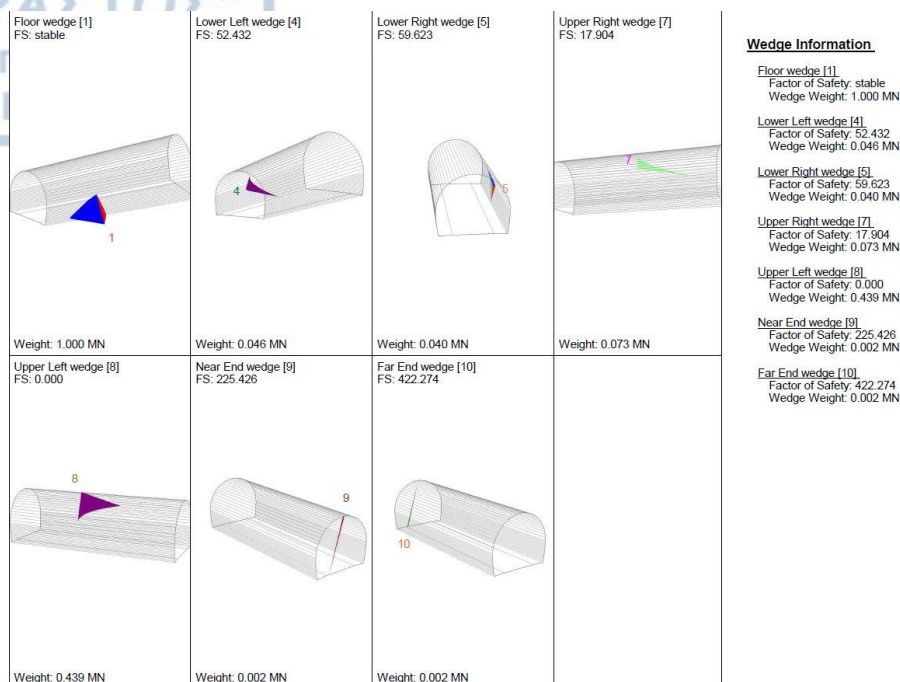
Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για αυτό το τμήμα της σήραγγας. Εδώ εξετάζονται οι ασυνέχειες: Bedding, J & J1. Έτσι από διαδικασία προκύπτουν τα σχήματα (Σχήμα 5.3.22, 5.3.23, 5.3.24, 5.3.25 & 5.3.26). Τέλος παρουσιάζεται στον συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 5.3.3) η περίπτωση εκείνη για την οποία αναμένεται να εκδηλωθεί ολίσθηση.



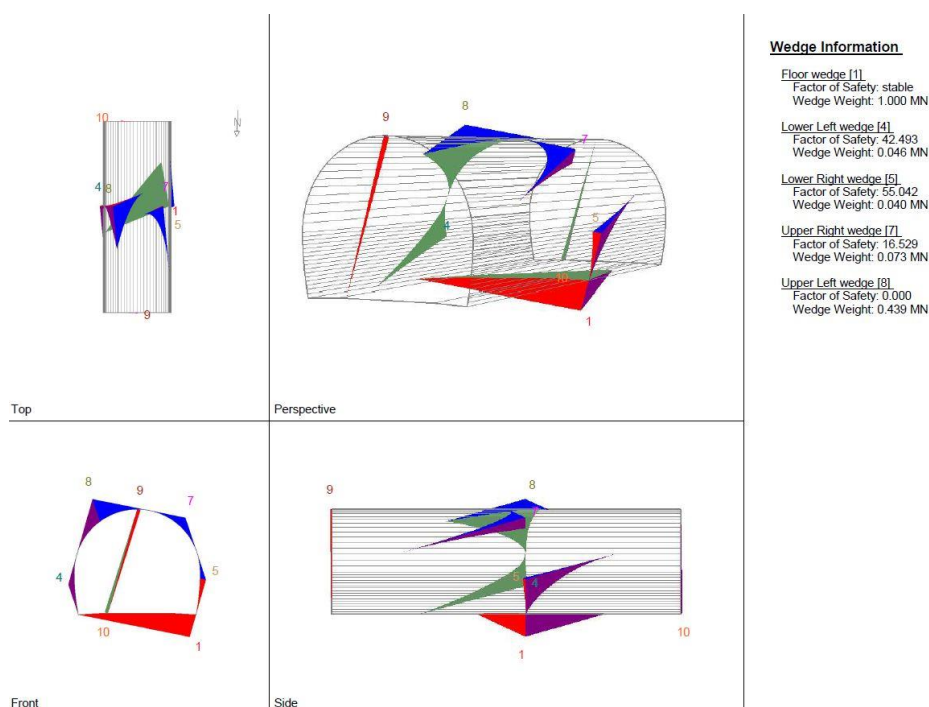
Σχήμα 5.3.22. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



Σχήμα 5.3.23. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.

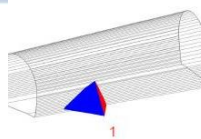


Σχήμα 5.3.24. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



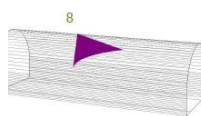
Σχήμα 5.3.25. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Floor wedge [1]
S: stable



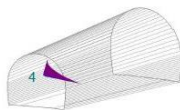
Weight: 1.000 MN

Upper Left wedge [8]
S: 0.000



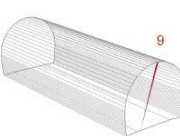
Weight: 0.439 MN

Lower Left wedge [4]
FS: 42.493



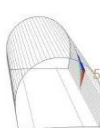
Weight: 0.046 MN

Near End wedge [9]
FS: 208.690



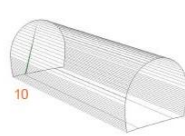
Weight: 0.002 MN

Lower Right wedge [5]
FS: 55.042



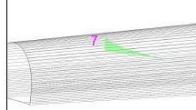
Weight: 0.040 MN

Far End wedge [10]
FS: 309.673



Weight: 0.002 MN

Upper Right wedge [7]
FS: 16.529



Weight: 0.073 MN

Wedge Information

Floor wedge [1]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 1.000 MN

Lower Left wedge [4]
Factor of Safety: 42.493
Wedge Weight: 0.046 MN

Lower Right wedge [5]
Factor of Safety: 55.042
Wedge Weight: 0.040 MN

Upper Right wedge [7]
Factor of Safety: 16.529
Wedge Weight: 0.073 MN

Upper Left wedge [8]
Factor of Safety: 0.000
Wedge Weight: 0.439 MN

Near End wedge [9]
Factor of Safety: 208.690
Wedge Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]
Factor of Safety: 309.673
Wedge Weight: 0.002 MN

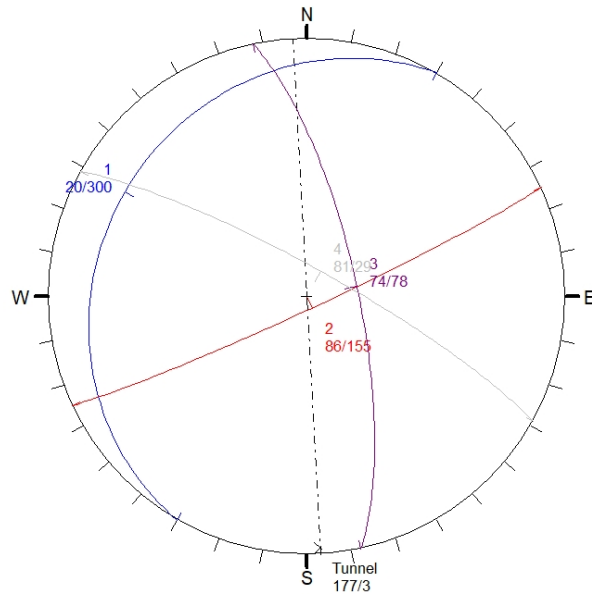
Σχήμα 5.3.26. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Πίνακας 5.3.3. Συγκεντρωτικός πίνακας των περιπτώσεων με χαμηλό συντελεστή ασφαλείας.

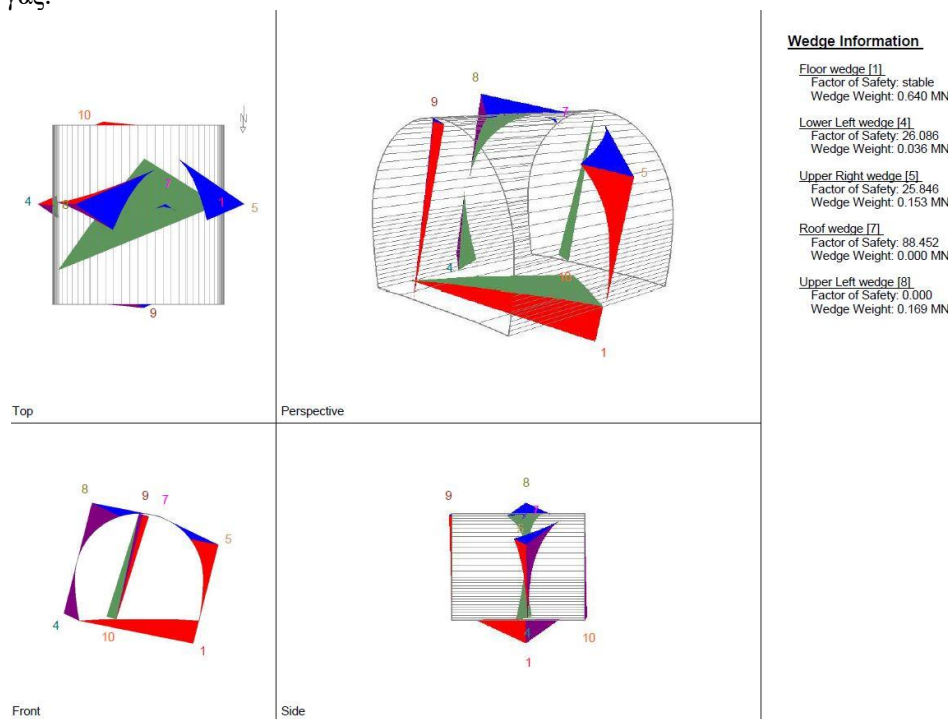
ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΝΟΥΜΕΡΟ ΣΦΗΝΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)	ΒΑΡΟΣ (MN)
Bedding – J – J1	OXI	8	0	0.439
	NAI			

Ανάλυση μεταξύ: Bedding, J & J2

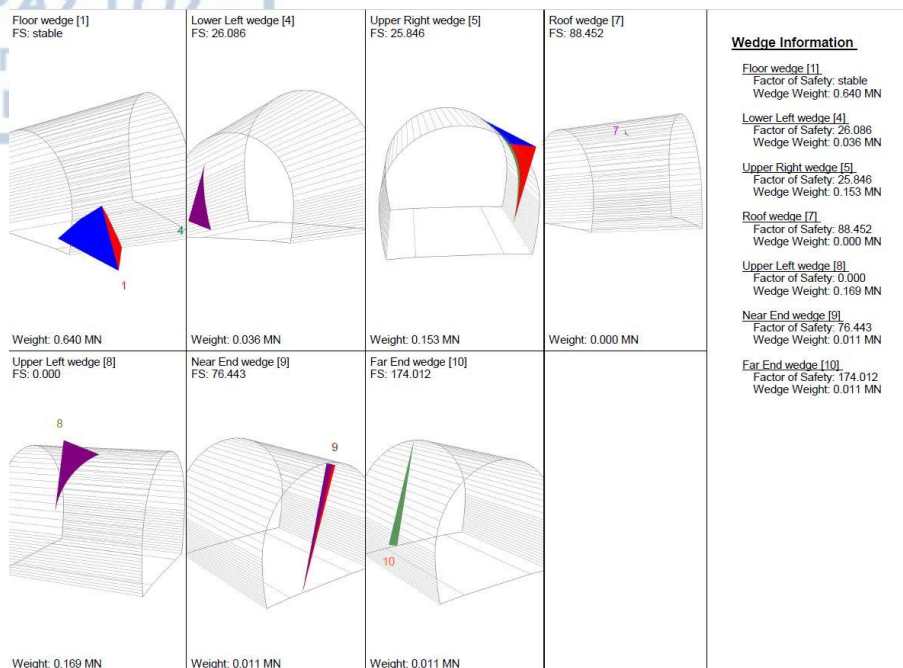
Ομοίως για την ομάδα ασυνεχειών: Bedding, J & J2. Έτσι από διαδικασία προκύπτουν τα σχήματα (Σχήμα 5.3.27, 5.3.28, 5.3.29, 5.3.30 & 5.3.31). Τέλος παρουσιάζεται στον συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 5.3.4) η περίπτωση εκείνη για την οποία αναμένεται να εκδηλωθεί ολίσθηση.



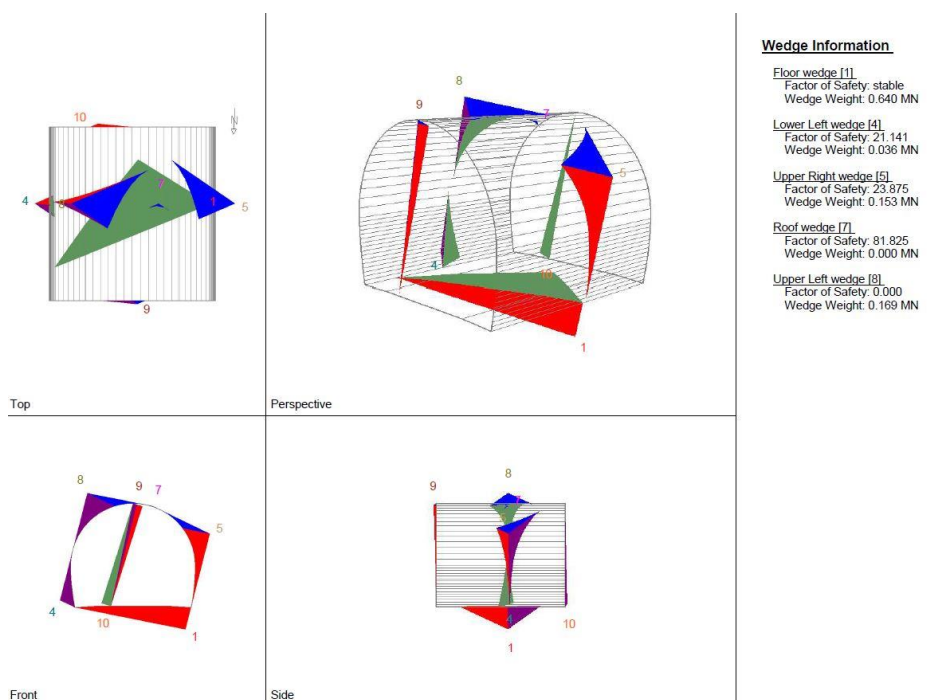
Σχήμα 5.3.27. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



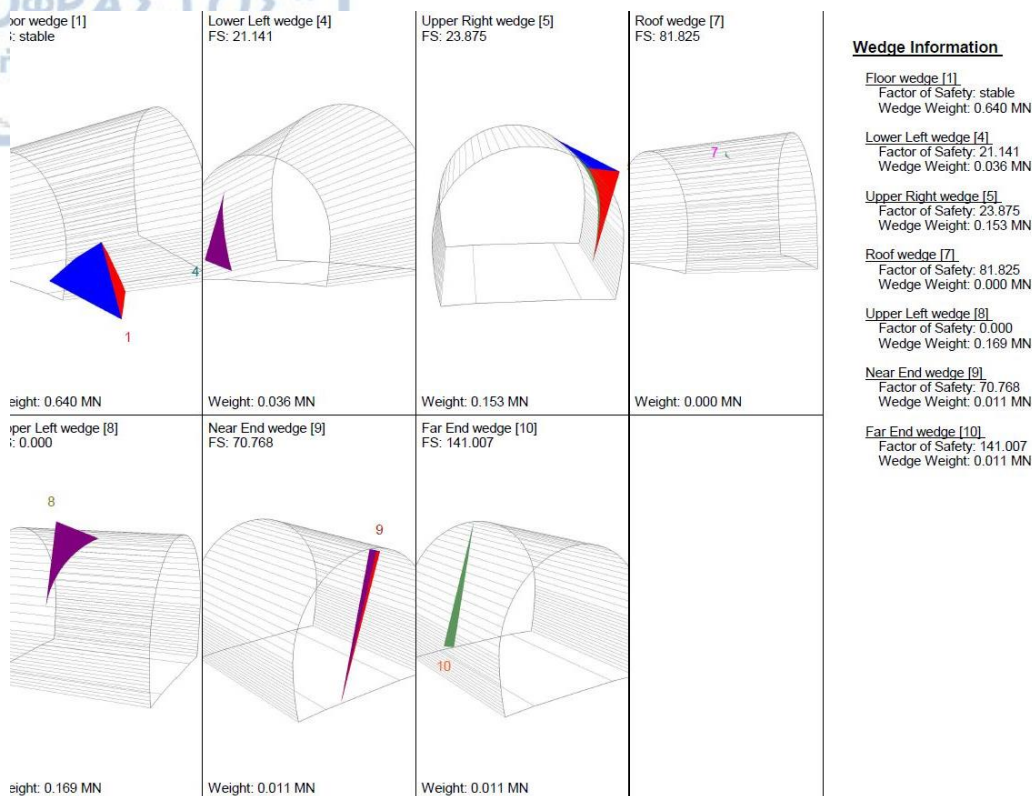
Σχήμα 5.3.28. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Σχήμα 5.3.29. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Σχήμα 5.3.30. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.



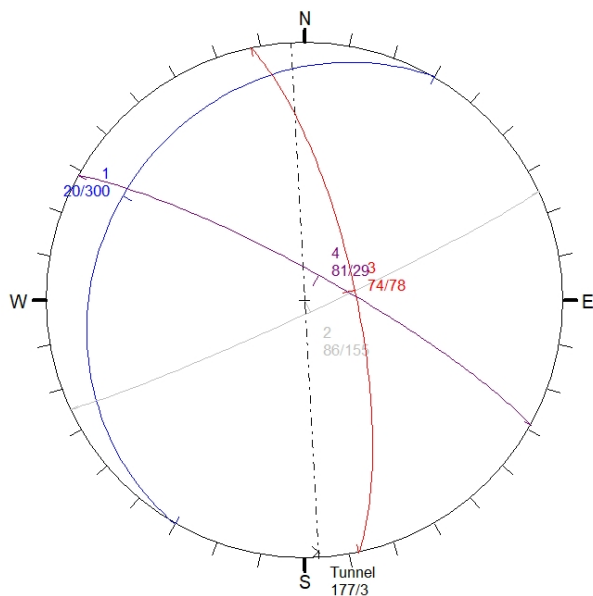
Σχήμα 5.3.31. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Πίνακας 5.3.4. Συγκεντρωτικός πίνακας των περιπτώσεων με χαμηλό συντελεστή ασφαλείας.

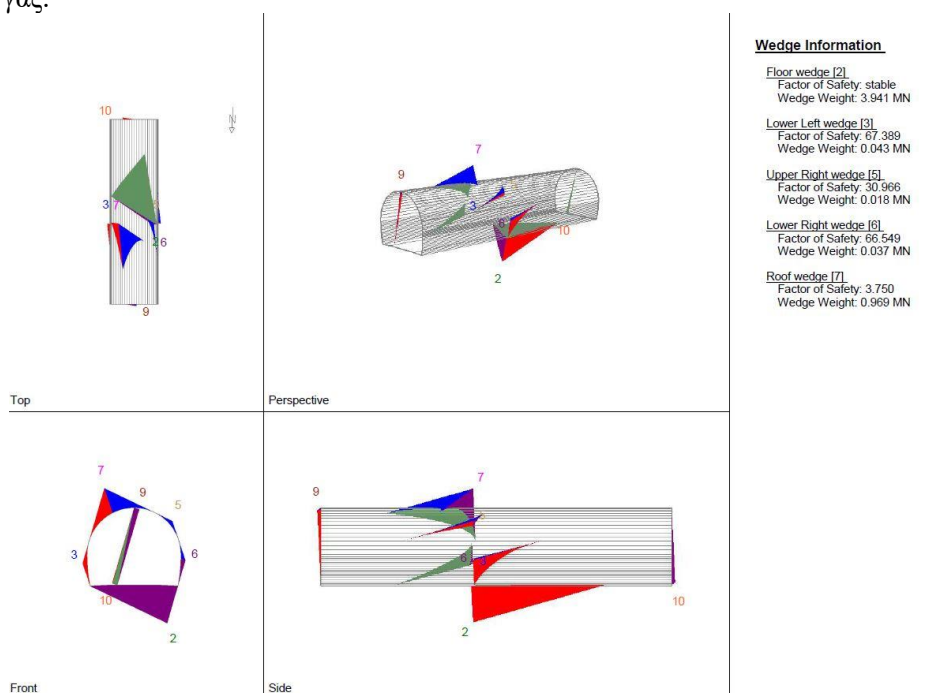
ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΝΟΥΜΕΡΟ ΣΦΗΝΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)	ΒΑΡΟΣ (MN)
Bedding – J – J2	OXI	8	0	0.169
	NAI			

Ανάλυση μεταξύ: Bedding, J1 & J2

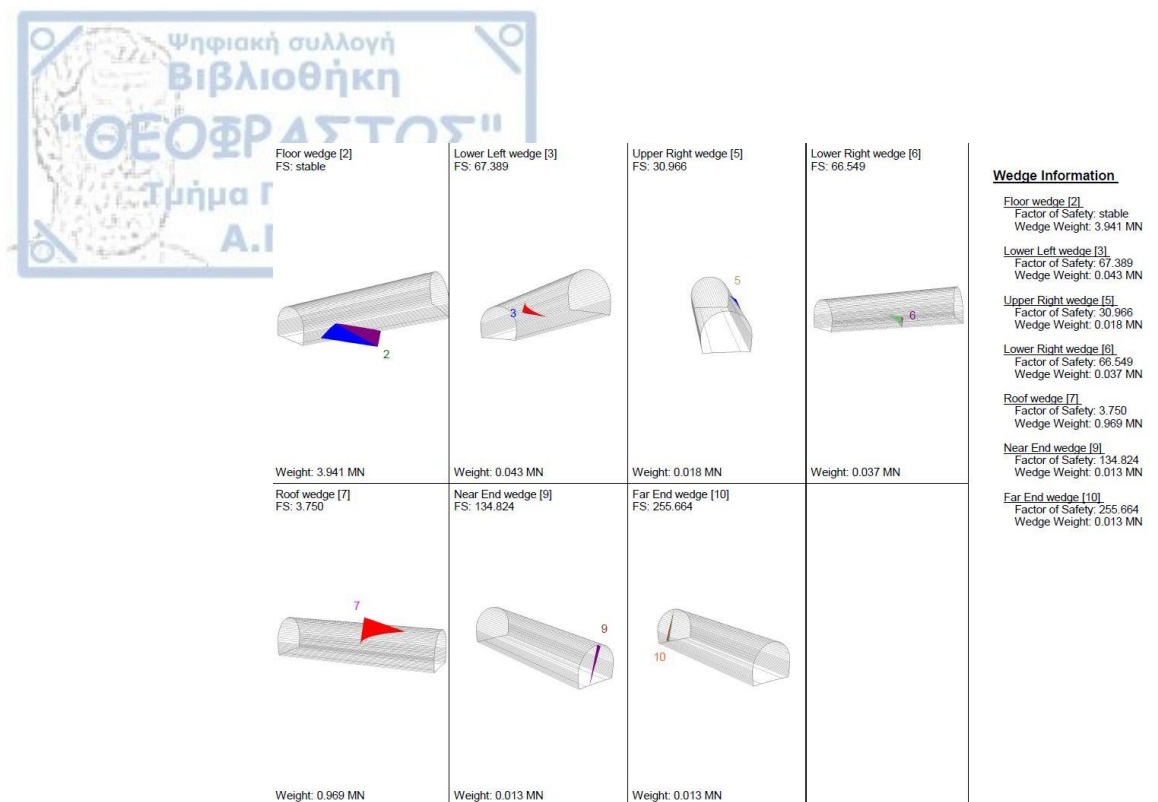
Για την ομάδα ασυνεχειών: Bedding, J1 & J2. Έτσι από διαδικασία προκύπτουν τα σχήματα (Σχήμα 5.3.32, 5.3.33, 5.3.34, 5.3.35 & 5.3.36). Στην παρούσα ομάδα ασυνεχειών δεν εντοπίζεται ο σχηματισμός κάποιας σφήνας με συντελεστή ασφαλείας τέτοιο ώστε να προβεί σε ολίσθηση.



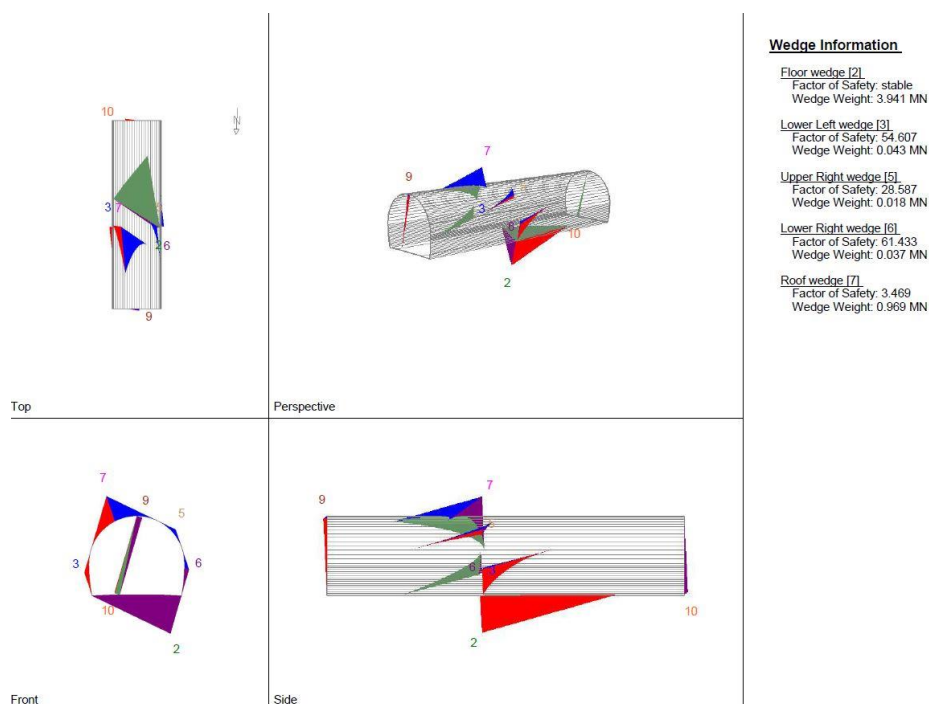
Σχήμα 5.3.32. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



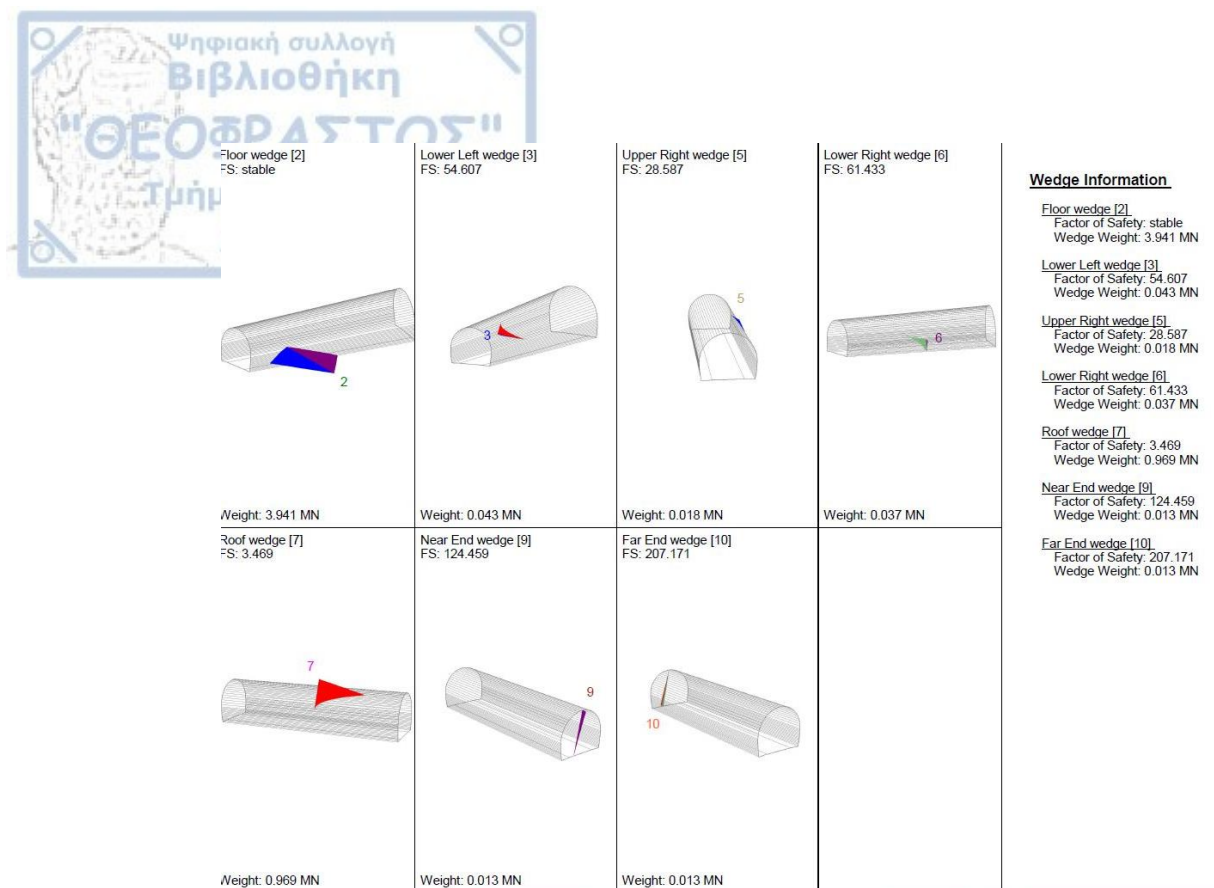
Σχήμα 5.3.33. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Σχήμα 5.3.34. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



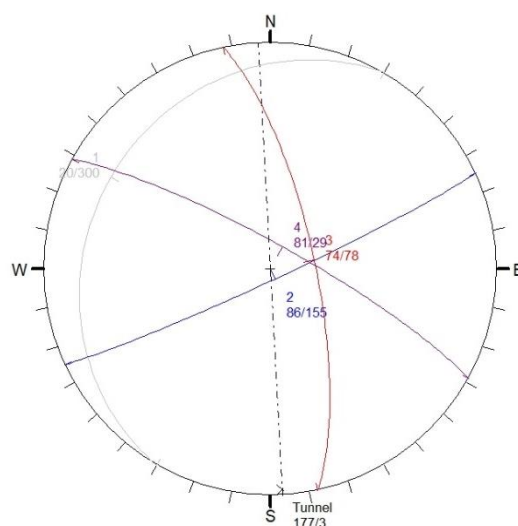
Σχήμα 5.3.35. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.



Σχήμα 5.3.36. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Ανάλυση μεταξύ: J, J1 & J2

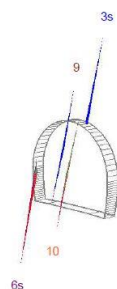
Τέλος για την ομάδα ασυνεχειών: J, J1 & J2. Προκύπτουν τα σχήματα (Σχήμα 5.3.37, 5.3.38, 5.3.39, 5.3.40 & 5.3.41. Σε αυτή την περίπτωση δεν αναμένεται κάποια ολίσθηση.



Σχήμα 5.3.37. Δίκτυο Schmidt με τις τρεις οικογένειες ασυνεχειών και τη διεύθυνση της σήραγγας.



Top - Wedges 3, 6 Scaled



Perspective - Wedges 3, 6 Scaled



Front - Wedges 3, 6 Scaled



Side - Wedges 3, 6 Scaled

Wedge Information

Roof wedge [3]
Factor of Safety: 217.298
Wedge Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.010 MN

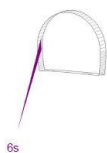
Σχήμα 5.3.38. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.

Roof wedge [3] Scaled
FS: 217.298



Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6] Scaled
FS: stable



Weight: 0.010 MN

Near End wedge [9]
FS: 317.401



Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]
FS: stable



Weight: 0.002 MN

Wedge Information

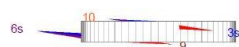
Roof wedge [3]
Factor of Safety: 217.298
Wedge Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.010 MN

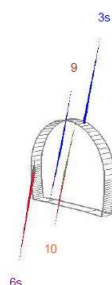
Near End wedge [9]
Factor of Safety: 317.401
Wedge Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.002 MN

Σχήμα 5.3.39. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους.



Top - Wedges 3, 6 Scaled

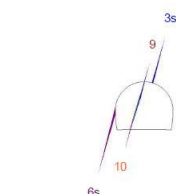


Perspective - Wedges 3, 6 Scaled

Wedge Information

Roof wedge [3]
Factor of Safety: 200.721
Wedge Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.010 MN



Front - Wedges 3, 6 Scaled



Side - Wedges 3, 6 Scaled

Σχήμα 5.3.40. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Roof wedge [3] Scaled
FS: 200.721



Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6] Scaled
FS: stable



Weight: 0.010 MN

Near End wedge [9]
FS: 293.188



Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]
FS: stable



Weight: 0.002 MN

Wedge Information

Roof wedge [3]
Factor of Safety: 200.721
Wedge Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.010 MN

Near End wedge [9]
Factor of Safety: 293.188
Wedge Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]
Factor of Safety: stable
Wedge Weight: 0.002 MN

Σχήμα 5.3.41. Δισδιάστατη απεικόνιση των σχηματισμένων σφηνών και των πληροφοριών τους με την εφαρμογή σεισμικού φορτίου.

Συμπερασματικά για το σύνολο των αναλύσεων τόσο στο πρώτο όσο και στο δεύτερο τμήμα εύκολα μπορεί κανείς να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι δεν εντοπίζεται μεγάλος αριθμός διαφορετικής γεωμετρίας σφηνών. Από την ανάλυση προκύπτει ότι αναμένονται πέντε (5) διαφορετικής γεωμετρίας τύποι σφηνοειδούς ολίσθησης εντός της σήραγγας. Όλοι οι τύποι στο άθροισμα τους εντοπίζονται να ολισθαίνουν από την οροφή της σήραγγας (Νούμερο εκάστοτε σφήνας: 8) που σαφώς αποτελεί και την πλέον ευνοϊκή γεωμετρία για αστοχία. Δηλαδή οι αστοχίες στο

σύνολο τους έχουν τη μορφή περισσότερο σφηνοειδούς αποκόλλησης παρά ολίσθησης σε κάποια επιφάνεια που λόγω της τρισδιάστατης γεωμετρίας και της διάνοιξης της σήραγγας εκτελούν ελεύθερη πτώση με το που ελευθερωθούν. Συνεπώς τα όποια μέτρα προσωρινής υποστήριξης θα πρέπει να εγκατασταθούν άμεσα και το βήμα προχώρησης να μην υπερβαίνει την κάθε "ανατολή" της τομής μεταξύ των ασυνεχειών. Πάντως τα όποια μεγέθη και βάρη (με εξαίρεση αυτό του τμήματος 1 μεταξύ Bedding, J2 & J3) χαρακτηρίζονται μικρά έως μεσαία και συνεπώς σχετικά εύκολα διαχειρίσιμα με τα κατάλληλα μέτρα. Τέλος στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλοι οι αναμενόμενοι διαφορετικοί τύποι σφηνοειδούς ολίσθησης κατά μήκος της σήραγγας με τα αντίστοιχα τους χαρακτηριστικά (Πίνακας 5.3.4).

Πίνακας 5.3.4. Συγκεντρωτικός πίνακας των περιπτώσεων κατά μήκος όλης της σήραγγας με χαμηλό συντελεστή ασφαλείας.

ΤΜΗΜΑ	ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΝΟΥΜΕΡΟ ΣΦΗΝΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (FoS)	ΒΑΡΟΣ (MN)
1 (164°)	Bedding – J1 – J2	OXI	8	0	0.054
		NAI			
	Bedding – J2 – J3	OXI			0.142
		NAI			
	J1 – J2 – J3	OXI			6.129
		NAI			
2 (177°)	Bedding – J – J1	OXI	8	0	0.439
		NAI			
	Bedding – J1 – J2	OXI			0.169
		NAI			

6. ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ – ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως έχει αναφερθεί κατά την εισαγωγή στο κεφάλαιο 1 η τεχνική διάνοιξης της σήραγγας Δημαρίου ακολουθεί τη μέθοδο NATM (New Austrian Tunneling Method). Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στην ενεργοποίηση της αντοχής της περιβάλλουσας βραχομάζας αποσκοπώντας σε όσο το δυνατόν μικρότερη αποσυμπίεση και χαλάρωση της. Το παραπάνω επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής μέτρων προσωρινής - άμεσης υποστήριξης που συμβάλουν στην ενίσχυση της αντοχής της βραχομάζας λόγω πίεσης σταθεροποίησης αποτέλεσμα του φαινομένου της θολωτής δράσης (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).

Συνεπώς, η γεωλογική - τεχνικογεωλογική – γεωτεχνική αξιολόγηση που συντελέστηκε στην παρούσα εργασία είχε ως βασικό γνώμονα τον παραπάνω τρόπο εκσκαφής. Δηλαδή μέσω της αξιολόγησης αποσκοπείται η παραμετροποίηση των πληροφοριών και η τελική πρόταση (θεώρηση) ως προς τις αναμενόμενες συνθήκες που θα συναντηθούν κατά τη φάση περάτωσης του τεχνικού έργου.

Συγκεκριμένα, τα τελικά παραδοτέα που ανταποκρίνονται στη μέθοδο NATM αποτελούν οι τυπικές διατομές της σήραγγας Δημαρίου. Πρόκειται για διατομές με αποτυπωμένες τη γεωμετρία του τεχνικού σε συνάρτηση με τη γεωλογία – τεχνική γεωλογία με κύριο στόχο να προσφέρουν τη μέγιστη δυνατή πληροφορία στον κατασκευαστή για την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων προσωρινής (άμεσης υποστήριξης) ανάλογα με το γεωλογικό περιβάλλον σε κάθε βήμα προχώρησης. Αποτυπώνουν δηλαδή την κατάσταση της βραχομάζας όπως πιθανολογείται πως θα είναι στο πεδίο κατά την εκσκαφή. Τέλος, υπό αυτό το πρίσμα πραγματοποιείται ποιοτικά αντιστοίχιση της κάθε διατομής με προτεινόμενα μέτρα προσωρινής υποστήριξης.

Για την παρούσα σήραγγα έχουν κατασκευαστεί εννιά (9) στο σύνολο τους τυπικές διατομές (όλες με διεύθυνση Δ-Α) που θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για το πλήθος των διαφορετικών τεχνικογεωλογικών ενοτήτων που εκτιμάται ότι θα συναντηθούν κατά τη φάση της εκσκαφής. Οι δύο (2) διατομές αναφέρονται στην εκσκαφή – διαμόρφωση των στομιών (εισόδου και εξόδου) ενώ οι υπόλοιπες για τη σήραγγα αυτή καθ' αυτή. Εν κατακλείδι, λόγω της φύσεως της εργασίας το παρόν κεφάλαιο κατέχει

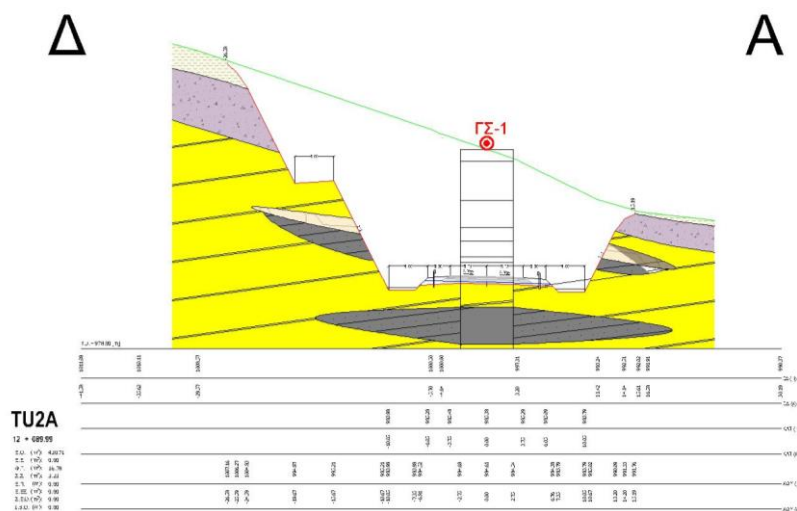
και το τμήμα των συμπερασμάτων ως τελικά παραδοτέα για την εκσκαφή του τεχνικού έργου.

6.1. ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΤΟΜΙΩΝ

6.1.1. Νότιο Στόμιο

Όπως παρατηρείται από τη τυπική διατομή του Νότιου στομίου (Σχήμα 6.1.1) αναμένεται ότι η διάνοιξη του στομίου θα λάβει χώρα στο σύνολο όλης της γνωστής γεωλογίας της περιοχής (ηφαιστειακοί τόφοι μαζί με τη ζώνη αποσάθρωσης τους, τα ηφαιστειακά λατυποπαγή, τη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών – ιλυολίθων που παρουσιάζονται με γενική κλίση περί τις 20° προς τα ΒΒΔ, καθώς και τα εδαφικά υλικά – κορήματα που βρίσκονται υπερκείμενα τους).

Στο κεφάλαιο 5 όπου και εκτελέστηκε ανάλυση ανισότροπων αστοχιών δείχθηκε ότι γενικά δεν αναμένεται να εντοπιστούν μεγάλα προβλήματα αστοχιών κατά τη φάση της εκσκαφής. Βέβαια, κυρίως λόγω της επιφανειακής αποσάθρωσης που υφίστανται οι γεωλογικοί σχηματισμοί σε συνάρτηση με την διατάραξη της βραχομάζας λόγω της εκσκαφής δύναται να δημιουργηθούν ικανές συνθήκες για εκδήλωση αστοχιών (τόσο ανισότροπων όσο και ισότροπων).

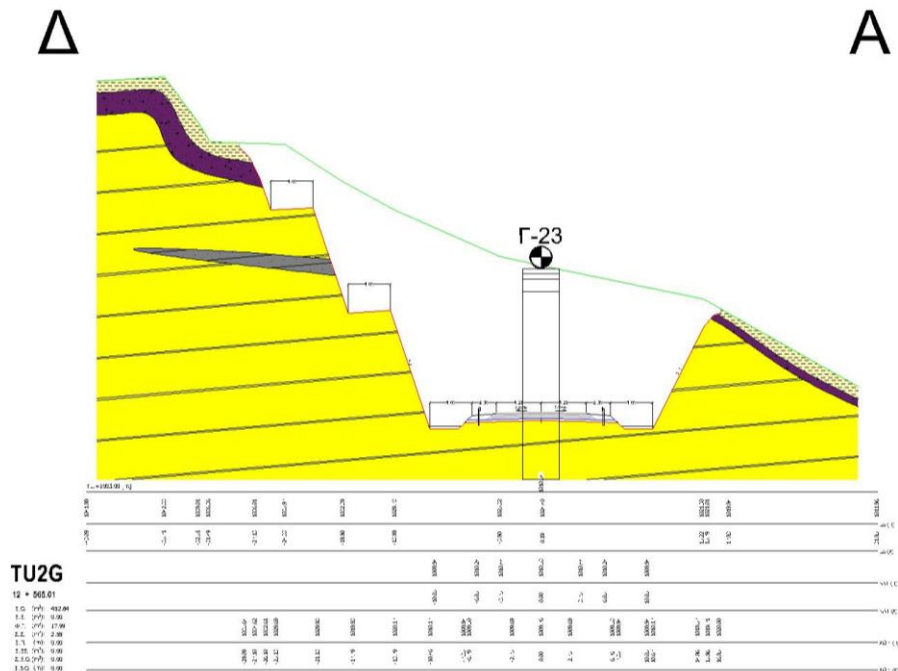


Σχήμα 6.1.1. Η τυπική διατομή του Νότιου στομίου της σήραγγας Δημαρίου (TU2A). Αναγνωρίζεται η γεωλογία της περιοχής καθώς και η γεωμετρία των τεχνικών έργων.

6.1.2. Βόρειο Στόμιο

Ομοίως με Νότιο στόμιο και στο Βόρειο οι γεωλογικές – τεχνικογεωλογικές συνθήκες αναμένονται παρόμοιες (Σχήμα 6.2.2) με εξαίρεση την ύπαρξη των ηφαιστειακών λατυποπαγών και τη μικρότερη ζώνη αποσάθρωσης των ηφαιστειακών τόφφων

Στο κεφάλαιο 5 όπου και εκτελέστηκε ανάλυση ανισότροπων αστοχιώνδείχθηκε ότι γενικά όπως και στο Νότιο δεν αναμένεται να εντοπιστούν μεγάλα προβλήματα αστοχιών κατά τη φάση της εκσκαφής. Παρόμοια όμως θεώρηση γίνεται για το ενδεχόμενο της πρόκλησης αστοχίας λόγω της επιφανειακής αποσάθρωσης και διατάραξης της βραχομάζας από την εκσκαφή.



Σχήμα 6.1.2. Η τυπική διατομή του Βορείου στομίου της σήραγγας Δημαρίου (TU2G). Αναγνωρίζεται η γεωλογία της περιοχής καθώς και η γεωμετρία των τεχνικών έργων.

6.2. ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Για το εσωτερικό της σήραγγας έχουν δημιουργηθεί επτά (4) τυπικές διατομές αντιστοιχούνται στις Τ.Ε.Σ. που έχουν προκύψει από την τεχνικογεωλογική ανάλυση. Στον πίνακα 6.2.1 παρουσιάζεται αυτή η αντιστοιχία. Στη συνέχεια επισυνάπτονται οι διατομές αυτές με την αντίστοιχη σειρά σύμφωνα με τις Τ.Ε.Σ (Σχήματα 6.2.1, 6.2.2,

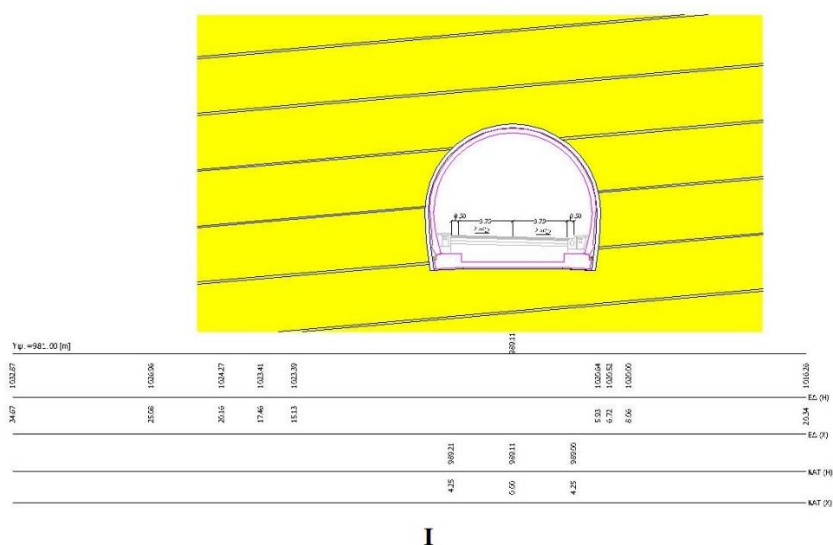
Τέλος κατά τη φάση της διάνοιξης με την χαρτογράφηση του μετώπου επιλέγεται με βάση τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες, από τον μελετητή / κατασκευαστή η κατάλληλη τυπική διατομή για το επόμενο βήμα προχώρησης και την επιβολή μέτρων προσωρινής υποστήριξης

Πίνακας 6.2.1. Αντιστοίχιση τυπικών διατομών με τις Τ.Ε.Σ.

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ	Τ.Ε.Σ.
I & II & III	1
IV & V	2
V & VI	3
VII	4

Δ

A



Σχήμα 6.2.1. Η τυπική διατομή Ι της σήραγγας Δημαρίου. Κατά τη φάση εκσκαφής σε αυτή τη διατομή αναμένεται η εκσκαφή εξ' ολοκλήρου σε ηφαιστειακούς τόφφους σε αντιστοιχία με τη Τ.Ε.Σ. 1.

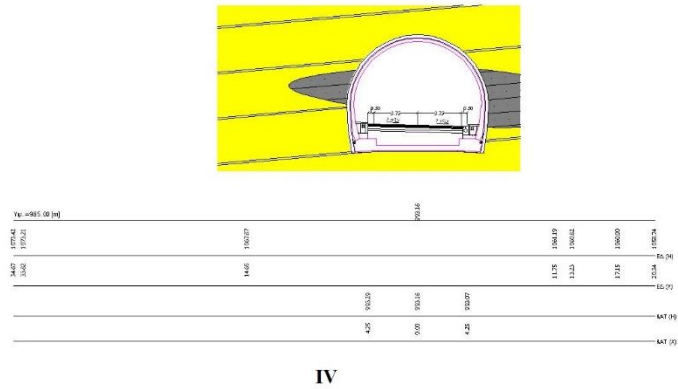


A



Δ

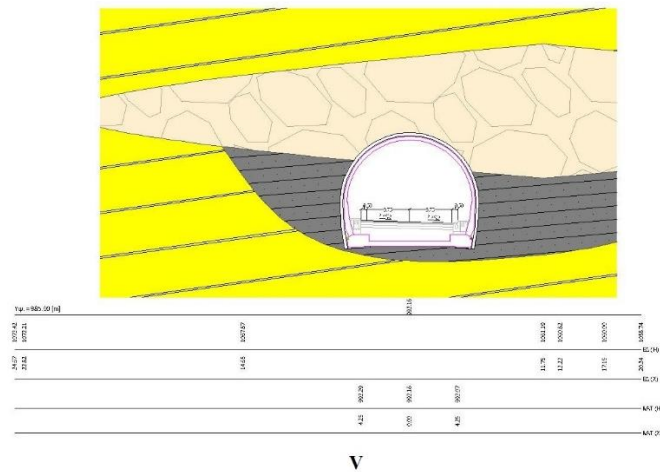
Α



Σχήμα 6.2.4. Η τυπική διατομή IV της σήραγγας Δημαρίου. Κατά τη φάση εκσκαφής σε αυτή τη διατομή αναμένεται η εκσκαφή σε ηφαιστειακούς τόφους με ηφαιστειακά λατυποπαγή σε αντιστοιχία με τη Τ.Ε.Σ. 2.

Δ

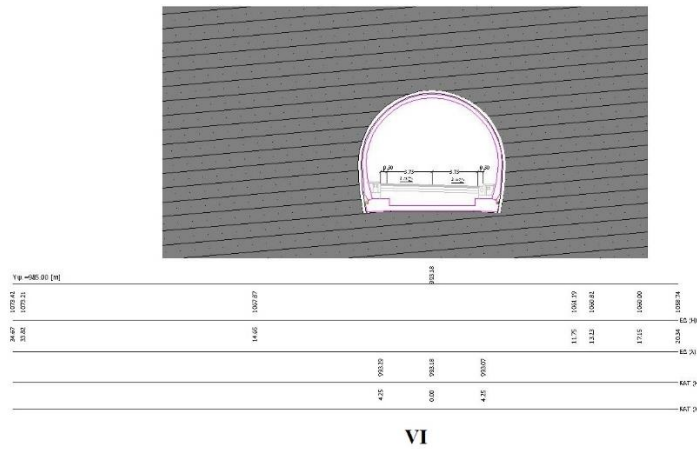
Α



Σχήμα 6.2.5. Η τυπική διατομή V της σήραγγας Δημαρίου. Κατά τη φάση εκσκαφής σε αυτή τη διατομή αναμένεται η εκσκαφή σε όλο το σύνολο της μολάσσας Ροδόπης σε αντιστοιχία με τη Τ.Ε.Σ. 2.

Δ

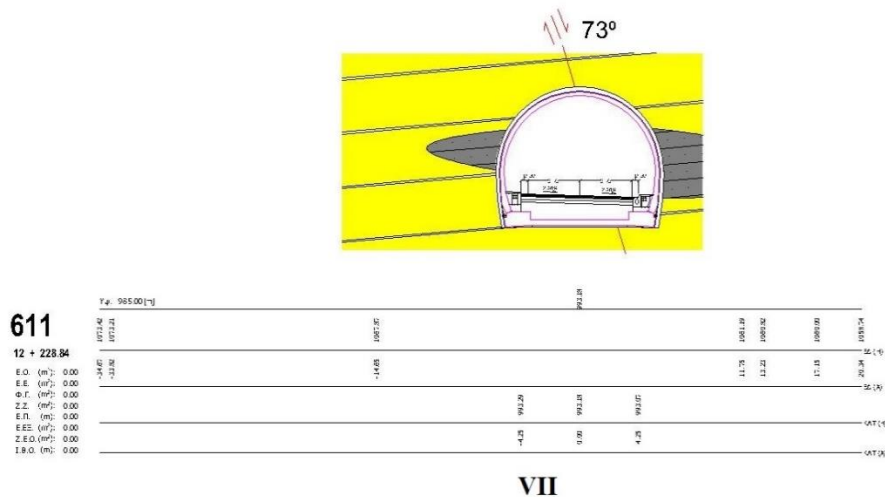
Α



Σχήμα 6.2.6. Η τυπική διατομή VI της σήραγγας Δημαρίου. Κατά τη φάση εκσκαφής σε αυτή τη διατομή αναμένεται η εκσκαφή εξ' ολοκλήρου στη σειρά εναλλαγών ψαμμιτών – ιλυολίθων σε αντιστοιχία με τη Τ.Ε.Σ. 3.

Δ

Α



Σχήμα 6.2.7. Η τυπική διατομή VII της σήραγγας Δημαρίου. Κατά τη φάση εκσκαφής σε αυτή τη διατομή αναμένεται η εκσκαφή εξ' ολοκλήρου σε περιοχές ρηγμάτων σε αντιστοιχία με τις Τ.Ε.Σ. 4 ανάλογα με το υλικό που υπερισχύει στο μέτωπο της εκσκαφής.

6.3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ (ΑΜΕΣΗΣ) ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

Με την περάτωση των τυπικών διατομών σε αυτό το κεφάλαιο επιχειρείται η πρόταση μέτρων προσωρινής (άμεσης) υποστήριξης κατά την εκσκαφή της σήραγγας. Η προσέγγιση ποιοτικά και τα μέτρα που προτείνονται δεν λαμβάνουν υπόψιν παραμέτρους αντοχής και διαθεσιμότητας τους. Ασφαλώς δεν λαμβάνεται υπόψιν οποιαδήποτε οικονομοτεχνική ανάλυση για την τελική πρόταση των κατάλληλων μέτρων.

Ουσιαστικά αντιστοιχίζονται τα μέτρα προσωρινής υποστήριξης με την κάθε τυπική διατομή (συνεπώς και Τ.Ε.Σ.), επιπλέον και σαν οδηγός ανάλογα πάλι με την εκάστοτε τυπική διατομή προσδιορίζεται ο ποιοτικός χαρακτήρας των μέτρων, δηλαδή προτείνονται μέτρα: "ελαφριά" ήτοι: αγκύρια, εκτοξευμένο σκυρόδεμα, μεταλλικά πλέγματα και ίνες, αποστραγγιστικές και ανακουφιστικές οπές κ.α., "μέτρια" ήτοι: ελαφρά βλήτρα προπορείας, αγκύρια μετώπου, κ.α., και "βαριά" ήτοι: ομπρέλα βαριών δοκών προπορείας, προσωρινό και ανάστροφο μόνιμο τόξο, ολισθαίνουσα υποστήριξη κ.α. Στον παρακάτω πίνακα συντελείται μία τέτοια προσπάθεια (Πίνακας 6.3.1).

Όπως παρατηρείται στο σύνολο σχεδόν των τυπικών διατομών προτείνονται "ελαφριά" έως "μέτρια" μέτρα υποστήριξης. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τις αναμενόμενες αστοχίες ως επί το πλείστον βαρυτικού τύπου (ανισότροπες). Το συμπέρασμα ενισχύεται και από τη διερεύνηση τις τασικού τύπου αστοχίες (ισότροπες). Όπως έχει υπολογιστεί παραπάνω (Σχήμα 4.7.2) η υπολογισμένη παραμόρφωση ϵ για την σήραγγα Δημαρίου δεν δύναται στο μέγιστο της βαθμό να ξεπερνά το 1%. Έτσι και από το παρακάτω σχήμα επαληθεύεται η ορθή χρήση "ελαφριών" μέτρων προσωρινής υποστήριξης (Σχήμα 6.3.1).

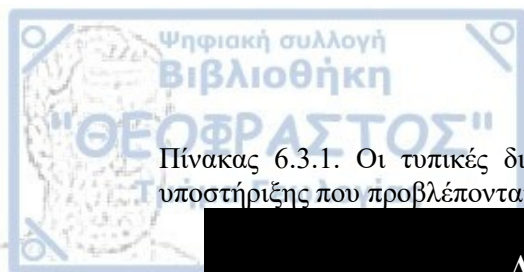
	Παραμόρφωση (%)	Γεωτεχνική θεώρηση	Τύπος υποστήριξης
A	Λιγότερο από 1	Λίγα προβλήματα αστάθειας. Απλές μέθοδοι σχεδιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Τα συνιστώμενα μέτρα προστασίας μπορεί να εκτιμηθούν οικονομικητικά από τις ταξινομήσεις βραχομάζας.	Απλές συνθήκες. Η χρήση σκυρίων ή/και εκτοξευμένου εκτοξευμένου είναι η συνήθης πρακτική.
B	1 έως 2,5	Μέθοδοι σύγκλισης αποτόνωσης χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη του σχηματισμού της «ελαστικής» ζώνης στην βραχομάζα που περιβάλλει την σήραγγα και για την αλληλεπίδραση μεταξύ της προοδευτικής ανάπτυξης της ζώνης αυτής και των διαφορών τύπων υποστήριξης.	Μικρά προβλήματα που συνήθως αντιμετωπίζονται με σκυρίια και εκτοξευμένο εκτοξευμένο. Μερικές φορές προστίθενται και ελαφρά κλίσεις ή δικτυωτά κλίσεις (lattice girder) για πρόσθετη ασφάλεια.
C	2,5 έως 5	Συνήθως χρησιμοποιείται διδιδιότατη ανάλυση με παραμορφωμένα στοιχεία ενσωματώνοντας τα στοιχεία της υποστήριξης και την διαδοχή των φάσεων κατασκευής. Η αστόχεια στο μέγιστο συνήθως δεν είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα.	Σοβαρά προβλήματα συγκλίσεων που απαιτούν γρήγορη τοποθέτηση της υποστήριξης και επαρκή εκδίωξη των εργασιών. Γενικά επιβάλλεται η χρήση βαρέων κλίσεων ενσωματωμένων στο εκτοξευμένο εκτοξευμένο.
D	5 έως 10	Ο σχεδιασμός της σήραγγας ελέγχεται από την αστόχεια του μετώπου και, αν και γενικά χρησιμοποιείται διδιδιότατη ανάλυση παραμορφωμένων στοιχείων, απαιτείται κάποια εκτίμηση της δράσης των δοκών προστασίας και της ενίσχυσης του μετώπου.	Πολύ σοβαρά προβλήματα και προβλήματα αστόχειας των μετώπων. Συνήθως απαιτούνται δοκοί προστασίας (lagging) ενίσχυση του μετώπου και κλίσεις ενσωματωμένες στο εκτοξευμένο εκτοξευμένο.
E	Μεγαλύτερη των 10	Σοβαρά προβλήματα στην αστόχεια του μετώπου και μεγάλες συγκλίσεις στην σήραγγα δημιουργούν ένα ιδιαίτερα δύσκολο πρόβλημα τριών διαστάσεων για το οποίο δεν διατίθεται ακόμη αποτελεσματική μέθοδος σχεδιασμού. Τις περισσότερες φορές οι λύσεις βασίζονται στην εμπειρία.	Εξαιρετικά προβλήματα συγκλίσεων. Συνήθως χρησιμοποιούνται δοκοί προστασίας και ενίσχυση του μετώπου. Ολοκληρώνεται (yielding) κλίσεις ενισχυμένες να απαιτούνται σε αρκετές καταστάσεις έναντι των κλασικών κλίσεων.

Σχήμα 6.3.1. Εμπειρική αντιστοίχιση ποσοστού παραμόρφωσης με τη γεωτεχνική θεώρηση το τύπο υποστήριξης σε υπόγεια έργα. Παρατηρείται η κατηγορία στην οποία βρίσκεται η βραχομάζα της σήραγγας Δημαρίου (Hoek and Marinos, 2000).

Το βήμα προχώρησης, προτείνεται τόσο ώστε κάθε φορά να αποφεύγεται η αποκόλληση από την οροφή των σχηματισμένων σφηνών.

Αναφορικά με την εκσκαφή της σήραγγας σε φάσεις (άνω και κάτω διατομή κ.α.) τα στοιχεία δεν συνηγορούν στην χρησιμοποίηση τέτοιων τεχνικών λόγω της κατάστασης της βραχομάζας, εξαίρεση ίσως αποτελούν οι ζώνες ρηγμάτων και οι πλαστικές περιοχές τους.

Τέλος, ιδιαίτερη μνεία γίνεται για τα στόμια που όπως έχει αναφερθεί λόγω εγγύτητας στις δυνάμεις επιφανειακής αποσάθρωσης και συνεπώς της ύπαρξης βραχομάζας χαμηλών παραμέτρων αντοχής, κρίνονται ιδιαίτερα ευάλωτα σε αστοχία, Έτσι και για τις δύο τυπικές διατομές των στομίων (TU2A – Νότιο & TU2G - Βόρειο) προτείνεται να περιέλθουν στην κατηγορία των "βαριών" μέτρων προσωρινής υποστήριξης.



Πίνακας 6.3.1. Οι τυπικές διατομές για τη σήραγγα Δημαρίου με τα αντίστοιχα μέτρα υποστήριξης που προβλέπονται για την κάθε μία.

	ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΜΕΤΡΩΝ	ΜΕΤΡΑ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	I	ΕΛΑΦΡΙΑ	Εκτοξευμένο Σκυρόδεμα Μεταλλικά Πλέγματα Αγκύρια βράχου Αποστραγγιστικές οπές
	II		
	III		
	IV	ΕΛΑΦΡΙΑ ΕΩΣ ΜΕΤΡΙΑ	Τα παραπάνω σε μεγαλύτερο κάναβο και επιπρόσθετα: Ελαφρά βλήτρα Προπορείας Αγκύρια Μετώπου
	V		
	VI		
	VII	ΒΑΡΙΑ	Τα παραπάνω σε πυκνότερο κάναβο και επιπρόσθετα: Ομπρέλα βαριών δοκών προπορείας
ΣΤΟΜΙΑ	TU2A		
	TU2G		

Bieniawski, Z. T. (1975). The point-load test in geotechnical practice. *Engineering Geology*, 9, 1, 1-11.

Deere, D. U. and Deere, D. W., "The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice," Rock Classification Systems for Engineering Purposes, ASTM STP 984, LouisKirkaldie, Ed., *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, 1988, pp.

Hoek, E & Carranza-Torres, C. & Corkum, Brent & Hoek, Evert & Carranza-Torres, Carlos. (2002). Hoek-Brown failure criterion - 2002 Edition.

Hoek, E., & Marinos, P. (January 01, 2000). Predicting squeeze: Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogeneous rock masses. *Tunnels & Tunnelling*, 32, 12.)4:1165–1186.

Hoek E, Diederichs MS (2006). Empirical estimation of rock mass modulus. *Int J Rock Mech Min Sci* 43:203– 215.

ISRM (1985). Suggested Method for Determining Point Load Strength

Kahraman, S., & Gunaydin, O. (August 01, 2009). The effect of rock classes on the relation between uniaxial compressive strength and point load index. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 68, 3, 345-353

Kaya, A., & Karaman, K. (2016). Utilizing the strength conversion factor in the estimation of uniaxial compressive strength from the point load index. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment : the Official Journal of the Iaeg*, 75, 1, 341-357

Marinos V. Assessing rock mass behaviour for tunneling. *Environmental and Engineering Geoscience* 2012;18(4):327e41. 10.2113/gsegeosci.18.4.327.

Marinos, P. V. (January 24, 2017). Geological Behaviour of Rock Masses in Underground Excavations. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 43, 3, 1238.

Ελληνική Βιβλιογραφία

ΓΕΩΤ.ΕΡ. Διδασκάλου Ε.Ε. (2019). Συμπληρωματική Γεωτεχνική Έρευνα Σήραγγας στο Τμήμα της Εγν. Οδού: Δημάριο – Ελληνοβουλγαρικά Σύνορα

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. (2017). Κάθετος Άξονας 70 Εγνατίας Οδού: Τμήμα «Μελίβοια – Ελληνοβουλγαρικά Σύνορα» (κωδ. 70.2.2). Υπότιμημα: «Δημάριο – Ελληνοβουλγαρικά Σύνορα». *ΒΟ2 Τεχνική Περιγραφή*.

Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (2001). Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας.

Η ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. (2013). ως Φορέας Υλοποίησης Στρατηγικού Πλέγματος Αναπτυξιακών Υποδομών στη Βόρεια Ελλάδα. Παρουσίαση

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. (2014). Εκπόνηση Οριστικών Μελετών Σηράγγων στο Τμήμα "Μελίβοια – Σύνορα" του Κάθετου Άξονα 70 της Εγνατίας Οδού "Ξάνθη– Εχίνος-Ελληνοβουλγαρικά Σύνορα" (Τμήμα 70.2.2). Οριστική Γεωλογική Μελέτη Σήραγγες Σ1 & Σ2. Τεχνική Έκθεση.

Κούκης Χ. Γ. & Σαμπατακάκης Ν. Σ. (2007). Γεωλογία Τεχνικών Έργων. Αθήνα: Παπασωτηρίου Εκδόσεις

Μαρίνος Β. (2020). Παραδείγματα Αξιολόγησης Τεχνικογεωλογικών Ενοτήτων. *Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία. Κατεύθυνση: Τεχνική Γεωλογία και Περιβάλλον*.

Μουντράκης Μ. Δ. (2010). Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Στο παράρτημα Α παρατίθενται κατά σειρά οι περιγραφές των γεωτρήσεων (Πίνακας Α.1) και οι ταξινομήσεις βραχομάζας (Πίνακας Α.2).

Πίνακας Α.1. Προβάλλονται οι περιγραφές των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΑΠΟ	ΕΩΣ	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ / ΥΛΙΚΑ
ΔΑ-1	20.00	0.00	4.50	Κορήματα
		4.50	13.70	Μανδύας Αποσάθρωσης
		13.70	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΑ-2	20.00	0.00	1.60	Κορήματα
		1.60	6.50	Μανδύας Αποσάθρωσης
		6.50	11.30	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		11.00	13.50	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		13.50	17.70	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		17.70	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΑ-3	20.00	0.00	0.50	Κορήματα
		0.50	4.50	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		4.50	6.40	Μανδύας Αποσάθρωσης
		4.50	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΕ-11	25.00	0.00	10.00	Υλικά Κατολίσθησης
		10.00	12.40	Μανδύας Αποσάθρωσης
		12.40	18.70	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		18.70	25.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΝ-3	35.00	0.00	2.10	Υλικά Κατολίσθησης
		2.10	6.10	Μανδύας Αποσάθρωσης
		6.10	18.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		18.00	35.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΝ-4	24.00	0.00	3.00	Υλικά Κατολίσθησης
		3.00	4.30	Μανδύας Αποσάθρωσης
		4.30	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		20.00	24.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΝ-6	30.70	0.00	4.00	Υλικά Κατολίσθησης
		4.00	16.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		16.00	21.00	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		21.00	30.70	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΝΤ-12	15.00	0.00	2.35	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.35	15.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
ΔΝΤ-13	15.00	0.00	5.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		5.00	12.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		12.00	15.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΟ-23	33.70	0.00	3.50	Υλικά Κατολίσθησης
		3.50	7.20	Ηφαιστειακοί Τόφφοι

		7.20	26.00	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		26.00	28.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		28.00	33.70	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΟ-24	30.00	0.00	11.70	Υλικά Κατολίσθησης
		11.70	18.90	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		18.90	24.70	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		24.70	30.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΟ-28	28.00	0.00	1.60	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.60	4.90	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		4.90	15.40	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		15.40	23.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		23.00	28.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΟ-30	23.00	0.00	2.70	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.70	21.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		21.00	23.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΣ-1	20.00	0.00	4.70	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		4.70	6.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		6.50	8.70	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		8.70	13.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		13.00	14.30	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		14.30	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΣ-2	20.00	0.00	1.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.00	7.60	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		7.60	15.10	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		15.10	17.20	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		17.20	20.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλλυολίθων
ΔΣ-3	20.00	0.00	1.00	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.00	2.60	Μανδύας αποσάθρωσης
		2.60	8.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		8.50	16.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		16.00	19.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		19.00	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΣ-4	20.00	0.00	1.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.00	4.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		4.00	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΤ-19	10.00	0.00	1.30	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.30	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-21	10.00	0.00	2.38	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.38	5.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		5.00	8.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλλυολίθων
		2.38	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-23	10.00	0.00	2.20	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.20	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-24	10.00	0.00	0.50	Μανδύας Αποσάθρωσης
		0.50	9.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι

		9.00	10.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
ΔΤ-25	10.00	0.00	1.50	Κορήματα
		1.50	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-27	10.00	0.00	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-28	10.00	0.00	2.30	Τεχνητές Επιχώσεις
		2.30	3.10	Μανδύας Αποσάθρωσης
		3.10	6.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		6.00	10.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΤ-29	23.30	0.00	1.50	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.50	5.70	Υλικά Κατολίσθησης
		5.70	9.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		9.00	18.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		18.50	23.30	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΤ-30	10.00	0.00	1.00	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.00	2.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.00	10.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΤ-32	10.00	0.00	1.50	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.50	3.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.50	5.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		5.50	10.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΤ-33	10.00	0.00	2.60	Τεχνητές Επιχώσεις
		2.60	3.20	Μανδύας Αποσάθρωσης
		3.20	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-34	18.00	0.00	1.00	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.00	11.00	Υλικά Κατολίσθησης
		11.00	12.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		12.00	16.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		16.00	18.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-40	10.00	0.00	1.60	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.60	3.30	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		3.30	4.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		4.00	10.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
ΔΤ-43	10.00	0.00	1.00	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.00	9.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		9.00	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-13	20.00	0.00	0.70	Τεχνητές Επιχώσεις
		0.70	5.10	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		5.10	7.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		7.00	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-14	20.00	0.00	1.70	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.70	6.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		6.50	7.80	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		7.80	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-15	30.00	0.00	30.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-16	20.00	0.00	6.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή

		6.00	12.60	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		12.60	14.90	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		14.90	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		0.00	0.70	Μανδύας Αποσάθρωσης
Γ-17	20.00	0.70	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-18	15.00	0.00	1.30	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.30	15.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
Γ-19	20.00	0.00	2.50	Υλικά Κατολίσθησης
		2.50	3.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		3.00	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-20	20.00	0.00	1.20	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.20	12.90	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		12.90	16.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		16.00	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-21	20.00	0.00	1.00	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.00	2.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.00	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-22	20.00	0.00	0.50	Τεχνητές Επιχώσεις
		0.50	1.20	Μανδύας αποσάθρωσης
		1.20	10.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		10.00	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-23	20.00	0.00	0.50	Τεχνητές Επιχώσεις
		0.50	1.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.00	2.20	Εναλλαγές ψαμμιτών - ιλυολίθων
		2.20	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-24	15.00	0.00	0.50	Τεχνητές Επιχώσεις
		0.50	0.90	Μανδύας Αποσάθρωσης
		0.90	15.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-25	20.00	0.00	2.00	Τεχνητές Επιχώσεις
		2.00	3.00	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.00	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-26	20.00	0.00	1.50	Μανδύας Αποσάθρωσης
		1.50	2.10	Εναλλαγές ψαμμιτών - ιλυολίθων
		2.10	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
Γ-27	20.00	0.00	2.70	Μανδύας Αποσάθρωσης
		2.70	15.60	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		15.60	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-28A	20.00	0.00	0.40	Τεχνητές Επιχώσεις
		0.40	1.60	Μανδύας Αποσάθρωσης λατυποπαγή
		1.60	7.90	Ηφαιστειακά Λατυποπογή
		7.90	13.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
Γ-28B	20.00	13.00	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		0.00	4.40	Μανδύας Αποσάθρωσης
ΓC-1	20.00	4.40	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		0.00	2.45	Υλικά Κατολίσθησης

		2.45	20.00	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
ΓC-1.1	20.00	0.00	18.40	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
		18.40	20.00	Ηφαιστειακοί τόφφοι
ΓΠ-1	30.00	0.00	1.50	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.50	8.00	Υλικά Κατολίσθησης
		8.00	9.50	Μανδύας αποσάθρωσης
		9.50	19.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		19.00	20.50	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		20.50	25.20	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		25.20	30.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
ΓΣ-1	25.00	0.00	1.20	Τεχνητές Επιχώσεις
		1.20	5.20	Μανδύας αποσάθρωσης
		5.20	8.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		8.00	9.40	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
		9.40	11.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		11.00	16.20	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
		16.20	20.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		20.00	22.80	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
ΓΣ-2	85.60	22.80	25.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		0.00	9.00	Υλικά Κατολίσθησης
		9.00	13.50	Μανδύας Αποσάθρωσης
		13.50	16.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		16.00	20.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		20.50	28.80	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		28.80	34.60	Εναλλαγές ψαμμιτών - Ιλυολίθων
		34.60	38.80	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		38.80	43.20	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		43.20	45.30	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		45.30	46.80	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		46.80	52.10	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		52.10	60.30	Εναλλαγές ψαμμιτών - Ιλυολίθων
		60.30	63.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		63.50	72.50	Εναλλαγές ψαμμιτών - Ιλυολίθων
		72.50	75.10	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		75.10	75.60	Εναλλαγές ψαμμιτών - Ιλυολίθων
		75.60	82.50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
		82.50	85.60	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή

Πίνακας Α.2. Βαθμονόμηση βραχομάζας με το δείκτη ποιότητας RQD

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)	RQD (%)	ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ
Γ-13	2.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	100.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	

	6.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	7.00	100.00	
	8.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	9.00	99.00	
	10.00	99.00	
	11.00	97.00	
	12.00	97.00	
	13.00	97.00	
	14.00	97.00	
	15.00	100.00	
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	
	18.00	98.00	
	19.00	98.00	
	20.00	100.00	
Γ-14	2.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	100.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	
	6.00	98.00	
	7.00	98.00	
	8.00	86.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	9.00	86.00	
	10.00	86.00	
	11.00	100.00	
	12.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	13.00	100.00	
	14.00	100.00	
	15.00	100.00	
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	
	18.00	100.00	
	19.00	100.00	
	20.00	100.00	
Γ-15	0.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	1.00	100.00	
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	
	6.00	100.00	
	7.00	100.00	
	8.00	100.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	

	11.00	100.00	
	12.00	100.00	
	13.00	100.00	
	14.00	100.00	
	15.00	100.00	
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	
	18.00	100.00	
	19.00	100.00	
	20.00	97.00	
	21.00	97.00	
	22.00	97.00	
	23.00	100.00	
	24.00	100.00	
	25.00	100.00	
	26.00	100.00	
	27.00	100.00	
	28.00	100.00	
	29.00	100.00	
	30.00	100.00	
Γ-16	1.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	
	6.00	100.00	
	7.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	8.00	100.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
	11.00	100.00	
	12.00	100.00	
	13.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	14.00	100.00	
	15.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	
	18.00	100.00	
	19.00	100.00	
	20.00	100.00	
Γ-17	1.00	30.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2.00	80.00	
	3.00	80.00	
	4.00	80.00	
	5.00	80.00	

	6.00	95.00	
	7.00	95.00	
	8.00	95.00	
	9.00	95.00	
	10.00	95.00	
	11.00	55.00	
	12.00	55.00	
	13.00	90.00	
	14.00	90.00	
	15.00	90.00	
	16.00	95.00	
	17.00	95.00	
	18.00	95.00	
	19.00	95.00	
	20.00	100.00	
Γ-18	1.00	33.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	95.00	
	5.00	100.00	
	6.00	100.00	
	7.00	95.00	
	8.00	100.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
	11.00	100.00	
	12.00	100.00	
	13.00	100.00	
	14.00	100.00	
	15.00	90.00	
Γ-19	2.50	0.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	0.00	
	4.00	0.00	
	5.00	0.00	
	6.00	0.00	
	7.00	0.00	
	8.00	0.00	
	9.00	0.00	
	10.00	38.00	
	11.00	0.00	
	12.00	79.00	
	13.00	0.00	
	14.00	0.00	
	15.00	42.00	
	16.00	0.00	

	17.00	0.00	
	18.00	0.00	
	19.00	0.00	
	20.00	41.00	
Γ-20	1.00	94.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2.00	94.00	
	3.00	94.00	
	4.00	94.00	
	5.00	94.00	
	6.00	95.00	
	7.00	100.00	
	8.00	92.00	
	9.00	88.00	
	10.00	100.00	
	11.00	100.00	
	12.00	100.00	
	13.00	90.00	
	14.00	90.00	
	15.00	90.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	18.00	100.00	
	19.00	100.00	
	20.00	100.00	
Γ-21	1.00	0.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2.00	60.00	
	3.00	60.00	
	4.00	60.00	
	5.00	50.00	
	6.00	50.00	
	7.00	50.00	
	8.00	65.00	
	9.00	65.00	
	10.00	85.00	
	11.00	85.00	
	12.00	85.00	
	13.00	85.00	
	14.00	60.00	
	15.00	60.00	
	16.00	60.00	
	17.00	100.00	
	18.00	70.00	
	19.00	70.00	
	20.00	70.00	
Γ-22	1.00	75.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή

	2.00	50.00	
	3.00	50.00	
	4.00	35.00	
	5.00	0.00	
	6.00	0.00	
	7.00	20.00	
	8.00	0.00	
	9.00	0.00	
	10.00	95.00	
	11.00	95.00	
	12.00	95.00	Ηφαιστειακοί Τόφοι
	13.00	70.00	
	14.00	70.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	15.00	0.00	
	16.00	80.00	
	17.00	80.00	
	18.00	100.00	
	19.00	100.00	
	20.00	100.00	
Γ-23	0.50	40.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	2.00	65.00	
	3.00	65.00	Ηφαιστειακοί Τόφοι
	4.00	65.00	
	5.00	40.00	
	6.00	40.00	
	7.00	40.00	
	8.00	35.00	
	9.00	80.00	
	10.00	80.00	
	11.00	50.00	
	12.00	50.00	
	13.00	35.00	
	14.00	35.00	
	15.00	45.00	
	16.00	45.00	
	17.00	20.00	
	18.00	10.00	
	19.00	10.00	
	20.00	35.00	
Γ-24	0.50	95.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	1.00	95.00	
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	

	6.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφοι
	7.00	100.00	
	8.00	100.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
	11.00	100.00	
	12.00	100.00	
	13.00	100.00	
	14.00	100.00	
	15.00	100.00	
Γ-25	2.00	50.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3.00	50.00	
	4.00	50.00	
	5.00	75.00	
	6.00	75.00	
	7.00	75.00	
	8.00	85.00	
	9.00	85.00	
	10.00	85.00	
	11.00	85.00	
	12.00	95.00	
	13.00	95.00	
	14.00	95.00	
	15.00	95.00	
	16.00	95.00	
Γ-26	1.50	40.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	2.00	40.00	
	3.00	90.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	4.00	90.00	
	5.00	90.00	
	6.00	70.00	
	7.00	80.00	
	8.00	100.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
	11.00	100.00	
	12.00	100.00	
	13.00	100.00	
	14.00	80.00	
	15.00	90.00	
	16.00	95.00	

	17.00	95.00	
	18.00	95.00	
	19.00	95.00	
	20.00	95.00	
Γ-27	2.70	30.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3.00	60.00	
	4.00	60.00	
	5.00	60.00	
	6.00	60.00	
	7.00	90.00	
	8.00	90.00	
	9.00	85.00	
	10.00	85.00	
	11.00	50.00	
	12.00	50.00	
	13.00	50.00	
	14.00	85.00	
	15.00	85.00	
	16.00	85.00	
	17.00	95.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	18.00	95.00	
	19.00	95.00	
	20.00	95.00	
Γ-28Α	0.40	0.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	1.00	0.00	
	2.00	40.00	
	3.00	80.00	
	4.00	80.00	
	5.00	80.00	
	6.00	90.00	
	7.00	90.00	
	8.00	75.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	9.00	75.00	
	10.00	75.00	
	11.00	75.00	
	12.00	30.00	
	13.00	10.00	
	14.00	50.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	15.00	50.00	
	16.00	60.00	
	17.00	60.00	
	18.00	75.00	
	19.00	75.00	
	20.00	75.00	
Γ-28Β	4.40	0.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι

	5.00	15.00	
	6.00	17.00	
	7.00	55.00	
	8.00	0.00	
	9.00	0.00	
	10.00	0.00	
	11.00	0.00	
	12.00	0.00	
	13.00	0.00	
	14.00	0.00	
	15.00	60.00	
	16.00	60.00	
	17.00	20.00	
	18.00	20.00	
	19.00	0.00	
	20.00	0.00	
ΓC-1.1	19.00	70.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	20.00	70.00	
ΔA-01	4.00	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	5.00	30.00	
	6.00	45.00	
	7.00	30.00	
	8.00	30.00	
	9.00	20.00	
	10.00	50.00	
	11.00	25.00	
	12.00	15.00	
	13.00	15.00	
	14.00	35.00	
	15.00	35.00	
	16.00	35.00	
ΔA-02	17.00	0.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	18.00	10.00	
	19.00	35.00	
	20.00	20.00	
	1.60	67.00	
	2.00	70.00	
	3.00	75.00	
	4.00	50.00	
	5.00	55.00	
	6.00	40.00	
	7.00	70.00	
	8.00	90.00	
	9.00	90.00	
	10.00	100.00	

	11.00	85.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	12.00	90.00	
	13.00	100.00	
	14.00	85.00	
	15.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	
	18.00	97.00	
	19.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	20.00	100.00	
ΔΑ-03	4.50	0.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	5.00	40.00	
	6.00	0.00	
	7.00	0.00	
	8.00	0.00	
	9.00	0.00	
	10.00	20.00	
	11.00	80.00	
	12.00	25.00	
	13.00	30.00	
	14.00	40.00	
	15.00	60.00	
	16.00	100.00	
	17.00	15.00	
	18.00	15.00	
	19.00	25.00	
	20.00	55.00	
ΔΕ-11	18.70	40.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	19.00	40.00	
	20.00	70.00	
	21.00	60.00	
	22.00	60.00	
	23.00	65.00	
	24.00	35.00	
	25.00	25.00	
ΔΝ-03	2.00	0.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	20.00	
	4.00	40.00	
	5.00	20.00	
	6.00	20.00	
	7.00	0.00	
	8.00	94.00	
	9.00	95.00	
	10.00	98.00	
	11.00	65.00	

	12.00	90.00	
	13.00	100.00	
	14.00	0.00	
	15.00	75.00	
	16.00	60.00	
	17.00	0.00	
	18.00	25.00	
	19.00	10.00	
	20.00	20.00	
	21.00	20.00	
	22.00	40.00	
	23.00	85.00	
	24.00	40.00	
	25.00	60.00	
	26.00	70.00	
	27.00	50.00	
	28.00	98.00	
	29.00	65.00	
	30.00	55.00	
	31.00	80.00	
	32.00	90.00	
	33.00	0.00	
	34.00	40.00	
	35.00	35.00	
ΔΝ-04	3.00	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	4.00	60.00	
	5.00	85.00	
	6.00	70.00	
	7.00	70.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	8.00	96.00	
	9.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	10.00	100.00	
	11.00	100.00	
	12.00	100.00	
	13.00	100.00	
	14.00	100.00	
	15.00	96.00	
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	
	18.00	80.00	
	19.00	55.00	
	20.00	100.00	
	21.00	80.00	
	22.00	80.00	
	23.00	100.00	

ΔNT-12	24.00	75.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2.35	31.00	
	3.00	14.00	
	4.00	31.00	
	5.00	31.00	
	6.00	0.00	
	7.00	29.00	
	8.00	29.00	
	9.00	15.00	
	10.00	30.00	
	11.00	7.00	
	12.00	7.00	
	13.00	42.00	
	14.00	42.00	
	15.00	42.00	
ΔNT-13	2.00	68.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3.00	60.00	
	4.00	0.00	
	5.00	57.00	
	6.00	43.00	
	7.00	80.00	
	8.00	67.00	
	9.00	54.00	
	10.00	71.00	
	11.00	71.00	
	12.00	93.00	
	13.00	78.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	14.00	78.00	
	15.00	28.00	
ΔO-23	3.50	90.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	4.00	40.00	
	5.00	80.00	
	6.00	70.00	
	7.00	60.00	
	28.00	15.00	
	29.00	46.00	
	30.00	39.00	
	31.00	58.00	
	32.00	81.00	
	33.00	36.00	
	33.70	50	
ΔO-24	11.70	90.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	12.00	90.00	
	13.00	100.00	
	14.00	93.00	

	15.00	100.00	
	16.00	90.00	
	17.00	100.00	
	18.00	80.00	
	19.00	50.00	
	26.00	70.00	
	27.00	80.00	
	28.00	80.00	
	29.00	29.00	
	30.00	58.00	
ΔΟ-28	5.00	56.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	6.00	56.00	
	7.00	50.00	
	8.00	85.00	
	9.00	100.00	
	10.00	95.00	
	11.00	100.00	
	12.00	75.00	
	13.00	75.00	
	14.00	50.00	
	15.00	100.00	
	16.00	90.00	
	17.00	70.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	18.00	75.00	
	19.00	73.00	
	20.00	75.00	
	21.00	43.00	
	22.00	70.00	
	23.00	15.00	
	24.00	0.00	
	25.00	65.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	26.00	82.00	
	27.00	55.00	
	28.00	60.00	
ΔΟ-30	2.70	20.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3.00	20.00	
	4.00	70.00	
	5.00	85.00	
	6.00	40.00	
	7.00	40.00	
	8.00	35.00	
	9.00	98.00	
	10.00	83.00	
	11.00	20.00	
	12.00	100.00	

	13.00	15.00	
	14.00	28.00	
	15.00	35.00	
	16.00	10.00	
	17.00	22.00	
	18.00	15.00	
	19.00	0.00	
	20.00	25.00	
	21.00	55.00	
	22.00	55.00	
	23.00	95.00	
			Ηφαιστειακοί Τόφοι
ΔΣ-01	1.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	92.00	
	5.00	90.00	
	6.00	90.00	Ηφαιστειακοί Τόφοι
	7.00	100.00	
	8.00	35.00	
	9.00	90.00	
	10.00	100.00	
	11.00	90.00	
	12.00	70.00	
	13.00	90.00	
	14.00	50.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	15.00	90.00	Ηφαιστειακοί Τόφοι
	16.00	88.00	
	17.00	75.00	
	18.00	90.00	
	19.00	88.00	
	20.00	98.00	
ΔΣ-02	0.50	0.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	1.00	70.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2.00	92.00	
	3.00	100.00	
	4.00	90.00	
	5.00	53.00	
	6.00	45.00	
	7.00	47.00	Ηφαιστειακοί Τόφοι
	8.00	52.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
	11.00	100.00	
	12.00	88.00	
	13.00	100.00	

	14.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	15.00	93.00	
	16.00	55.00	
	17.00	92.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	18.00	94.00	
	19.00	100.00	
	20.00	93.00	
ΔΣ-03	2.00	15.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3.00	35.00	
	4.00	93.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	5.00	100.00	
	6.00	94.00	
	7.00	96.00	
	8.00	80.00	
	9.00	65.00	
	10.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	11.00	65.00	
	12.00	64.00	
	13.00	35.00	
	14.00	0.00	
	15.00	55.00	
	16.00	90.00	
	17.00	82.00	
	18.00	90.00	
	19.00	78.00	
	20.00	100.00	
ΔΣ-04	2.00	45.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	86.00	
	4.00	35.00	
	5.00	60.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	6.00	52.00	
	7.00	95.00	
	8.00	75.00	
	9.00	72.00	
	10.00	75.00	
	11.00	65.00	
	12.00	0.00	
	13.00	15.00	
	14.00	45.00	
	15.00	45.00	
	16.00	90.00	
	17.00	32.00	
	18.00	30.00	
	19.00	15.00	
	20.00	40.00	

ΔΤ-28	2.30	28.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	28.00	
	4.00	50.00	
	5.00	97.00	
	6.00	68.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	7.00	98.00	
	8.00	100.00	
	9.00	90.00	
	10.00	70.00	
ΔΤ-29	10.00	93.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	11.00	96.00	
	12.00	100.00	
	13.00	94.00	
	14.00	65.00	
	15.00	94.00	
	16.00	70.00	
	17.00	40.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	18.00	55.00	
	19.00	60.00	
	20.00	94.00	
	21.00	84.00	
	22.00	81.00	
	23.00	83.00	
	23.30	33.00	
ΔΤ-30	2.00	95.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3.00	90.00	
	4.00	92.00	
	5.00	36.00	
	6.00	35.00	
	7.00	30.00	
	8.00	40.00	
	9.00	37.00	
	10.00	35.00	
ΔΤ-32	1.50	0.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2.00	0.00	
	3.00	55.00	
	4.00	100.00	
	5.00	45.00	
	6.00	37.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	7.00	92.00	
	8.00	100.00	
	9.00	88.00	
	10.00	78.00	
ΔΤ-33	3.00	47.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	4.00	47.00	

	5.00	20.00	
	6.00	75.00	
	7.00	25.00	
	8.00	20.00	
	9.00	31.00	
	10.00	86.00	
ΔΤ-34	11.00	15.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	12.00	15.00	
	13.00	94.00	
	14.00	65.00	
	15.00	83.00	
	16.00	94.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	17.00	57.00	
	18.00	92.00	
ΔΤ-40	3.60	45.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	4.00	45.00	
	5.00	67.00	
	6.00	50.00	
	7.00	70.00	
	8.00	45.00	
	9.00	100.00	
	10.00	65.00	
ΔΤ-43	1.00	40.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2.00	40.00	
	3.00	25.00	
	4.00	45.00	
	5.00	28.00	
	6.00	75.00	
	7.00	25.00	
	8.00	50.00	
	9.00	48.00	
	10.00	57.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΓΠ-01	8.00	10.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	9.00	10.00	
	10.00	67.00	
	11.00	65.00	
	12.00	43.00	
	13.00	15.00	
	14.00	15.00	
	15.00	56.00	
	16.00	100.00	
	17.00	96.00	
	18.00	95.00	
	19.00	100.00	
	20.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή

	21.00	92.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	22.00	68.00	
	23.00	100.00	
	24.00	27.00	
	25.00	100.00	
	26.00	100.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	27.00	100.00	
	28.00	100.00	
	29.00	82.00	
	30.00	40.00	
ΓΣ-01	5.00	28.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	6.00	28.00	
	7.00	87.00	
	8.00	87.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	9.00	97.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	10.00	97.00	
	11.00	97.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	12.00	97.00	
	13.00	97.00	
	14.00	100.00	
	15.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	16.00	100.00	
	17.00	100.00	
	18.00	100.00	
	19.00	100.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	20.00	100.00	
	21.00	100.00	
	22.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	23.00	100.00	
	24.00	100.00	
	25.00	100.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	9.00	55.00	
	10.00	55.00	
	11.00	55.00	
	12.00	19.00	
	13.00	23.00	
	14.00	65.00	
	15.00	80.00	
	16.00	80.00	
	17.00	80.00	
ΓΣ-02	18.00	97.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	19.00	97.00	
	20.00	97.00	
	21.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	22.00	100.00	

23.00	100.00	
24.00	100.00	
25.00	100.00	
26.00	100.00	
27.00	100.00	
28.00	85.00	
29.00	85.00	
30.00	95.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
31.00	75.00	
32.00	40.00	
33.00	80.00	
34.00	87.00	
35.00	100.00	
36.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
37.00	100.00	
38.00	100.00	
39.00	100.00	
40.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
41.00	100.00	
42.00	100.00	
43.00	100.00	
44.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
45.00	100.00	
46.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
47.00	100.00	
48.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
49.00	100.00	
50.00	100.00	
51.00	100.00	
52.00	100.00	
53.00	100.00	
54.00	100.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
55.00	94.00	
56.00	94.00	
57.00	94.00	
58.00	100.00	
59.00	100.00	
60.00	100.00	
61.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
62.00	100.00	
63.00	100.00	
64.00	100.00	
65.00	100.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
66.00	100.00	
67.00	100.00	

	68.00	100.00	
	69.00	100.00	
	70.00	100.00	
	71.00	100.00	
	72.00	100.00	
	73.00	100.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	74.00	100.00	
	75.00	100.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	76.00	100.00	
	77.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	78.00	100.00	
	79.00	100.00	
	80.00	100.00	
	81.00	100.00	
	82.00	90.00	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	83.00	90.00	
	84.00	90.00	
	85.00	90.00	
	85.60	90.00	
ΔΤ-19	1.30	90.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2.00	90.00	
	3.00	100.00	
	4.00	60.00	
	5.00	83.00	
	6.00	95.00	
	7.00	65.00	
	8.00	90.00	
	9.00	65.00	
	10.00	100.00	
ΔΤ-21	2.38	60.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	60.00	
	4.00	60.00	
	5.00	100.00	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	6.00	100.00	
	7.00	100.00	
	8.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
ΔΤ-23	2.20	93.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3.00	93.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	
	6.00	100.00	
	7.00	80.00	
	8.00	82.00	

	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
Α.Π.Θ	0.50	95.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΔΤ-24	1.00	95.00	
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	90.00	
	5.00	100.00	
	6.00	95.00	
	7.00	100.00	
	8.00	100.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
	Σειρά Εναλλαγών Ψαμμιτών-Ιλυολίθων		
ΔΤ-25	1.50	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	
	6.00	95.00	
	7.00	95.00	
	8.00	95.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	
ΔΤ-27	1.00	100.00	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2.00	100.00	
	3.00	100.00	
	4.00	100.00	
	5.00	100.00	
	6.00	0.00	
	7.00	100.00	
	8.00	100.00	
	9.00	100.00	
	10.00	100.00	

Πίνακας Α.3. Ταξινόμηση βραχομάζας με το σύστημα GSI

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)	GSI	ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ
Γ-13	2		Ηφαιστειακοί Τόφοι
	3		
	4		
	5		
	6		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	7		
	8		Ηφαιστειακοί Τόφοι
	9		

	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
Γ-14	2		Ηφαιστειακοί Τόφοι
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
Γ-15	13		Ηφαιστειακοί Τόφοι
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	0		
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		

	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
	29		
	30		
Γ-16	1		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	15		
	16		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	17		
	18		
	19		
	20		
Γ-17	1		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		

Ενότητα Γεωλογίας Α.Π.Θ	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
Γ-18	1	77	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8	85	
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
Γ-19	2.5	35	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3		
	4		
	5		
	6		
	7	50	
	8	35	
	9		
	10	50	
	11	35	
	12	50	
	13	15	
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		

Γ-20	1	73	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17	67	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	18		
	19		
	20		
Γ-21	1	30	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2		
	3	62	
	4		
	5	70	
	6		
	7		
	8		
	9	62	
	10		
	11	85	
	12		
	13		
	14		
	15	75	
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
Γ-22	1	68	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2		
	3		
	4		
	5	50	

Ενότητα Γεωλογίας Α.Π.Θ	6	17	
	7		
	8		
	9		
	10	58	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	11		
	12		
	13		
	14	46	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	15		
	16	80	
	17		
18			
19			
20			
Γ-23	0.5	30	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	2		
	3	70	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	4		
	5	30	
	6	39	
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17	36	
	18		
	19		
	20		
Γ-24	0.5	85	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	6		
	7		
	8		
	9		

Ενότητα Γεωλογία Α.Π.Θ	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
Γ-25	2	70	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3		
	4		
	5	77	
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
17			
18			
19			
20			
Γ-26	1.5	65	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	2		
	3	88	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		

Γ-27	2.7	55	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
	3			
	4			
	5			
	6			
	7	48		
	8			
	9			
	10			
	11	40		
	12			
	13	61		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
	Γ-28Α	0.4		30
1				
2		52	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				42
13				
14				
15				
16		52	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
17		35		
18		52		
19				
20				
Γ-28Β	4.4			Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	5			
	6			
	7			
	8			

	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
ΓC-1.1	9.3	SPT	
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
ΓC-1	2	SPT	
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
ΔA-01	4	36	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	5		

	6	30	
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14	73	
	15		
	16		
	17	22	
	18		
	19	73	
	20		
ΔΑ-02	1.6	56	Ηφαιστειακοί Τόφοι
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7	76	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	8		
	9		
	10		
	11		Ηφαιστειακοί Τόφοι
	12		
	13		
	14		
	15		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
ΔΑ-03	4.5	16	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	5	53	
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		

Ενότητα Γεωλογία Α.Π.Θ	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
ΔΕ-11	18.7	53	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			
	24			
		25		35
ΔΝ-03	2	25	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	3			
	4			
	5			
	6			
	7	90		
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16	75		
	17			
	18			
	19	62		
	20			
	21			
	22			
	23	73		
	24			
	25			
	26			
	27			
	28	85		
	29			
	30			
	31			

	32	25			
	33				
	34				
	35				
ΔN-04	3	61	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή		
	4				
	5				
	6	85	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων		
	7				
	8				
	9				
	10	80	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή		
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16	42			
	17				
	18	62			
	19				
	20	82			
	21				
	22				
	23				
	24				
	ΔNT-12	2.35		50	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
		3			
4					
5					
6					
7		27			
8					
9					
10		51			
11					
12					
13					
14		70			
15					
ΔNT-13		2	68	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
	3	40			
	4	42			
	5				
	6				

	7	72	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
ΔΟ-23	3.5	55	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	4		
	5		
	6		
	7		
	28	30	
	29	53	
	30		
	31	47	
	32		
	33		
	33.7		
ΔΟ-24	11.7	25	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18	30	
	19		
	20		
	21	67	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
	29		
	30		
ΔΟ-28	5	60	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	6		
	7		
	8		

	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
ΔΟ-30	2.7	43	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3		
	4		
	5		
	6		
	7	25	
	8		
	9	43	
	10	25	
	11	43	
	12	26	
	13	43	
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21	50	
22			
23			
ΔΣ-01	1	63	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2		
	3		

	4	73	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	12		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	13		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	14		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
ΔΣ-02	0.5	25	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	1	64	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13	74	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
ΔΣ-03	2	50	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3	63	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		

Ενότητα Γεωλογίας Α.Π.Θ	9		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	10		
	11		
	12		
	13	23	
	14		
	15	63	
	16		
	17		
	18		
19			
20			
ΔΣ-04	2	63	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3		
	4	45	
	5	50	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	6	63	
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15	25	
	16	63	
	17		
	18		
	19	25	
	20		
ΔΤ-28	2.3	52	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	3	83	
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
ΔΤ-29	5.7	SPT	
	6		
	7		
	8		
	9		

	10	25	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17	35	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
	18			
	19			
	20	45		
	21	84		
	22			
	23			
23.3	45			
ΔΤ-30	2	64		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	ΔΤ-32		1.5	
2				
3		50		
4				
5		80	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
6				
7				
8				
9				
10				
ΔΤ-33	3	50	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	4			
	5			
	6			
	7	60		
	8			
	9			
	10			
ΔΤ-34	11	60	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
	12	80		
	13			

Ενότητα Γεωλογίας Α.Π.Θ	14		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	15		
	16		
	17	70	
	18	80	
ΔΤ-40	3.6	53	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	4		
	5		
	6	67	
	7		
	8		
	9	53	
	10		
ΔΤ-43	1	60	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
ΓΠ-01	8	25	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	9	57	
	10	45	
	11		
	12		
	13		
	14		
	15	90	
	16		
	17		
	18		
	19		
	20	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
	21	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	22		
	23		80
	24		
	25		
	26	90	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
	27		
	28		
	29		

ΓΣ-01	30	80		
	5	75	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	6			
	7		Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων	
	8			
	9	90	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
	10			
	11	80	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων	
	12	90		
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων		
	21			
	22			
	23	Ηφαιστειακοί Τόφφοι		
	24		85	
	25			
	ΓΣ-02	9	22	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
		10	30	
		11		
12				
13		22	Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
14		45		
15				
16				
17		90	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
18				
19				
20				
21			Ηφαιστειακά Λατυποπαγή	
22				
23				
24				
25		40	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων	
26				
27				
28		40		
29		68		
30				
31		58		

32	35	
33	58	
34	68	
35		
36		
37		
38		
39	84	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
40		
41		
42		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
43		
44		
45	90	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
46		
47		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
48		
49	84	
50		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
51		
52		
53	90	
54		
55		
56	74	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
57		
58		
59	84	
60		
61		
62		Ηφαιστειακοί Τόφφοι
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69	90	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
70		
71		
72		
73		
74		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
75		
76		Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων

Ενότητα Γεωλογία Α.Π.Θ	77		Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	78			
	79			
	80	84		Ηφαιστειακά Λατυποπαγή
	81			
	82			
	83			
	84			
	85			
	85.6			
ΔΤ-19	1.3	70	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7	84		
	8			
	9			
	10			
ΔΤ-21	2.38	74	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	3			
	4			
	5			
	6	90	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων	
	7			
	8		Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	9			
	10			
ΔΤ-23	2.2	70	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	3	85		
	4			
	5			
	6	80		
	7			
	8			
	9	95		
	10			
ΔΤ-24	0.5	95	Ηφαιστειακοί Τόφφοι	
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			

	7		
	8		
	9		
	10	90	Εναλλαγές Ψαμμιτών-Ιλυολίθων
ΔΤ-25	1.5	90	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
ΔΤ-27	1	90	Ηφαιστειακοί Τόφφοι
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		

Πίνακας Α.4. Περιγραφή και αριθμός χτύπων (N) των σχηματισμών στους οποίους διενεργήθηκαν δοκιμές πρότυπης διείσδυσης (SPT).

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΠΟ	ΜΕΧΡΙ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	SPT	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ
ΔΕ-11	1.5	2	Υλικά Κατολίσθησης	48	Λεπτόκοκκο
	3.5	4		31	Αδρόκοκκο
	4.7	5.3		31	Αδρόκοκκο
	6.5	7		17	Λεπτόκοκκο
	12.5	13	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50	Αδρόκοκκο
	17	17.5		30	Αδρόκοκκο
ΔΝ-6	2	2.5	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/4cm	Αδρόκοκκο
	4	4.5	Υλικά Κατολίσθησης	15	Αδρόκοκκο
	17	17.5		24	Αδρόκοκκο
	19.4	19.6		50/11cm	Λεπτόκοκκο
ΔΟ-23	1.5	2	Υλικά Κατολίσθησης	16	Αδρόκοκκο
	3	3.5		19	Αδρόκοκκο
	9.5	10	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	35	Αδρόκοκκο

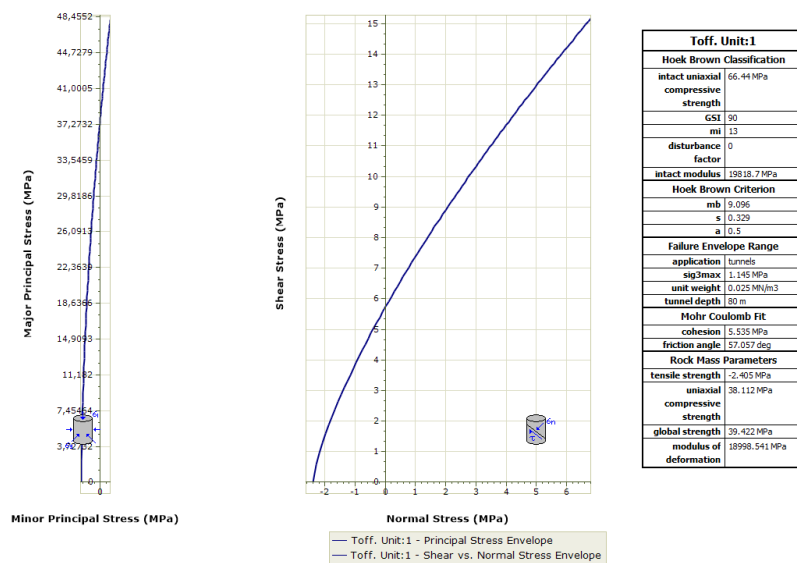
	13.5	14	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50	Αδρόκοκκο
	19	19.5	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	39	Αδρόκοκκο
	22.5 5	23	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50/14cm	Αδρόκοκκο
	25	25.45	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50/12cm	Αδρόκοκκο
ΔΟ-24	1.5	2	Υλικά Κατολίσθησης	21	Λεπτόκοκκο
	3	3.5	Υλικά Κατολίσθησης	50	Αδρόκοκκο
	4.5	5	Υλικά Κατολίσθησης	50/13cm	Αδρόκοκκο
	6	6.5	Υλικά Κατολίσθησης	50	Αδρόκοκκο
	8	8.45	Υλικά Κατολίσθησης	50/10cm	Αδρόκοκκο
	10	10.45	Υλικά Κατολίσθησης	50/3cm	Αδρόκοκκο
	24	24.45	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50/12cm	Αδρόκοκκο
ΔΟ-28	1.5	2	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	27	Λεπτόκοκκο
	3	3.5	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50	Λεπτόκοκκο
	5.7	5.8	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/4cm	Αδρόκοκκο
ΔΟ-30	1.5	2	Μανδύας Αποσάθρωσης	0	Αδρόκοκκο
ΔΤ-21	2	2.5	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/8cm	Λεπτόκοκκο
ΔΝ-4	2	2.45	Υλικά Κατολίσθησης	8	Αδρόκοκκο
ΔΤ-23	1.5	2	Μανδύας Αποσάθρωσης	49	Αδρόκοκκο
ΔΤ-29	1.5	2	Υλικά Κατολίσθησης	28	Αδρόκοκκο
	4	4.5	Υλικά Κατολίσθησης	7	Αδρόκοκκο
	7	7.5	Μανδύας Αποσάθρωσης	20	Αδρόκοκκο
ΔΤ-30	1.5	2	Υλικά Κατολίσθησης	50/14	Αδρόκοκκο
ΔΤ-34	1.5	2	Υλικά Κατολίσθησης	12	Λεπτόκοκκο
	3	3.1	Υλικά Κατολίσθησης	50/11cm	Λεπτόκοκκο
	7.8	9.2	Υλικά Κατολίσθησης	26	Αδρόκοκκο
ΔΤ-40	1.5	2	Μανδύας Αποσάθρωσης	18	Αδρόκοκκο
	3	3.3	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50/9cm	Αδρόκοκκο
ΓC-1	2	2.5	Μανδύας Αποσάθρωσης	10	Λεπτόκοκκο
	4	4.5	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	38	Αδρόκοκκο
	6.5	7	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	41	Αδρόκοκκο

	10	10.3	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50/14cm	Αδρόκοκκο
ΓC-1.1	2.5	3	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	25	Αδρόκοκκο
	5	5.5	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	27	Αδρόκοκκο
	7.5	8	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	21	Αδρόκοκκο
	12.5	12.8	Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά	50/0cm	Αδρόκοκκο
ΓΠ-1	2.55	3	Τεχνητές Επιχώσεις	2	Αδρόκοκκο
	5	5.45	Μανδύας Αποσάθρωσης	19	Αδρόκοκκο
	8	8.45	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/13cm	Αδρόκοκκο
ΔΑ-3	1.55	2	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/12cm	Αδρόκοκκο
	4	4.45	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/11cm	Αδρόκοκκο
ΓΣ-1	2	2.45	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/10cm	Αδρόκοκκο
	4	4.45	Μανδύας Αποσάθρωσης	36	Αδρόκοκκο
ΓΣ-2	2	2.45	Μανδύας Αποσάθρωσης	11	Αδρόκοκκο
	8.45	9	Μανδύας Αποσάθρωσης	50/8cm	Λεπτόκοκκο
ΔΤ-23	1.55	2	Μανδύας Αποσάθρωσης	49	Λεπτόκοκκο
ΔΤ-21	2	2.45	Μανδύας Αποσάθρωσης	50	Λεπτόκοκκο

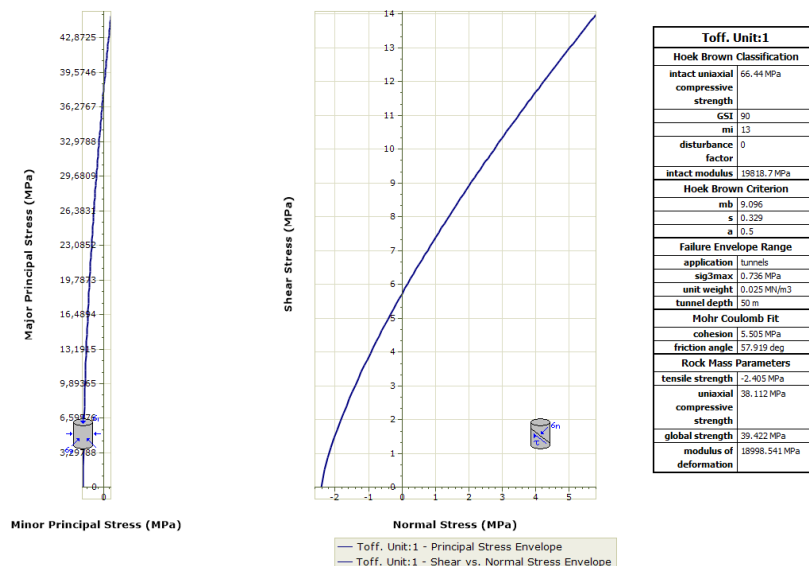
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που διενεργήθηκαν για το προσδιορισμό των τεχνικογεωλογικών παραμέτρων της βραχομάζας χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα RocData της εταιρίας RocScience.

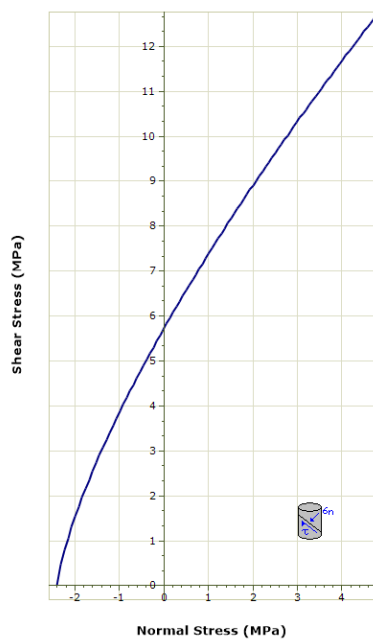
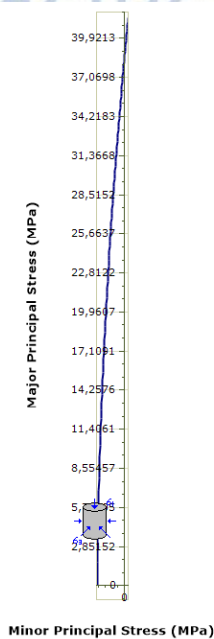
T.E.1



Βάθος 80m



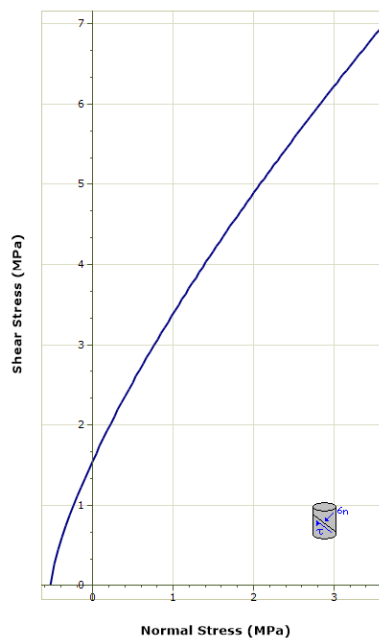
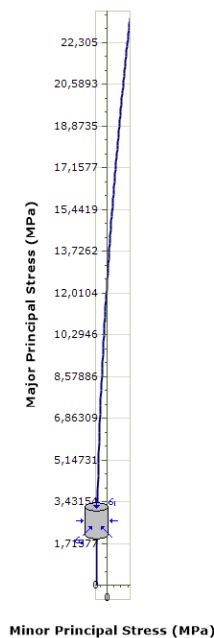
Βάθος 60m



Toff. Unit:1	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	66.44 MPa
GSI	90
mi	13
disturbance factor	0
intact modulus	19818.7 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	9.096
s	0.329
a	0.5
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.311 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	5.49 MPa
friction angle	58.922 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-2.405 MPa
uniaxial compressive strength	38.112 MPa
global strength	39.422 MPa
modulus of deformation	18998.541 MPa

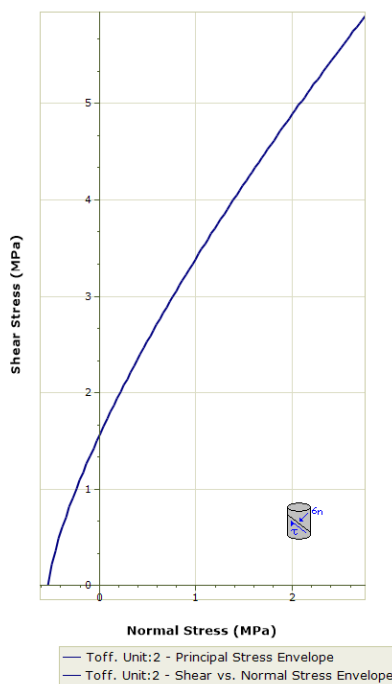
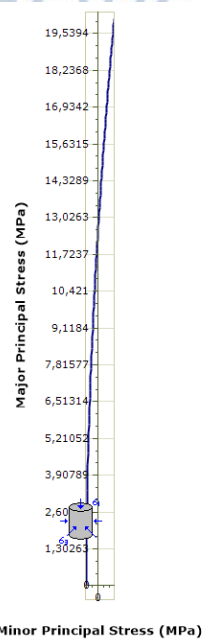
Βάθος 20m

T.E.2



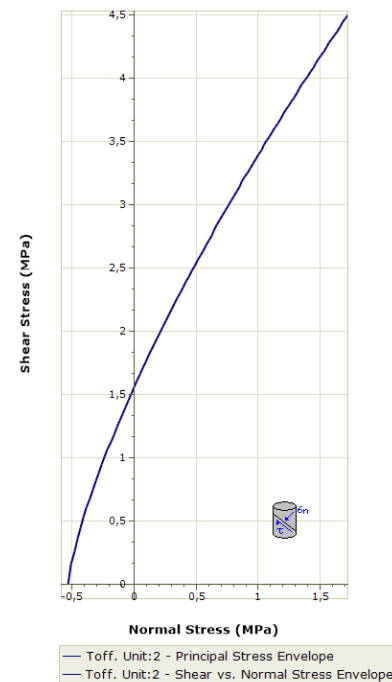
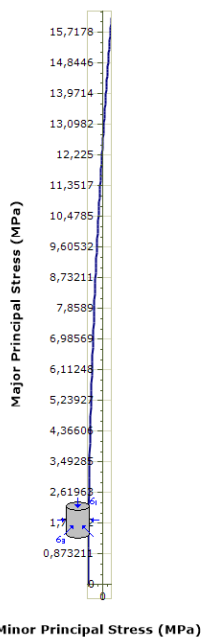
Toff. Unit:2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	66.44 MPa
GSI	70
mi	13
disturbance factor	0
intact modulus	19818.7 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	4.453
s	0.036
a	0.501
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.102 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.684 MPa
friction angle	57.467 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.532 MPa
uniaxial compressive strength	12.492 MPa
global strength	20.687 MPa
modulus of deformation	14523.423 MPa

Βάθος 80m



Toff. Unit:2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	66.44 MPa
GSI	70
mi	13
disturbance factor	0
intact modulus	19818.7 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	4.453
s	0.036
a	0.501
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.708 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.593 MPa
friction angle	59.363 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.532 MPa
uniaxial compressive strength	12.492 MPa
global strength	20.687 MPa
modulus of deformation	14523.423 MPa

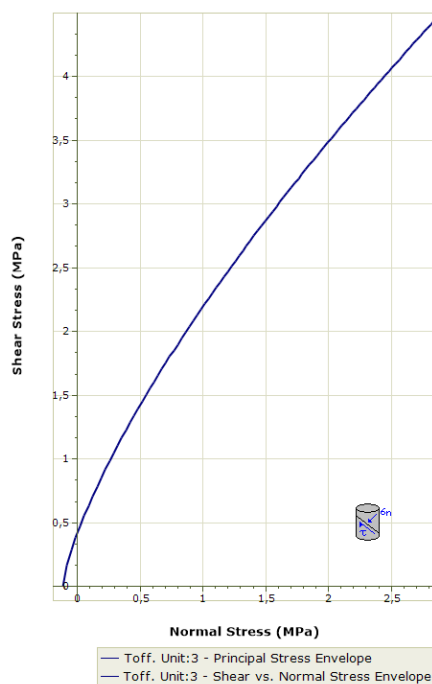
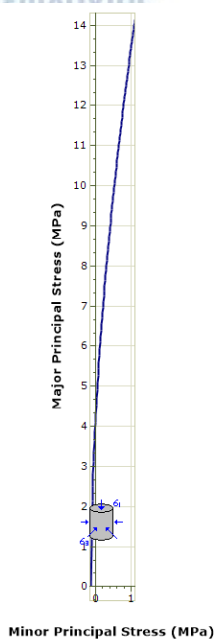
Βάθος 50m



Toff. Unit:2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	66.44 MPa
GSI	70
mi	13
disturbance factor	0
intact modulus	19818.7 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	4.453
s	0.036
a	0.501
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.299 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.518 MPa
friction angle	61.969 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.532 MPa
uniaxial compressive strength	12.492 MPa
global strength	20.687 MPa
modulus of deformation	14523.423 MPa

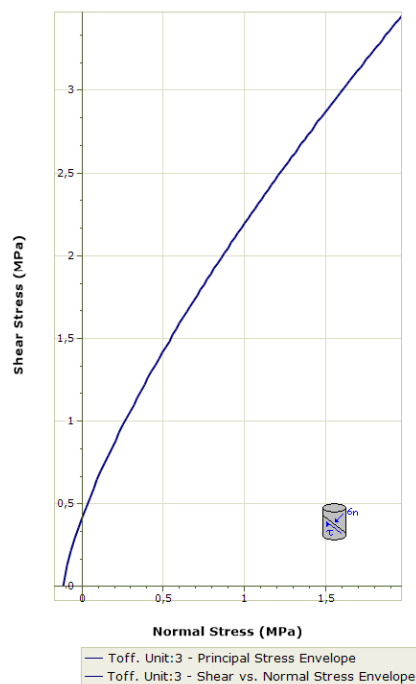
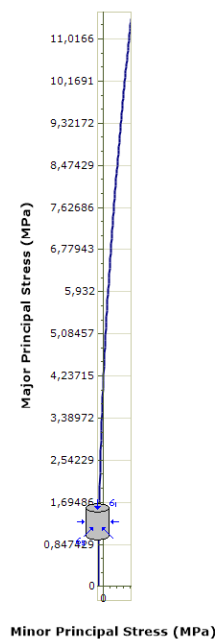
Βάθος 20m

T.E.3



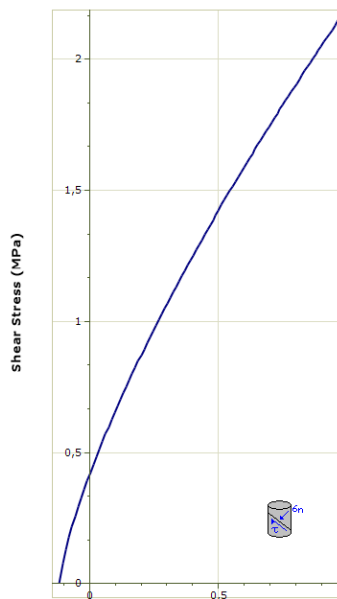
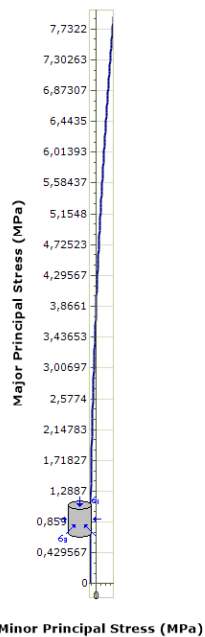
Toff. Unit:3	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	66.44 MPa
GSI	50
mi	13
disturbance factor	0
intact modulus	19818.7 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	2.18
s	0.004
a	0.506
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.072 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.706 MPa
friction angle	54.414 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.118 MPa
uniaxial compressive strength	4.001 MPa
global strength	13.129 MPa
modulus of deformation	6088.025 MPa

Βάθος



Toff. Unit:3	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	66.44 MPa
GSI	50
mi	13
disturbance factor	0
intact modulus	19818.7 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	2.18
s	0.004
a	0.506
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.689 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.591 MPa
friction angle	57.21 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.118 MPa
uniaxial compressive strength	4.001 MPa
global strength	13.129 MPa
modulus of deformation	6088.025 MPa

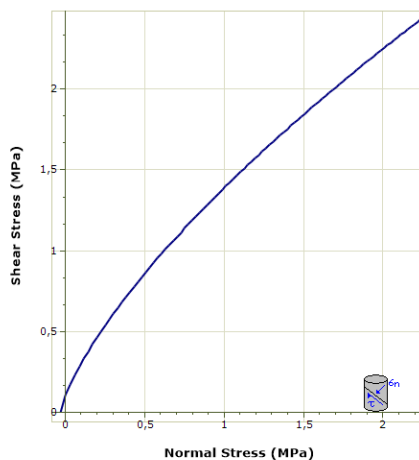
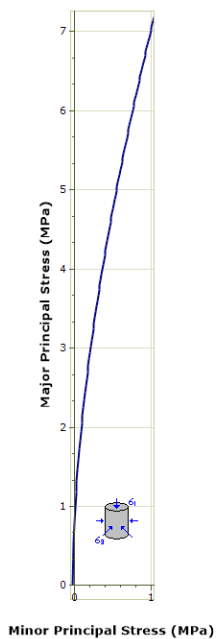
Βάθος 50m



Toff. Unit:3	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	66.44 MPa
GSI	50
mi	13
disturbance factor	0
intact modulus	19818.7 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	2.18
s	0.004
a	0.506
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.291 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.467 MPa
friction angle	61.725 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.118 MPa
uniaxial compressive strength	4.001 MPa
global strength	13.129 MPa
modulus of deformation	6088.025 MPa

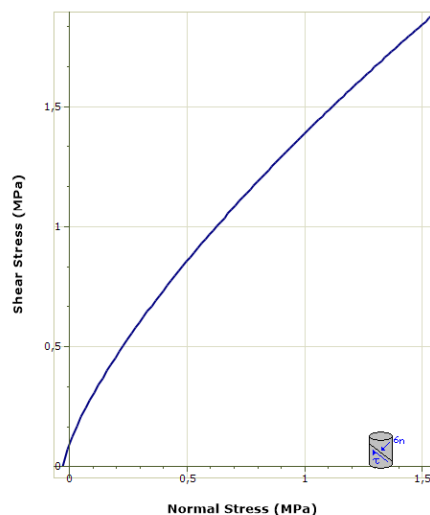
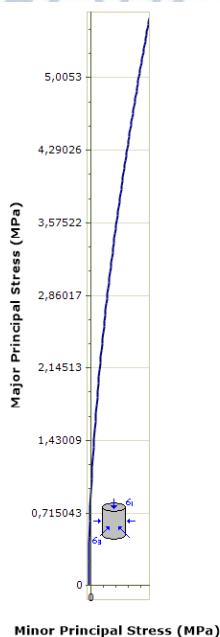
Βάθος 20m

T.E.4



Toff. Unit:4 (Weathered)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	46.62 MPa
GSI	32
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	10881.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.882
s	5.232e-004
a	0.52
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.016 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.345 MPa
friction angle	44.661 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.028 MPa
uniaxial compressive strength	0.92 MPa
global strength	5.381 MPa
modulus of deformation	1009.053 MPa

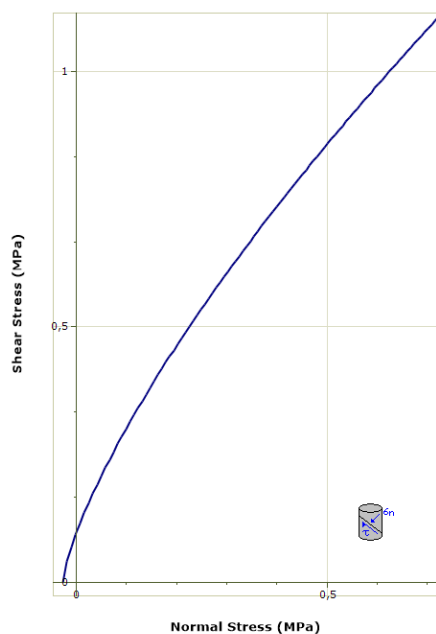
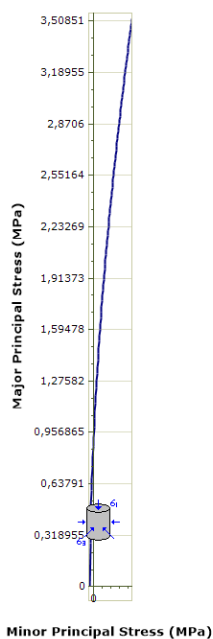
Βάθος 80m



Toff. Unit:4 (Weathered)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	46.62 MPa
GSI	32
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	10881.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.882
s	5.232e-004
a	0.52
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.653 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.264 MPa
friction angle	48.056 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.028 MPa
uniaxial compressive strength	0.92 MPa
global strength	5.381 MPa
modulus of deformation	1009.053 MPa

— Toff. Unit:4 (Weathered) - Principal Stress Envelope
— Toff. Unit:4 (Weathered) - Shear vs. Normal Stress Envelope

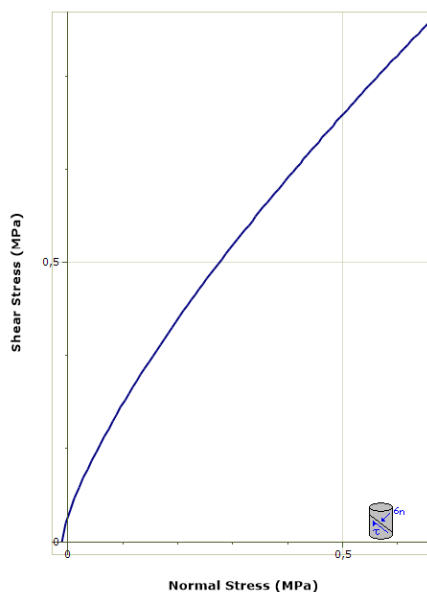
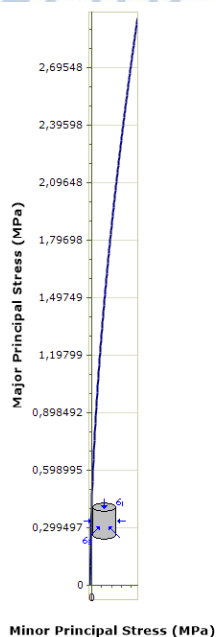
Βάθος 50m



Toff. Unit:4 (Weathered)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	46.62 MPa
GSI	32
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	10881.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.882
s	5.232e-004
a	0.52
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.276 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.168 MPa
friction angle	54.161 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.028 MPa
uniaxial compressive strength	0.92 MPa
global strength	5.381 MPa
modulus of deformation	1009.053 MPa

— Toff. Unit:4 (Weathered) - Principal Stress Envelope
— Toff. Unit:4 (Weathered) - Shear vs. Normal Stress Envelope

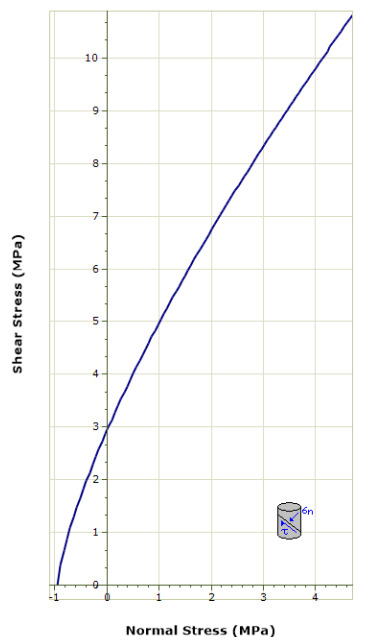
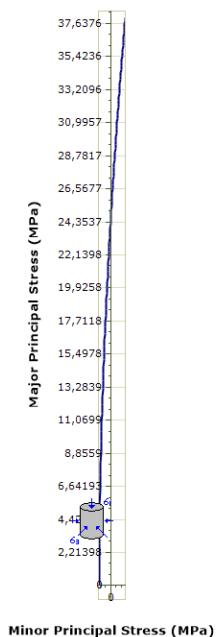
Βάθος 20m



Toff. Unit:5 (Fault)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	46.62 MPa
GSI	23
mi	12
disturbance factor	0
intact modulus	10881.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.767
s	1.925e-004
a	0.536
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.274 MPa
unit weight	0.025 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.122 MPa
friction angle	52.403 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.012 MPa
uniaxial compressive strength	0.476 MPa
global strength	4.607 MPa
modulus of deformation	581.623 MPa

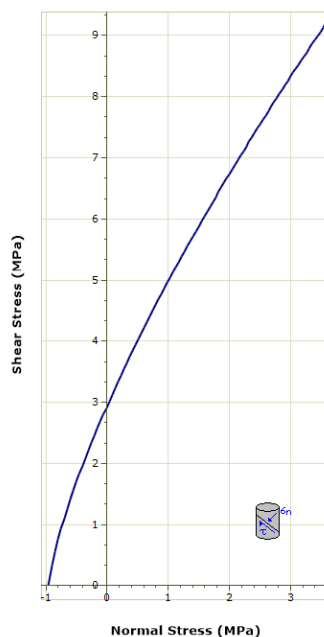
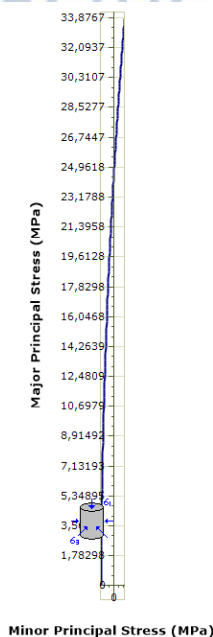
Βάθος 20m

T.E.6



Agglomerate. Unit:1	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	85
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	11.12
s	0.189
a	0.5
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.149 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	2.98 MPa
friction angle	60.864 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.959 MPa
uniaxial compressive strength	24.527 MPa
global strength	30.884 MPa
modulus of deformation	21161.809 MPa

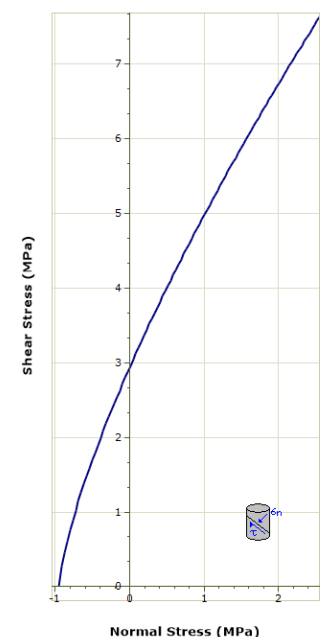
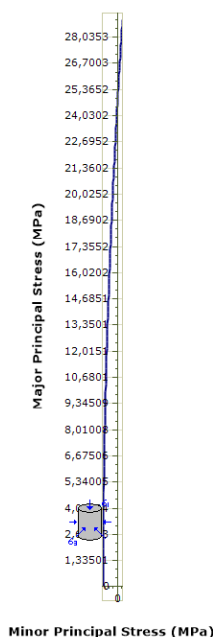
Βάθος 80m



Agglomerate, Unit: 1	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	85
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	11.12
s	0.189
a	0.5
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.739 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	2.897 MPa
friction angle	62.245 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.959 MPa
uniaxial compressive strength	24.527 MPa
global strength	30.884 MPa
modulus of deformation	21161.809 MPa

— Agglomerate, Unit: 1 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit: 1 - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 50m

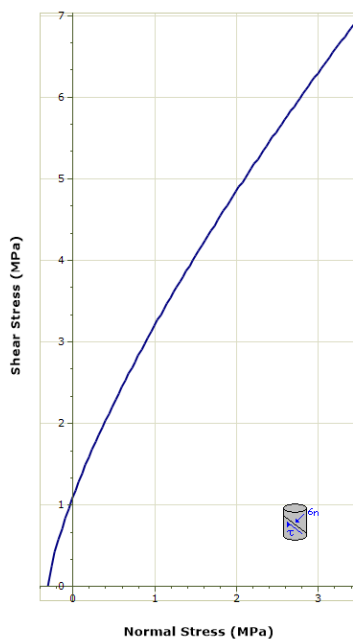
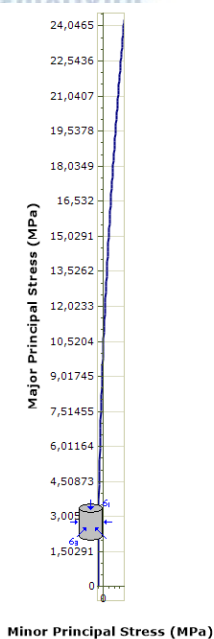


Agglomerate, Unit: 1	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	85
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	11.12
s	0.189
a	0.5
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.312 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	2.835 MPa
friction angle	64.009 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.959 MPa
uniaxial compressive strength	24.527 MPa
global strength	30.884 MPa
modulus of deformation	21161.809 MPa

— Agglomerate, Unit: 1 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit: 1 - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 20m

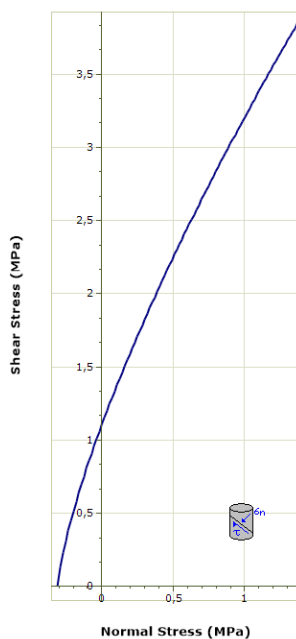
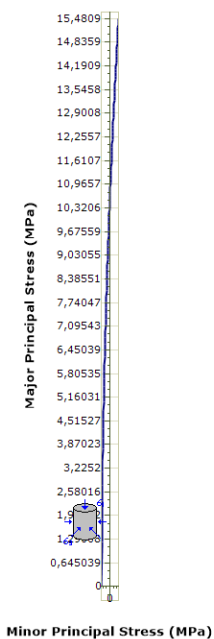
T.E.7



— Agglomerate, Unit:2 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit:2 - Shear vs. Normal Stress Envelope

Agglomerate, Unit:2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	70
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	6.508
s	0.036
a	0.501
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.122 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.351 MPa
friction angle	59.871 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.31 MPa
uniaxial compressive strength	10.618 MPa
global strength	20.602 MPa
modulus of deformation	16736.228 MPa

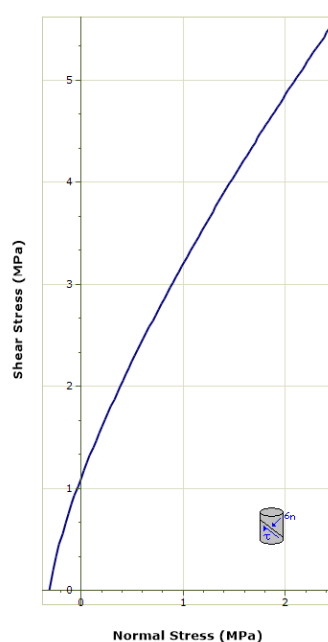
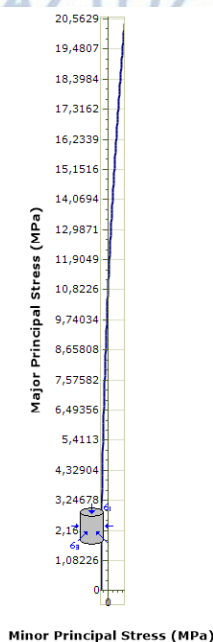
Βάθος 80m



— Agglomerate, Unit:2 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit:2 - Shear vs. Normal Stress Envelope

Agglomerate, Unit:2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	70
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	6.508
s	0.036
a	0.501
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.305 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.106 MPa
friction angle	65.103 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.31 MPa
uniaxial compressive strength	10.618 MPa
global strength	20.602 MPa
modulus of deformation	16736.228 MPa

Βάθος 50m

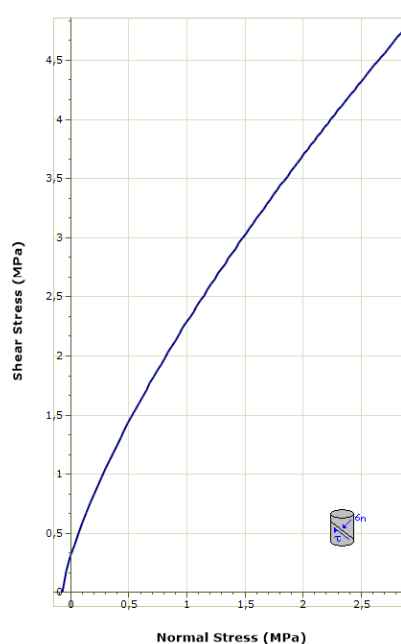
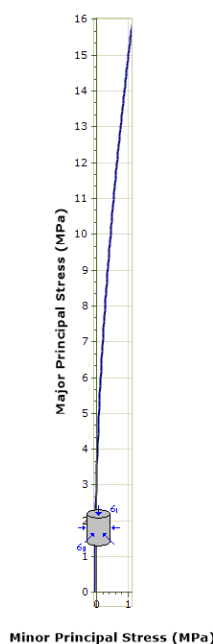


Agglomerate, Unit:2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	70
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	6.508
s	0.036
a	0.501
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.721 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.225 MPa
friction angle	61.996 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.31 MPa
uniaxial compressive strength	10.618 MPa
global strength	20.602 MPa
modulus of deformation	16736.228 MPa

— Agglomerate, Unit:2 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit:2 - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 20m

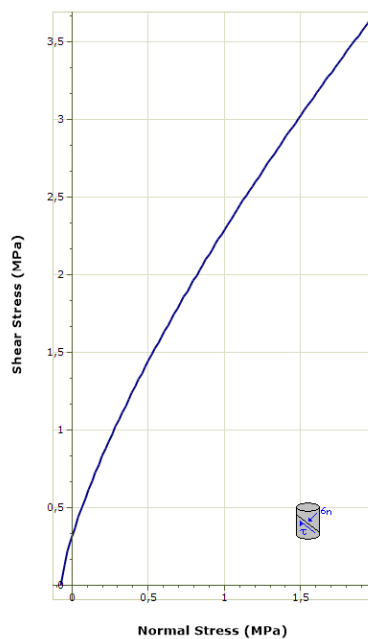
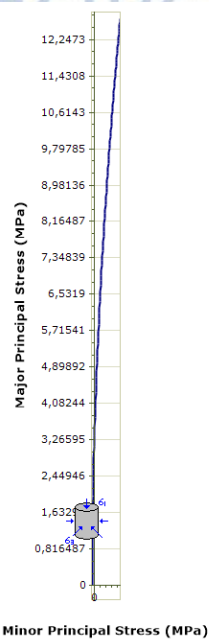
T.E.8



Agglomerate, Unit:3	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	51
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	3.302
s	0.004
a	0.505
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.095 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.687 MPa
friction angle	56.458 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.074 MPa
uniaxial compressive strength	3.605 MPa
global strength	13.695 MPa
modulus of deformation	7448.706 MPa

— Agglomerate, Unit:3 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit:3 - Shear vs. Normal Stress Envelope

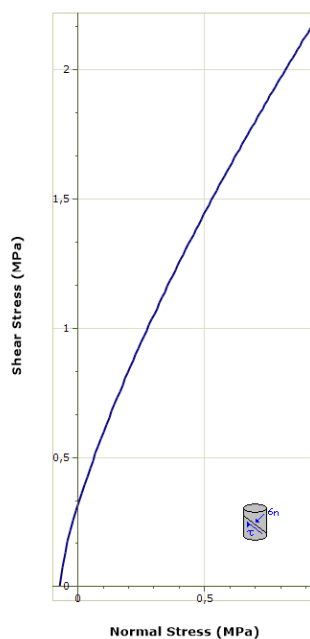
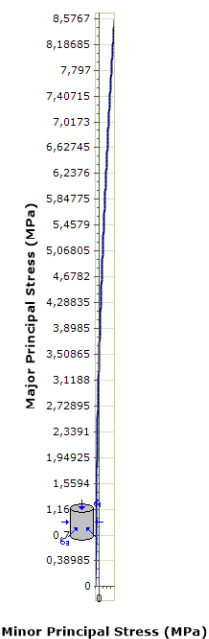
Βάθος 80m



Agglomerate, Unit:3	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	51
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	3.302
s	0.004
a	0.505
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.704 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.551 MPa
friction angle	59.272 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.074 MPa
uniaxial compressive strength	3.605 MPa
global strength	13.695 MPa
modulus of deformation	7448.706 MPa

— Agglomerate, Unit:3 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit:3 - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 50m

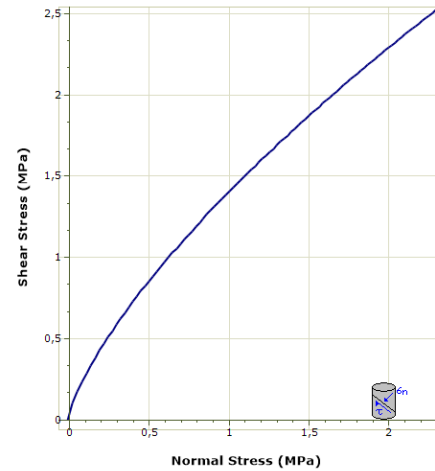
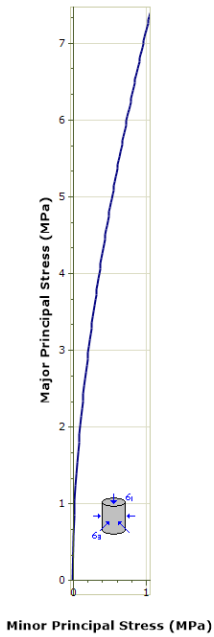


Agglomerate, Unit:3	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	56.47 MPa
GSI	51
mi	19
disturbance factor	0
intact modulus	22838.3 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	3.302
s	0.004
a	0.505
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.297 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.399 MPa
friction angle	63.925 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.074 MPa
uniaxial compressive strength	3.605 MPa
global strength	13.695 MPa
modulus of deformation	7448.706 MPa

— Agglomerate, Unit:3 - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit:3 - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 20m

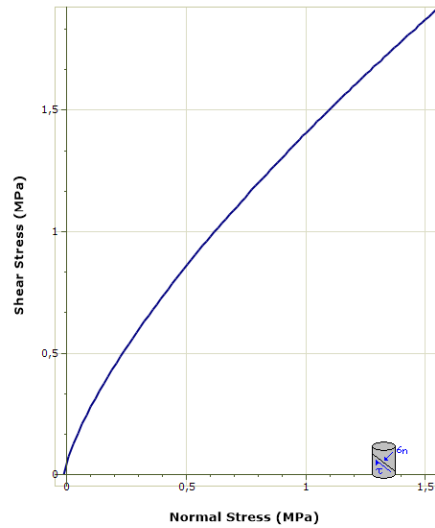
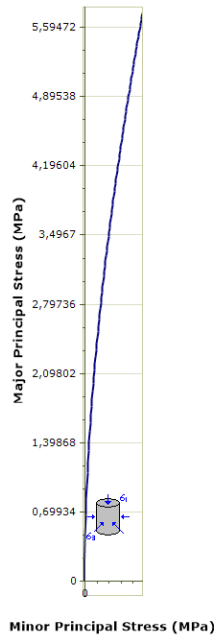
T.E.9



Agglomerate. Unit: 4 (W)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	27.23 MPa
GSI	33
mi	17
disturbance factor	0
intact modulus	6939.94 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.553
s	5.847e-004
a	0.518
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.02 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.334 MPa
friction angle	45.41 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.01 MPa
uniaxial compressive strength	0.575 MPa
global strength	4.227 MPa
modulus of deformation	687.795 MPa

— Agglomerate. Unit: 4 (W) - Principal Stress Envelope
— Agglomerate. Unit: 4 (W) - Shear vs. Normal Stress Envelope

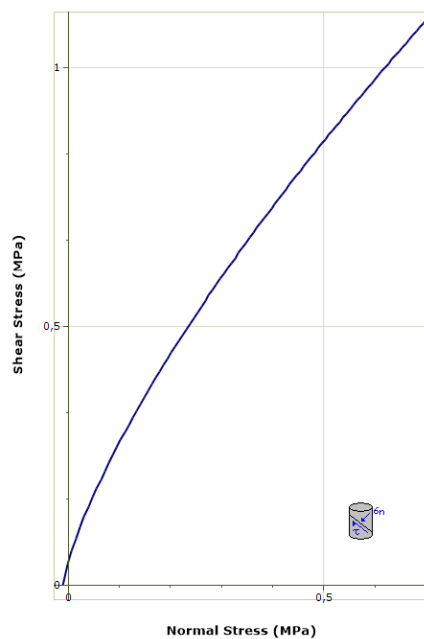
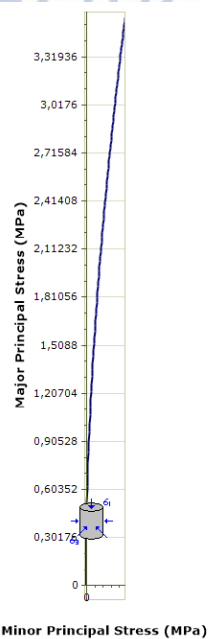
Βάθος 80m



Agglomerate. Unit: 4 (W)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	27.23 MPa
GSI	33
mi	17
disturbance factor	0
intact modulus	6939.94 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.553
s	5.847e-004
a	0.518
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.656 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.248 MPa
friction angle	48.873 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.01 MPa
uniaxial compressive strength	0.575 MPa
global strength	4.227 MPa
modulus of deformation	687.795 MPa

— Agglomerate. Unit: 4 (W) - Principal Stress Envelope
— Agglomerate. Unit: 4 (W) - Shear vs. Normal Stress Envelope

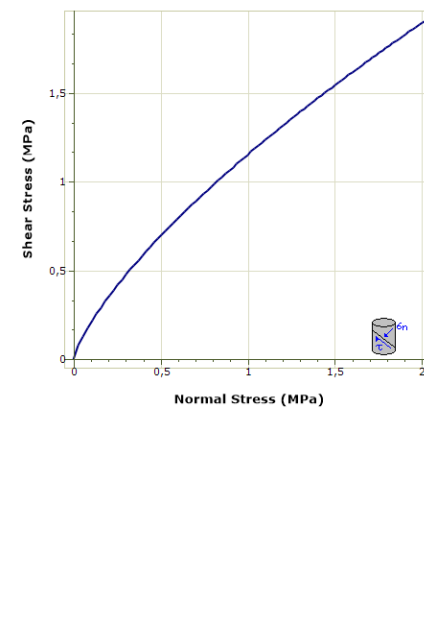
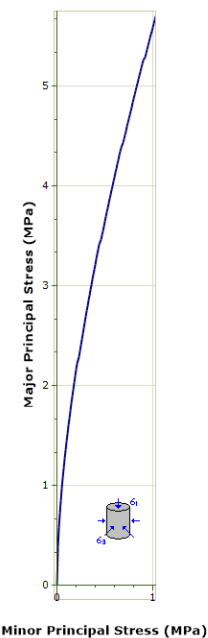
Βάθος 50m



Agglomerate. Unit: 4 (W)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	27.23 MPa
GSI	33
mi	17
disturbance factor	0
intact modulus	6939.94 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.553
s	5.847e-004
a	0.518
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.277 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.143 MPa
friction angle	55.153 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.01 MPa
uniaxial compressive strength	0.575 MPa
global strength	4.227 MPa
modulus of deformation	687.795 MPa

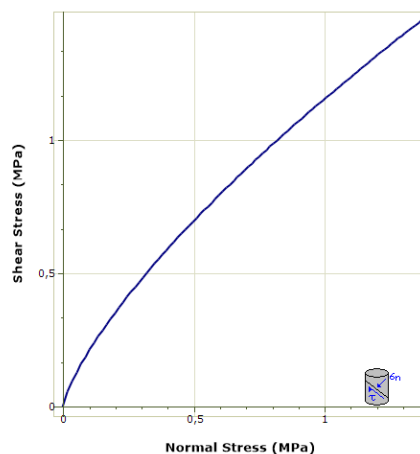
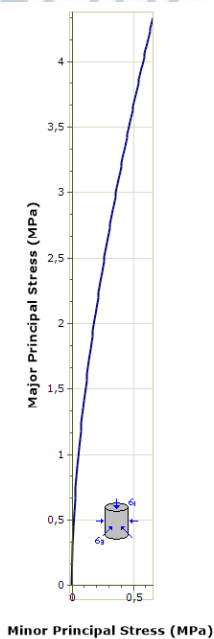
Βάθος 20m

T.E.10



Agglomerate. Unit: 5 (F)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	27.23 MPa
GSI	20
mi	18
disturbance factor	0
intact modulus	6939.94 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.034
s	1.379e-004
a	0.544
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.247 MPa
friction angle	40.995 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.004 MPa
uniaxial compressive strength	0.217 MPa
global strength	3.039 MPa
modulus of deformation	316.958 MPa

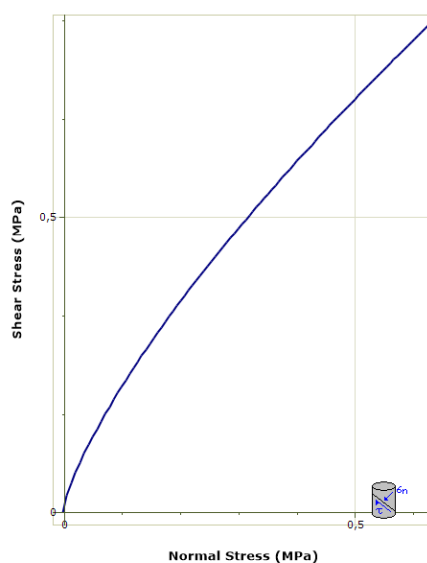
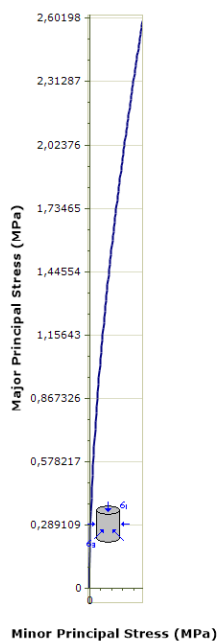
Βάθος 80m



Agglomerate, Unit: 5 (F)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	27.23 MPa
GSI	20
mi	18
disturbance factor	0
intact modulus	6939.94 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.034
s	1.379e-004
a	0.544
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.643 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.181 MPa
friction angle	44.409 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.004 MPa
uniaxial compressive strength	0.217 MPa
global strength	3.039 MPa
modulus of deformation	316.958 MPa

— Agglomerate, Unit: 5 (F) - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit: 5 (F) - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 50m

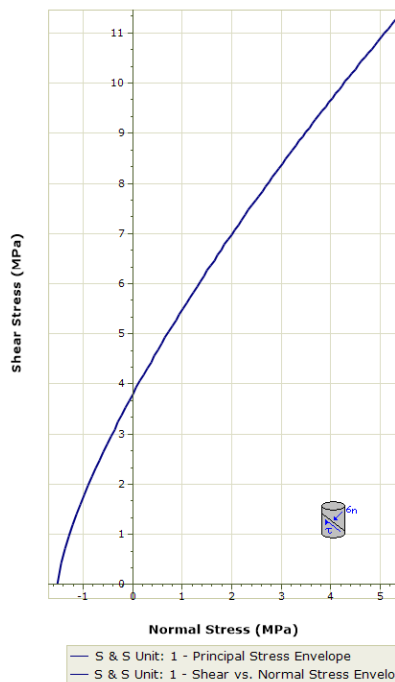
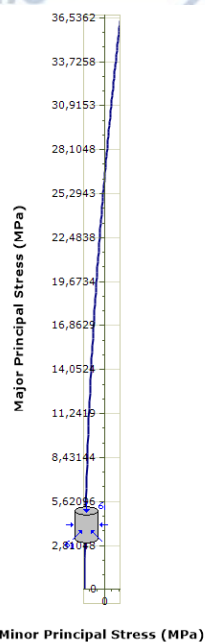


Agglomerate, Unit: 5 (F)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	27.23 MPa
GSI	20
mi	18
disturbance factor	0
intact modulus	6939.94 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.034
s	1.379e-004
a	0.544
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.272 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.099 MPa
friction angle	50.788 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.004 MPa
uniaxial compressive strength	0.217 MPa
global strength	3.039 MPa
modulus of deformation	316.958 MPa

— Agglomerate, Unit: 5 (F) - Principal Stress Envelope
— Agglomerate, Unit: 5 (F) - Shear vs. Normal Stress Envelope

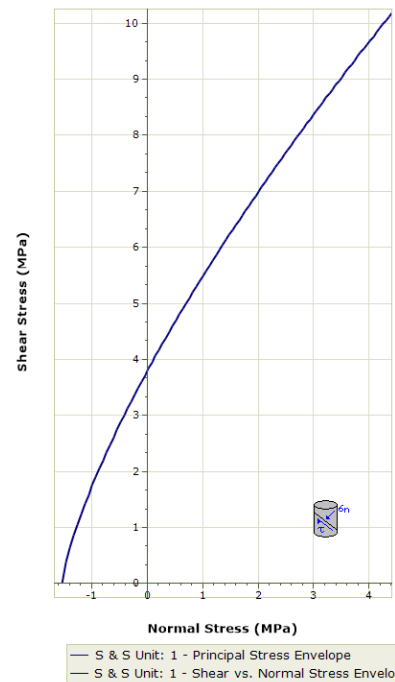
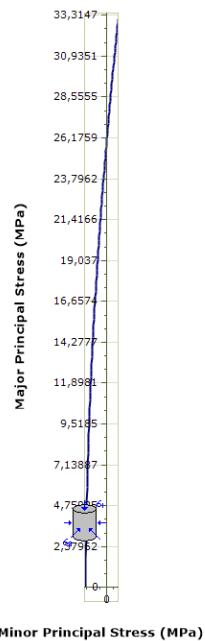
Βάθος 20m

T.E.11



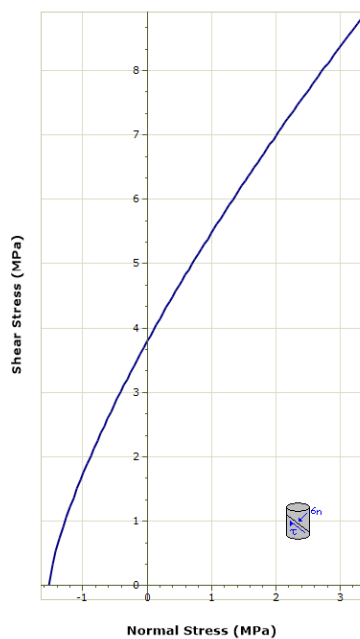
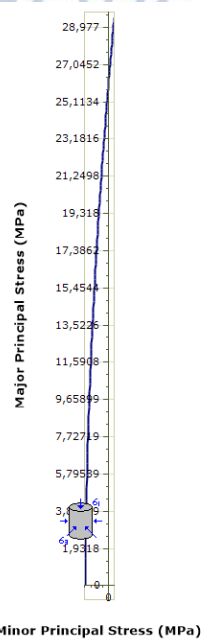
S & S Unit: 1	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	71.22 MPa
GSI	82
mi	12
disturbance factor	0
intact modulus	13260 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	6.309
s	0.135
a	0.5
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.149 MPa
unit weight	0.026 MN/m ³
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	3.717 MPa
friction angle	56.953 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-1.528 MPa
uniaxial compressive strength	26.175 MPa
global strength	30.72 MPa
modulus of deformation	11944.569 MPa

Βάθος 80m



S & S Unit: 1	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	71.22 MPa
GSI	82
mi	12
disturbance factor	0
intact modulus	13260 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	6.309
s	0.135
a	0.5
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.739 MPa
unit weight	0.026 MN/m ³
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	3.669 MPa
friction angle	58.123 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-1.528 MPa
uniaxial compressive strength	26.175 MPa
global strength	30.72 MPa
modulus of deformation	11944.569 MPa

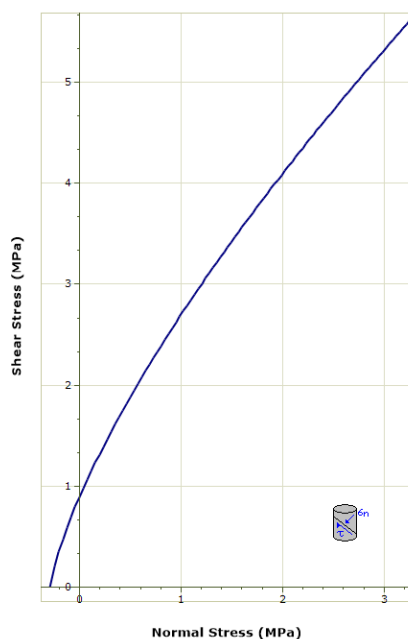
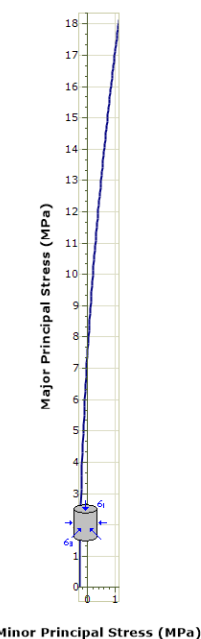
Βάθος 50m



S & S Unit: 1	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	71.22 MPa
GSI	82
mi	12
disturbance factor	0
intact modulus	13260 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	6.309
s	0.135
a	0.5
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.312 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	3.639 MPa
friction angle	59.547 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-1.528 MPa
uniaxial compressive strength	26.175 MPa
global strength	30.72 MPa
modulus of deformation	11944.569 MPa

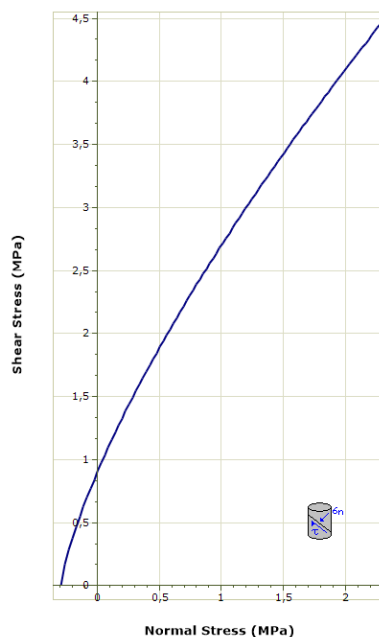
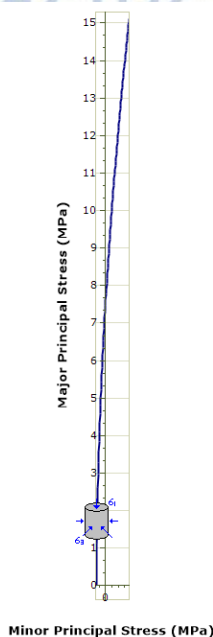
Βάθος 20m

T.E.12



S & S Unit: 2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	71.22 MPa
GSI	60
mi	12
disturbance factor	0
intact modulus	13260 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	2.876
s	0.012
a	0.503
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.108 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.11 MPa
friction angle	55.89 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.291 MPa
uniaxial compressive strength	7.621 MPa
global strength	16.863 MPa
modulus of deformation	6895.2 MPa

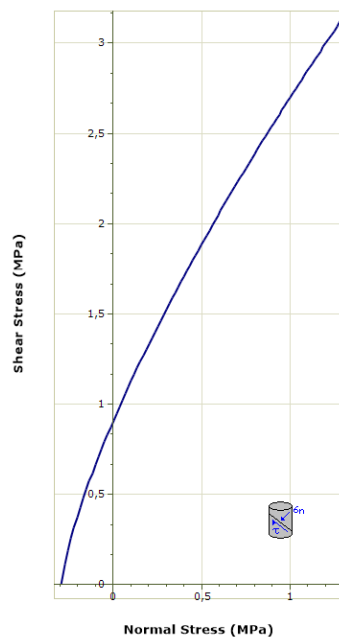
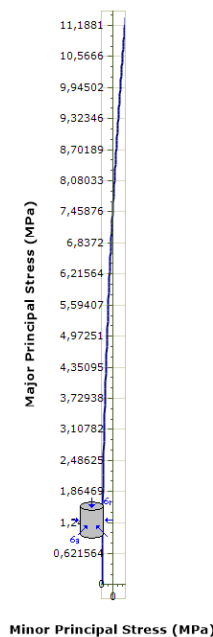
Βάθος 80m



— S & S Unit: 2 - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 2 - Shear vs. Normal Stress Envelope

S & S Unit: 2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	71.22 MPa
GSI	60
mi	12
disturbance factor	0
intact modulus	13260 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	2.876
s	0.012
a	0.503
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.713 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.004 MPa
friction angle	58.239 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.291 MPa
uniaxial compressive strength	7.621 MPa
global strength	16.863 MPa
modulus of deformation	6895.2 MPa

Βάθος 50m

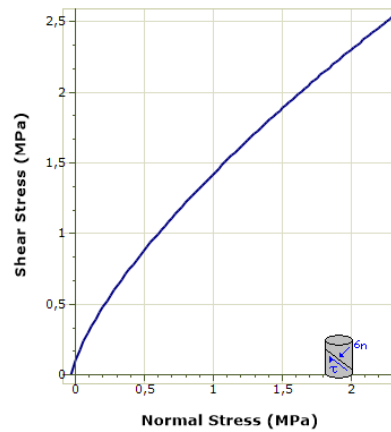
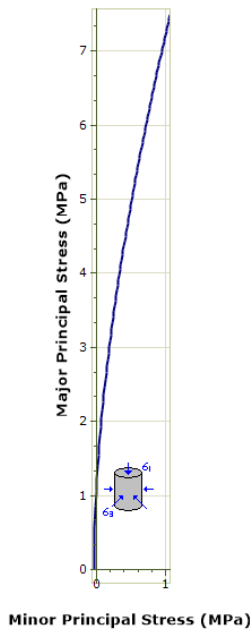


— S & S Unit: 2 - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 2 - Shear vs. Normal Stress Envelope

S & S Unit: 2	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	71.22 MPa
GSI	60
mi	12
disturbance factor	0
intact modulus	13260 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	2.876
s	0.012
a	0.503
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.301 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.903 MPa
friction angle	61.725 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.291 MPa
uniaxial compressive strength	7.621 MPa
global strength	16.863 MPa
modulus of deformation	6895.2 MPa

Βάθος 20m

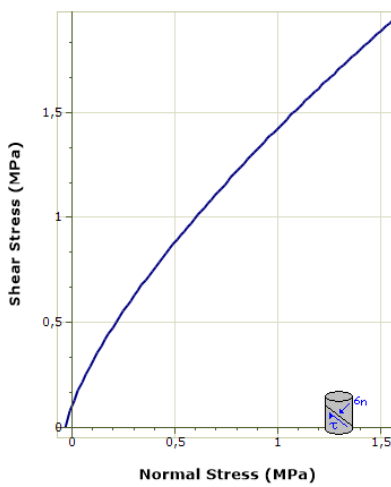
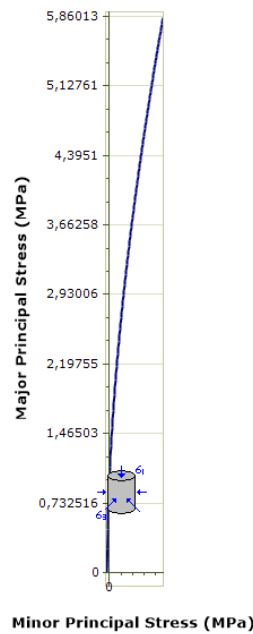
T.E.13



— S & S Unit: 3 (F) - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 3 (F) - Shear vs. Normal Stress Envelope

S & S Unit: 3 (F)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	43.33 MPa
GSI	35
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	6360 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.981
s	7.302e-004
a	0.516
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.035 MPa
unit weight	0.026 MN/m ³
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.366 MPa
friction angle	44.998 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.032 MPa
uniaxial compressive strength	1.043 MPa
global strength	5.386 MPa
modulus of deformation	721.269 MPa

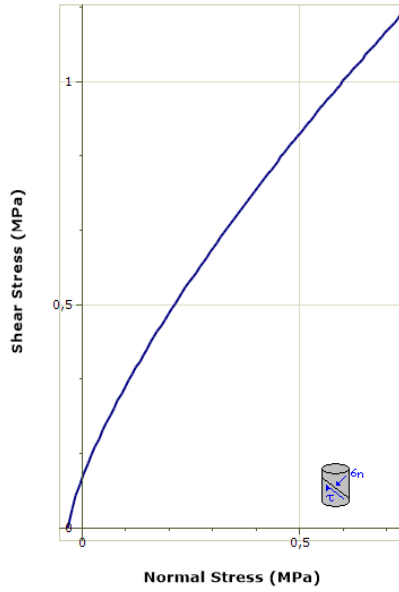
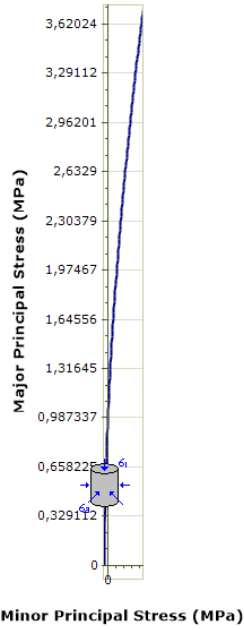
Βάθος 80m



— S & S Unit: 3 (F) - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 3 (F) - Shear vs. Normal Stress Envelope

S & S Unit: 3 (F)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	43.33 MPa
GSI	35
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	6360 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.981
s	7.302e-004
a	0.516
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.665 MPa
unit weight	0.026 MN/m ³
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.282 MPa
friction angle	48.402 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.032 MPa
uniaxial compressive strength	1.043 MPa
global strength	5.386 MPa
modulus of deformation	721.269 MPa

Βάθος 50m

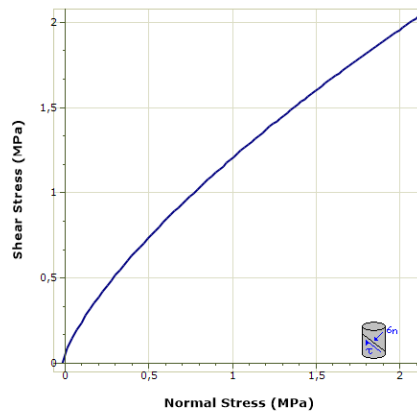
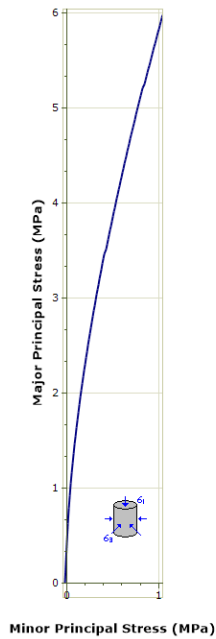


— S & S Unit: 3 (F) - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 3 (F) - Shear vs. Normal Stress Envelope

S & S Unit: 3 (F)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	43.33 MPa
GSI	35
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	6360 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.981
s	7.302e-004
a	0.516
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.281 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.182 MPa
friction angle	54.46 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.032 MPa
uniaxial compressive strength	1.043 MPa
global strength	5.386 MPa
modulus of deformation	721.269 MPa

Βάθος 20m

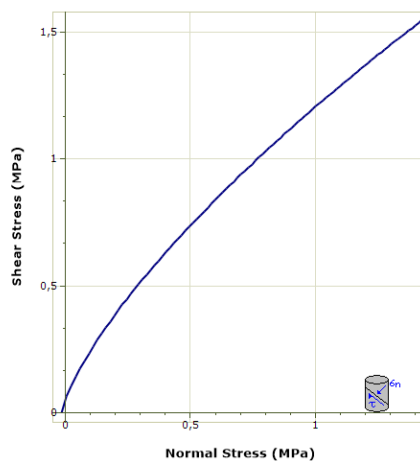
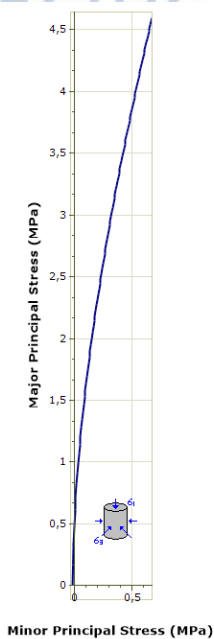
T.E.14



— S & S Unit: 4 (W) - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 4 (W) - Shear vs. Normal Stress Envelope

S & S Unit: 4 (W)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	43.33 MPa
GSI	25
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	6360 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.687
s	2.404e-004
a	0.531
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	1.019 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	80 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.28 MPa
friction angle	41.287 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.015 MPa
uniaxial compressive strength	0.518 MPa
global strength	4.132 MPa
modulus of deformation	380.682 MPa

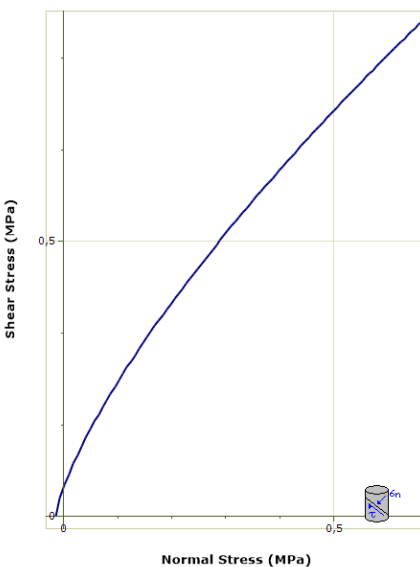
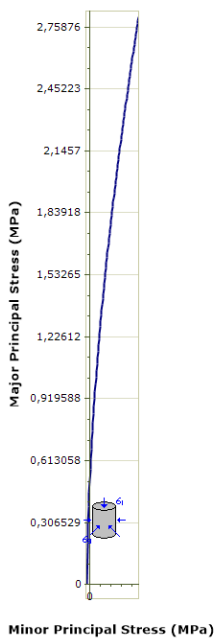
Βάθος 80m



S & S Unit: 4 (W)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	43.33 MPa
GSI	25
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	6360 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.687
s	2.404e-004
a	0.531
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.655 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	50 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.21 MPa
friction angle	44.739 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.015 MPa
uniaxial compressive strength	0.518 MPa
global strength	4.132 MPa
modulus of deformation	380.682 MPa

— S & S Unit: 4 (W) - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 4 (W) - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 50m



S & S Unit: 4 (W)	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	43.33 MPa
GSI	25
mi	10
disturbance factor	0
intact modulus	6360 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	0.687
s	2.404e-004
a	0.531
Failure Envelope Range	
application	tunnels
sig3max	0.277 MPa
unit weight	0.026 MN/m3
tunnel depth	20 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	0.125 MPa
friction angle	51.097 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.015 MPa
uniaxial compressive strength	0.518 MPa
global strength	4.132 MPa
modulus of deformation	380.682 MPa

— S & S Unit: 4 (W) - Principal Stress Envelope
— S & S Unit: 4 (W) - Shear vs. Normal Stress Envelope

Βάθος 20m

Στο παράρτημα Γ εντοπίζονται τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων για την εύρεση του συντελεστή k .

Πίνακας Γ.1. Ανάλυση παλινδρόμησης για την εύρεση αντιπροσωπευτικού πολλαπλασιαστή K της δοκιμής σημειακής φόρτισης

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable: σ_{ci}

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	.255	17.431	1	51	.000	42.706	12.480		
Logarithmic	.198	12.601	1	51	.001	55.699	21.710		
Inverse	.105	5.986	1	51	.018	81.640	-20.623		
Quadratic	.256	8.596	2	50	.001	45.371	9.945	.468	
Cubic	.262	5.804	3	49	.002	55.978	-6.506	7.170	-.741
Compound	.229	15.185	1	51	.000	42.832	1.206		
Power	.203	12.988	1	51	.001	51.407	.347		
S	.122	7.116	1	51	.010	4.369	-.351		
Growth	.229	15.185	1	51	.000	3.757	.187		
Exponential	.229	15.185	1	51	.000	42.832	.187		
Logistic	.229	15.185	1	51	.000	.023	.830		

The independent variable is $I_{s50(diam)}$.

Πίνακας Γ.2. Ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης για την εύρεση αντιπροσωπευτικού πολλαπλασιαστή K της δοκιμής σημειακής φόρτισης (εκτίμηση συσχέτισης)

Model Summary^b

Model	R	Adjusted R Square	Std. Error Change Statistics						
			of the Estimate	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig.	F
1	.505 ^a	.255	.240	23.47578	.255	17.431	1	51	.000

a. Predictors: (Constant), $I_{s50(diam)}$

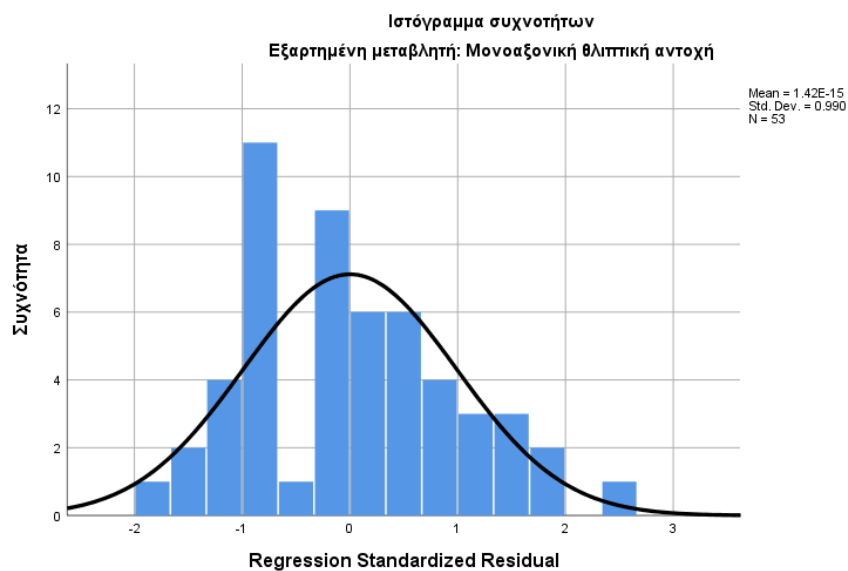
b. Dependent Variable: σ_{ci}

Πίνακας Γ.3. Ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης για την εύρεση αντιπροσωπευτικού πολλαπλασιαστικού συντελεστή K της δοκιμής σημειακής φόρτισης (συντελεστές ευθείας).

Coefficients^a

Model	B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	90.0% Confidence Interval for B	
						Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	42.706 6.828		6.255	.000	31.268	54.145
	Is50(diam)	12.480 2.989	.505	4.175	.000	7.472	17.488

a. Dependent Variable: σ_{ci}



Διάγραμμα Γ.1. Ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης για την εύρεση αντιπροσωπευτικού πολλαπλασιαστικού K της δοκιμής σημειακής φόρτισης

Στο παράρτημα Δ εντοπίζονται τα πρωτογενή δεδομένα των τεκτονικών διαγραμμάτων καθώς και οι αναλυτικοί μέθοδοι επίλυσης των κινηματικών αναλύσεων και αυτών της εύρεσης των συντελεστών ασφαλείας για κάθε τύπο ανισότροπης ολίσθησης.

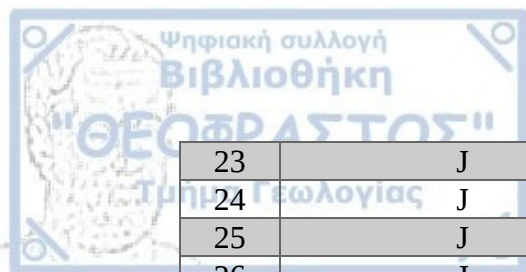
Πίνακας Δ.1. Πίνακας αναγραφής ασυνεχειών του Νότιου στομίου της σήραγγας Δημαρίου

A/A	ΕΙΔΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ	ΚΛΙΣΗ (°)	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΣΗΣ (°)
1	J	85	102
2	B	35	280
3	J	64	264
4	J	55	262
5	J	72	266
6	J	78	265
7	J	78	186
8	B	23	298
9	J	72	120
10	J	72	330
11	B	22	298
12	B	20	300
13	J	75	108
14	J	58	27
15	J	87	158
16	J	60	142
17	J	60	249
18	B	31	286
19	B	38	294
20	J	70	104
21	J	49	288
22	J	66	0
23	J	62	8

24	J	59	300
25	J	62	264
26	J	89	123
27	J	80	115
28	B	31	286
29	B	22	300
30	J	76	344
31	J	81	51
32	J	85	59
33	B	18	296
34	J	78	62
35	J	52	328
36	J	86	33
37	J	85	29

Πίνακας Δ.2. Πίνακας αναγραφής ασυνεχειών του Βόρειου στομίου της σήραγγας Δημαρίου

A/A	ΕΙΔΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ	ΚΛΙΣΗ (°)	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΣΗΣ (°)
1	J	68	94
2	J	82	334
3	J	74	166
4	J	88	159
5	J	85	71
6	J	84	9
7	J	74	86
8	J	83	350
9	J	79	103
10	J	82	183
11	J	65	85
12	J	87	135
13	J	66	67
14	J	80	45
15	J	70	63
16	B	15	310
17	B	25	310
18	B	20	280
19	B	21	298
20	J	80	58
21	J	85	48
22	J	85	141



23	J	86	85
24	J	75	64
25	J	60	346
26	J	78	110
27	J	76	74
28	J	44	332
29	J	75	161
30	J	84	31
31	J	64	59
32	J	74	14
33	J	85	41
34	J	79	16
35	J	76	28



Ανάλυση σφηνών με το πρόγραμμα Unwedge εντός της σήραγγας

Τμήμα 1 (164°)

Bedding, J1 & J2

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations
Wedges Computed: Perimeter and End Wedges
Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:
Trend: 164°
Plunge: 3°
Design Factor of Safety: 1.500
Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³
Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Not Used

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Right wedge [3]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Right wedge [4]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Left wedge [5]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Left wedge [6]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Roof wedge [8]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Near End wedge [9]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Far End wedge [10]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Joint Orientations

Joint 1
Dip: 26°
Dip Direction: 292°

Joint 2
Dip: 65°
Dip Direction: 262°

Joint 3
Dip: 78°
Dip Direction: 112°

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations
Wedges Computed: Perimeter and End Wedges
Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:
Trend: 164°
Plunge: 3°
Design Factor of Safety: 1.500
Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³
Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Direction: Sliding
Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Right wedge [3]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Right wedge [4]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Left wedge [5]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Left wedge [6]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Roof wedge [8]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Near End wedge [9]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Far End wedge [10]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Joint Orientations

Joint 1
Dip: 26°
Dip Direction: 292°

Joint 2
Dip: 65°
Dip Direction: 262°

Joint 3
Dip: 78°
Dip Direction: 112°

Bedding, J1 & J3

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations
Wedges Computed: Perimeter and End Wedges
Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:
Trend: 164°
Plunge: 3°
Design Factor of Safety: 1.500
Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³
Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Direction: Sliding
Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Lower Right wedge [1]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Floor wedge [2]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Left wedge [4]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Right wedge [5]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Roof wedge [7]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Left wedge [8]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Near End wedge [9]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Far End wedge [10]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Joint Orientations

Joint 1
Dip: 26°
Dip Direction: 292°

Joint 2
Dip: 78°
Dip Direction: 112°

Joint 3
Dip: 83°
Dip Direction: 047°

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations
Wedges Computed: Perimeter and End Wedges
Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:
Trend: 164°
Plunge: 3°
Design Factor of Safety: 1.500
Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³
Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Direction: Sliding
Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Upper Right wedge [3]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Floor wedge [4]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Roof wedge [5]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Left wedge [6]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Right wedge [7]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Near End wedge [9]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Far End wedge [10]
Scale Apex Height: 10.08 m
Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Joint Orientations

Joint 1
Dip: 26°
Dip Direction: 292°

Joint 2
Dip: 65°
Dip Direction: 262°

Joint 3
Dip: 83°
Dip Direction: 047°

Joint Properties

Joint Properties 1



J1, J2 & J3

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 164°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Not Used

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]

Scale Apex Height: 10.08 m



Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Left wedge [4]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Right wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Roof wedge [8]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 65°

Dip Direction: 262°

Joint 2

Dip: 78°



Dip Direction: 112°

Joint 3

Dip: 83°

Dip Direction: 047°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN



Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information



Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 6.470 MN

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 33.951

Wedge Weight: 0.019 MN

Lower Right wedge [5]

Factor of Safety: 77.203

Wedge Weight: 0.008 MN

Upper Right wedge [7]

Factor of Safety: 71.881

Wedge Weight: 0.000 MN

Roof wedge [8]

Factor of Safety: 0.000

Wedge Weight: 6.129 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 19.309

Wedge Weight: 0.086 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 40.415

Wedge Weight: 0.086 MN



Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 164°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Direction: Sliding

Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m



Lower Left wedge [4]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Lower Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Upper Right wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Roof wedge [8]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 67.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 65°

Dip Direction: 262°

Joint 2

Dip: 78°

Dip Direction: 112°



Joint 3

Dip: 83°

Dip Direction: 047°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused



Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information



Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 6.470 MN

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 31.198

Wedge Weight: 0.019 MN

Lower Right wedge [5]

Factor of Safety: 71.363

Wedge Weight: 0.008 MN

Upper Right wedge [7]

Factor of Safety: 66.520

Wedge Weight: 0.000 MN

Roof wedge [8]

Factor of Safety: 0.000

Wedge Weight: 6.129 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 17.850

Wedge Weight: 0.086 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 36.315

Wedge Weight: 0.086 MN

Τμήμα 2 (177°)

Bedding, J & J1

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg



Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Not Used

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Left wedge [4]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m



Upper Right wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Left wedge [8]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 20°

Dip Direction: 300°

Joint 2

Dip: 86°

Dip Direction: 155°

Joint 3

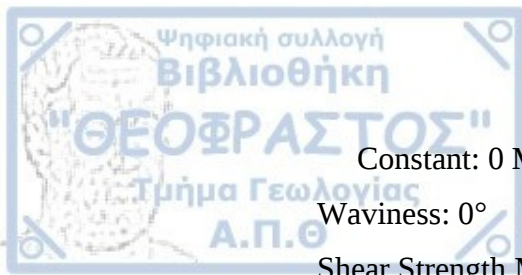
Dip: 74°

Dip Direction: 078°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure



Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³



Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 1.000 MN

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 52.432

Wedge Weight: 0.046 MN



Lower Right wedge [5]

Factor of Safety: 59.623

Wedge Weight: 0.040 MN

Upper Right wedge [7]

Factor of Safety: 17.904

Wedge Weight: 0.073 MN

Upper Left wedge [8]

Factor of Safety: 0.000

Wedge Weight: 0.439 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 225.426

Wedge Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 422.274

Wedge Weight: 0.002 MN

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data



Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Direction: Sliding

Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Left wedge [4]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Right wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Left wedge [8]



Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 20°

Dip Direction: 300°

Joint 2

Dip: 86°

Dip Direction: 155°

Joint 3

Dip: 74°

Dip Direction: 078°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

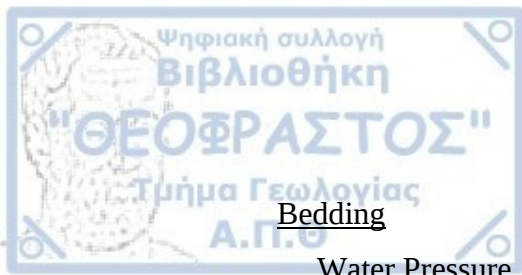
Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa



Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete



No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 1.000 MN

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 42.493

Wedge Weight: 0.046 MN

Lower Right wedge [5]

Factor of Safety: 55.042

Wedge Weight: 0.040 MN

Upper Right wedge [7]

Factor of Safety: 16.529



Wedge Weight: 0.073 MN

Upper Left wedge [8]

Factor of Safety: 0.000

Wedge Weight: 0.439 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 208.690

Wedge Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 309.673

Wedge Weight: 0.002 MN

Bedding, J & J2

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°



Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Not Used

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Left wedge [4]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Roof wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Left wedge [8]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]



Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 20°

Dip Direction: 300°

Joint 2

Dip: 86°

Dip Direction: 155°

Joint 3

Dip: 81°

Dip Direction: 029°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

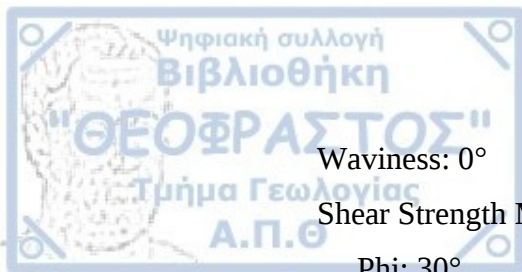
Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa



Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter



Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 0.640 MN

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 26.086

Wedge Weight: 0.036 MN

Upper Right wedge [5]

Factor of Safety: 25.846

Wedge Weight: 0.153 MN

Roof wedge [7]

Factor of Safety: 88.452

Wedge Weight: 0.000 MN

Upper Left wedge [8]

Factor of Safety: 0.000



Wedge Weight: 0.169 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 76.443

Wedge Weight: 0.011 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 174.012

Wedge Weight: 0.011 MN

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°

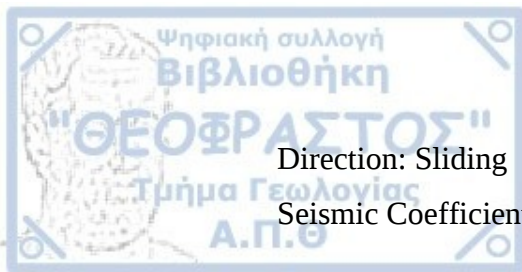
Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces



Direction: Sliding

Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Left wedge [4]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Roof wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Left wedge [8]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m



Joint Orientations

Joint 1

Dip: 20°

Dip Direction: 300°

Joint 2

Dip: 86°

Dip Direction: 155°

Joint 3

Dip: 81°

Dip Direction: 029°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa



Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends



Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 0.640 MN

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 21.141

Wedge Weight: 0.036 MN

Upper Right wedge [5]

Factor of Safety: 23.875

Wedge Weight: 0.153 MN

Roof wedge [7]

Factor of Safety: 81.825

Wedge Weight: 0.000 MN

Upper Left wedge [8]

Factor of Safety: 0.000

Wedge Weight: 0.169 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 70.768

Wedge Weight: 0.011 MN



Far End wedge [10]

Factor of Safety: 141.007

Wedge Weight: 0.011 MN

Bedding, J1 & J2

Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Not Used

Scale Wedges Settings



Floor wedge [2]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Left wedge [3]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Right wedge [6]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Roof wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

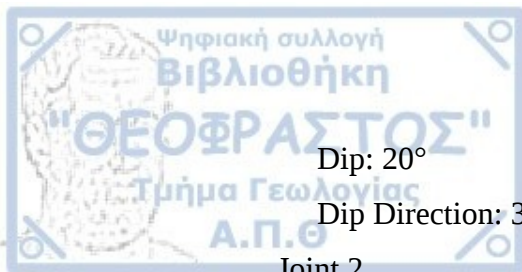
Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Joint Orientations

Joint 1



Dip: 20°

Dip Direction: 300°

Joint 2

Dip: 74°

Dip Direction: 078°

Joint 3

Dip: 81°

Dip Direction: 029°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1



Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

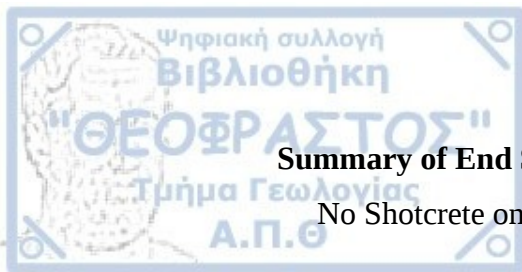
No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends



Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Floor wedge [2]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 3.941 MN

Lower Left wedge [3]

Factor of Safety: 67.389

Wedge Weight: 0.043 MN

Upper Right wedge [5]

Factor of Safety: 30.966

Wedge Weight: 0.018 MN

Lower Right wedge [6]

Factor of Safety: 66.549

Wedge Weight: 0.037 MN

Roof wedge [7]

Factor of Safety: 3.750

Wedge Weight: 0.969 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 134.824

Wedge Weight: 0.013 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 255.664

Wedge Weight: 0.013 MN



Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Direction: Sliding

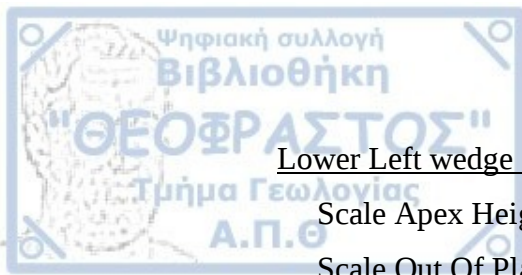
Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Floor wedge [1]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m



Lower Left wedge [4]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Right wedge [5]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Roof wedge [7]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Upper Left wedge [8]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 20°

Dip Direction: 300°

Joint 2

Dip: 86°

Dip Direction: 155°

Joint 3



Dip: 81°

Dip Direction: 029°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used



Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Floor wedge [1]



Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 0.640 MN

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 21.141

Wedge Weight: 0.036 MN

Upper Right wedge [5]

Factor of Safety: 23.875

Wedge Weight: 0.153 MN

Roof wedge [7]

Factor of Safety: 81.825

Wedge Weight: 0.000 MN

Upper Left wedge [8]

Factor of Safety: 0.000

Wedge Weight: 0.169 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 70.768

Wedge Weight: 0.011 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 141.007

Wedge Weight: 0.011 MN

J, J1 & J2

Unwedge Analysis Information

Document Name



File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Not Used

Scale Wedges Settings

Roof wedge [3]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Left wedge [6]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]



Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 86°

Dip Direction: 155°

Joint 2

Dip: 74°

Dip Direction: 078°

Joint 3

Dip: 81°

Dip Direction: 029°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

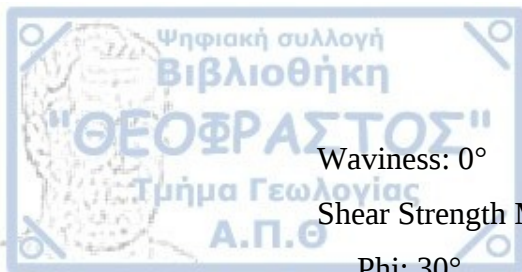
Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa



Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

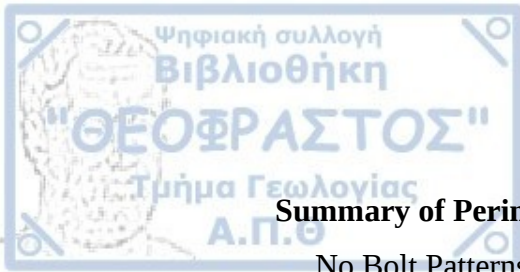
Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter

Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter



Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Roof wedge [3]

Factor of Safety: 217.298

Wedge Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 0.010 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 317.401

Wedge Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 0.002 MN



Unwedge Analysis Information

Document Name

File Name: DIATOMI UNWEDGE.weg

Project Settings

Project Title: Stability Analysis of Wedges for Underground Excavations

Wedges Computed: Perimeter and End Wedges

Units: Metric, stress as MPa

General Input Data

Tunnel Axis Orientation:

Trend: 177°

Plunge: 3°

Design Factor of Safety: 1.500

Unit Weight of Rock: 0.026 MN/m³

Unit Weight of Water: 0.010 MN/m³

Seismic Forces

Direction: Sliding

Seismic Coefficient: 0.08

Scale Wedges Settings

Roof wedge [3]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Lower Left wedge [6]



Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Near End wedge [9]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Far End wedge [10]

Scale Apex Height: 10.08 m

Scale Out Of Plane Length: 186.00 m

Joint Orientations

Joint 1

Dip: 86°

Dip Direction: 155°

Joint 2

Dip: 74°

Dip Direction: 078°

Joint 3

Dip: 81°

Dip Direction: 029°

Joint Properties

Joint Properties 1

Water Pressure

Constant: 0 MPa

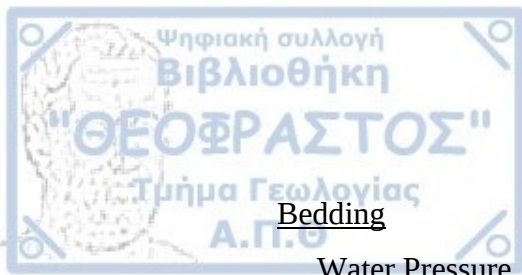
Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa



Bedding

Water Pressure

Constant: 0 MPa

Waviness: 0°

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Phi: 30°

Cohesion: 0.252 MPa

Tensile Strength: 0 MPa

Bolt Properties

Bolt Property 1

Bolt Type: Mechanically Anchored

Tensile Capacity: 0.1 MN

Plate Capacity: 0.1 MN

Anchor Capacity: 0.1 MN

Shear Strength: Unused

Bolt Orientation Efficiency: Used

Method: Cosine Tension/Shear

Shotcrete Properties

Shotcrete Property 1

Shear Strength: 2.00 MPa

Unit Weight: 0.026 MN/m³

Thickness: 10.00 cm

Support Summary

Summary of Perimeter Shotcrete

No Shotcrete on Perimeter



Summary of Perimeter Support Pressure

No Support Pressure on Perimeter

Summary of Perimeter Bolt Patterns

No Bolt Patterns on Perimeter

Summary of End Bolt Patterns

No Bolt Pattern on Ends

Summary of End Support Pressure

No Support Pressure on Ends

Summary of End Shotcrete

No Shotcrete on Ends

Wedge Information

Roof wedge [3]

Factor of Safety: 200.721

Wedge Weight: 0.004 MN

Lower Left wedge [6]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 0.010 MN

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 293.188

Wedge Weight: 0.002 MN

Far End wedge [10]

Factor of Safety: stable

Wedge Weight: 0.002 MN