ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Γεωτεχνολογία & Περιβάλλον»

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΔΥΜΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΣΤΟ ΧΟΝΓΚ ΚΟΝΓΚ

Αθηνά Ν. Σίμου
Γεωλόγος

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Γεώργιος Εξαδάκτυλος, Καθηγητής (Επιβλέπων)
Ζαχαρίας Αγιουτάντης, Καθηγητής
Εμμανουήλ Στειακάκης, Λέκτορας

Χανιά, Μάιος 2010

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, είναι η κατασκευή ενός τρισδιάστατου γεωτεχνικού μοντέλου της περιοχή του Χονγκ Κονγκ όπου διανοίχθηκαν δίδυμες σήραγγες καθώς και να προταθεί μία τρισδιάστατη υπολογιστική προσέγγιση στο σχεδιασμό σηράγγων.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκε καταρχήν η γεωτεχνική ανάλυση και πιο συγκεκριμένα, η συλλογή και η επεξεργασία δεδομένων από δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και εργαστηριακές δοκιμές. Επίσης, το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη γεωτεχνική ταξινόμηση της βραχόμαζας δηλ. τον υπολογισμό των δεικτών ποιότητας της βραχόμαζας RMR (Rock Mass Rating) (BIENIAWSKI, 1989) στις θέσεις των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.

Σε επόμενο στάδιο, κατασκευάστηκαν τα 3-δισδιάστατα στερεά κάθε γεωλογικού όγκου ξεχωριστά και η ψηφιοποιημένη τοπογραφία της περιοχής μελέτης με τη βοήθεια του υπολογιστικού – σχεδιαστικού προγράμματος MIDAS – GTS. Εν συνεχεία τα στερεά αυτά διακριτοποιήθηκαν με πεπερασμένα στοιχεία με το ίδιο λογισμικό.

Επακολούθως, χρησιμοποιώντας το γεωστατιστικό κώδικα KRIGSTAT, που χρησιμοποιείται για τη γεωστατιστική ανάλυση χωρικών δεδομένων, έγινε παρεμβολή του δείκτη RMR κατά μήκος της χάραξης των σηράγγων, αλλά και σε όλο το διακριτοποιημένο ογκομετρικό μοντέλο.

Τέλος, με την γεωστατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και τη σύγκριση τους με τις επί τόπου μετρήσεις δεικτών βραχόμαζας RMR του μετώπου κατά την εκσκαφή των σηράγγων, προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για τη χρησιμότητα της μεθόδου που παρουσιάζει αυτή η προτεινόμενη μέθοδος κατά την αρχική μελέτη ενός υπό σχεδίαση υπόγειου έργου.

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών με τίτλο «Γεωτεχνολογία και Περιβάλλον» του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας ήταν μια προτεινόμενη 3-διάστατη υπολογιστική προσέγγιση στον σχεδιασμό σηράγγων με βασική επιδίωξη την αξιοποίηση αλλά και ανάδειξη του ρόλου ενός γεωτεχνικού στις Υπόγειες Κατασκευές.

Στο σημείο αυτό, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους στάθηκαν αρωγοί στην προσπάθειά μου για την ολοκλήρωση αυτού του πονήματος και ειδικότερα:

Τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Γεώργιο Εξαδάκτυλο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Μελέτης και Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη καθ όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, αλλά και για τις πολύτιμες συμβουλές και καθοριστικές παρεμβάσεις του σε όλη την εξέλιξη της εργασίας αυτής.

Τον Καθηγητή κ. Ζαχαρία Αγιουτάντη, μέλος της εξεταστικής επιτροπής, για την καθοριστική του αξιολόγηση της εργασίας.

Τον Λέκτορα κ. Εμμανουήλ Στειακάκη, μέλος της εξεταστικής επιτροπής, για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις του.

Εν συνεχεία ευχαριστώ θερμά, την Επίκουρο Καθηγήτρια κ. Μαρία Σταυροπούλου, του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών, η οποία ήταν κοντά μου και με βοήθησε όχι μόνο καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής αλλά και κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών. Ήταν εκείνη η οποία με παρότρυνε να ασχοληθώ με το αντικείμενο της τεχνικής γεωλογίας και ιδιαίτερα με τα υπόγεια έργα και να συνεχίσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές. Με βοήθησε στην κατανόηση λειτουργίας του προγράμματος MIDAS-GTS, με στήριξε σε μεγάλο βαθμό με τις συμβουλές της, τις διορθώσεις της, αλλά και παρέχοντας μου χώρο και υλικοτεχνική υποδομή για να εργαστώ άνετα και απρόσκοπτα. Επιπροσθέτως, την ευχαριστώ για την ευγενική παραχώρηση των υπολογισμών RMR που έκανε η ίδια στο μέτωπο της υπό μελέτης σήραγγας στα πλαίσια του προγράμματος TUNCONSTRUCT.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω, για την συνεχή στήριξη και βοήθεια τους επιστημονικούς συνεργάτες του εργαστηρίου Μελέτης & Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων και φίλους, κ. Λιόλιο Παντελή, κ. Μπαράκο Γεώργιο, κ. Σαράτση Γεώργιο, κ. Τσουβάλα Σταυρούλα και ιδιαίτερα τον κ. Ξηρουδάκη

Γεώργιο για την πολύτιμη βοήθειά του στην κατανόηση λειτουργίας του γεωστατιστικού κώδικα KRIGSTAT.

Τέλος, οφείλω τεράστια ευγνωμοσύνη στην οικογένειά μου, για την αμέριστη ηθική συμπαράσταση και υλική υποστήριξη της στην έως τώρα διαδρομή μου.

Χανιά, Μάιος 2010

Αθηνά Ν. Σίμου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

		Σελ.
	ΕΞΩΦΥΛΛΟ……	**i**
	ΠΕΡΙΛΗΨΗ……	**ii**
	ΠΡΟΛΟΓΟΣ……	**iii**
	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ……	**v**
1.	**ΕΙΣΑΓΩΓΗ……..**	**1**
1.1.	**Σκοπός της εργασίας……**	**1**
1.2.	**Διάρθρωση εργασίας……**	**1**
2.	**ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ……**	**3**
2.1.	**Γεωγραφία – Μορφολογία της περιοχής του έργου……..**	**3**
2.2.	**Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της δίδυμης σήραγγας ……..**	**6**
3.	**ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ……**	**10**
3.1.	**Γενικά / Εισαγωγή……..**	**10**
3.2.	**Στρωματογραφία……**	**12**
3.3.	**Τεκτονική εξέλιξη……..**	**14**
3.3.1.	Γενικά…….	14
3.3.2.	Η ρηξιγενής ζώνη Lianhuashan…….	15
3.3.3.	Γεωτεκτονικό πλαίσιο του Χονγκ Κονγκ…….....	16
3.3.3.1.	Τεκτονική ιστορία και προέλευση ρηγμάτων…….	21
3.3.3.2.	Πτυχώσεις……..	23
3.4.	**Γεωλογικοί σχηματισμοί ευρύτερης περιοχής…….....**	**25**
3.5.	**Μαγματική δραστηριότητα……..**	**27**
3.6.	**Νεοτεκτονική δραστηριότητα……..**	**28**
4.	**ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ–ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ……..**	**29**
4.1.	**Γεωλογία περιοχής έργου……**	**29**
4.2.	**Διαδικασία και στάδια μελέτης σύμφωνα με τις γεωλογικές – γεωτεχνικές συνθήκες……..**	**32**
5.	**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ……**	**34**
5.1.	**Εισαγωγή……**	**34**
5.2.	**Γεωτεχνική ανάλυση……**	**35**

5.2.1. Επεξεργασία διαθέσιμων στοιχείων…….. 35
5.2.1.1. Στοιχεία γεωτρήσεων……..……... 35
5.2.1.2. Εργαστηριακά δεδομένα…….. 37
5.3. Γεωτεχνική ταξινόμηση βραχόμαζας…… **42**
5.3.1. Εισαγωγή……. 42
5.3.2. Μεθοδολογία Γεωτεχνικής ταξινόμησης RMR……..……. 42
5.4. Κατασκευή 3D γεωλογικού μοντέλου..... **48**
5.5. Γεωστατιστική επεξεργασία…… **54**

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... **61**
6.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων……..... **61**
6.2. Συμπεράσματα ……..…….. **68**
6.3. Πρόταση……... **69**

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... **70**

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ……... **72**

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Γεωγραφική τοποθέτηση της περιοχής μελέτης……. 3

Σχήμα 2.2 : Χάραξη σήραγγας……. 4

Σχήμα 2.3: Τρισδιάστατη δορυφορική απεικόνιση της περιοχής μελέτης με τη βοήθεια του προγράμματος Γραφικής απεικόνισης της Γης, Google Earth……. 4

Σχήμα 2.4: Κάτοψη σήραγγας από την αστική περιοχή Kowloon…… 5

Σχήμα 2.5: Λειτουργία του ΤΒΜ με: α) ΕΡΒ, β) Ανοιχτού τύπου……..……. 7

Σχήμα 3.1: Εμφάνιση γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα την ηλικία……..... 10

Σχήμα 3.2: Κύριοι γεωλογικοί σχηματισμοί και ρηξιγενείς ζώνες……. 11

Σχήμα 3.3: Παλαιογεωγραφικές διαρθρώσεις Νότιου τμήματος της Κίνας από το Μεσοπρωτεροζωικό ως το Κατώτερο Λιθανθρακοφόρο (after Wang, 1985)…….. 12

Σχήμα 3.4: Παλαιογεωγραφικές διαρθρώσεις Νότιου τμήματος της Κίνας από το Κατώτερο Πέρμιο ως το Κατώτερο Τριαδικό (after Wang, 1985)…….. 13

Σχήμα 3.5: Τεκτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες στη Νοτιοανατολική Κίνα…….. 14

Σχήμα 3.6: Κύριες τεκτονικές δομές και ηφαιστειακά χαρακτηριστικά…… 15

Σχήμα 3.7: Εμφάνιση ρηγμάτων στην ευρύτερη περιοχή Χονγκ Κονγκ…….. 18

Σχήμα 3.8: Εμφάνιση κύριων ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών..…….. 18

Σχήμα 3.9: Εμφάνιση ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ στο κανάλι Tolo…… 20

Σχήμα 3.10: Διασπορά ηφαιστειακών πετρωμάτων στο Χονγκ Κονγκ…….…… 26

Σχήμα 4.1: Γεωλογική μηκοτομή…… 29

Σχήμα 5.1: Προτεινόμενο Διάγραμμα Ροής της 3-διάστατης υπολογιστικής προσέγγισης στον σχεδιασμό σηράγγων…….. 41

Σχήμα 5.2: Ιστόγραμμα Αντοχών Μονοαξονικής Θλίψης σε δείγματα γρανίτη…… 43

Σχήμα 5.3: Φύλλο εργασίας του "EXCEL" για υπολογισμό RMR…… 49

Σχήμα 5.4: Γεωλογικό στρώμα γρανίτη καλής αντοχής……. 50

Σχήμα 5.5: Εμφάνιση γεωλογικού στρώματος γρανίτη καλής αντοχής…… 50

Σχήμα 5.6: Εμφάνιση εδαφικών σχηματισμών……. 50

Σχήμα 5.7: Εμφάνιση των επιχωμάτων - υπερκείμενα όλων των άλλων σχηματισμών…….. 50

Σχήμα 5.11: Μοντέλο σήραγγας με εμφάνιση των γεωλογικών σχηματισμών που διαπερνά..... 52

Σχήμα 5.12: Μοντέλο σήραγγας με εμφάνιση των γεωλογικών σχηματισμών που διαπερνά με έμφαση τα λίγα μόνο μέτρα που συναντά εδαφικούς σχηματισμούς…… 52

Σχήμα 5.13: Τρισδιάστατο διακριτοποιημένο γεωλογικό μοντέλο με πεπερασμένα στοιχεία……. 53

Σχήμα 5.14.: Τρισδιάστατο διακριτοποιημένο γεωλογικό μοντέλο με πεπερασμένα στοιχεία, με ξεχωριστά τα γεωλογικά στρώματα…….. 53

Σχήμα 5.15: Διάγραμμα ροής γεωστατιστικού κώδικα…….. 55

Σχήμα 5.16: Ιστόγραμμα κατανομής της συχνότητας εμφάνισης των τιμών RMR και στατιστικά στοιχεία……..…….. 56

Σχήμα 5.17: Έλεγχος απόκλισης από την κανονική κατανομή……. 57

Σχήμα 5.18: Προσαρμογή του πειραματικού ημι-βαριογράμματος με θεωρητικό μοντέλο…… 58

Σχήμα 5.19: Σημεία στη διατομή της σήραγγας που υπολογίσθηκε το RMR από παρεμβολή από τις γειτονικές γεωτρήσεις με το KRIGSTAT……. 60

Σχήμα 6.1: Ιστόγραμμα και στατιστική κατανομή του RMR min από αποτυπώσεις του μετώπου κατά μήκος της σήραγγας…… 61

Σχήμα 6.2: Ιστόγραμμα και στατιστική κατανομή του RMR max από αποτυπώσεις του μετώπου κατά μήκος της σήραγγας…….. 62

Σχήμα 6.3: Κατανομή του μέσου RMR κατά μήκος της σήραγγας και του RMR±σ από τις γεωτρήσεις (σ=τυπική απόκλιση πρόβλεψης συνήθους Kriging)……..... 62

Σχήμα 6.4: Κατανομή των γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης……. 63

Σχήμα 6.5: Αποτέλεσμα του Kriging, για τον πλήρως αποσαθρωμένο γρανίτη με τιμές RMR=25…… 64

Σχήμα 6.6: Χάρτης εκτίμησης RMR και της διασποράς στο σχηματισμό του γρανίτη…….. 64

Σχήμα 6.7: Παρουσίαση σφάλματος εκτίμησης για το RMR……. 65

Σχήμα 6.8: Χάρτης εκτίμησης RMR και της διασποράς στο σχηματισμό του γρανοδιορίτη…… 65

Σχήμα 6.9: Παρουσίαση σφάλματος εκτίμησης για το RMR……. 66

Σχήμα 6.10: Απεικόνιση της διασποράς των τιμών σε ολόκληρο το γεωτεχνικό μοντέλο…….. 66

Σχήμα 6.11: Απεικόνιση της διασποράς των τιμών σε ολόκληρο το γεωτεχνικό μοντέλο με διαφοροποιημένους του βραχώδεις σχηματισμούς……. 67

Σχήμα 6.13: Διάγραμμα Ροής της προτεινόμενης 3-διάστατης υπολογιστικής προσέγγισης στον σχεδιασμό σηράγγων με ανάδραση……. 69

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Κύρια χαρακτηριστικά σήραγγας……..... 6

Πίνακας 2.2: Κύριο γεωλογικό προφίλ……... 8

Πίνακας 2.3: Κύρια χαρακτηριστικά του TBM……. 9

Πίνακας 4.1: Γεωλογικοί σχηματισμοί περιοχής έργου……... 31

Πίνακας 4.2: Κύρια γεωλογικά χαρακτηριστικά……..…… 33

Πίνακας 5.1: Εκτελεσθείσες γεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης……. 36

Πίνακας 5.2: Εργαστηριακά αποτελέσματα αντοχής σε θλίψη (MPa)…….. 37

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας εργαστηριακών δοκιμών σε δείγματα γρανίτη……. 40

Πίνακας 5.4: Βαθμονόμηση με βάση την αντοχή άρρηκτου πετρώματος σε μοναξονική θλίψη σ_c (MPa)…… 44

Πίνακας 5.5: Βαθμονόμηση με βάση το δείκτη RQD (%)…… 44

Πίνακας 5.6: Βαθμονόμηση με βάση την απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών της βραχομάζας…… 45

Πίνακας 5.7: Βαθμονόμηση με βάση την παρουσία υπόγειου νερού…… 45

Πίνακας 5.8: Βαθμονόμηση με βάση την εμμονή των ασυνεχειών…… 46

Πίνακας 5.9: Βαθμονόμηση με βάση το άνοιγμα των ασυνεχειών…… 46

Πίνακας 5.10: Βαθμονόμηση με βάση την τραχύτητα των ασυνεχειών…… 46

Πίνακας 5.11: Βαθμονόμηση με βάση το υλικό πλήρωσης των ασυνεχειών…….. 47

Πίνακας 5.12: Βαθμονόμηση με βάση την αποσάθρωση των ασυνεχειών……..... 47

Πίνακας 5.13: Γενική ταξινόμηση της βραχομάζας με βάση τη συνολική βαθμολογία RMR_{dry}…….. 47

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός Εργασίας

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών με τίτλο **«Γεωτεχνολογία και Περιβάλλον»** του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Βασική επιδίωξη της εργασίας ήταν να αξιοποιηθεί και να εφαρμοστεί όσο το δυνατόν καλύτερα η γνώση της Τεχνικής Γεωλογίας και της Μηχανικής των Υπόγειων Κατασκευών (Γεωστατιστική – Υπολογιστική Μηχανική) για τη μελέτη των σηράγγων Kwai Tsing και συγκεκριμένα της δίδυμης σήραγγας Tsing Tsuen στο Hong Kong.

Μέσα από μια διαδικασία, η οποία συνδύαζε συλλογή απαραίτητων δεδομένων, βιβλιογραφική επισκόπηση, αξιολόγηση των διαθέσιμων γεωερευνητικών στοιχείων, εφαρμογή υπολογιστικών προγραμμάτων και κριτική σκέψη, έγινε προσπάθεια να αναδειχθεί η σημασία και συμβολή του γεωλόγου - γεωτεχνικού στα υπόγεια έργα.

Κύριος στόχος είναι η μελέτη και η ανάδειξη των γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν κατά το βασικό σχεδιασμό του συγκεκριμένου υπογείου έργου.

1.2. Διάρθρωση Εργασίας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, είναι η κατασκευή ενός τρισδιάστατου γεωτεχνικού μοντέλου στην περιοχή του Χονγκ Κονγκ. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, πραγματοποιήθηκε η γεωμηχανική ταξινόμηση της βραχόμαζας με τον υπολογισμό του δείκτη ποιότητας κατά RMR (Rock Mass Rating), (BIENIAWSKI, 1989), στις θέσεις των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, με βάση τα στοιχεία αυτά αλλά και άλλων εργαστηριακών δεδομένων.

Η διάρθρωση της εργασίας έχει ως εξής:

Στο ***2ο Κεφάλαιο*** παρουσιάζονται τα γενικά στοιχεία του έργου όσον αφορά τη γεωγραφία και μορφολογία της περιοχής αλλά και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των σηράγγων.

Στο ***3ο Κεφάλαιο*** περιγράφονται οι γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής, η στρωματογραφία, η τεκτονική εξέλιξη, το γεωτεκτονικό πλαίσιο και οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής.

Οι γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής μελέτης αναφέρονται στο ***4ο Κεφάλαιο*** δίνοντας και στοιχεία για τη διαδικασία και τα στάδια μελέτης ανάλογα με αυτές τις συνθήκες.

Στο ***5ο Κεφάλαιο*** περιγράφεται διεξοδικά η διαδικασία κατασκευής του γεωτεχνικού μοντέλου που προτείνεται. Σε πρώτη φάση, περιγράφεται η γεωτεχνική και η γεωτεχνική ταξινόμηση της βραχόμαζας δηλ. τον υπολογισμό των δεικτών ποιότητας της βραχόμαζας RMR (Rock Mass Rating) (BIENIAWSKI, 1989) στις θέσεις των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων. Σε επόμενο στάδιο, αναλύεται η μοντελοποίηση και διακριτοποίηση της περιοχής έργου με τη βοήθεια του υπολογιστικού – σχεδιαστικού προγράμματος MIDAS – GTS. Επακολούθως, γίνεται αναφορά στη γεωστατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, χρησιμοποιώντας το γεωστατιστικό κώδικα KRIGSTAT καθώς και στη σύγκριση που έγινε με επί τόπου μετρήσεις στο μέτωπο της σήραγγας.

Τέλος, στο ***6ο Κεφάλαιο*** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την προτεινόμενη αυτή μέθοδο κατά την αρχική μελέτη ενός υπό σχεδίαση υπόγειου έργου.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

2.1. Γεωγραφία - Μορφολογία της Περιοχής του Έργου

Η περιοχή μελέτης και κατασκευής της δίδυμης σήραγγας Kwai Tsing βρίσκεται στο Χονγκ Κονγκ στην ανατολική Ασία (Σχήμα 2.1) και συγκεκριμένα στη νότια ακτή της Κίνας. Αποτελείται από το κύριο νησί του Χονγκ Κονγκ, ένα τμήμα της ηπειρωτικής Κίνας το Kowloon και τα New Territories, καθώς και από 260 μικρά νησιά και χερσονήσους, εκ των οποίων το μεγαλύτερο είναι το Lantau Island. Από τη συνολική έκταση (2.755 km^2) που καταλαμβάνει το Χονγκ Κονγκ, περίπου το 40% (1104 km^2) αποτελείται από στεριά και το υπόλοιπο καλύπτεται από θάλασσα. Το συνολικό μήκος των ακτογραμμών του ανέρχεται στα 733 km.

Σχήμα 2.1: Γεωγραφική τοποθέτηση της περιοχής μελέτης

Η τοπογραφία της περιοχής χαρακτηρίζεται από βουνά και λόφους με απότομες πλαγιές, πολλές από τις οποίες καταλήγουν απευθείας στη θάλασσα. Τα βουνά αποτελούνται κυρίως από ηφαιστειακά πετρώματα και μερικοί λόφοι δομούνται από γρανίτη. Η υψηλότερη κορυφή είναι η Ta Mo Shan (957μ.), ενώ η χαμηλότερη η Lo Chau Mun (66 μ.).

Η κατασκευή των σηράγγων (Σχήμα 2.2, 2.3, 2.4) έγινε στην αστική περιοχή Kowloon με στόχο να αποτελέσει λύση στο πρόβλημα της καθημερινής μετακίνησης μεγάλου αριθμού επιβατών. Συγκεκριμένα, ο συνολικός πληθυσμός του Χόνγκ Κονγκ, αναμένεται να έχει αυξηθεί από το 1996 που ήταν στα 6,2 εκατ., σε παραπάνω από 8 εκατ. ως το 2011 και συγκεκριμένα η περιοχή όπου μελετάται η σήραγγα Tsing Tsuen από 800.000 που ήταν σε 1,35 εκατ. δηλ. περίπου 70% αύξηση! Με την ολοκλήρωση του Kowloon – Canton Railway Corporation εξυπηρετούνται πάνω από 340.000 επιβάτες την ημέρα.

Σχήμα 2.2 : Χάραξη σήραγγας

Σχήμα 2.3: Τρισδιάστατη δορυφορική απεικόνιση της περιοχής μελέτης με τη βοήθεια του προγράμματος γραφικής απεικόνισης της Γης, Google Earth

Σχήμα 2.4: Κάτοψη σήραγγας από την αστική περιοχή Kowloon

2.2. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά της Δίδυμης Σήραγγας Tsing Tsuen

Οι σήραγγες Kwai Tsing (KCRC Contract DB320) έχουν μήκος 3,6 km και είναι τμήμα της δυτικής σιδηροδρομικής γραμμής Kowloon Canton μεταξύ των σταθμών Mei Foo και Tsuen Wan στην περιοχή New Territories του Χονγκ Κονγκ.

Το συγκεκριμένο έργο, συνολικού μήκους 3,6 km, χωρίστηκε σε τρεις επιμέρους σήραγγες, την Ha Kwai Chung (HKCT), την **Tsing Tsuen** (TTT) και την σήραγγα Tsuen Wan (TWT).

- Η δίδυμη σήραγγα HKCT έχει μήκος 1,7 km όπου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Drill and Blast.

- Η σήραγγα TTT έχει μήκος 1,8 km, αποτελείται από δύο ξεχωριστές σήραγγες 8,75m διαμέτρου και διανοίχθηκαν με μηχάνημα ολομέτωπου κοπής TBM (Tunnel Boring Machine).

- Η σήραγγα TWT αποτελείται από 140 μέτρα σήραγγας με εκσκαφή και επανεπίχωση (cut and cover) στο στόμια εισόδου και εξόδου των σηράγγων.

Η παρούσα εργασία αφορά το δεύτερο τμήμα του έργου, την σήραγγα δηλ. **Tsing Tsuen** και στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται πιο αναλυτικά τα κύρια χαρακτηριστικά της:

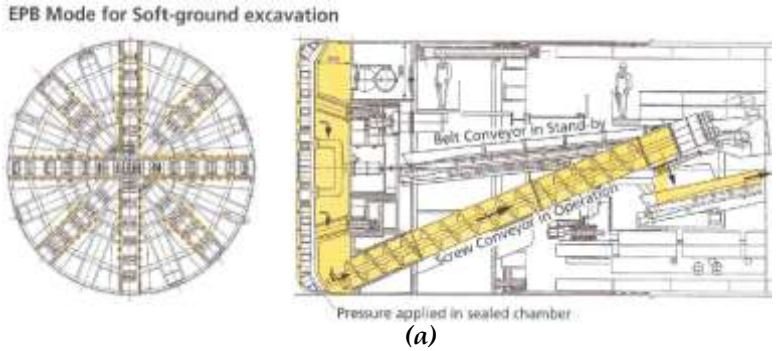
	Μήκος Σήραγγας	1840 m
	Διάμετρος Εκσκαφής	8.75 m
Επένδυση	Μήκος Δακτυλίου	1.8 m
	Πάχος Δακτυλίου	400 mm
	Εσωτερική Διάμετρος	7.625 m
	Απόσταση μεταξύ εγκάρσιων	90 m

Πίνακας 2.1: Κύρια χαρακτηριστικά σήραγγας

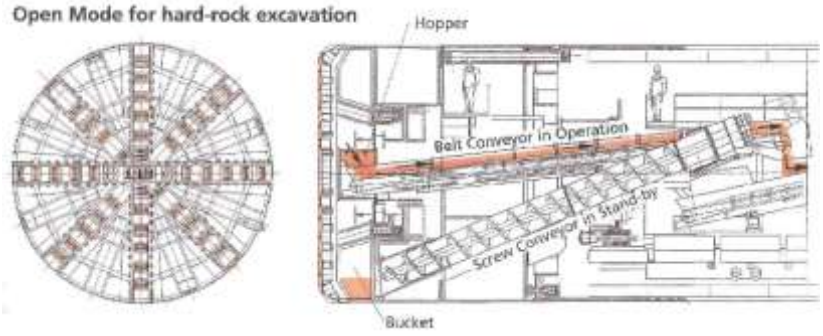
Λόγω των μεταβαλλόμενων γεωτεχνικών συνθηκών κατά μήκος των σηράγγων το μηχάνημα ολομέτωπης κοπής TBM που επιλέχθηκε έχει την δυνατότητα να

λειτουργεί και στα μαλακά υλικά (αργιλικά με άμμο και αλλούβιες αποθέσεις) και στα σκληρά πετρώματα με μέση μονοαξονική αντοχή (UCS) κυμαινόμενη από 80-250 MPa, αλλάζοντας τον τρόπο λειτουργίας του ανάλογα με τον τύπο πετρώματος που γίνεται η εκσκαφή σε Earth Pressure Balanced (EPB) και Open Mode.

Όταν το TBM βρίσκεται εντός του μαλακού εδάφους τότε λειτουργεί με την μέθοδο εξισορρόπησης της πίεσης του εδάφους (EPB), όπου η πίεση εφαρμόζεται σε έναν αεροστεγή θαλάμο εντός του οποίου βρίσκεται συνέχεια μίγμα θρυμματισμένου υλικού με πολφούς για την υποστήριξη του μετώπου της σήραγγας με πίεση 3-5 bar. Τα θραύσματα απομακρύνονται με την βοήθεια μεταφορικής ταινίας μορφής κοχλία (βλ. Σχήμα 2.5.α.). Στις περιπτώσεις όπου η εκσκαφή γίνεται σε μικτά μέτωπα ή ρωγματωμένα πετρώματα η εκσκαφή γίνεται είτε με την μέθοδο EPB είτε με την αεροσυμπιεζόμενη λειτουργία. Στις περιπτώσεις εκσκαφής μέσα σε σκληρά πετρώματα η διάνοιξη γίνεται με την χρήση του ανοιχτού τύπου (Open Mode) όπως λειτουργεί συνήθως το TBM κατά την εξόρυξη πετρωμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση δεν ασκείται καμία πίεση στο μέτωπο της σήραγγας. Οι κοπτικοί δίσκοι θρυμματίζουν το πέτρωμα και οι περιστρεφόμενοι κάδοι οδηγούν το υλικό σε μια χοάνη. Το υλικό αυτό τροφοδοτείται σε μεταφορική ταινία που στη συνέχεια το απομακρύνει μακριά από την περιοχή της εκσκαφής (βλ. Σχήμα 2.5.β.).



(a)



(β)

Σχήμα 2.5: Λειτουργία του TBM με: α) EPB, β) Ανοιχτού τύπου

Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η αλληλουχία του τρόπου λειτουργίας του ΤΒΜ ανάλογα με την θέση του εντός της σήραγγας:

Αρχικό μήκος	Τελικό μήκος	Επιλογή λειτουργίας
0	600	Ανοιχτού τύπου
600	800	Αεροσυμπιεζόμενο
800	1260	Ανοιχτού τύπου
1260	1300	Αεροσυμπιεζόμενο
1300	1341	EPB
1341	1420	Αεροσυμπιεζόμενο
1420	1820	EPB

Πίνακας 2.2: Κύριο γεωλογικό προφίλ

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του ΤΒΜ καθώς και η φωτογραφία του συγκεκριμένου τύπου ΤΒΜ παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3. Για την υποστήριξη της σήραγγας μετά την εκσκαφή χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι δακτύλιοι από σκυρόδεμα, οι οποίοι τοποθετούνται πίσω από το ΤΒΜ αμέσως μετά την εκσκαφή.

Μετά το πέρας της εξόρυξης της πρώτης σήραγγας, η κεφαλή του ΤΒΜ, για να μεταφερθεί στο αρχικό τμήμα της εκσκαφής της δεύτερης σήραγγας, αποσυναρμολογήθηκε και μεταφέρθηκε οδικώς. Το υπόλοιπο τμήμα του ΤΒΜ οδηγήθηκε μέσο της σήραγγας, ακολουθώντας αντίστροφη πορεία από την εκσκαφή.

Γενικά χαρακτηριστικά	
Διάμετρος Εκσκαφής	8.75 m
Ελάχιστη ακτίνα σήραγγας	400 m
Μέγιστη κλίση σήραγγας	4%
Συνολικό μήκος	108 m
Συνολικό βάρος	1 400 t
Άδειασμα υλικού	1 m κατά μήκος της ταινίας μεταφοράς
Χορηγούμενη ηλεκτρική ισχύς	11 kV
Μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς: 4 100 W
Θώρακας σε 3 μέρη	
Συνολικό βάρος	860 t
Κυρίως θώρακας	Ώθηση: 0-5200 tons 13 ζεύγη ωθητικών εμβόλων Ταχύτητα εκσκαφής: 080mm/m
Κοπτική Κεφαλή (CH)	9 κινητήρες με ισχύ: 240 kW ο καθένας Στροφές: 0-3 rpm 61 κοπτικούς δίσκους (18-10")
Αρθρωτό κέλυφος (tail skin)	
Οπισθοδομή	
6 πλατφόρμες, 90 m Σύστημα εκτόξευσης: 0-49 m3/h	

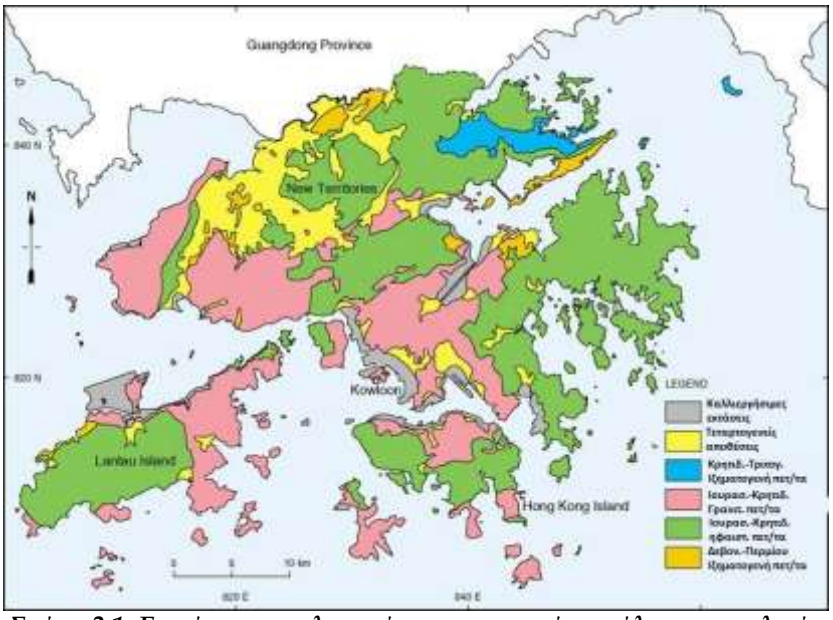
Πίνακας 2.3: Κύρια χαρακτηριστικά του TBM

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

3.1 Γενικά / Εισαγωγή

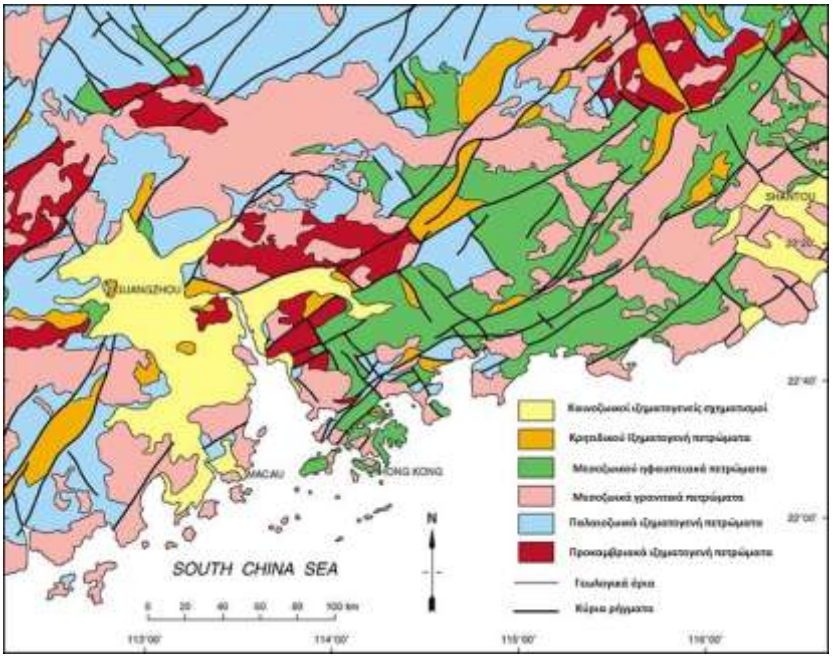
Η γεωλογική ιστορία του Χονγκ Κονγκ έχει καθοριστεί κυρίως από τις τεκτονικές αλλαγές που έλαβαν χώρα 400 εκ. χρόνια πριν. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν μεγάλα χρονικά κενά στη γεωλογική ιστορία της περιοχής, τα οποία πιθανότατα αντανακλούν σημαντικές αλλαγές στο τεκτονικό καθεστώς.

Τα παλαιότερα πετρώματα στο Χονγκ Κονγκ είναι ηλικίας ανώτερου Παλαιοζωικού και πρόκειται για μη θαλάσσια και αβαθή θαλάσσια ιζηματογενή πετρώματα. Αυτά τα πετρώματα ηλικίας Δεβόνιου, Λιθανθρακοφόρου και Περμίου εμφανίζονται κυρίως στα βορειοανατολικά και βορειοδυτικά του Χονγκ Κονγκ (Σχήμα 3.1) και αποτελούν το 10% της συνολικής εμφάνισης πετρωμάτων.



Σχήμα 3.1: Εμφάνιση γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα την ηλικία

Η γεωλογία του Χονγκ Κονγκ συνίσταται κυρίως από Προκαμβριακούς γνευσίους (4000- 2500 Ma), ιζηματογενή πετρώματα του Νεοπρωτεροζωικού (1000-550 Ma) και Φανεροζωικού (<550 Ma), καθώς και από ηφαιστειακά πετρώματα και γρανίτες του Μεσοζωικού (<248 Ma) (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2: Κύριοι γεωλογικοί σχηματισμοί και ρηξιγενείς ζώνες

Ιζηματογενή πετρώματα Ιουρασικής ηλικίας εκτίθενται σε μια μικρή περιοχή του Χονγκ Κονγκ (<3%). Περιλαμβάνουν Κατώτερου και Μέσου Ιουρασικού ψαμμίτες, ιλυολίθους και σχιστολίθους που είχαν αποτεθεί σε βαθύ θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα Μεσοζωικά ηφαιστειακά και πλουτώνεια πετρώματα κυριαρχούν στο Χονγκ Κονγκ, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 85% των εμφανισθέντων πετρωμάτων στην ξηρά. Περιλαμβάνουν γρανίτες, πυριτικές διεισδύσεις και ρυολιθικούς τόφφους και λάβες. Τα περισσότερα από τα πυριγενή πετρώματα είναι Ανώτερης Ιουρασικής και κατώτερης Κρητιδικής ηλικίας. Η κατανομή και η μορφή των ηφαιστειακών και πλουτώνιων πετρωμάτων ελέγχονται σε μεγάλο βαθμό από βορειοανατολικα και βορειοδυτικά ρήγματα

Τα μεσοζωικά ιζηματογενή πετρώματα τα οποία είναι νεώτερα από το κύριο ηφαιστειακό επεισόδιο, και τα Τριτογενή ιζηματογενή πετρώματα εκτίθενται κυρίως στα βορειοανατολικά του Χονγκ Κονγκ.

Τα ρήγματα στο Χονγκ Κονγκ δομούν πολλά τεκτονικά βυθίσματα βορειοανατολικής και βορειοδυτικής διεύθυνσης.

Η παραμόρφωση των πετρωμάτων της περιοχής, προκαλείται από τις τεκτονικές ασυνέχειες αλλά και από τις πτυχώσεις που αναπτύσσονται περιοδικά σε βαθιές τεκτονικές δομές που έχουν ξαναενεργοποιηθεί. Η μικροσεισμική δραστηριότητα συνεχίζεται μέχρι σήμερα σε ορισμένα από αυτά τα ρήγματα.

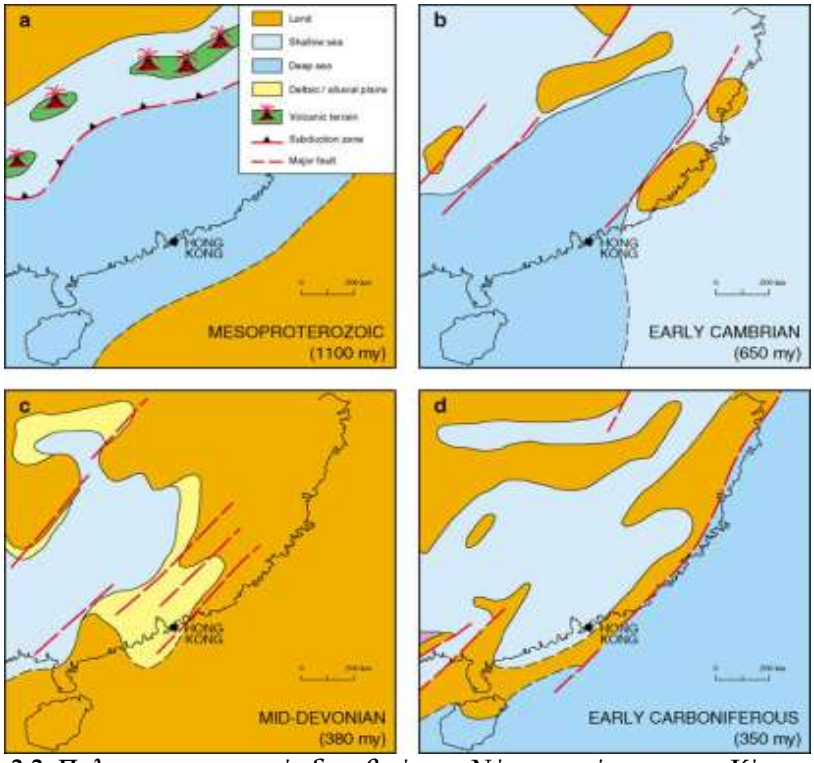
Πολλών ειδών μεταλλικά και μη μεταλλικά ορυκτά έχουν βρεθεί στο Χονγκ Κονγκ. Οι ποσότητες των μεταλλικών ορυκτών είναι γενικά μικρές αλλά μόνο λίγα κοιτάσματα έχουν αξιοποιηθεί.

Η αποσάθρωση και η διάβρωση έχουν διαμορφώσει το σημερινό τοπίο και οδήγησε στη συσσώρευση των Τεταρτογενών επιφανειακών αποθέσεων.

3.2 Στρωματογραφία

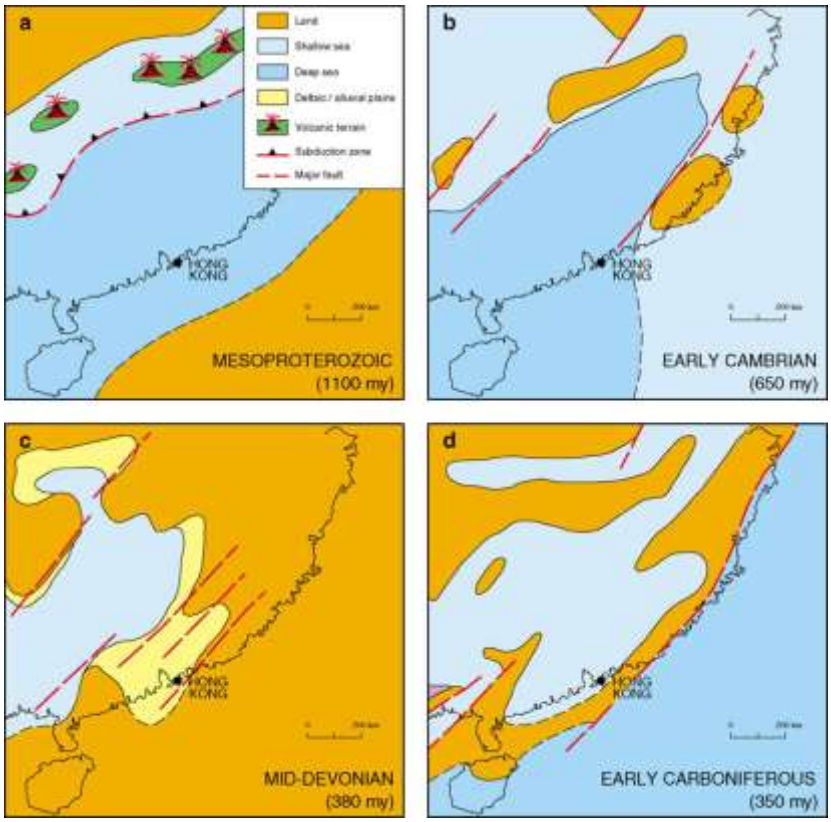
Τα παλαιότερα πετρώματα στο Χονγκ Κονγκ είχαν αποτεθεί ως ιζήματα σε προσχωσιγενή εδάφη, σε ενδοπαλιρροιακά δέλτα και σε ρηχή ηπειρωτική θάλασσα, στα τέλη του παλαιοζωικού (Σχήμα 3.3c). Αυτά τα ιζήματα του Δεβονίου πιθανότατα προέρχονται από τη διάβρωση της ηπειρωτικής ξηράς με μία φορά προς τα νοτιοανατολικά του Χονγκ Κονγ. Η συνεχιζόμενη βύθιση της ανοικτής θάλασσας λεκάνης οδήγησαν στην εναπόθεση των ανθρακούχων προσχώσεων, ιλύος και αργότερα, ανθρακικών ιζημάτων (Σχήμα 3.3d).

Αυτά σώζονται ως σήμερα στο Χονγκ Κονγκ ως Λιθανθρακοφόροι ιλυόλιθοι, πηλόλιθοι και μάρμαρα. Ακολουθεί περίοδος ανάδυσης και διάβρωσης της περιοχής και στη συνέχεια γρανιτικής διείσδυσης η οποία θεωρείται ότι έλαβε χώρα σε ολόκληρη την ανατολική Κίνα κατά τη διάρκεια του Τριαδικού.



Σχήμα 3.3: Παλαιογεωγραφικές διαρθρώσεις Νότιου τμήματος της Κίνας από το Μεσοπρωτεροζωικό ως το Κατώτερο Λιθανθρακοφόρο (after Wang, 1985)

Μετά από αυτό το γεγονός, ένα ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον που σχηματίστηκε κατά το Κατώτερο Ιουρασικό αναδύθηκε και σηματοδοτείται από την έναρξη μιας μεγάλης ηφαιστειακής δραστηριότητας. Εκτεταμένα ηφαιστειακά επεισόδια συνέβησαν σε ολόκληρη τη νοτιοανατολική Κίνα από το Μέσο Ιουρασικό Κρητιδικό (Σχήμα 3.4b). Αυτό αποδεικνύεται από την παχιά συσσώρευση πυροκλαστικού υλικού και ογκώδων γρανιτικών διεισδύσεων στην περιοχή. Μετά την παύση της δραστηριότητας αυτής κατά το Κατώτερο Κρητιδικό, η ηφαιστειακή σωρός διαβρώθηκε σε μεγάλο βαθμό και εναποτέθηκε σε βορειοανατολικές αλλουβιακές λεκάνες (Σχήμα 3.4c). Στις αρχές του Τριτογενούς (Σχήμα 3.4d) το κλίμα χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα ξηρό με αποτέλεσμα την ανάπτυξη εβαποριτικών σχηματισμών στις αλλουβιακές λεκάνες. Δεν υπάρχει περαιτέρω στρωματογραφική καταγραφή που να διατηρείται στο Χονγκ Κονγκ μέχρι το Τεταρτογενές, οπότε και συσσωρεύτηκαν σε πεδινές περιοχές, μικρού πάχους θαλάσσιων και μη ιζημάτων.

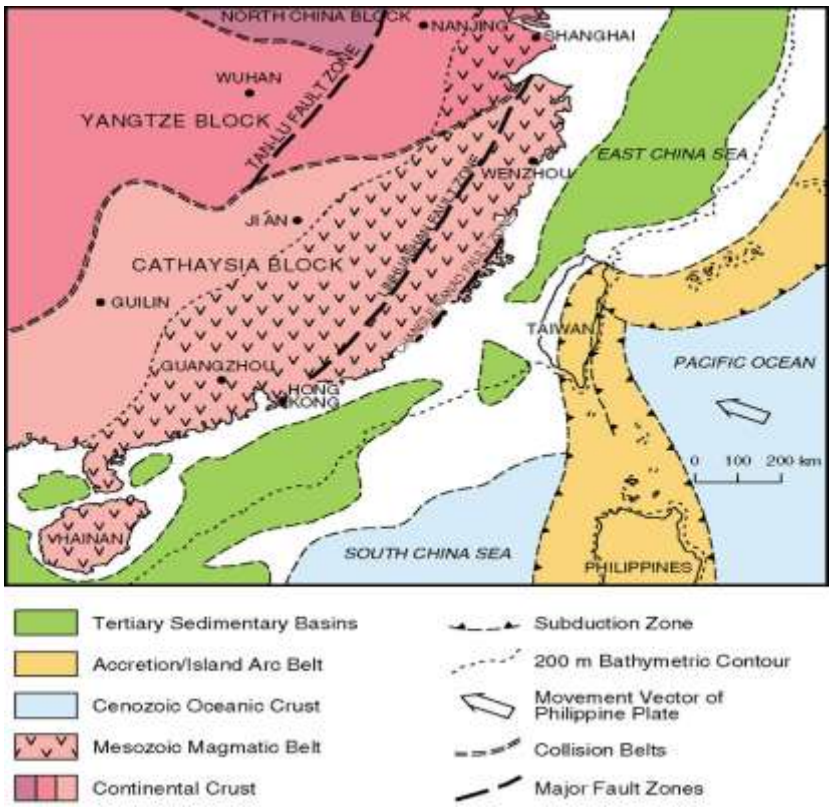


Σχήμα 3.4: Παλαιογεωγραφικές διαρθρώσεις Νότιου τμήματος της Κίνας από το Κατώτερο Πέρμιο ως το Κατώτερο Τριαδικό (after Wang, 1985)

3.3 Τεκτονική Εξέλιξη

3.3.1 Γενικά

Η Νοτιοανατολική Κίνα πιστεύεται ότι αποτελείται από μια σειρά τριών παλαιών μπλοκ φλοιού. Οι ενότητες αυτές είναι γνωστή ως μπλοκ Βόρειας Κίνας, το μπλοκ Yangtze και το μπλοκ Cathaysia (Σχήμα 3.5). Αυτά τα λιθοσφαιρικά τμήματα έχουν συνενωθεί με τις συγκρούσεις μεταξύ ηπείρων κατά τα τελευταία 1.000 εκατομμύρια χρόνια.



Σχήμα 3.5: Τεκτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες στη Νοτιοανατολική Κίνα

Η Νοτιοανατολική Κίνα αποτελεί μέρος της Ευρασιατικής πλάκας, η οποία συγκρούστηκε με την Ινδο-Αυστραλιανή πλάκα κατά μήκος του νότιου περιθωρίου της (δημιουργώντας την οροσειρά των Ιμαλαίων).

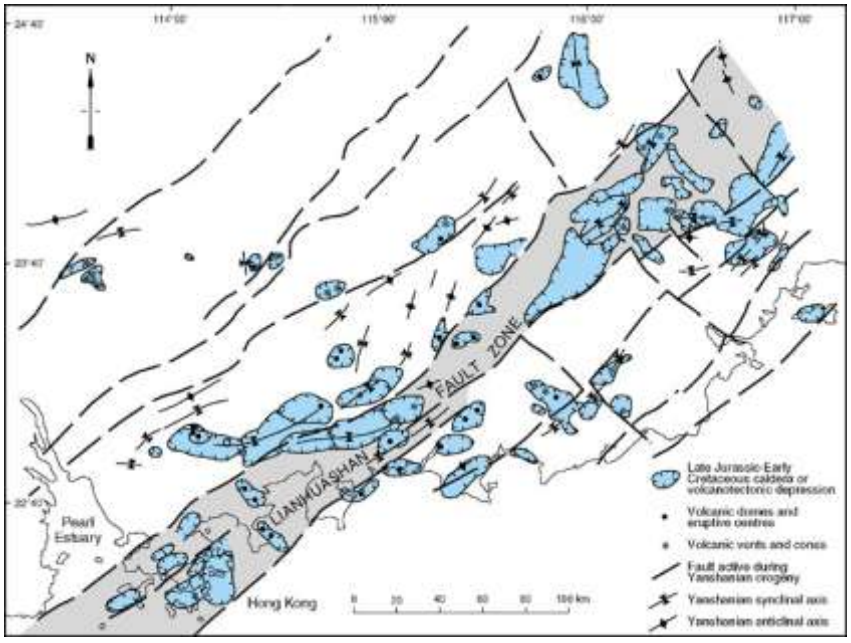
Στα ανατολικά, η πλάκα των Φιλιππίνων κινείται βορειοδυτικά αποτελώντας ένα πολύπλοκο σύστημα των ωκεάνιων ζωνών καταβύθισης κατά μήκος του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας. Βόρεια της Ταϊβάν, η πλάκα των Φιλιππίνων υποβυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική. Νότια της Ταιβάν και η

πλάκα των Φιλιππίνων αλλά και η Ευρασιατική φαίνεται να υποβυθίζονται κάτω από τα νησιά των Φιλιππίνων με αποτέλεσμα ενός πολύπλοκου συνδυασμού ηφαιστειακής και σεισμικής δραστηριότητας.

3.3.2 Η Ρηξιγενής Ζώνη Lianhuashan

Η ρηξιγενής ζώνη Lianhuashan είναι ένα από τα σημαντικότερα τεκτονικά χαρακτηριστικά της νοτιοανατολικής Κίνας και αποτελείται από παράλληλα ρήγματα βορειοανατολικής διεύθυνσης και συνιστά επιφανειακή έμφανιση μιας βαθιά τεκτονικής ασυνέχειας στο Προκαμβριακό υπόβαθρο.

Το Χονγκ Κονγκ βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της ρηξιγενούς αυτής ζώνης, όπου οριοθετείται από το ρήγμα Shenzhen προς τα βόρεια και το ρήγμα Haifeng στο νότο (Chen, 1987? Lai & Langford, 1996) (Σχήμα 3.6). Η πιο έντονη δραστηριότητα κατά μήκος της ζώνης σημειώθηκε κατά τη διάρκεια της Μεσοζωικού ελεγχόμενη από τα ηφαιστειακά – πλουτώνια επεισόδια που έλαβαν χώρα συγκεκριμένα κατά το Ανώτερο Ιουρασικό με Κατώτερο Κρητιδικό.



Σχήμα 3.6: Κύριες τεκτονικές δομές και ηφαιστειακά χαρακτηριστικά

Οι πρόσφατες ρηξιγενείς δραστηριότητες στη νοτιοανατολική Κίνα, όπως καθορίζεται από την ένταση της σεισμικής δραστηριότητας, καταγράφονται κατά μήκος των παράκτιων περιοχών και οφείλονται κυρίως στην αλληλεπίδραση της Ευρασιατική και των Φιλιππίνων πλάκες (Σχήμα 3.5). Το Χονγκ Κονγκ θεωρείται αποτελεί μία περιοχή μέτριας σεισμικότητας (State Seismological Bureau, 1990), αν και ποτέ δεν έχει καταγραφεί μεγάλος σεισμός

στην ιστορία. Ωστόσο, τα τελευταία 1.000 χρόνια υπήρξαν πάνω από 40 καταγραφές σεισμών με μέγεθος μεγαλύτερο από 4,75 της κλίμακας Ρίχτερ σε απόσταση 350 χιλιομέτρων από το Χονγκ Κονγκ (Ding & Guo, 1989? GCO, 1991b, Pun & Ambraseys, 1992? Whittaker et al. , 1992? Lee & Workman, 1996). Από αυτούς, έντεκα είχαν μέγεθος μεγαλύτερο από 6,0 Ρίχτερ. Οι σεισμοί που έχουν σημειωθεί πιο κοντά στο Χονγκ Κονγκ και συγκεκριμένα 85 χλμ. ανατολικά του Χονγκ Κονγκ στις 15 Μαΐου 1991 είχε μέγεθος Ms 6,0 Ρίχτερ, 5,5 Ρίχτες το 1905, Και 5,75 Ρίχτερ το 1874. Αυτά, και άλλα μικρότερα γεγονότα, θεωρούνται ότι σχετίζονται κυρίως με κινήσεις είτε στις βορειοανατολικές ρηξιγενείς ζώνες, συμπεριλαμβανομένων, για παράδειγμα, το μεγάλο ρήγμα κοντά στα νησιά Dangan, είτε στις βορειοδυτικές ρηξιγενείς ζώνες, μερικά από αυτά τα ρήγματα καθορίζουν και τα περιθώρια της Τριτοβάθμιας ιζηματογενούς λεκάνης του ποταμού Pearl (Ding & Lai, 1997).

3.3.3 Γεωτεκτονικό Πλαίσιο του Χονγκ Κονγκ

Το ηπειρωτικό υπόβαθρο του Χονγκ Κονγκ έχει ηλικία άνω των 550 εκατομ. χρόνων. Η τεκτονική εξέλιξη του Χονγκ Κονγκ περιλαμβάνει επεισόδια που έχουν ηλικία πιθανώς από το Προκάμβριο, και σίγουρα από τα τέλη του παλαιοζωικού, μέχρι σήμερα. Ωστόσο, η παραμόρφωση που συναντάται στα πετρώματα προκλήθηκαν από γεγονότα που έλαβαν χώρα κατά το Ιουρασικό και Κρητιδικό, όπου συνέβησαν κύριες ηφαιστειακές εκρήξεις και μεγάλου όγκου διεισδύσεις γρανιτικού μάγματος στο φλοιό. Αυτό το μαγματικό επεισόδιο συνδέθηκε με μια περίοδο παρατεταμένων διαρρήξεων και πτυχώσεων και όλα αυτά τα επεισόδια αναφέρονται ως ορογένεση **Yanshanian**.

Α) Δομή υποβάθρου

Τα Ιουρασικά και πρώιμου Κρητιδικού έκχυτα και διεισδυτικά πετρώματα επισκιάζουν κατά πολύ την Προ-Μεσοζωική γεωλογία. Δεν υπάρχουν εμφανίσεις Παλαιοζωικών και Προκάμβριων πετρωμάτων. Ωστόσο, αυτά τα μεγάλου βάθους πετρώματα αποτελούν το υπόβαθρο των νεότερων γεωλογικών σχηματισμών.

Η γενικότερη γεωλογία της περιοχής υποδεικνύει την ύπαρξη παλαιοζωικών πετρωμάτων υποκείμενα της Μεσοζωικής ακολουθίας του Χονγκ Κονγκ. Αυτό πιστοποιείται από τα παρουσία μαρμάρων Λιθανθρακοφόρου ηλικίας ή σε ορισμένες περιπτώσεις ηλικίας Περμίου μέσα σε ορισμένα από τα Ιουρασικά ηφαιστειακά πετρώματα. Είναι επίσης πολύ πιθανή η εμφάνιση πετρωμάτων Κατώτερης Παλαιοζωικής και Νεοπροτεροζωικής ηλικίας. Λίγα κρυσταλλικά πετρώματα Προκαμβρίου εκτίθενται στη Νοτιοανατολική Κίνα και για αυτό υπάρχει περιορισμένη γνώση για τη σύνθεσή τους. Ωστόσο, υπάρχει ολοένα και

αυξανόμενα γεωχημικά και ισότοπα αποδεικτικά στοιχεία ότι τόσο τα κρυσταλλικά πετρώματα Αρχαιζωικής και Προτεροζωικής ηλικίας μπορεί να αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα του φλοιού βαθιά κάτω από το Χονγκ Κονγκ (Darbyshire & Sewell, 1997, Fletcher et al.,1997).

Β) Δομή φλοιού

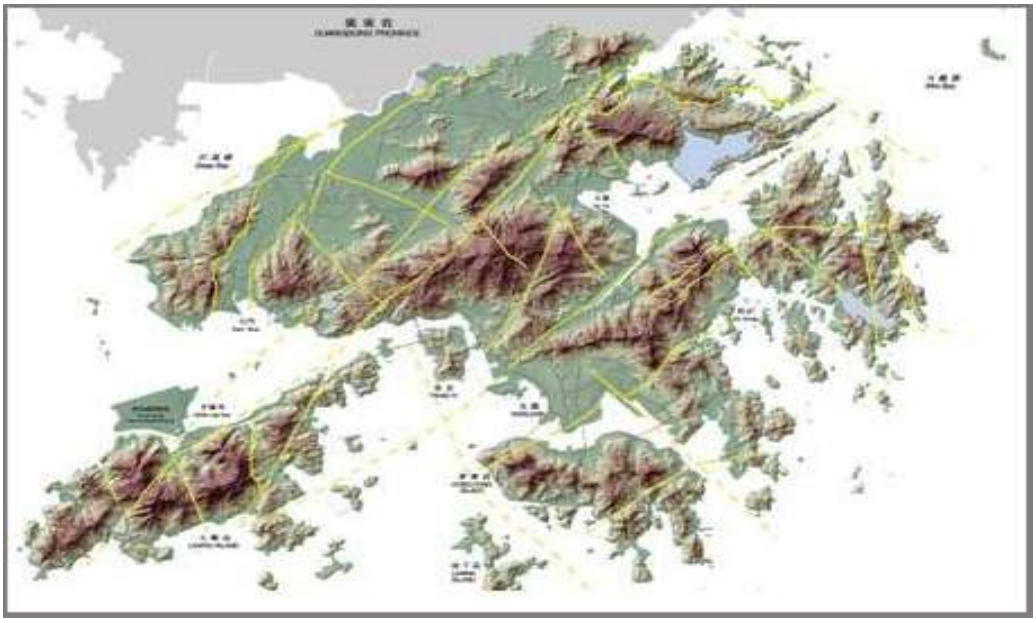
Η δομή του φλοιού του Χονγκ Κονγκ αποτελείται από κρυσταλλικά στοιχεία που δομούν ένα στενό τμήμα όξινων πετρωμάτων βορειοανατολικής διεύθυνσης εκτιμώμενης αρχαιοζωικής ηλικίας, το οποίο πλαισιώνεται από περισσότερα βασικής σύστασης τμήματα πετρωμάτων τα οποία θεωρούνται ότι αντιπροσωπεύουν terraine Προτεροζωικής ηλικίας. Αυτά τα τμήματα επικαλύπτονται από ένα ανώτατο τμήμα φλοιού, πάχους περίπου 6 χλμ, που αποτελείται από μεσοζωικά γρανιτικά και ηφαιστειακά πετρώματα Φανεροζωικής ηλικίας. Η ασυνέχεια μεταξύ των προαναφερθέντων Αρχαιοζωικών και Προτεροζωικών terranes λειτούργησε ως ένας αγωγός μάγματος προς τον ανώτερο φλοιό.

Εφελκυστικές περιοδικές κινήσεις μεγάλων διαστάσεων πιθανώς έλαβαν χώρα στο ανώτερο φλοιό πάνω από την ασυνέχεια σε όλο το ανώτερο Ιουρασικό και Κατώτερο Κρητιδικό. Αυτό εκφράστηκε από την εισβολή επιμηκών πλουτωνιτών γρανίτη και από την ανάπτυξη καλδέρων και δημιουργία ευρέων φλεβικών συστημάτων. (Campbell & Sewell, 1997).

Γ) Ρήγματα

Τα κύρια ρήγματα στο Χονγκ Κονγκ (Σχήμα 3.7) έχουν διεύθυνση βορειοανατολική νοτιοδυτική, και βορειοδυτική (μέχρι και βόρειο-βόρειοδυτική) – νότιοανατολική. Υπάρχουν βέβαια και μερικά ρήγματα διεύθυνσης Βορράς – Νότος και Ανατολή – Δύση.

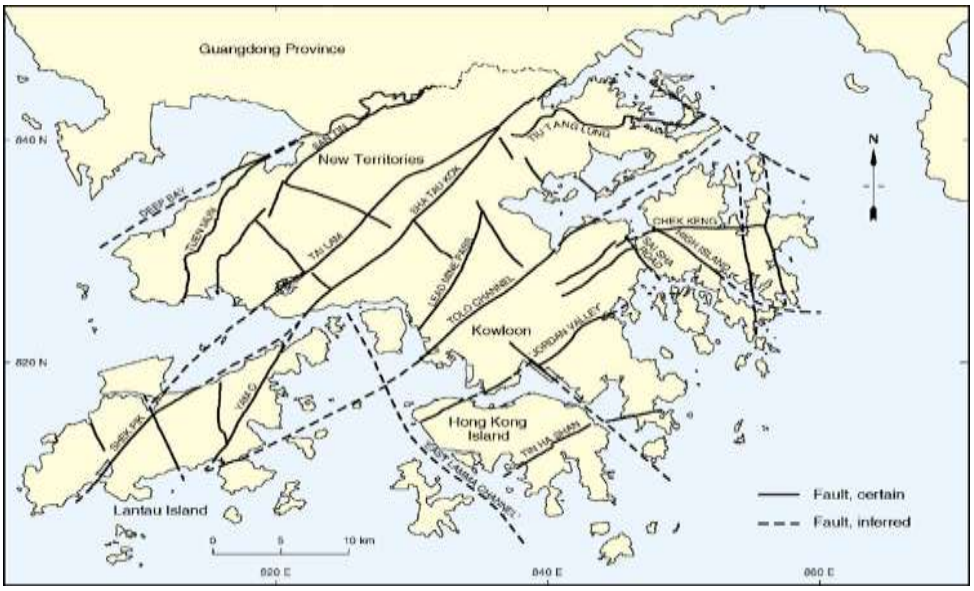
Μερικά ρήγματα στη Βόρεια Κίνα σχετίζονται με ζώνες διάρρηξης μέχρι 1 χιλιομέτρου, αν και τα περισσότερα φαίνεται να έχουν πλάτος μόλις λίγα μέτρα. Παρ' όλο που σε όλη την γεωλογική ιστορία του Χονγκ Κονγκ καταγράφονται τεκτονικές διαρρήξεις, ενεργό χαρακτήρα έχουν αυτά κατά τη διάρκεια του Ιουρασικού και Κρητιδικού περίοδος η οποία χαρακτηρίζεται γενικότερα ως τεκτονικά ενεργή.



Σχήμα 3.7: Εμφάνιση ρηγμάτων στην ευρύτερη περιοχή Χονγκ Κονγκ

Πολλά βέβαια από αυτά τα ρήγματα θεωρείται ότι λειτουργούν ως επανενεργοποίηση των παλαιότερων τεκτονικών δομών. Μερικά ρήγματα αντιπροσωπεύουν τεκτονικές δομές οι οποίες ήταν ενεργές κατά το έντονο μαγματικό επεισόδιο της περιόδου Ανώτερου Ιουρασικού έως Κατώτερο Κρητιδικό και μάλιστα διευκόλυναν την άνοδο του μάγματος προς την επιφάνεια.

Τα ρήγματα βορειοανατολικής διεύθυνσης είναι αυτά που υπερισχύουν στο Χονγκ Κονγκ (Σχήμα 3.8). Η διεύθυνση αυτή είναι σύμφωνη με της ρηξιγενούς ζώνης Lianhuashan και των χαρακτηριστικών ρηγμάτων Shenzhen και Haifeng.



Σχήμα 3.8: Εμφάνιση κύριων ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών

Τα βορειοδυτικά και βόρειο-βόρειοδυτικά εντυπωσιακά ρήγματα, αποτελούν γραμμικές τεκτονικές δομές μέχρι και 20 χιλιόμετρα σε μήκος. Τα τυπικά βορειοδυτικά έχουν ελεγχθεί από την περίοδο όπου υπερίσχυσαν τα ηφαιστειακά και πλουτώνια επεισόδια (Ανώτερο Ιουρασικό – Κατώτερο Κρητιδικό) αλλά λιγότερο σε σχέση με τα βορειοανατολικά και ανατολικής διεύθυνσης ρήγματα. Έχουν, επίσης, παίξει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των μικρών τεκτονικών αλλουβιακών λεκανών όπου έχουν συσσωρευτεί Τεταρτογενή προσχωσιγενή ιζήματα (Fyfe et al., 2000). Η σημερινή κατάσταση των ποταμών, των εκβολών, καναλιών καθώς και τα τμήματα των ακτών συχνά επηρεάζονται από τα ρήγματα αυτού του προσανατολισμού. (Ding & Lai, 1997).

Τα ρήγματα διεύθυνσης ανατολή – δύση, φτάνουν σε μήκος μέχρι και τα 12 χιλιόμετρα, αλλά δεν έχουν αναπτυχθεί κανονικά μέσα στην περιοχή του Χονγκ Κονγκ. Γενικότερα, διακόπτονται κατά κανόνα από βορειοδυτικές τεκτονικές ασυνέχειες.

Τα ρήγματα διεύθυνσης Βορράς – Νότος περιορίζονται κυρίως στα ανατολικά του Χονγκ Κονγκ, κατά μήκος της δυτικής πλευράς του Κόλπου Mirs. Οι περισσότερες κοιλάδες που παρουσιάζονται στο Χονγκ Κονγκ, αντικατοπτρίζουν τη επίδραση των τεκτονικών ασυνεχειών στους γεωλογικούς σχηματισμούς αλλά και από τη διάβρωση που προκαλούν τα ποτάμια. Αυτό είναι εμφανές στον παρακάτω τοπογραφικό χάρτη.

Οι μεγαλύτερες κοιλάδες ακολουθούν μια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ όπως φαίνεται στην κοιλάδα Sha Tin και στην προέκτασή της κατά μήκος του καναλιού Tolo (Σχήμα 3.9).

Άλλα ρήγματα εμφανίζονται παράλληλα με την προαναφερθείσα διεύθυνση κατά μήκος και άλλων κοιλάδων για παράδειγμα στο νησί Lantau και στην κοιλάδα Lam Tsuen.

Σε άλλες κοιλάδες, όπως στο Shek Kong και το ανατολικό κανάλι της Lamma, τα ρήγματα ακολουθούν μια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Η τρίτη επικρατούσα διεύθυνση είναι Β-Ν την οποία ακολουθεί για παράδειγμα το Long Harbour αλλά και η τοπογραφία του θαλάσσιου πυθμένα στο νοτιοανατολικό τμήμα του Χονγκ Κονγκ.

Σχήμα 3.9: Εμφάνιση ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ στο κανάλι Tolo

3.3.4 Τεκτονική Ιστορία και Προέλευση Ρηγμάτων

I. Προ-Yanshanian ορογένεσης ρήγματα

Είναι δύσκολο να καθοριστεί αν κάποιο ρήγμα δημιουργήθηκε πριν το Μεσοζωικό δηλ. πριν την Yanshanian ορογένεση. Και μέχρι τώρα δεν έχουν συγκεντρωθεί κάποια χαρακτηριστικά στοιχεία που να ανήκουν στη συγκεκριμένη κατηγορία. Ωστόσο, είναι πιθανό,. Τα ρήγματα που εμφανίζονται στις αξονικές ζώνες ασύμμετρων και κλειστών πτυχών σε σχηματισμούς ηλικίας Δεβονίου αλλά και σε σχηματισμούς του Περμίου κυρίως στην περιοχή του καναλιού Tolo, είναι σίγουρα Περμιακής ηλικίας ή και λίγο παλαιότερα, αλλά σίγουρα πριν την Yanshanian ορογένεση. Αυτά τα ρήγματα είναι κεκλιμένα, με μεγάλες γωνίες βύθισης, προς βορειοδυτικά και νότιοανατολικά, με διεύθυνση βόρειο-βόρειοανατολικά έως βόρειοανατολικά και σε κάποια σημεία προς το βορρά.

II. Συναποθετικά ρήγματα που σχετίζονται με την παραμόρφωση ιζημάτων.

Μικρά ρήγματα συναποθετικά σε γενικές γραμμές εντοπίζονται συνήθως σε ιζηματογενείς σχηματισμούς ηλικίας Ιουρασικού και Κρητιδικού. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα σε επικλαστικούς ορίζοντες που συμβαίνουν στο Ανώτερο Ιουρασικό και Κατώτερο Κρητιδικό και επηρεάζονται από την ηφαιστειακή δράση της περιόδου.

III. Ρήγματα που σχετίζονται με τις ηφαιστειακές δραστηριότητες

Η χωρική κατανομή και το σχήμα των ηφαιστειακών κέντρων του Μέσου Ιουρασικού και Κατώτερου Κρητιδικού, έχουν άμεση σχέση με πλουτωνίτες τα οποία ελέγχονται κατά βάση από τον εφελκυσμό που συμβάινει στα ανατολικά και σε τεκτονικές δομές διεύθυνσης ανατολική-βόρειοανατολική. Τα κύρια ρήγματα με αυτές τις διευθύνσεις χαρακτηρίζονται ως ενεργά. Ο σχετικός ρόλος των οριζόντιας μετατόπισης τεκτονικών αυτών ασυνεχειών, ποικίλουν κατά το χρονικό αυτό διάστημα (164 – 140 εκατ. χρόνια) από δεξιόστροφα ως αριστερόστροφα με ορισμένα από αυτά να χαρακτηρίζονται ως ενεργά.

- ✓ **Ρήγματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη ιζηματογενών λεκανών**

Τρεις ιζηματογενείς λεκάνες στην περιοχή, θεωρείται ότι εχουν σχηματιστεί κατά το τέλος της ορογένεσης Yanshanian.

Συγκεκριμένα, η μία από αυτές σχηματίστηκε κατά το Κατώτερο Κρητιδικό (Pat Sn Leng Basin), και βρίσκεται στην ξηρά στην περιοχή New Territories. Οι

άλλες δύο είναι λεκάνες απορροής και διατηρούνται σε υπεράκτια περιοχή του κόλπου Mirs.

- ✓ **Εφιππεύσεις**

Έχουν εντοπιστεί δύο σημαντικές εφιππεύσεις στην περιοχή, το ρήγμα San Tin βορειοδυτικά της περιοχής New Territories και το ρήγμα Tiu Tang Lung στο βορειοανατολικό τμήμα της ίδιας περιοχής. Και οι δύο τεκτονικές ασυνέχειες, έχουν μικρή ως μέτρια γωνία βύθισης, και το πρώτο βυθίζεται προς τα βορειοδυτικά και το δεύτερο προς τον βορρά. Από τις πρόσφατες ραδιοχρονολογήσεις του συνόλου των δειγμάτων των πετρωμάτων, προκύπτει ότι η κύρια φάση της δραστηριότητάς τους ήταν μεταξύ 60 και 90 εκατ. χρόνων πριν, κατά το Ανώτερο Κρητιδικό.

- ✓ **Οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα**

Τα Ανώτερου Ιουρασικού και Κατώτερου Κρητιδικού ηφαιστειακά πετρώματα μαζί με διεισδυτικά αλλά και παλαιότερα ιζηματογενή πετρώματα, έχουν επηρεαστεί από αριστερόστροφα οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα, κυρίως βορειανατολικής και ανατολικής-βορειοανατολικής διεύθυνσης.

- ✓ **Ρήγματα μετά την Yanshanian Ορογένεση**

Πρόσφατες γεωχρονολογήσεις του συνόλου των δειγμάτων από τα πετρώματα, υποδεικνύουν ότι μερικά από τα κύρια ρήγματα στο Χόνγκ Κόνγκ ήταν ενεργά για τα τελευταία 3-4 εκατ. Χρόνια. Οι Ding & Lai, (1997), με τη χρήση μεθόδου θερμοφωταύγεια σε θραυσματοπαγείς σχηματισμούς, πρότειναν πως οι κύριες κινήσεις των βόρειοδυτικών ρηγμάτων στο Χόνγκ Κονγκ έλαβαν χώρα τα τελευτάια 33 300 ± 2700 χρόνια.

3.3.5 Πτυχώσεις

Μια μεγάλη ποικιλία σε κλίμακες και είδη, έχουν παρατηρηθεί στο Χονγκ Κονγκ. Αυτά περιλαμβάνουν πτυχές που σχετίζονται με ήπια παραμόρφωση των ιζημάτων σε τοπική κλίμακα, με τις γρανιτοειδείς διεισδύσεις και οι μεγαλύτερες πτυχώσεις που συνδέονται με τις τεκτονικές ασυνέχειες και τον πλουτωνισμό.

Οι μικρής κλίμακας συναποθετικές πτυχώσεις είναι χαρακτηριστικό της περιόδου του Ανώτερου Ιουρασικού με Κατώτερο Κρητιδικό.

Της μέσης κλίμακας πτυχές, με μήκος του κύματος της πτυχής να είναι κάποια μέτρα μέχρι και δεκάδες μέτρα, παρατηρούνται στους παλιούς ιζηματογενείς σχηματισμούς. Επίσης, σε τοπικό επίπεδο, έχουν εντοπιστεί σε νεώτερα ιζηματογενή και ηφαιστειακά πετρώματα κυρίως Ιουρασικής και Κρητιδικής ηλικίας.

Οι μεγαλύτερης σε κλίμακα πτυχώσεις, με μήκος κύματος της πτυχής από δεκάδες ως εκατοντάδες μέτρα και με τα ίχνη των αξόνων τους να εκτείνονται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των εκατοντάδων μέτρων μέχρι και χιλιόμετρα σε κάποιες περιπτώσεις, έχουν ανιχνευτεί σε Δεβόνιους και Λιθανθρακοφόρους σχηματισμούς.

Τέλος έχουν αναφερθεί τέτοιου είδους πτυχές σε Κρητιδικούς ιζηματογενείς σχηματισμούς, εξαιτίας της ανάπτυξης και της καθίζησης της λεκάνης απορροής, με άξονες διεύθυνσης βόρειο-βόρειοανατολικά ή βόρειοανατολικά. Ωστόσο, διακόπτονται πολλές φορές από ρήγματα (Allen & Stephen, 1971, Addison,1986). Οι πτυχώσεις αυτές βυθίζονται προς τα βόρειο-βόρειοανατολικά ή βόρειοανατολικά. Υπάρχουν επίσης στοιχεία για ύπαρξη δεύτερης φάσης πτυχών. Αυτό εκδηλώνεται σε ιζηματογενή πετρώματα Περμίου κατά μήκος της νοτιοανατολικής ακτής Ma Chau Shi αλλά και πάλι η ηλικία των τεκτονικών αυτών δομών είναι αβέβαιη.

IV. Προ – Yashanian ορογένεσης πτυχές

Αποδεικτικά στοιχεία για πτυχώσεις πριν την Yashanian ορογένεση θα μπορούσε μόνο να εντοπιστεί σε περιορισμένη έκταση ιζηματογενών πετρωμάτων, προγενέστερα της Μεσοζωικής ηφαιστειότητας και πλουτωνισμού. Ωστόσο, η ηλικία της παραμόρφωσης που υπέστησαν αυτά τα ιζηματογενή πετρώματα είναι αβέβαιη. Βέβαια, τα πετρώματα αυτά έχουν δεχτεί μεγαλύτερης έντασης παραμόρφωση από ότι τα νεώτερα πετρώματα.

V. Πτυχές Παλαιοζωικών πετρωμάτων

Άριστο παράδειγμα μέσης κλίμακας πτύχωσης εμφανίζεται σε σχηματισμούς Δεβονίου και Περμίου στη περιοχή μελέτης. Οι πτυχές αυτές είναι σε τοπικό επίπεδο κλειστές και ασύμμετρες. Σε μια μεγαλύτερη κλίμακα, τα παλαιοζωικά πετρώματα και στις δύο πλευρές του καναλιού Tolo, έχουν ερμηνευθεί και ως τμήμα ενός ευρύτερου αντικλίνου, το λεγόμενο "Tolo Channel Anticline". Ο άξονας αυτός του αντικλίνου συμπίπτει με το ίδιο το κανάλι (Allen & Stephen, 1971, Addison,1986).

VI. Yashanian πτυχές

✓ Συν-αποθετικές πτυχές σε μεσοζωικούς σχηματισμούς

Μικρής έως και μέσης κλίμακας δυσαρμονικών πτυχών που θεωρούνται σε γενικές γραμμές συν-αποθετικές, συνυπάρχουν σε επικλαστικούς ορίζοντες κατά το Ανώτερο Ιουρασικό με Κατώτερο Κρητιδικό. Το καλύτερο παράδειγμα αυτής της περίπτωσης είναι στο σχηματισμό Lai Chi Chong (plate 2.3). Εδώ μια μεγάλη ποικιλία πτυχώσεων σχετίζονται με ήπια παραμόρφωση ψαμμιτών, ιλυολίθων και τόφφων.

✓ Πτυχές σε Μεσοζωικούς σχηματισμούς περιφερειακής κλίμακας

Οι πτυχώσεις σε Ιουρασικούς και Κρητιδικούς σχηματισμούς συμπεριλαμβανόμενων ιζηματογενών στρωμάτων, είναι συνήθως ανοιχτού τύπου. Στα βορειοδυτικά του Χόνγκ Κονγκ, οι πτυχές των Μεσοζωικών πετρωμάτων είναι σε γενικές γραμμές μεγάλες και ήπιες και αποτελούν το μεγάλο σύγκλινο Yuen Sha. Αυτό το σύγκλινο έχει άξονα διεύθυνσης βορειοανατολικά, με βύθιση προς τα βόρειοανατολικά και νοτιοδυτικά. Στη δυτική πλευρά του Χονγκ Κονγκ ο άξονας των πτυχών έχει διεύθυνση προς τα βορειοδυτικά η οποία αλλάζει προς στα δυτικά-βορειοδυτικά, στη βορειοδυτική περιοχή του Χονγκ Κονγκ. Στο νότιο τμήμα του νησιού η διεύθυνση του άξονα είναι προς τα ανατολικά. Εκεί οι πτυχές είναι πιο ήπιες και πιο ανοιχτές.

✓ Πτυχές που σχηματίστηκαν μετά την Yashanian ορογένεση

Οι περισσότεροι Κρητιδικοί ιζηματογενείς σχηματισμοί έχουν πτυχωθεί ελαφρώς. Αυτού του είδους πτυχές μπορούν να συσχετιστούν κυρίως με την ανάπτυξη της λεκάνης απορροής και σε τοπικό επίπεδο σχετίζονται άμεσα με τις ρηγματώσεις που έχουν υποστεί.

3.4 Γεωλογικοί Σχηματισμοί Ευρύτερης Περιοχής

- **Ανώτερου Παλαιοζωικού Ιζηματογενή Πετρώματα**

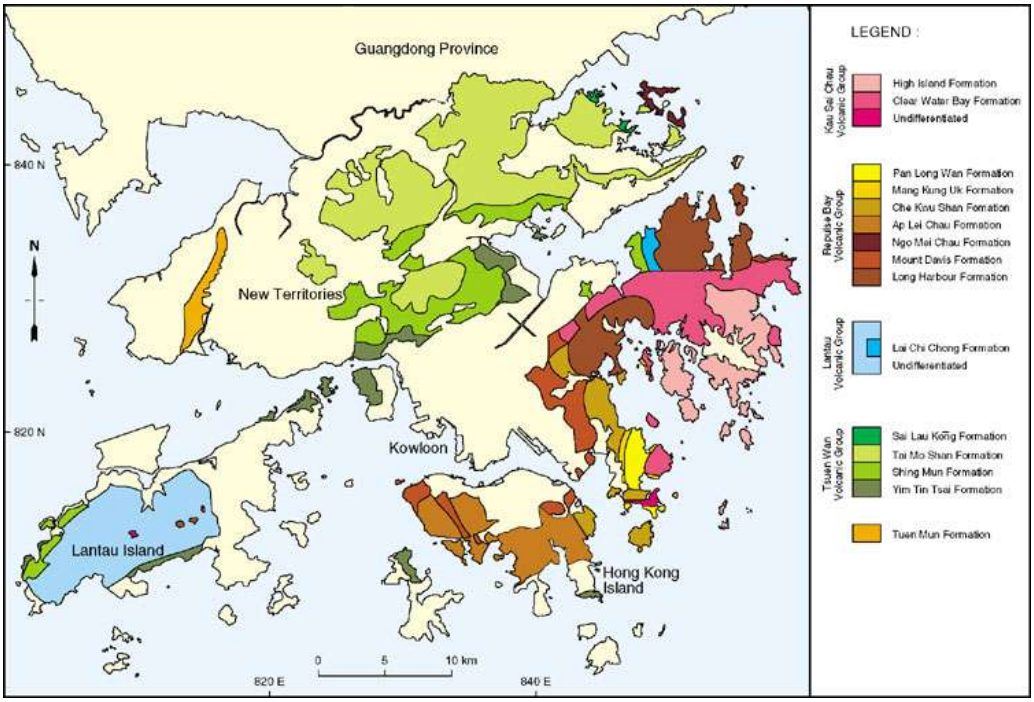
Τα Ανώτερου Παλαιοζωικού πετρώματα εμφανίζονται κυρίως σε τεκτονικά μπλοκ, οριοθετημένα από ρήγματα, σε βόρεια και δυτικά τμήματα του Χονγκ Κονγκ. Αποτελούν κυρίως το 10% των γεωλογικών εμφανίσεων και εκπροσωπούνται από ιζηματογενή πετρώματα ηλικίας Δεβονίου, Λιθανθρακοφόρου, και Περμίου, μερικά από τα οποία έχουν υποστεί θερμική και δυναμική μεταμόρφωση. Συλλογικά, οι σχηματισμοί αυτοί χρονολογούνται περίπου στα 150 εκατομμύρια χρόνια.

- **Μεσοζωικά Προ-ηφαιστειακά Ιζηματογενή Πετρώματα**

Τα Μεσοζωικά ιζηματογενή πετρώματα που αποτέθηκαν πριν από το κύριο Ιουρασικό - Κρητιδικό ηφαιστειακό επεισόδιο αποτελούν λιγότερο από το 2% των γεωλογικών σχηματισμών στο Χονγκ Κονγκ. Παρόλη την μικρή εμφάνιση των σχηματισμών αυτών, παρέχονται πολλές χρήσιμες πληροφορίες για το παλαιοπεριβάλλον πριν από την έναρξη του ευρύτερου Ιουρασικού – Κρητιδικού ηφαιστειακού επεισοδίου.

- **Μεσοζωικά Ηφαιστειακά και συναφή πετρώματα**

Η γεωλογία του Χονγκ Κονγκ δομείται κυρίως από ηφαιστειακά και διεισδυτικά πετρώματα τα οποία ανήκουν σε μια ευρύτερη μεσοζωική μαγματική εμφάνιση κατά μήκος του νοτιοανατολικού περιθωρίου της Κίνας. Τα ηφαιστειακά πετρώματα αντιπροσωπεύουν περίπου το 50% της επιφάνειας του Χονγκ Κονγκ (Σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.10: Διασπορά ηφαιστειακών πετρωμάτων στο Χονγκ Κονγκ

Αποτελούν μεγάλου πάχους εναλλαγές τόφφων (πυροκλαστικά πετρώματα) με γενικά πιο μικρές ροές λάβας. Τα ηφαιστειακά πετρώματα μπορεί να σχετίζονται από την άποψη της ηλικίας, τη γεωχημική σύστασή τους και την πετρογραφία, με τα υποηφαιστειακά και πλουτώνεια (κυρίως γρανιτικά) πετρώματα.

Τα ηφαιστειακά προϊόντα δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του Μέσου και Ανώτερου Ιουρασικού καθώς και του Κατώτερου Κρητιδικού. Η κορύφωση της ηφαιστειακής δραστηριότητας συνέβη κατά το Ανώτερο Ιουρασικό και Κατώτερο Κρητιδικό οπότε και αρκετά μεγάλου όγκου εκρήξεις έλαβαν χώρα στο Χονγκ Κονγκ, κυρίως από Α- και ΑΒΑ και συνεχίστηκαν προς στα ΒΔ. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το σχηματισμό των σύνθετων καλδέρων.

- **Μεσοζωικοί γρανίτες και συναφή πετρώματα**

Τα πυριγενή πετρώματα που εμφανίζονται στο Χονγκ Κονγκ περιλαμβάνουν Η οχληρές πυριγενή του Χονγκ Κονγκ περιλαμβάνουν σημαντικά υποηφαιστειακές διεισδύσεις γρανοδιορίτων και γρανιτών καθώς και μικρής έκτασης διεισδύσεις μονζονίτη, χαλαζιακού μονζονίτη, ρυοδακίτη, ρυόλιθου, και μικρογρανίτη. Συλλογικά, αυτά τα γρανιτικά πετρώματα καταλαμβάνουν περίπου το 35% της επιφάνειας της περιοχής.

- **Μεσοζωικά υποηφαιστειακά και τριτογενή ιζηματογενή πετρώματα**

Τα μεσοζωικά υποηφαιστειακά και καινοζωικά ιζηματιγενή πετρώματα καταγράφουν Mesozoic μετά την ηφαιστειακή και Καινοζωική ιζηματογενή πετρώματα καταγράφει την βύθιση του Ιουρασικού και Πρώιμου Κρητιδικού υποβάθρου και την έναρξη τεκτονικής δραστηριότητας κατά το Ανώτερο μεσοζωικό.

3.5 Μαγματική Δραστηριότητα

Τέσσερα κύρια μαγματικά επεισόδια σημειώθηκαν στο Χονγκ Κονγκ κατά τη διάρκεια του Μέσου και Ανώτερου Ιουρασικού, και Κατώτερου Κρητιδικού, ένα χρονικό διάστημα περίπου 25 εκατομμυρίων χρόνων. Κάθε επεισόδιο καταγράφει την εναπόθεση των εκατοντάδων κυβικών χιλιομέτρων ρυολιθικού μάγματος, και ενδεχομένως περισσότερο, εντός της περιοχής του Χονγκ Κονγκ και μόνο.

Στην περιοχή Tuen Mun υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία των παλαιοτέρων ηφαιστείων της περιοχής όπου υπάρχουν εμφανίσεις ηφαιστειακής τέφρας και λάβες πλούσιες σε πυριτικά ορυκτά με ασβέστιο, νάτριο, σίδηρο, αλουμίνιο και μαγνήσιο. Προκαταρκτικές ραδιοχρονολογήσεις αυτών των πετρωμάτων δείχνουν ότι η ηλικία τους είναι περίπου 180 εκατ. χρόνων. Πιθανώς, αντιπροσωπεύουν μια σειρά στρωματοηφαιστείων που αναπτύσσονται γύρω από την νοτιοανατολική ακτή της Κίνας, μετά την έναρξη τεκτονικών επεισοδίων κατά το Κατώτερο – Μέσο Ιουρασικό (200 – 175 εκατ. χρόνια πριν).

Τα κύρια μαγματικά επεισόδια που έλαβαν χώρα στο Χονγκ Κόνγκ κατά τη διάρκεια της γεωλογικής του ιστορίας και συνοδεύτηκαν από μεγάλες γρανιτικές διεισδύσεις έχουν ως εξής:

1ο μαγματικό επεισόδιο: 165 – 160 εκατ. χρόνια
2ο μαγματικό επεισόδιο: 148 – 146 εκατ. χρόνια
3ο μαγματικό επεισόδιο: 143 – 142 εκατ. χρόνια
4ο μαγματικό επεισόδιο: 140 εκατ. χρόνια

3.6 Νεοτεκτονική Δραστηριότητα

Η Νεοτεκτονική γενικότερα εξετάζει τις πρόσφατες γεωλογικές δομές και διεργασίες του γήινου φλοιού. Πρόσφατα τεκτονικά γεγονότα, θεωρούνται γενικά όλα εκείνα τα γεγονότα που έλαβαν χώρα κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές χωρίς όμως να υπάρχει μια γενική παραδοχή για τον καθορισμό του χρονικού ορίου έναρξης των νεοτεκτονικών γεγονότων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση του Χονγκ Κονγκ, ως νεοτεκτονική περίοδος θεωρείται το Τεταρτογενές. Αποδεικτικά στοιχεία για αυτά τα νεοτεκτονικά επεισόδια καθώς και για το χρονοδιάγραμμα των κινήσεων των ρηγμάτων, προέρχονται από τη μελέτη της χερσαίας και υπεράκτιας γεωλογίας, συμπεριλαμβανομένων και των ιζηματογενών επιφανειακών αποθέσεων. (Fyle et al., 2000)

Τα νεώτερα πετρώματα που εμφανίζονται στο Χονγκ Κονγκ είναι Κατώτερου Τεταρτογενούς. Αυτά μαζί με τα παλαιότερα πετρώματα, αποτελούν στοιχεία για παραμορφώσεις που έδρασαν τα οποία σχετίζονται κυρίως με τις κινήσεις των ρηγμάτων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν άμεσες, αδιαμφισβήτητες αποδείξεις για τέτοιου είδους κινήσεις στις υπεράκτιες Τεταρτογενείς επιφανειακές αποθέσεις οι οποίες υπέρκεινται των in situ σχηματισμών.

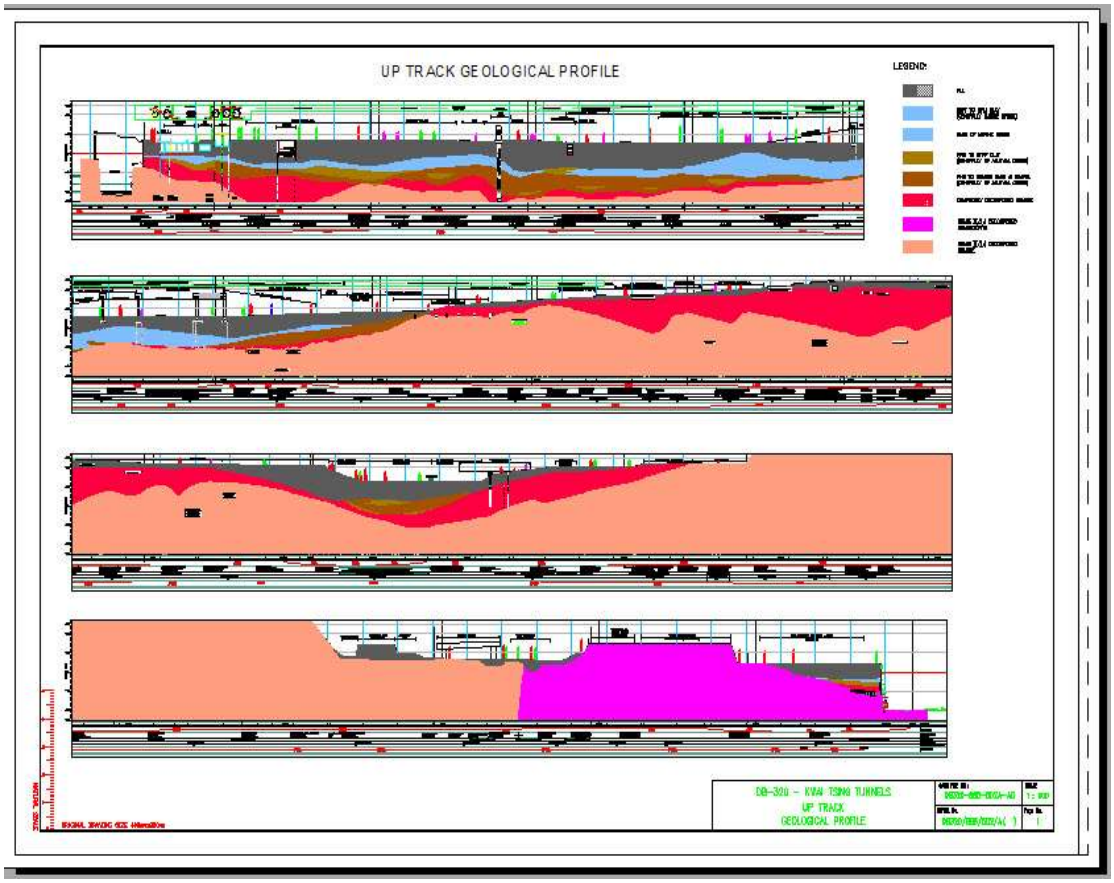
Στο βορειοανατολικό τμήμα του Χονγκ Κονγκ, οι Πλειστοκαινικές προσχώσεις κυρίως στην κοιλάδα Lam Tsuen, ελέγχονται από τα βορειοανατολικής διεύθυνσης ρήγματα (Ding & Lai 1997; Fyle et al., 2000). Ωστόσο, λίγα χιλιόμετρα προς τα βορειοανατολικά του Tai Po, το ποτάμι Lam Tsuen μεταβάλλει απότομα την πορεία του σε μια στενή κοιλάδα νοτιοανατολική διεύθυνσης στην οποία επικρατούν Ολοκαινικά προσχωσιγενή ιζήματα (Lai & Lanford,1996).

Οι πρόσφατες ρηξιγενείς δραστηριότητες στη νοτιοανατολική Κίνα, όπως καθορίζεται από την ένταση της σεισμικής δραστηριότητας, καταγράφονται κατά μήκος των παράκτιων περιοχών και οφείλονται κυρίως στην αλληλεπίδραση της Ευρασιατικής με την πλάκα των Φιλιππίνων (Σχήμα 3.5). Το Χονγκ Κονγκ θεωρείται περιοχή μέτριας σεισμικότητας (State Seismological Bureau, 1990), αν και ποτέ δεν έχει καταγραφεί μεγάλος σεισμός στην ιστορία. Ωστόσο, τα τελευταία 1.000 χρόνια υπήρξαν πάνω από 40 καταγραφές σεισμών με μέγεθος μεγαλύτερο από 4,75 της κλίμακας Ρίχτερ σε απόσταση 350 χιλιομέτρων από το Χονγκ Κονγκ (Ding & Guo, 1989; GCO, 1991b, Pun & Ambraseys, 1992; Whittaker et al. , 1992; Lee & Workman, 1996). Από αυτούς, οι έντεκα είχαν μέγεθος μεγαλύτερο από 6,0 Ρίχτερ. Τα περισσότερα από τα σεισμικά αυτά γεγονότα εμφανίζονται στις εκβολές του ποταμού Pearl αν και σχετικά διάσπαρτα, σχηματίζουν γραμμική συστοιχία βορειοανατολικής διεύθυνσης.

4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

4.1 Γεωλογία Περιοχής του Έργου

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί τους οποίους διέτρεξε η σήραγγα μελέτης, είναι αλλούβιοι σχηματισμοί, θαλάσσια ιζήματα και πλουτώνια πετρώματα (βλ. Πίνακας 4.1). Στο Σχήμα 4.1 δίνεται η γεωλογική μηκοτομή με τη θέση της σήραγγας, όπως αυτή παρουσιάζεται κατά τη φάση σχεδιασμού του έργου.



Σχήμα 4.1: Γεωλογική μηκοτομή

- ***Θαλάσσια ιζήματα***

Τα θαλάσσια ιζήματα που εμφανίζονται στην περιοχή εκτέλεσης του έργου, είναι Ολοκαινικής ηλικίας και θαλάσσιας προέλευσης. Αποτελούνται από πηλό και άμμο, μαλακή ως πολύ μαλακή αργιλώδη ιλύ και κατά τόπους καλής συνεκτικότητας και υπόκειται ενός στρώματος παλαιότερων επιχωματώσεων. Το πάχος του σχηματισμού φτάνει σε κατά τόπους τα 25 μέτρα και μειώνεται σταδιακά καθώς απομακρύνεσαι από την ακτογραμμή.

- ***Αλλούβια***

Από την συνολική επιφάνεια του Χονγκ Κονγκ, τα αλλούβια και τα θαλάσσια ιζήματα καλύπτουν πάνω από το 14% της επιφάνειας.

Τα αλλούβια περιλαμβάνουν υλικά αποσάθρωσης αποσπώμενα κυρίως από το γρανίτη αλλά και από άλλα αλλούβια και θαλάσσια ιζήματα καταλαμβάνοντας πάχος περίπου 5 μέτρων.

Αποτελούνται κυρίως από μέσης πυκνότητας καφεκίτρινη ιλυώδη άμμο με χαλίκια, μαλακή, κιτρινωπή αργιλώδη ιλύ, καστανόχρωμη αργιλώδη άμμο μέσης πυκνότητας με χαλίκια με ενστρώσεις αμμώδους έως αμμοχαλικώδους αργίλου και χαλίκια μέσου και μεγάλου μεγέθους.

Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος των προσχώσεων εμφανίζεται σε πεδινές εκτάσεις κοντά στις ακτές, τα περισσότερα έχουν καλυφθεί από επιχωματώματα. Κάποιοι από τους αλλουβιακούς σχηματισμούς χαρακτηρίζονται από Πλειστοκαινική ηλικία.

- ***Πλουτώνια πετρώματα***

Τα πλουτώνεια πετρώματα συνίστανται από γρανίτη και γρανοδιορίτη ηλικίας Αν. Ιουρασικού – Κατ. Κρητιδικού.

Ο γρανίτης ουσιαστικά χωρίζεται σε ανώτερο και κατώτερο με βάση το βαθμό αποσάθρωσής του. Ο ανώτερος γρανίτης, ο οποίος υπόκειται των επιφανειακών ιζημάτων, παρουσιάζεται πολύ αποσαθρωμένος με ελάχιστη αντοχή. Αντίθετα, ο κατώτερος γρανίτης εμφανίζεται λίγο έως καθόλου αποσαθρωμένος με πολύ καλή αντοχή. Ο μεσόκοκκος γρανοδιορίτης χαρακτηρίζεται επίσης από εξαιρετική αντοχή. Στη μάζα των πλουτώνιων πετρωμάτων σημειώνονται μερικές ρυολιθικές,

βασαλτικές και μονζονιτικές διεισδύσεις. Εκτός από κάποιες διάσπαρτες ασυνέχειες που διακόπτουν το γρανίτη, μια σειρά από ρηξιγενείς ζώνες βορειοανατολικής και βορειοδυτικής διεύθυνσης αποτελούν την επαφή μεταξύ γρανίτη και γρανοδιορίτη, χωρίς όμως να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.

Γεωχρονολογική κλίμακα		**Γεωλογικοί σχηματισμοί**
Τεταρτογενές	**Ολόκαινο**	**Επιχωματώσεις**
		Θαλάσσια Ιζήματα
		Λίγα Αλλούβια
	Πλειστόκαινο	**Αλλούβια**
Μεσοζωικό	**Κρητιδικό**	**Γρανίτες Γρανοδιορίτες**
	Ιουρασικό	

Πίνακας 4.1: Γεωλογικοί σχηματισμοί περιοχής έργου

4.2 Διαδικασία και Στάδια Μελέτης Σύμφωνα με τις Τοπικές Γεωλογικές και Γεωτεχνικές Συνθήκες

Λαμβάνοντας υπόψη τη στρωματογραφία αλλά κυρίως την τεκτονική της περιοχής, διαπιστώνουμε ότι το γεωλογικό και γεωδυναμικό καθεστώς που επικρατεί είναι πολύπλοκο και έχει παίξει αποφασιστικό ρόλο στην γεωτεκτονική εξέλιξη της περιοχής. Ένα τέτοιο καθεστώς πρέπει να λαμβάνεται πολύ σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός μεγάλου τεχνικού έργου. Στον πίνακα του παραρτήματος Α, παρουσιάζεται το ποσοστό εμφάνισης της λιθολογίας που καταγράφηκαν ανά χιλιομετρική θέση κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.

Από τη γεωλογική χαρτογράφηση αυτής της ζώνης καθώς και από τα στοιχεία των ερευνητικών γεωτρήσεων που εκτελέστηκαν, η τελική χάραξη της σήραγγας βελτιστοποιήθηκε με τρεις τρόπους, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν όσο γίνεται τα προβλήματα που θα προκύψουν.

Η χάραξη της σήραγγας παρέμεινε μέσα σε σχηματισμούς καλών πετρωμάτων, συγκεκριμένα, σε σχηματισμούς αποσαθρωμένου γρανίτη, γρανίτη και γρανοδιορίτη πολύ καλής αντοχής, κρατώντας μια ασφαλή απόσταση από τις αλλούβιες αποθέσεις και γενικά από τους χαλαρούς σχηματισμούς. Με αυτό τον τρόπο τα αλλούβια και τα θαλάσσια ιζήματα δεν εμπλέκονται, ούτε επηρεάζουν με οποιοδήποτε τρόπο, τη διάνοιξη της σήραγγας παρά μόνο στα πρώτα μέτρα διάνοιξης. Στον παρακάτω πίνακα 4.2, φαίνονται τα μέτρα καλύμματος για τον κάθε σχηματισμό ξεχωριστα.

Η γεωλογία του βόρειου τμήματος της περιοχής όπου διανοίχθηκε η σήραγγα, χαρακτηρίζεται από πλουτώνια πετρώματα, μεγάλης αντοχής, μεσόκοκκο γρανίτη και μεσόκοκκο γρανοδιορίτη εξαιρετικής αντοχής. Αντίθετα, το νότιο τμήμα αποτελείται από μαλακούς/χαλαρούς σχηματισμούς, συγκεκριμένα αλλούβια και θαλάσσια ιζήματα, υπερκείμενα του γρανίτη.

Α) Βόρειο τμήμα

Η επικάλυψη από πετρώματα του συγκεκριμένου τμήματος της περιοχής διάνοιξης, κυμαινόταν από 2m ως 50m πάχος. Η εκσκαφή πραγματοποιήθηκε κατ' αρχήν σε σχηματισμού γρανοδιορίτη πολύ μεγάλης αντοχής και γρανίτη μεγάλης επίσης αντοχής με διεισδύσεις από ρυόλιθο, βασάλτη και χαλαζιακό μονζονίτη. Μια σειρά από ρηξιγενείς ζώνες και ζώνες διάτμησης χαρακτηρίζουν την επαφή μεταξύ του γρανοδιορίτη και του γρανίτη αλλά δεν είχαν σημαντικές επιπτώσεις κατά τη διαδικασία διάνοιξης.

Β) Κεντρικό τμήμα

Η επικάλυψη από πετρώματα στο κεντρικό τμήμα είναι λιγότερη από 1m και οι σήραγγες περνούν κάτω από κεντρική λεωφόρο της περιοχής. Βόρεια αυτής της λεωφόρου τα πετρώματα πάνω από τις σήραγγες φτάνουν το μέγιστο πάχος των 25 μέτρων και μειώνεται σταδιακά προς το Νότιο τμήμα. Στο συγκεκριμένο κομμάτι, οι σήραγγες συνάντησαν γρανίτη με μικρές ρυολιθικές εμφανίσεις. Ο γρανίτης διακόπτεται συχνά από μια σειρά ρηγμάτων και ζωνών διάτμησης.

Γ) Νότιο τμήμα

Στο νότιο τμήμα η εκσκαφή συναντούσε τη "μεταβατική" ζώνη μεταξύ των πετρωμάτων και των εδαφικών σχηματισμών, για περίπου 80m, με τον γρανίτη να μεταβαίνει σταδιακά σε αλλουβιακές αποθέσεις στο μέτωπο διάνοιξης.

Το υπόλοιπο τμήμα της περιοχής από όπου περνάει η σήραγγα, χαρακτηρίζεται και από επιμέρους φακούς ιλύος και χαλαρής θαλάσσιας άμμου, αλλά και μαλακές ως πιο συνεκτικές θαλάσσιες ιλύες δομώντας την περιοχή από όπου περνάει η οροφή της σήραγγας.

Μήκος τμήματος	**Κύρια χαρακτηριστικά**	**Κάλυμμα (Cover)**
200 m	**Σκληρός γρανοδιορίτης**	**Πάνω από 30 m**
400 m	**Μέτριας ως καλής αντοχής γρανίτης**	**Πάνω από 50 m**
700 m	**Έντονα αποσαθρωμένος γρανίτης**	**Πάνω από 50 m**
200 m	**Μεικτό μέτωπο (βράχου/εδάφους)**	**15 με 25 m**
300 m	**Μαλακό έδαφος από αποσάθρωση γρανίτη, αλλουβίων και θαλάσσιων ιζημάτων**	**15 m**

Πίνακας 4.2: Κύρια γεωλογικά χαρακτηριστικά

5. Κατασκευή Γεωτεχνικού Μοντέλου

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφοναι τα στάδια κατασκευής του τρισδιάστατου γεωτεχνικού μοντέλου ποιότητας της βραχόμαζας (βλ. Σχήμα 5.1), λαμβάνοντας υπόψη τη γεωλογική δομή της περιοχής του έργου και τα δεδομένα που μας έχουν παραχωρηθεί.

Το πρώτο βήμα της παραπάνω μεθοδολογίας (Κεφάλαιο 5.2), είναι η **γεωτεχνική ανάλυση** και πιο συγκεκριμένα, η συλλογή και η επεξεργασία δεδομένων από δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και εργαστηριακές δοκιμές. Επίσης, το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την **γεωτεχνική ταξινόμηση** της βραχόμαζας δηλ. τον υπολογισμό των δεικτών ποιότητας της βραχόμαζας RMR (Rock Mass Rating) (BIENIAWSKI, 1989) στις θέσεις των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.

Στη συνέχεια σχεδιάζεται το **γεωλογικό μοντέλο** της περιοχής του έργου (Κεφάλαιο 5.3) καθώς επίσης και η διακριτικοποίηση του μοντέλου σε πεπερασμένα στοιχεία με τη βοήθεια του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων GTS Midas.

Στο τρίτο στάδιο, (Κεφάλαιο 5.4) πραγματοποιείται η **γεωστατιστική ανάλυση,** με την παρεμβολή του δείκτη RMR κατά μήκος της χάραξης των σηράγγων αλλά και σε όλο το ογκομετρικό μοντέλο της περιοχής του έργου, με τη μέθοδο γεωστατιστικής γραμμικής παρεμβολής kriging.

5.2 Γεωτεχνική Ανάλυση

Στο στάδιο αυτό, έγινε συλλογή των γεωλογικών δεδομένων από τριανταοχτώ γεωτρήσεις οι οποίες ορύχθηκαν κατά μήκος των αξόνων των σηράγγων καθώς και από δοκιμές ανεμπόδιστης και τριαξονικής θλίψης που έγιναν στους πυρήνες ορισμένων γεωτρήσεων. Για την πιο πρακτική χρήση των δεδομένων, δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων σε μορφή xls, ώστε να υπολογιστούν οι τιμές RMR σύμφωνα με την εμπειρική ταξινόμηση Beniawski.

Το RMR χρησιμοποιείται σήμερα στον σχεδιασμό των υπόγειων έργων, για την ποιοτική ταξινόμηση της βραχόμαζας και ως εργαλείο για τον υπολογισμό των συντελεστών απομείωσης της παραμορφωσιμότητας και της αντοχής του άρρηκτου πετρώματος που μετρούνται στο εργαστήριο.

5.2.1 Επεξεργασία Διαθέσιμων Στοιχείων

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής μας παραχωρήθηκαν τα εξής στοιχεία του έργου:

- Γεωλογική μηκοτοτομή κατά μήκος της χάραξης του έργου
- Τοπογραφικός Χάρτης περιοχής με την χάραξη του έργου
- Στοιχεία τριαντοχτώ γεωτρήσεων (περιγραφή λιθολογίας, RQD, υψόμετρο εδάφους κ.α)
- Εργαστηριακά δεδομένα από δοκιμές αντοχής σε μονοαξονική και τριαξονική θλίψη

5.2.1.1. Στοιχεία γεωτρήσεων

Οι εκτελεσθείσες γεωτρήσεις τα στοιχεία των οποίων ελήφθησαν υπόψη στην παρούσα εργασία φαίνονται στον πίνακα 5.1. και χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση του γεωτεχνικού μοντέλου. Αξίζει να αναφερθεί, η μορφή των δεδομένων που δόθηκαν, ήταν γραπτή, με αναλυτική περιγραφή των πυρήνων ανάλογα το βάθος και το σχηματισμό. Έτσι, περάστηκαν σε ηλεκτρονική μορφή, και συγκεκριμένα σε μορφή EXCEL για την καλύτερη επεξεργασία.

Α/Α	Γεώτρηση	Συντεταγμένες		Βάθος (m)	Υψόμετρο Εδάφους (mPD)
		x	y		
1	TS300/DH/055	831189,98	823901,33	34,98	6,16
2	TS300/DHPZ/013	831172,52	823932,41	35,50	6,41
3	TS300/DH/057	831125,19	823995,05	29,88	6,77
4	TS300/DHPZ/058	831086,70	824036,03	35,26	5,24
5	TS300/DHPZ/014	831029,46	824075,07	34,81	5,73
6	ADU/GI BO 12P	831028,32	824111,63	44,73	5,96
7	TS300/DHPZ/059B	831000,45	824149,86	32,24	5,60
8	TS300/DHPZ/060	830961,77	824153,39	33,28	5,46
9	TS300/DHPZ/062	830922,51	824236,57	36,73	6,12
10	ADU/GI BO 130W	830874,00	824247,78	45,39	7,43
11	TS300/DH/065	830832,72	824293,98	40,06	9,07
12	TS300/DHPZ/066	830781,12	824323,79	43,20	12,54
13	TS300/DH/015	830710,33	824369,59	46,03	16,99
14	TS00/DH/067	830652,54	824378,99	50,73	20,02
15	TS300/DHPZ/068	830587,43	824400,86	53,02	21,64
16	TS300/IDH/070	830531,88	824451,09	70,20	25,49
17	TS30/DH/073	830418,40	824495,26	50,34	20,81
18	TS300/DH/016	830397,66	824499,11	50,47	12,65
19	ADU/GI BO 16	830325,51	824580,19	45,57	12,66
20	TS300/IDH/076	830263,77	824653,52	55,90	22,05
21	TS300/DHPZ/078	830163,76	824748,27	66,22	39,41
22	TS300/IDH/080	830077,77	824809,35	40,01	7,45
23	TS300/DH/166	829988,54	824881,35	13,31	5,99
24	TS300/DH/084	829892,29	824966,55	0,00	4,22
25	DB320/DH/040	831191,95	823903,03	41,29	6,28
26	DB320/DH/041	831211,24	823926,67	42,10	6,28
27	D320/DH/042	830882,34	824232,67	20,40	7,14
28	DB320/DH/044	830858,73	824302,28	23,40	8,79
29	DB320/DH/045	830741,85	824337,14	32,03	14,41
30	DB320/IDH/049	830005,92	824878,62	45,44	6,63
31	DB320/IDH/050	829988,15	824896,04	44,80	5,99
32	DB320/DH/69	830961,86	824203,96	20,00	5,97
33	DB320/DH/071	830545,59	824417,91	41,03	23,38
34	DB320/DH/074	831143,33	823971,97	27,73	5,20
35	DB320/DH/077	830613,81	824424,51	40,10	19,26
36	DB320/DH/078	830655,80	824402,24	40,38	18,36
37	DB320/IDH/079	829997,24	824887,17	40,30	6,35
38	DB320/DH/206	831183,88	823908,58	39,70	6,30

Πίνακας 5.1: Εκτελεσθείσες γεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης

Η αξιολόγηση των γεωτρήσεων παρατίθεται στο Β Παράρτημα, όπου παρουσιάζεται συνοπτικά η διατρηθείσα λιθολογία ανά γεώτρηση και δίνεται ο μέσος όρος του δείκτη ποιότητας βραχομάζας (RQD) ανά γεωλογικό σχηματισμό. Αναφερόμενοι στο RQD (Rock Quality Designation),δηλαδή «Δείκτης Ποιότητας Πετρώματος», αποτελεί ποσοτική εκτίμηση του κερματισμού της βραχόμαζας με βάση τους πυρήνες των γεωτρήσεων. Ο δείκτης RQD ορίζεται ως το ποσοστό (επί τοις εκατό) των τεμαχών του πυρήνα γεώτρησης που το μήκος του καθενός από αυτά είναι ίσο ή μεγαλύτερο από 10cm, διά του συνολικού μήκους της πυρηνοληψίας (DEERE, 1963).

5.2.1.2. Εργαστηριακά Δεδομένα

Στο στάδιο της γεωτεχνικής ανάλυσης, συλλέχθησαν τα αποτέλεσματα των εργαστηριακών δοκιμών μονοαξονικής θλίψης σε δείγματα γεωτρήσεων, έτσι ώστε τα αποτελέματα της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των δεικτών ποιότητας της βραχομάζας RMR. Οι εργαστηριακές αυτές δοκιμές, έγιναν κυρίως σε δείγματα γρανίτη και ελάχιστες σε γρανοδιορίτη (Πίνακας 5.2).

Γεώτρηση	Βάθος (m)		Διορθωμένη Αντοχή Θλίψης (Mpa)
	Από	Έως	
TS300/DHPZ/055	34,60	34,84	30,30
TS300/DHPZ/013	30,60	30,87	106,00
	30,87	31,12	86,40
	32,57	32,80	75,10
TS300/DHPZ/014	28,92	29,12	85,50
	29,12	29,39	88,90
	34,57	34,80	86,90
TS300/DH/059B	26,81	27,12	33,70
	25,55	25,79	14,30
	26,38	26,70	53,00
	24,20	24,47	93,80

TS300/DH/060	30,08	30,36	94,00
TS300/DH/062	18,67	20,62	29,00
	18,87	20,82	16,80
	19,62	19,82	13,80
	20,42	20,62	11,30
	23,75	24,00	34,00
	28,81	29,02	50,10
	29,04	29,26	89,90
TS300/DH/065	15,94	16,25	30,30
	19,65	19,85	40,10
	23,40	23,67	38,80
	19,83	20,20	26,70
	21,90	22,19	13,00
	33,61	33,79	74,80
TS300/DH/066	25,50	25,77	13,30
TS300/DH/015	27,80	28,60	62,70
	27,23	27,42	104,60
	29,45	29,73	71,70
	31,70	32,00	116,30
TS300/DH/067	24,76	25,04	21,70
	32,00	32,20	4,90
	45,09	45,31	14,20
TS300/DH/068	36,39	36,68	16,60
	43,32	43,50	4,00
TS300/IDH/070	30,38	32,87	34,50
	32,87	33,09	109,40
TS300/DH/016	22,60	22,8	55,60
	25,24	25,48	54,80
TS300/DH/076	28,88	29,05	31,50
	31,24	31,49	99,60
	36,53	36,85	28,40
TS300/DH/078	41,07	41,37	61,80
	51,83	52,16	60,00

	53,90	54,09	33,20
	57,98	58,15	22,70
TS300/DH/080	18,16	18,33	60,30
	29,10	19,30	70,10
	22,50	22,70	51,20
	38,75	39,09	119,10
TS300/DH/084	12,58	12,85	15,10
	18,44	18,84	54,40
	17,33	17,66	31,80
	20,74	21,01	28,10
	25,70	26,00	29,10
DB320/DH/40	29,49	29,69	41,70
	30,89	31,11	87,80
DB320/DH/41	37,34	37,54	62,90
	38,43	38,58	63,40
DB320/DH/42	18,40	18,60	68,80
	19,60	19,80	67,60
DB320/DH/44	18,50	18,77	12,70
	21,62	21,78	13,20
	22,50	22,70	25,20
DB320/DH/45	26,44	26,72	54,20
	27,58	27,74	76,60
	29,64	29,94	167,90
DB320/DH/051	17,18	17,35	110,8
	19,6	19,78	81,5
	22,2	22,43	143,7
	24,26	24,48	92,6
DB320/DH/066	18,9	19,06	45,5
	20,84	21,04	68,8
	23,64	23,87	43
DB320/DH/067	22,55	22,77	61
	23,28	23,48	129,2
	24,21	24,41	37,3

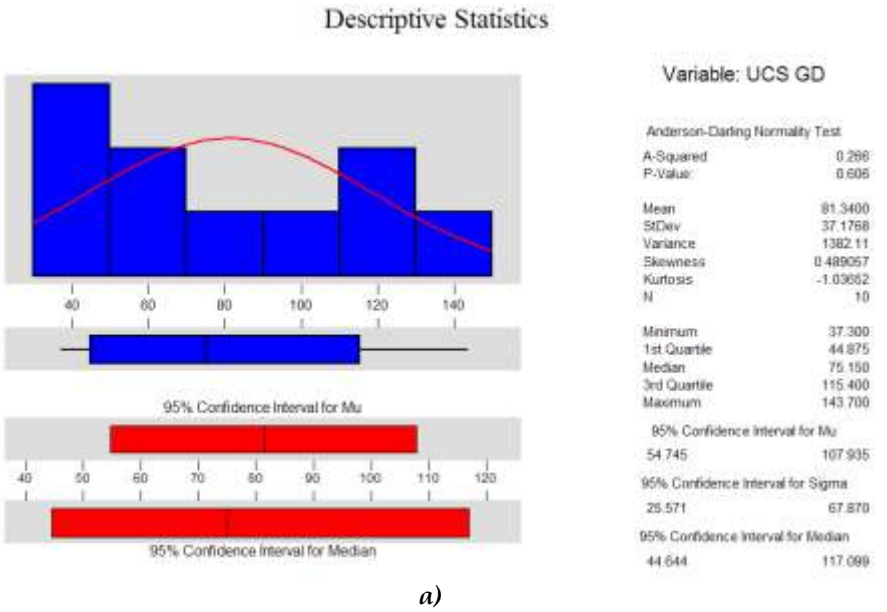
DB320/DHPZ/069	19,00	19,20	8,50
DB320/DH/071	26,50	26,76	10,60
	35,45	35,66	18,20
DB320/DH/77	24,35	24,55	18,00
	28,65	29,00	56,80
	33,40	33,65	20,50
DH320/DH/78	26,86	27,10	58,00
	36,54	36,87	19,70

Πίνακας 5.2: Εργαστηριακά αποτελέσματα αντοχής σε θλίψη (MPa)

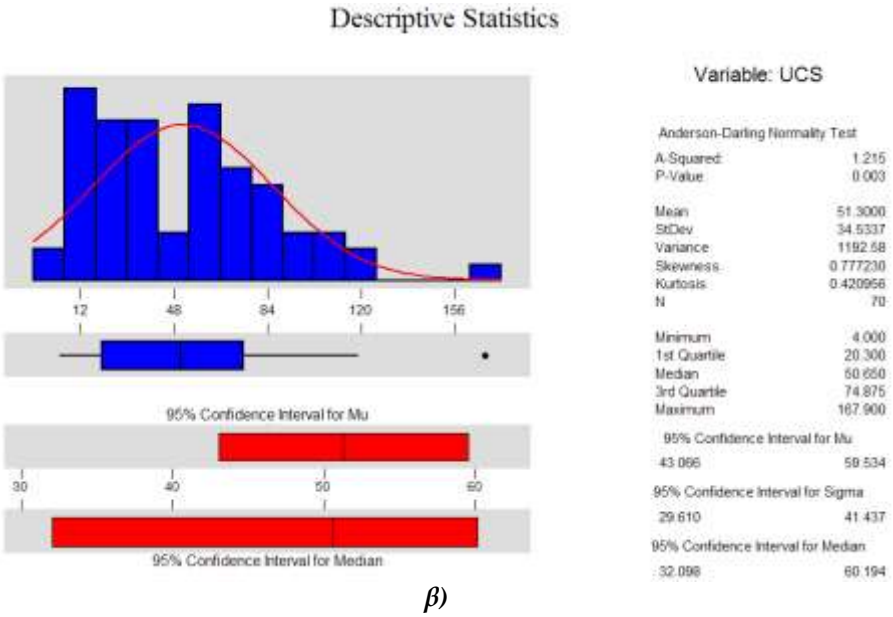
Στη συνέχεια, έγινε στατιστική επεξεργασία των αντοχών σε δοκιμές μονοαξονικής θλίψης στα δείγματα του γρανίτη και του γρανοδιορίτη. Στον παρακάτω Πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας και στα Σχήματα 5.1 (α και β) τα ανάλογα ιστογράμματα.

Άρρηκτο Πέτρωμα	Μέση Τιμή UCS [MPa]	Τυπική απόκλιση UCS [MPa]
Γρανοδιορίτης	81.3	37.2
Γρανίτης	51.3	34.5

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας εργαστηριακών δοκιμών σε δείγματα γρανίτη και γρανοδιορίτη



α)



β)

Σχήμα 5.1: Ιστογράμματα Αντοχών Μονοαξονικής Θλίψης α) σε δείγματα γρανοδιορίτη και β) σε δείγματα γρανίτη

Στα παραπάνω ιστογραμμάτα είναι εμφανής η διαφορά του αριθμού των δειγμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο γρανοδιορίτη σε σχέση με το γρανίτη. Στο γρανοδιορίτη πραγματοποιήθηκαν μονο 3 γεωτρήσεις λόγω του ότι δεν υπήρχε επιπλέον λόγος να πιστοποιήσουν τα πολύ καλά γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του και αυτός είναι ακριβώς ο λόγος για τον οποίο η κατανομή του δεν είναι τόσο ευδιάκριτη. Αντίθετα, στο γρανίτη, πραγματοποιήθηκαν αρκετές γεωτρήσεις και για το λόγο ότι δεν είναι τόσο καλής αντοχής όσο ο γρανοδιορίτης, αλλά και γιατί κατάλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης του έργου.

5.3. Γεωτεχνική Ταξινόμηση Βραχομάζας

5.3.1. Εισαγωγή

Στην παρούσα φάση, γίνεται η γεωτεχνική ταξινόμηση της βραχομάζας, με τον υπολογισμό του δείκτης ποιότητας κατά RMR (Rock Mass Rating) (BIENIAWSKI, 1989) στις θέσεις των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων με βάση τα στοιχεία αυτών. Ένα βασικό πλεονέκτημα της χρήσης του συγκεκριμένου συστήματος ταξινόμησης είναι η εύκολη συσχέτισή του με άλλα συστήματα ταξινόμησης όπως το Q κατά Barton και το Γεωλογικό Δείκτη Αντοχής GSI.

5.3.2. Μεθοδολογία Γεωτεχνικής Ταξινόμησης RMR

Το σύστημα ταξινόμησης RMR προτάθηκε από τον Bieniawski το 1976, τελειοποιήθηκε το 1979 (BIENIAWSKI, 1979) και παρουσιάστηκε με μικρές τροποποιήσεις το 1989 (BIENIAWSKI, 1989). Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό φύλλο εργασίας του "Excel" με βάση το οποίο έγιναν οι εκτιμήσεις του RMR στην παρούσα εργασία.

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα, για την ταξινόμηση της βραχομάζας λαμβάνονται υπόψη έξι (6) παράμετροι (A1, A2, A3, A4, A5, A6) που λαμβάνουν ξεχωριστά από μία τιμή (βαθμό) και από το άθροισμά τους υπολογίζεται ο δείκτης RMR.

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Προσαρμογή για σήραγγες (Κατά Bieniawski, 1989)

Α/Α: 1 Ημερομηνία:

Έργο: Γεώτρηση: TS300/DHPZ/062

Θέση: Λιθολογία: GRANITE III

Όρυξης: Βάθος (m): 35,51-36,73

Α ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Α1 Αντοχή συμπαγούς πετρώματος (MPa)

Χαρακτηρισμός		$Is_{(50)}$	σ_c		Βαθμολογία
Εξαιρετικά υψηλή	ES	>10	>250		15
Πολύ υψηλή	VS	4-10	100-250		12
Υψηλή	S	2-4	50-100	x	7
Μέσης	M	1-2	25-50		4
Καμηλή	W		5-25		2
Πολύ χαμηλή	VW		1-5		1
Εξαιρετικά χαμηλή	EW		<1		0

○ σ_c	30	#	30
◉ Χαρακτηρισμός	##	~	##
Βαθμονόμηση	7	~	7

Α2 Δείκτης ποιότητας βράχου RQD (%)

Χαρακτηρισμός RQD				Βαθμολογία
Εξαιρετική	E	90-100	x	20
Καλή	G	75-90		17
Μέτρια	F	50-75		13
Πτωχή	P	25-50		8
Πολύ πτωχή	VP	<25		3

◉ RQD	95	~	95
○ Χαρακτηρισμός	E	~	24
Βαθμονόμηση	19	~	19

Α3 Απόσταση ασυνεχειών mm

Χαρακτηρισμός				Βαθμολογία
Πολύ μεγάλη	VL	>2000		20
Μεγάλη	L	600-2000		15
Μέση	M	200-600	x	10
Μικρή	S	60-200	x	8
Πολύ μικρή	VS	<60		5

◉ Απόσταση	##	~	##
○ Χαρακτηρισμός	S	~	M
Βαθμονόμηση	7	~	9

Α4 Υπόγειο νερό (εισροή σε l/min/10m)

Χαρακτηρισμός				Βαθμολογία
Ισχυρή ροή	F	>125		0
Μικρή ροή	Dr	25-125		4
Σταγόνες	W	10-25		7
Υγρασία	Da	<10		10
Στεγνό	CD	Στεγνό	x	15

Υπόγειο νερό	CD	~	CD
Βαθμονόμηση	15	~	15

Α5 Κατάσταση Ασυνεχειών

Α5.1 Εμμονή (m)

Χαρακτηρισμός				Βαθμολογία
Πολύ χαμηλή	VL	<1		6
Χαμηλή	L	1-3		4
Μέτρια	M	3-10	x	2
Υψηλή	H	10-20		1
Πολύ υψηλή	VH	>20		0

Εμμονή	M	~	M
Βαθμονόμηση	2	~	2

Α5.2 Άνοιγμα (mm)

Χαρακτηρισμός				Βαθμολογία
Κλειστές	VT	-		6
Στενές	T	<0.1		5
Μέτριες	MO	0.1-1	x	4
Ανοιχτές	O	1-5		1
Ευρείες	VW	>5		0

Άνοιγμα	MO	~	MO
Βαθμονόμηση	4	~	4

Α5.3 Τραχύτητα

Χαρακτηρισμός				Βαθμολογία
Πολύ Τραχείες	VR			6
Τραχείες	R		x	5
Ελαφρά Τραχείες	SR			3
Ομαλές	SN			1
Ολισθηρές	SL			0

Τραχύτητα	R	~	R
Βαθμονόμηση	5	~	5

Α5.4 Υλικό πλήρωσης (mm)

Χαρακτηρισμός				Βαθμολογία
Καθόλου	O		x	6
Σκληρό<5mm	H1			4
Σκληρό>5mm	H2			2
Μαλακό<5mm	S1			2
Μαλακό >5mm	S2			0

Υλικό πλήρωσης	O	~	O
Βαθμονόμηση	6	~	6

Α5.5 Αποσάθρωση

Χαρακτηρισμός				Βαθμολογία
Χωρίς	UW			6
Ελαφρά	SW		x	5
Μέτρια	MW			3
Έντονη	HW			1
Εντελώς	D			0

Αποσάθρωση	SW	~	SW
Βαθμονόμηση	5	~	5

Β ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Στοιχεία Ασυνέχειας: 45°/258° (Κλίση/Δνση κλίσης)

Χαρακτηρισμός		Βαθμολογία
Πολύ ευνοϊκή		0
Ευνοϊκή	x	-2
Μέτρια		-5
Δυσμενής		-10
Πολύ δυσμενής		-12

Βαθμονόμηση	-2

Γ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ-ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Γ1	ΒΑΘΜΟΛΟΠΑ RMR_{basic}	70 ~	72
Γ2	ΒΑΘΜΟΛΟΠΑ RMR_{ss}	70 ~	72
Γ3	GSI = RMR_{ss} - 5	65 ~	67
Γ4	ΒΑΘΜΟΛΟΠΑ RMR_{mp}	68 ~	70
Γ5	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	II ~	II
Γ6	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΚΑΛΗ ~	ΚΑΛΗ

Δ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Δ1	ΣΥΝΟΧΗ c (kPa)	## ~ ##
Δ2	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ φ (°)	35 ~ 45
Δ3	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ E(GPa) για RMR_{mp}>50 $E = 2*RMR_{mp} - 100$ για 20<RMR_{mp}≤50 $E = 10^{(RMR_{mp}-10)/40}$ για RMR_{mp}≤20 $E = (\sigma_c/100)^{1/2}*10^{(RMR_{mp}-10)/40}$	36 ~ 40
Δ4	ΦΟΡΤΙΟ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ, P(kN/m2) $P = ((100 - RMR_{mp})/100) * \gamma * B$ γ = 26 kN/m³ B = 10 m	83.2 ~ 78

Σύνταξη	Έλεγχος

Σχήμα 5.2: Φύλλο εργασίας του "EXCEL" για υπολογισμό RMR

Οι παράμετροι και οι τιμές που λαμβάνουν έχουν ως εξής:

A1. Αντοχή άρρηκτου (συμπαγούς) πετρώματος σε μοναξονική θλίψη σ_c (MPa).

Χρησιμοποιείται η τιμή της αντοχής σε μοναξονική θλίψη σ_c (MPa) ή η τιμή του δείκτη σημειακής φόρτισης $Is_{(50)}$ (MPa). Η βαθμονόμηση φαίνεται στον Πίνακα 5.4. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή την κατηγορία είναι από τις εργαστηριακές δοκιμές και από τις περιγραφές των πυρήνων των γεωτρήσεων.

Αντοχή σ_c (MPa)	**Χαρακτηρισμός**	**Τιμή παραμέτρου A1**
>250	Εξαιρετικά υψηλή	15
100-250	Πολύ υψηλή	12-15
50-100	Υψηλή	7-12
25-50	Μέση	4-7
5-25	Χαμηλή	2-4
1-5	Πολύ χαμηλή	1-2
<1	Εξαιρετικά χαμηλή	0

Πίνακας 5.4. Βαθμονόμηση με βάση την αντοχή άρρηκτου πετρώματος σε μοναξονική θλίψη σ_c (MPa).

A2. Δείκτης ποιότητας βραχομάζας RQD (%).

Όπως έχει προαναφερθεί, ο δείκτης RQD προκύπτει από το λόγο του συνολικού μήκους των τεμαχών του πυρήνα γεώτρησης που το μήκος του καθενός από αυτά είναι ίσο ή μεγαλύτερο από 10cm, διά του συνολικού μήκους της πυρηνοληψίας (DEERE, 1963). Η βαθμονόμηση φαίνεται στον Πίνακα 5.5. Οι τιμές του RQD στην προκειμένη περίπτωση, μας δόθηκαν από τις περιγραφές των πυρήνων από τις γεωτρήσεις για τον υπολογισμό του RQD.

RQD (%)	**Χαρακτηρισμός**	**Τιμή παραμέτρου A2**
90-100	**Εξαιρετική**	**20**
75-90	**Καλή**	**17-20**
50-75	**Μέτρια**	**13-17**
25-50	**Πτωχή**	**8-13**
<25	**Πολύ πτωχή**	**3**

Πίνακας 5.5. Βαθμονόμηση με βάση το δείκτη RQD (%).

Α3. Απόσταση σε (mm) μεταξύ ασυνεχειών της βραχομάζας του ίδιου συστήματος.

Προκύπτει από τις καταγραφές υπαίθρου αλλά και από τις περιγραφές των πυρήνων των γεωτρήσεων, όπως αυτές παρουσιάζονται στα αναλυτικά φύλλα των γεωτρήσεων που μας παραχωρήθηκαν. Κατά κανόνα πρόκειται για διακλάσεις και επιφάνειες στρώσης. Η βαθμονόμηση φαίνεται στον Πίνακα 5.6.

Απόσταση (mm)	Χαρακτηρισμός	Τιμή παραμέτρου Α3
>2000	Πολύ μεγάλη	20
600-2000	Μεγάλη	15-20
200-600	Μέση	10-15
60-200	Μικρή	8-10
<60	Πολύ μικρή	5

Πίνακας 5.6. Βαθμονόμηση με βάση την απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών της βραχομάζας.

Α4. Παρουσία υπόγειου νερού.

Στο συγκεκριμένο έργο λόγω του ότι υπολογίζεται το $RMR_{dry,}$ θεωρείται μηδενική η παρουσία νερού πράγμα το οποίο στην παρούσα φάση δεν επηρεάζει το στόχο της εργασίας αυτής. Έτσι, η βαθμονόμηση για την παράμετρο αυτή θα παίρνει την τιμή 15, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.7.

Ροή (l/min/10m)	Χαρακτηρισμός	Τιμή παραμέτρου Α4
>125	Ισχυρή ροή	0
25-125	Μικρή ροή	4
10-25	Σταγόνες	7
<10	Υγρασία	10
0	Στεγνό	15

Πίνακας 5.7. Βαθμονόμηση με βάση την παρουσία υπόγειου νερού.

Α5. Κατάσταση των επιφανειών των ασυνεχειών της βραχομάζας.

Η συνολική τιμή της παραμέτρου Α5 προκύπτει από το άθροισμα πέντε (5) επιμέρους παραμέτρων (Α5.1, Α5.2, Α5.3, Α5.4, Α5.5) που αντίστοιχα είναι η εμμονή (m), το άνοιγμα (mm), η τραχύτητα, το υλικό πλήρωσης (mm) και η αποσάθρωση των επιφανειών των ασυνεχειών (διακλάσεων, επιφανειών

στρώσης). Οι παράμετροι αυτοί βαθμονομούνται ξεχωριστά. Η βαθμονόμησή τους φαίνεται στους Πίνακες 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 και 5.12. Τα δεδομένα συμπληρώθηκαν με βάση τις περιγραφές των πυρήνων των γεωτρήσεων, όπως αυτές παρουσιάζονται στα αναλυτικά φύλλα των γεωτρήσεων που μας παραχωρήθηκαν.

Εμμονή (m)	Χαρακτηρισμός	Τιμή παραμέτρου A5.1
<1	Πολύ χαμηλή	6
1-3	Χαμηλή	4
3-10	Μέτρια	2
10-20	Υψηλή	1
>20	Πολύ υψηλή	0

Πίνακας 5.8. Βαθμονόμηση με βάση την εμμονή των ασυνεχειών.

Άνοιγμα (mm)	Χαρακτηρισμός	Τιμή παραμέτρου A5.2
-	Κλειστές	6
<0,1	Στενές	5
0,1-1	Μέτριες	4
1-5	Ανοιχτές	1
>5	Ευρείες	0

Πίνακας 5.9. Βαθμονόμηση με βάση το άνοιγμα των ασυνεχειών

Τραχύτητα - Χαρακτηρισμός	Τιμή παραμέτρου A5.3
Πολύ τραχείες	6
Τραχείες	5
Ελαφρά τραχείες	3
Ομαλές	1
Ολισθηρές	0

Πίνακας 5.10. Βαθμονόμηση με βάση την τραχύτητα των ασυνεχειών.

Υλικό πλήρωση (mm)	Χαρακτηρισμός	Τιμή παραμέτρου A5.4
-	Καθόλου	6
<5	Σκληρό	4
>5	Σκληρό	2
<5	Μαλακό	2
>5	Μαλακό	0

Πίνακας 5.11. Βαθμονόμηση με βάση το υλικό πλήρωσης των ασυνεχειών.

Αποσάθρωση - Χαρακτηρισμός	Τιμή παραμέτρου A5.5
Χωρίς	6
Ελαφρά	5
Μέτρια	3
Έντονη	1
Εντελώς	0

Πίνακας 5.12. Βαθμονόμηση με βάση την αποσάθρωση των ασυνεχειών

Η παράμετρος A5 προκύπτει τελικά από το άθροισμα A5 = A5.1 + A5.2 + A5.3 + A5.4 + A5.5.

- ***Υπολογισμός RMR***

Από το άθροισμα των παραμέτρων A1, A2, A3, A5 και από την παράμετρο A4 για τιμή βαθμονόμησης 15 (γιατί θεωρείται μηδενική η παρουσία νερού) προκύπτει το RMR_{dry} δηλαδή:

$$RMR_{dry} = A1 + A2 + A3 + 15 + A5 \quad (1)$$

Η γενική ταξινόμηση της βραχομάζας φαίνεται στον Πίνακα 5.13 και τα τελικά αποτελέσματα των δεικτών RMR φαίνονται στο παράρτημα Γ.

Βαθμολογία	Ποιότητα	Κατηγορία
100-81	Πολύ καλή	I
80-61	Καλή	II
60-41	Μέτρια	III
40-21	Πτωχή	IV
<20	Πολύ πτωχή	V

Πίνακας 5.13. Γενική ταξινόμηση της βραχομάζας με βάση τη συνολική βαθμολογία RMR_{dry}.

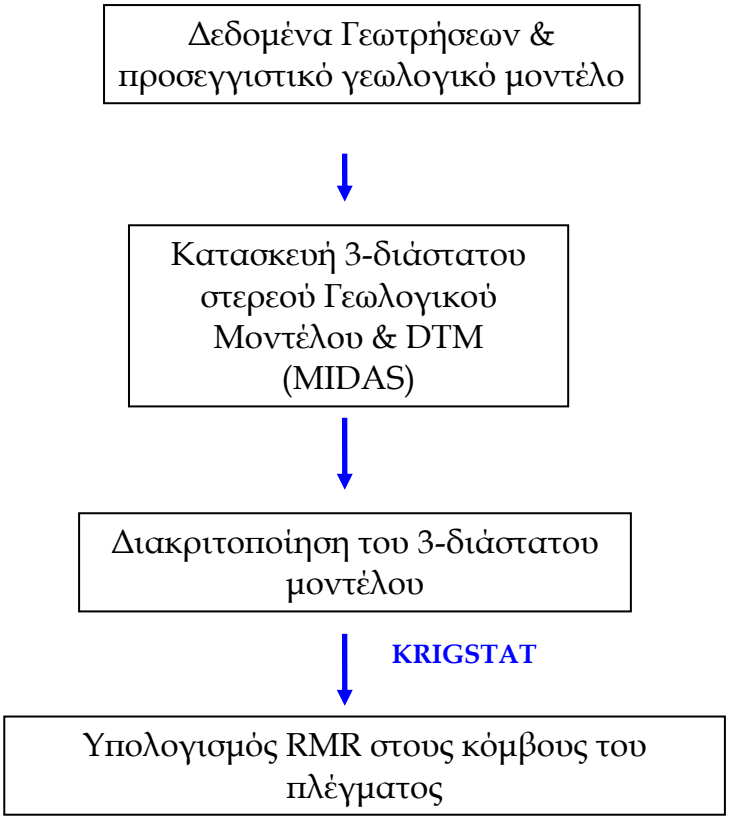
5.4 Κατασκευή 3D γεωλογικού μοντέλου

Για την κατασκευή του γεωλογικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τις γεωτρήσεις που μας δόθηκαν, δηλ. οι πραγματικές συντεταγμένες (world coordinate system - WCS) των γεωτρήσεων και το βάθος όπου συναντώνται οι γεωλογικές επαφές των σχηματισμών.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν πρόσθετα στοιχεία για να εξασφαλιστεί η μεγαλύτερη αξιοπιστία του μοντέλου, τα οποία βρέθηκαν από τη γεωλογική τομή, στα σημεία όπου δεν υπήρχε επαρκής αριθμός γεωτρήσεων. Προς χάριν απλότητας και χωρίς να επηρεάζει την ανάλυση των δεδομένων και τα αποτελέσματα, έγινε η συγχώνευση των γεωλογικών στρωμάτων των αλλουβίων με τις θαλάσσιες αποθέσεις, αφού και τα δύο ανήκουν στους εδαφικούς σχηματισμούς.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα στάδια της παρούσας διατριβής, ως ένα διάγραμμα ροής της 3-διάστατης υπολογιστικής προσέγγισης στο σχεδιασμό σηράγγων (Σχήμα 5.3).

Διάγραμμα Ροής της 3-διάστατης υπολογιστικής προσέγγισης στον σχεδιασμό σηράγγων



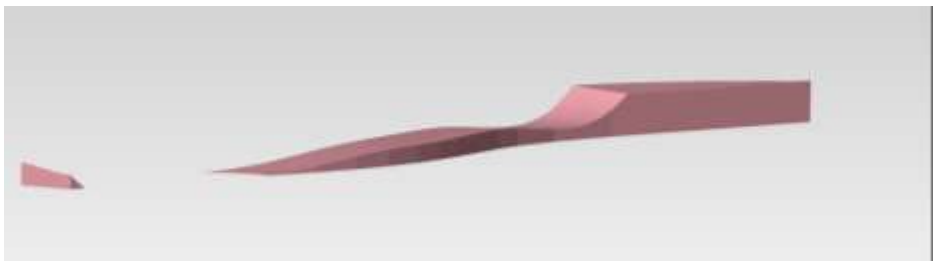
Σχήμα 5.3: Διάγραμμα Ροής της 3-διάστατης υπολογιστικής προσέγγισης στον σχεδιασμό σηράγγων

Στο επόμενο βήμα έγινε η δημιουργία του τρισδιάστατου γεωλογικού μοντέλου με τη χρήση του λογισμικού μοντελοποίησης MUSS (Midas User Support System) και ειδικότερα με το Midas GTS (Geotechnical and Tunnel analysis System) Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζεται η σταδιακή μοντελοποίηση των σχηματισμών από το κατώτερο προς το ανώτερο στρώμα (Σχήματα 5.2 ως 5.6).

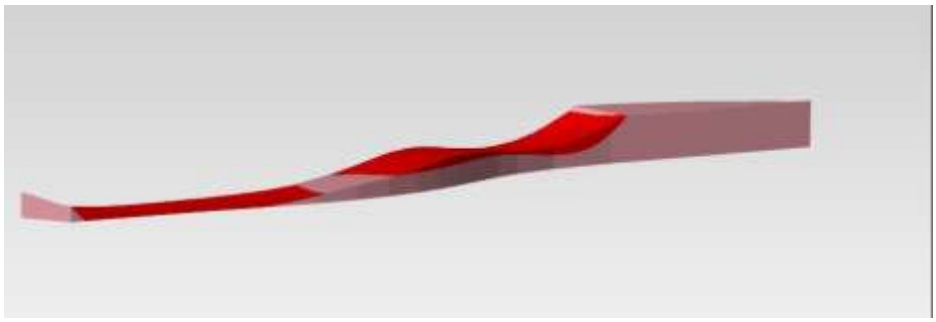
Εν συνεχεία, κατασκευάσθηκε η τρισδιάστατη τοπογραφική επιφάνεια (3D terrain surface) και το ογκομετρικό μοντέλο της περιοχής του έργου (Σχήματα 5.7, 5.8). Ταυτόχρονα δημιουργήθηκε το ογκικό μοντέλο της σήραγγας και τοποθετήθηκε εντός του χωρικού μοντέλου. Για τη δημιουργία του γεωλογικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τις γεωτρήσεις που μας δόθηκαν, δηλ. οι πραγματικές συντεταγμένες των γεωτρήσεων και το βάθος όπου συναντώνται οι γεωλογικές επαφές των σχηματισμών, με αποτέλεσμα τις τρισδιάστατες επιφάνειες επαφής των γεωλογικών στρωμάτων.

Με βάση τις επιφάνειες αυτές το αρχικό ογκικό μοντέλο χωρίσθηκε σε επιμέρους όγκους, ο καθένας εκ των οποίων αποτελεί έναν ξεχωριστό γεωλογικό σχηματισμό. Στα σχήματα 5.4 - 5.8 παρουσιάζονται οι όγκοι των γεωλογικών στρωμάτων, όπως προέκυψαν από την μεθοδολογία που αναφέρθηκε. Συγκρίνοντας το τελικό 3D γεωλογικό μοντέλο (Σχήμα 5.9, 5.10)

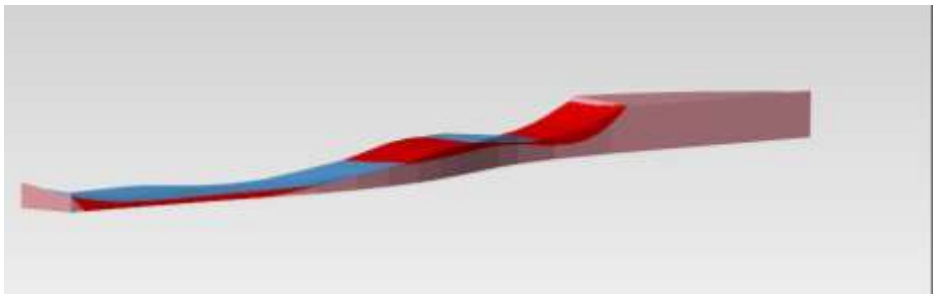
με τη γεωλογική μηκοτομή (Σχήμα 4.1) παρατηρούμε ότι βρίσκονται σε καλή συμφωνία.



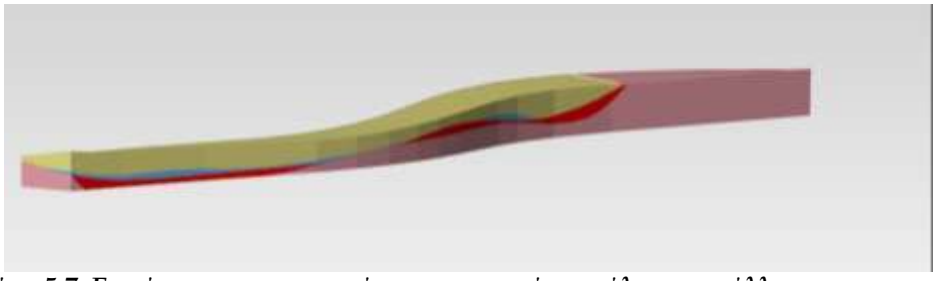
Σχήμα 5.4: Γεωλογικό στρώμα γρανίτη καλής αντοχής



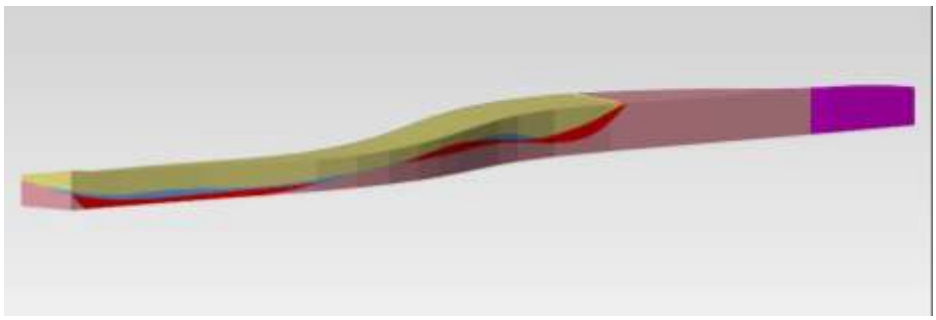
Σχήμα 5.5: Εμφάνιση γεωλογικού στρώματος γρανίτη καλής αντοχής



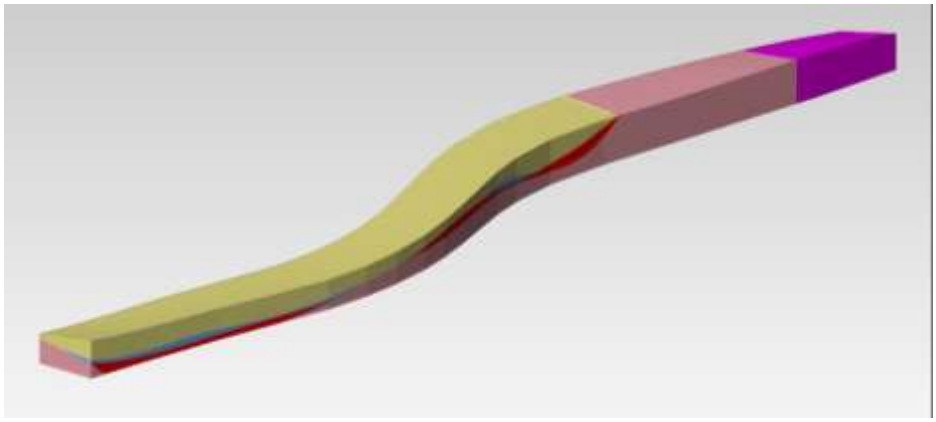
Σχήμα 5.6: Εμφάνιση εδαφικών σχηματισμών



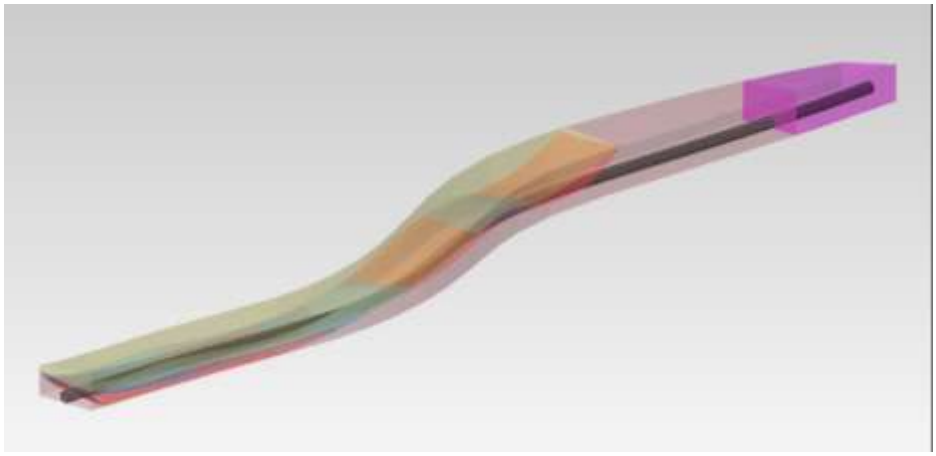
Σχήμα 5.7: Εμφάνιση των επιχωμάτων - υπερκείμενα όλων των άλλων σχηματισμών



Σχήμα 5.8: Εμφάνιση γεωλογικού στρώματος γρανοδιορίτη με εμφανή την τεκτονική επαφή με τον γρανίτη



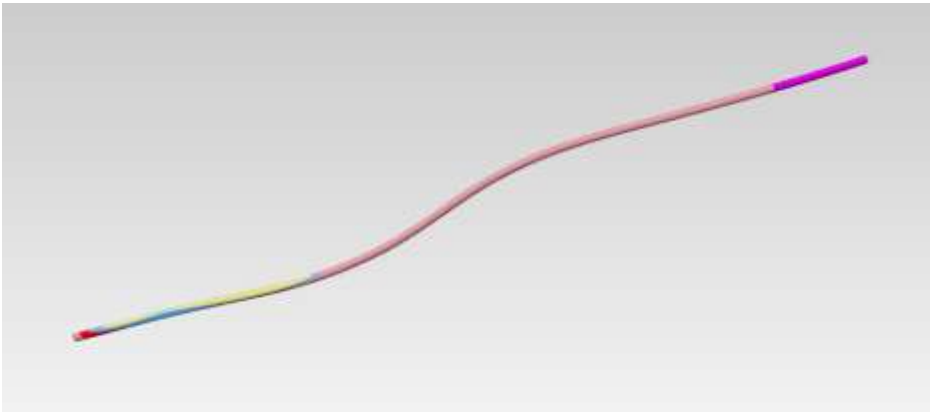
Σχήμα 5.9: Εμφάνιση ολοκληρωμένου γεωλογικού μοντέλου



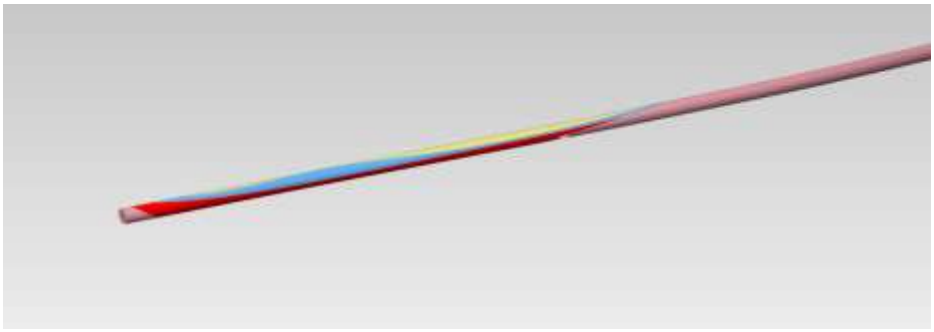
Σχήμα 5.10: Εμφάνιση ολοκληρωμένου γεωλογικού μοντέλου και σήραγγας

Η σήραγγα διέρχεται στο μεγαλύτερο μέρος της μέσα από τους δύο γρανίτες, στο τέλος διαπερνά τον γρανοδιορίτη και μονάχα στην αρχή και σε μικρό τμήμα, κάποιους εδαφικούς σχηματισμούς. Σε κάποιες περιοχές διέρχεται μέσω μικρών ρυολιθικών κυρίως χωρίς όμως να επηρεάζει την κατασκευή του

γεωτεχνικού μοντέλου. Για τον λόγω αυτό η εκτίμηση του RMR στην σήραγγα γίνεται αποκλειστικά με την χρήση των δεδομένων από τους σχηματισμούς των γρανίτων και του γρανοδιορίτη (Σχήματα 5.11, 5.12)



Σχήμα 5.11.: Μοντέλο σήραγγας με εμφάνιση των γεωλογικών σχηματισμών που διαπερνά



Σχήμα 5.12: Μοντέλο σήραγγας με εμφάνιση των γεωλογικών σχηματισμών πουδιαπερνά με έμφαση τα λίγα μόνο μέτρα που συναντά εδαφικούς σχηματισμούς.

Στη συνέχεια έγινε η διακριτικοποίηση του μοντέλου σε πεπερασμένα τρισδιάστατα στοιχεία χρησιμοποίωντας το προγραμμα Midas GTS (Geotechnical and Tunnel analysis System) (Σχήμα 5.13, 5.14). Με αυτό τον τρόπο γνωρίζουμε τις συντεταγμένες κάθε κόμβου του πλέγματος και των αντίστοιχων στοιχείων. Ταυτόχρονα εκτος από τις συντεγμένες γνωρίζουμε τη λιθολογική ταυτότητα κάθε στοιχείου. Σε επόμενη φάση, με βάση τον δείκτη ποιότητας βραχομαζας στις θέσεις των γεωτρήσεων και χρησιμοποιώντας τον γεωστατιστο αλγόριθμο kriging θα γίνει παρεμβολή στα στοιχεία του πλέγματος και του δείκτη RMR .

Σχήμα 5.13.: Τρισδιάστατο διακριτοποιημένο γεωλογικό μοντέλο με πεπερασμένα στοιχεία

Σχήμα 5.14.: Τρισδιάστατο διακριτοποιημένο γεωλογικό μοντέλο με πεπερασμένα στοιχεία, με ξεχωριστά τα γεωλογικά στρώματα.

5.5 Γεωστατιστική Επεξεργασία

Ο υπολογισμός της χωρικής κατανομής των δεικτών ποιότητας RMR έγινε με τη μέθοδο **γραμμικής παρεμβολής Kriging** του κώδικα KRIGSTAT που έχει κατασκευασθεί στο Εργαστήριο Μελέτης και Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων.

Η χρήση της μεθόδου γραμμικής παρεμβολής Kriging και ειδικότερα της μεθόδου του συνήθους kriging (ordinary kriging), έχει τα πλεονεκτήματα του ότι είναι απλή στην χρήση της, γρήγορη και η πρόβλεψη προκύπτει με ελαχιστοποίηση του σφάλματος καθώς θεωρείται ως ο Βέλτιστος Αμερόληπτος Γραμμικός Εκτιμητής (BLUE) μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας.

Γενικά για την εφαρμογή της μεθόδου Kriging δεχόμεθα ότι:

Α) Η μεταβλητή που μελετάμε είναι συνεχής εντός της υπό μελέτη περιοχής, και

Β) Ισχύει η ισότροπη εσωτερική υπόθεση "της Γεωστατιστικής", ήτοι η μέση τιμή της μεταβλητής είναι σταθερή και το ημιβαριόγραμμα εξαρτάται μόνο από την απόσταση των θέσεων δειγματοληψίας.

Στη συνέχεια αναφέρονται τα στάδια της γεωστατιστικής ανάλυσης τα οποία απεικονίζονται και στο διάγραμμα ροής του Σχήματος 5.15:

Α. Προεπεξεργασία των δεδομένων

Α.1. Έλεγχος και διόρθωση των δεδομένων.

Α.2. Ομαδοποίηση/ εξομάλυνση των δεδομένων

Α.3. Υπολογισμός της στατιστικής κατανομής και των παραμέτρων αυτής (μέση τιμή, διασπορά, κύρτωση, λοξότητα κ.τ.λ.)

Α.4. Έλεγχος αν χρειάζεται μετασχηματισμός των δεδομένων ώστε να προσεγγίζουν την κανονική κατανομή (KS-test QQ Plot).

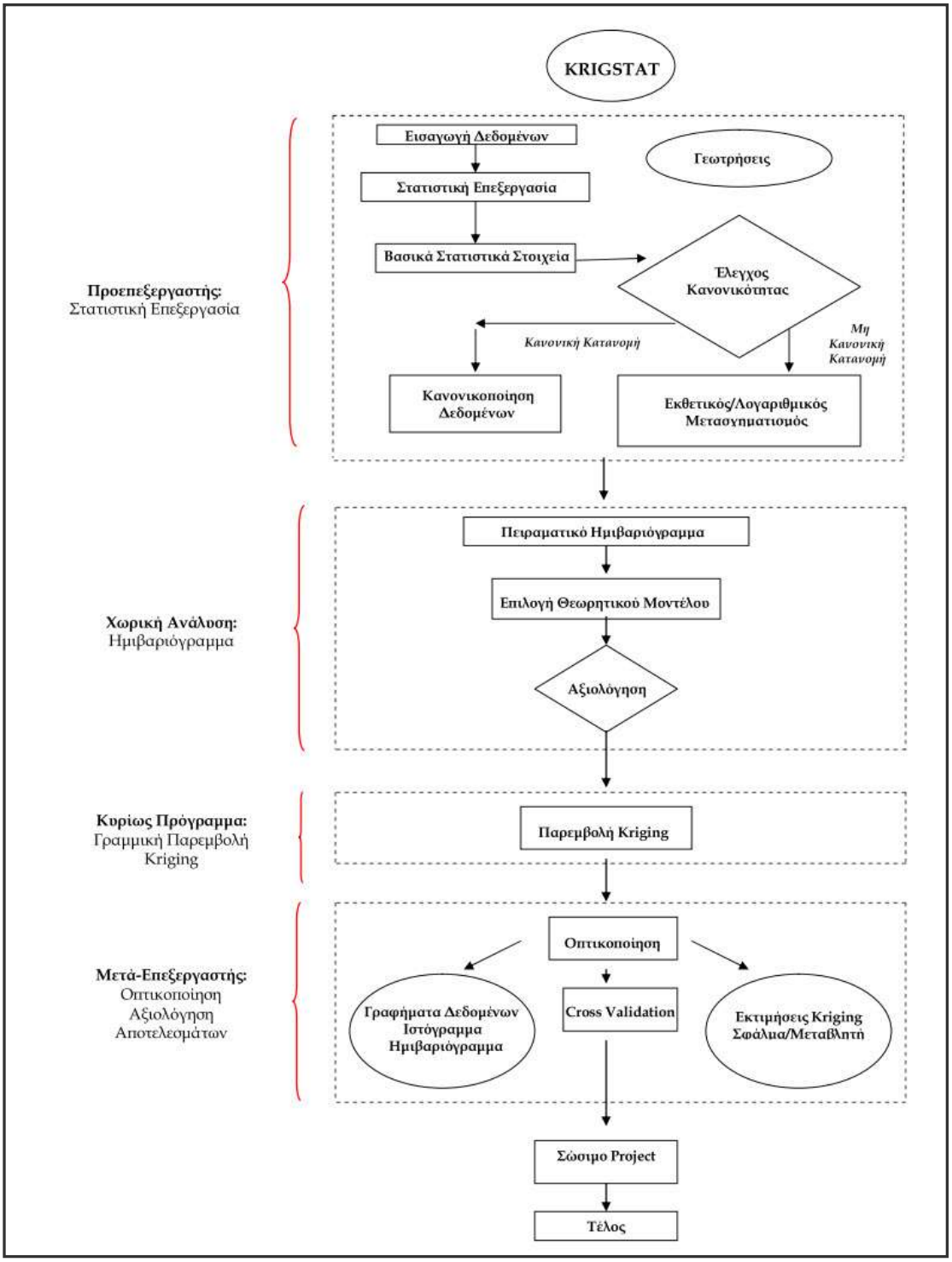
Β. Χωρική ανάλυση

Β.1. Υπολογισμός του πειραματικού ημιβαριογράμματος

Β.2. Προσαρμογή θεωρητικού ημιβαριογράμματος με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Γ. Γραμμική παρεμβολή με την μέθοδο Kriging

Δ. Έλεγχος/εξαγωγή/γραφική απεικόνιση της λύσης παρεμβολής κανονικού kriging.

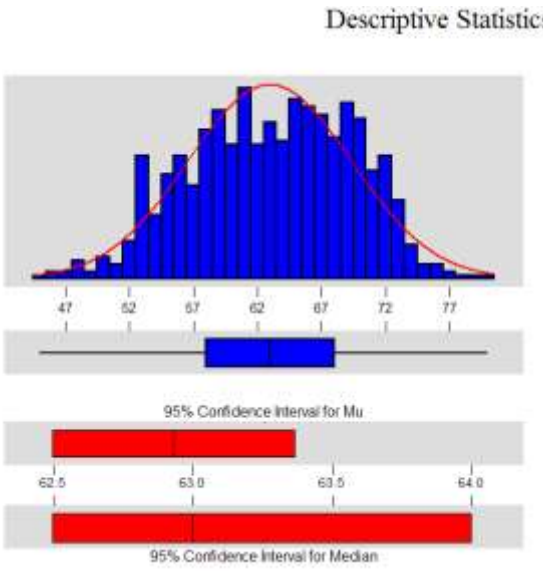


Σχήμα 5.15: Διάγραμμα ροής γεωστατιστικού κώδικα

- ***Αναλυτικότερα:***

Η στατιστική προεπεξεργασία έγινε μόνο για τους βραχώδεις σχηματισμούς του γρανοδιορίτη και του γρανίτη με με την κατώτερη τιμή που σημειώθηκε να είναι για RMR = 25 που αναφέρονται στον πλήρως αποσαθρωμένο γρανίτη.

Δεδομένου ότι η τεχνική "Kriging" που εφαρμόζεται υποθέτει κανονική κατανομή των τυχαίων μεταβλητών, πρέπει να γίνει ένας πρώτος ποιοτικός έλεγχος με το πόσο καλά η κατανομή μιας μεταβλητής προσεγγίζει την κανονική κατανομή (Gaussian) πιθανότητας. Έτσι, αυτός ο έλεγχος παρουσιάζεται για τις μεταβλητές RMR στα παρακάτω σχήματα με τη μορφή ιστογράμματος κατανομής (χρήση Εμπορικού Πακέτου MINITAB®) και από το διάγραμμα απόκλισης από την κανονική κατανομή (Σχήμα 5.16 – 5.17).

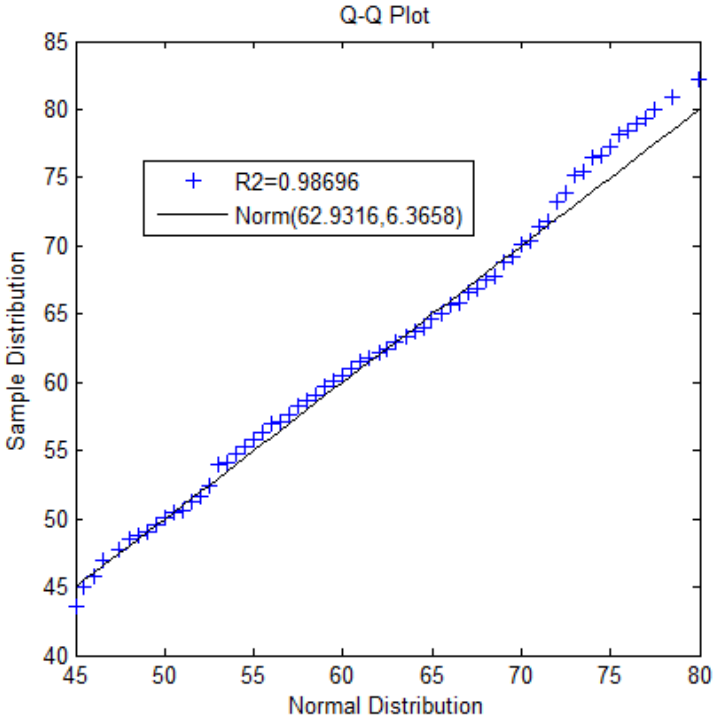


Variable: RMR borehole

Anderson-Darling Normality Test	
A-Squared	3.237
P-Value	0.000
Mean	62.9316
StDev	6.3658
Variance	40.5235
Skewness	-1.8E-01
Kurtosis	-6.0E-01
N	826
Minimum	45.0000
1st Quartile	58.0000
Median	63.0000
3rd Quartile	68.0000
Maximum	80.0000
95% Confidence Interval for Mu	
62.4968	63.3664
95% Confidence Interval for Sigma	
6.0729	6.6886
95% Confidence Interval for Median	
62.5000	64.0000

Σχήμα 5.16: Ιστόγραμμα κατανομής της συχνότητας εμφάνισης των τιμών RMR και στατιστικά στοιχεία

Από το ιστόγραμμα κατανομής της συχνότητας εμφάνισης των τιμών RMR από τις δειγματολειπτικές γεωτρήσεις προκύπτει ότι η μέση τιμή των τιμών αυτών είναι 62,93 και η τυπική απόκλιση 6,36 όπως φαίνεται και στον έλεγχο απόκλισης των τιμών RMR από την κανονική κατανομή.



Σχήμα 5.17:Έλεγχος απόκλισης από την κανονική κατανομή

Ο προσδιορισμός της χωρικής εξάρτησης των δεδομένων Z με τον προσδιορισμό της γεωστατιστικής τιμής του ημιβαριογράμματος, ή ημιδιασποράς ή ημιμεταβλητογράμματος [4] που ορίζεται ως:

$$2\gamma(\boldsymbol{r}) = E\left[(Z(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{r}) - Z(\boldsymbol{x}))^2\right] = Var\left[(Z(\boldsymbol{x}+\boldsymbol{r}) - Z(\boldsymbol{x}))\right] \quad (1)$$

όπου το ημιβαριόγραμμα γ εξαρτάται μόνο από το διάνυσμα της απόστασης $\boldsymbol{r}$ μεταξύ των θέσεων $\boldsymbol{x}$ και $\boldsymbol{x}+\boldsymbol{r}$, και $\boldsymbol{E}$ συμβολίζει τη μαθηματική προσδοκία, δηλ. την πιθανολογικά ζυγισμένη μέση τιμή ενός πλήθους.

Ο προσδιορισμός του ισότροπου ημιβαριογράμματος γίνεται από τα δεδομένα με την χρήση της σχέσης:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left(Z(\boldsymbol{x}_i + h) - Z(\boldsymbol{x}_i)\right)^2 \quad (2)$$

όπου:

$\hat{\gamma}$ το πειραματικό ημιβαριόγραμμα

$h = \|\boldsymbol{r}\|$ η απόσταση μεταξύ των θέσεων $\boldsymbol{x}$ και $\boldsymbol{x}+\boldsymbol{r}$ και

$N(h)$ ο αριθμός των ζευγών που απέχουν απόσταση h.

Z= δειγματοληπτικές τιμές της υπόψιν μεταβλητής

Στη συνέχεια έγινε η προσαρμογή ενός θεωρητικού μοντέλου στο πειραματικό ημιβαριόγραμμα.

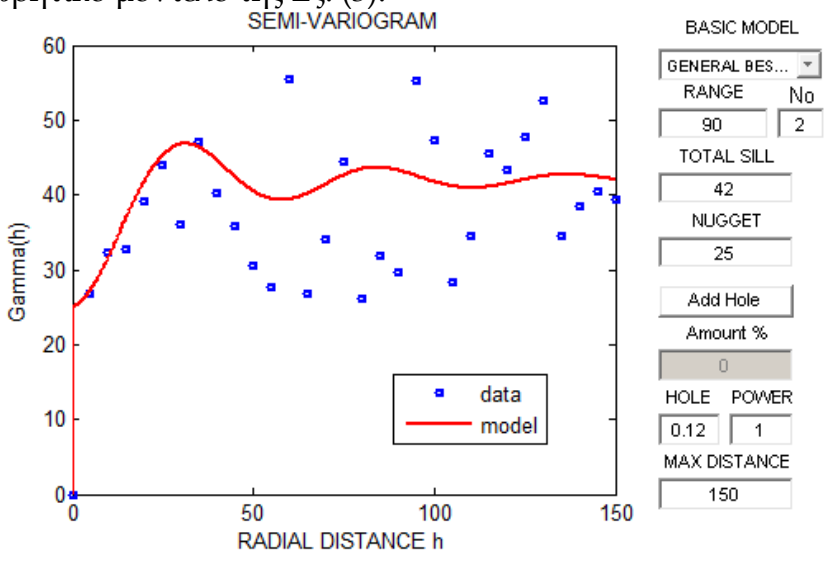
Το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιήθηκε και υπάρχει ήδη στη βιβλιοθήκη μοντέλων του Krigstat, είναι το γενικό εκθετικό συνδιασμένο με την κυκλική συνάρτηση Bessel πρώτου τύπου και μηδενικού βαθμού J_0. Η σχέση που περιγράφει το μοντέλο αυτό είναι:

$$\gamma(h) = (Sill - nugget)\left(1 - exp\left(-\left(\frac{h}{range}\right)^{n}\right) J_o(hole \cdot h)\right) + nugget \qquad (3)$$

όπου:

Κατώφλι (sill) η μέγιστη τιμή στην οποία τείνει το ημιβαριόγραμμα και που προσεγγίζει τις περισσότερες των περιπτώσεων την διασπορά των δεδομένων,
nugget το φαινόμενο κόκκου (nugget effect) η ασυνέχεια στην αρχή των αξόνων
n ο εκθέτης. Για n=1 είναι το εκθετικό για n=2 είναι το γκαουσσιανό μοντέλο.
Εύρος (range) η κλίμακα (scale length) που καθορίζει την απόσταση όπου το ημιβαριόγραμμα λαμβάνει την μέγιστη ή σταθερή τιμή του. Στην περίπτωση του εκθετικού μοντέλου *n=1* η απόσταση αυτή είναι $3 \cdot range$.
hole η παράμετρος που καθορίζει σε ποια απόσταση θα αποσβεσθεί το κυκλικό μοντέλο (hole effect) η οποία είναι $range / hole$.

Στο Σχήμα 5.18 φαίνεται η προσαρμογή των πειραματικών σημείων απ' το θεωρητικό μοντέλο της Εξ. (3).



Σχήμα 5.18: Προσαρμογη του πειραματικου ημι-βαριογράμματος με θεωρητικό μοντέλο

Το προσαρμοσμένο θεωρητικό μοντέλο εν συνεχεία χρησιμοποιήθηκε για την γραμμική παρεμβολή με τη μέθοδο του κανονικού Kriging.

Η χρήση του συνήθους (ordinary) kriging έγινε για την εκτίμηση των δεδομένων στους κόμβους του τρισδιάστατου μοντέλου του προγράμματος MIDAS GTS με την χρήση των γειτονικών του (ως προς το υπό εκτίμηση σημείο) σημείων (neighborhood kriging) σε απόσταση μικρότερη των 300 μέτρων (Σχήμα 5.19). Απ'αυτές τις εκτιμήσεις κατόπιν υπολογίσθηκε το RMR του μετώπου λαμβάνοντας τη μέση τιμή.

Για την περίπτωση όπου δεν βρεθούν αρκετά δεδομένα η περιοχή αυτή επεκτείνεται ώστε να περιέχει τουλάχιστον 100 δεδομένα, αντιθέτως αν υπάρχουν πάρα πολλά δεδομένα για την εξοικονόμηση υπολογιστικού χρόνου η περιοχή συρρικνώνεται ώστε να περιέχει το μέγιστο 150 δεδομένα.

Το σύνηθες kriging είναι ένας γραμμικός εκτιμητής (βλ εξ.4) όπου η μέση τιμή του πεδίου είναι άγνωστη αλλά σταθερή στην γειτονιά της εκτίμησης.

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i Z(x_i) \tag{4}$$

όπου οι συντελεστές βαρύτητας προσδιορίζονται έτσι ώστε

α) να ελαχιστοποιείται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της εκτίμησης, και

β) το άθροισμα τους να ισούται με μονάδα εξασφαλίζοντας έτσι την αμεροληψία της εκτίμησης.

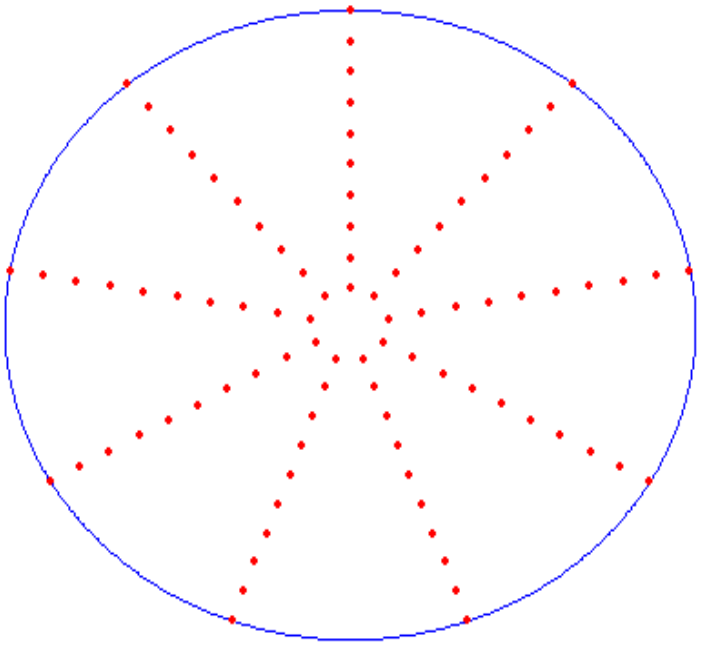
Το σύστημα που σχηματίζεται στην περίπτωση αυτή είναι *(m+1)x(m+1)*

$$\begin{cases} -\sum_{i=1}^{m} \lambda_i \gamma\left(\left\| x_i - x_j \right\|\right) + v = -\gamma\left(\left\| x_0 - x_j \right\|\right), \quad j = 1,..,m \\ \sum_{i=1}^{m} \lambda_i = 1 \end{cases} \tag{5}$$

όπου v ο πολλαπλασιαστής του Lagrange που εξασφαλίζει την αμεροληψία της εκτίμησης, m ο αριθμός των πειραματικών δεδομένων και x_o η θέση της εκτίμησης.

Το σφάλμα ή η αβεβαιότητα της εκτίμησης στη μέθοδο του συνήθους kriging βρίσκεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\sigma_{OK}^2(\boldsymbol{x}_0) = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \gamma\left(\left\| \boldsymbol{x}_0 - \boldsymbol{x}_i \right\|\right) - v \tag{6}$$



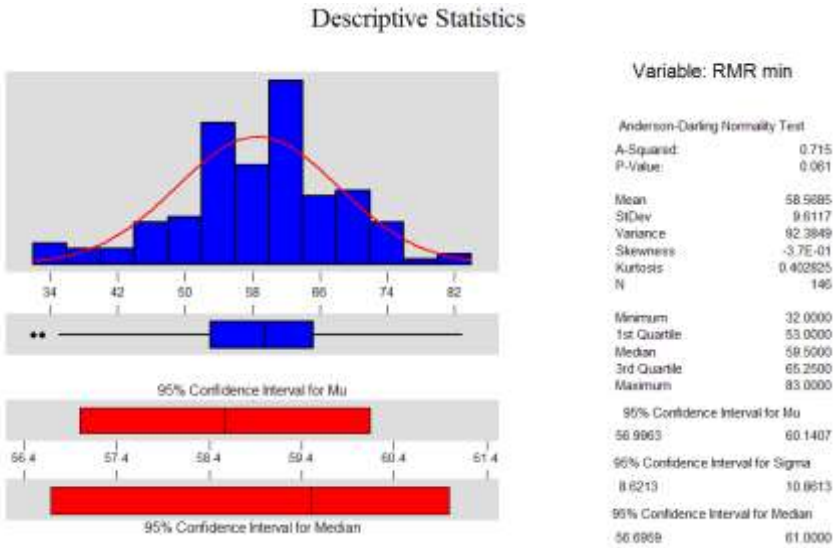
Σχήμα 5.19.: Σημεία στη διατομη της σήραγγας που υπολογίσθηκε το RMR από παρεμβολή από τις γειτονικές γεωτρήσεις με το KRIGSTAT

6. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

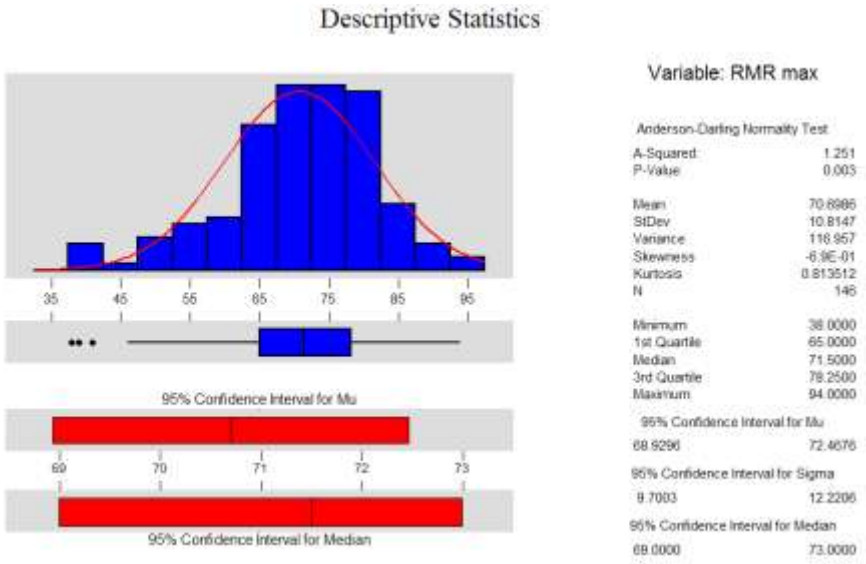
6.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τους δείκτες RMR που υπολογίσθηκαν στα μέτωπα της σήραγγας κατά την εκσκαφή της, τα οποία ευγενικά μου παραχωρήθηκαν από την Σταυροπούλου Μαρία (Σταυροπούλου, 2010).

Στα Σχήματα 6.1 και 6.2 παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες μετρήσεις του RMR από τα μέτωπα της σήραγγας με τα οποία έγινε η σύγκριση του ιστογράμματος (Σχήμα 5.16) κατανομής της συχνότητας εμφάνισης των τιμών RMR από τις γεωτρήσεις που υπολογίσθηκαν με την χρήση του συνήθους kriging του κώδικα Krigstat. Όσον αφορά τα στατιστικά τους αποτέλεσματα, οι μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για το RMR min και είναι 58.56 και 9.61 αντίστοιχα και για το RMR max 70,69 και 10,81.

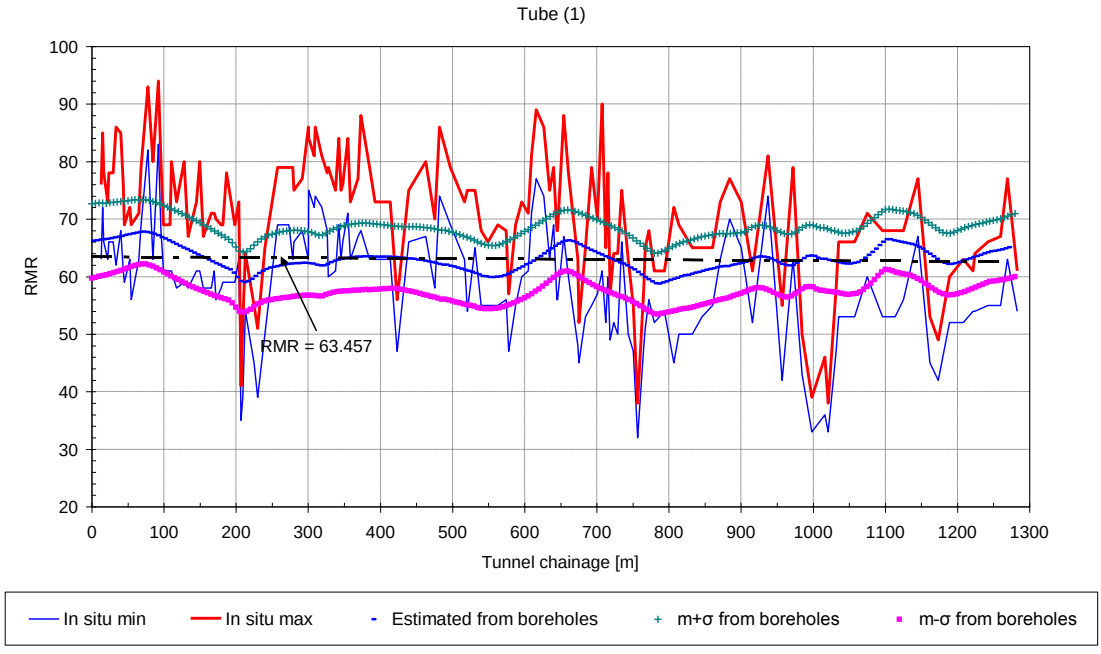


Σχήμα 6.1: Ιστόγραμμα και στατιστική κατανομή του RMR min από αποτυπώσεις του μετώπου κατά μήκος της σήραγγας.



Σχήμα 6.2: Ιστόγραμμα και στατιστική κατανομή του RMR max από αποτυπώσεις του μετώπου κατά μήκος της σήραγγας

Όσον αφορά την κατανομή των τιμών RMR που αποτυπώνεται στο Σχήμα 6.3, οι προβλέψεις τους κατά μήκος της σήραγγας από τις γεωτρήσεις δεν επαληθεύονται από την αποτύπωση των μετώπων μετά τα 700m περίπου. Μέχρι εκείνο το σημείο όμως, οι διακυμάνσεις των αποτυπώσεων RMR από τις γεωτρήσεις ακολουθούν τις αντίστοιχες διακυμάνσεις από τις επί τόπου καταγραφές.



Σχήμα 6.3: Κατανομή του μέσου RMR κατά μήκος της σήραγγας και του RMR±σ από τις γεωτρήσεις (σ=τυπική απόκλιση πρόβλεψης συνήθους Kriging)

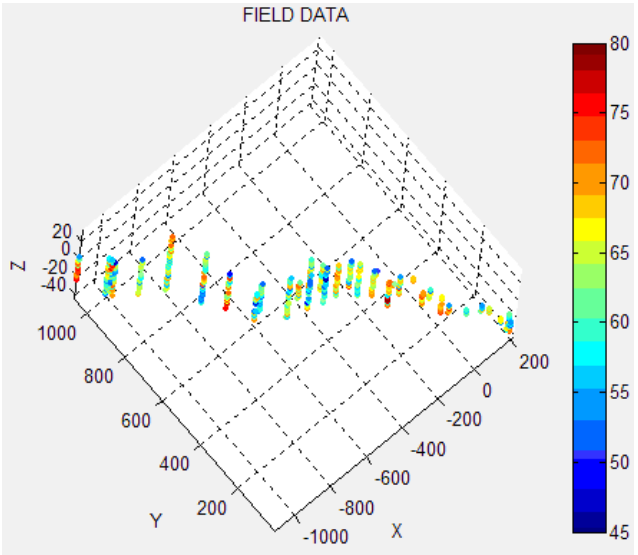
Από τα παραπάνω σχήματα προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

α) από τα ιστογράμματα των κατανομών του RMR (βλ. Σχήμα 5.16 και Σχήματα 6.1, 6.2) φαίνεται ότι οι μεν μέσες τιμές είναι σχεδόν ίδιες, οι δε τυπικές αποκλίσεις διαφέρουν.

β) από το Σχήμα 6.3 φαίνεται ότι ο υπολογισθέντας δείκτης RMR βρίσκεται σε σχετικά καλή συμφωνία με τις επί τόπου μετρήσεις στο μέτωπο της σήραγγας.

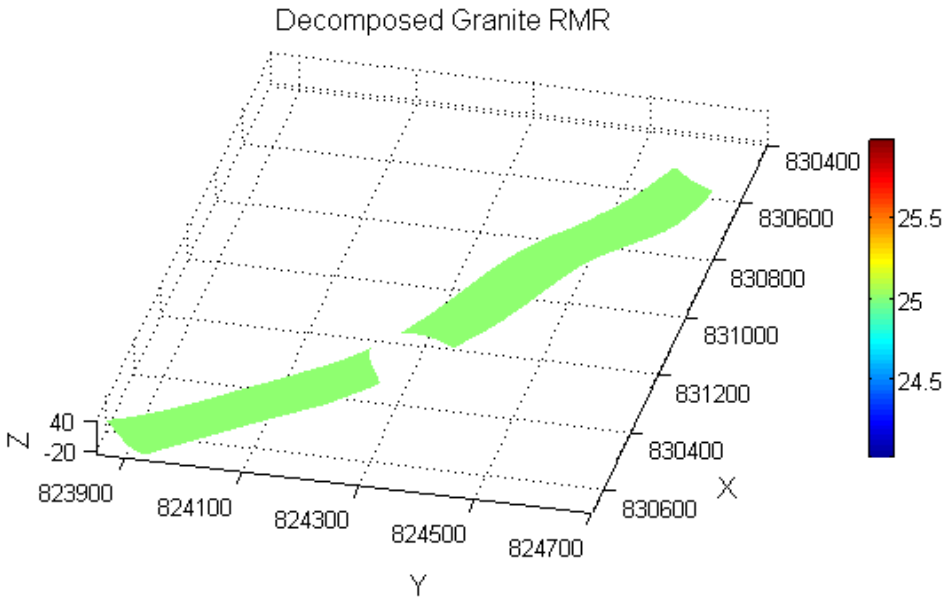
Οι προβλέψεις του RMR κατά μήκος της σήραγγας από τις γεωτρήσεις δεν εμφανίζουν την έντονη χωρική μεταβλητότητα του RMR που έχει προκύψει από τις αποτυπώσεις στα μέτωπα αλλά αντίθετα μια μικρή παλινδρόμηση γύρω από τη μέση τιμή RMR_{mean}=62.93 (βλ Σχ.5.16), που αυτό οφείλεται στα εξής:

1) Στην τυπική απόκλιση του πληθυσμού RMR από τις γεωτρήσεις που ορύχθηκαν, είναι μικρή σ=6.37.
2) Στο ότι οι αποστάσεις των γεωτρήσεων σε σχέση με τις επί τόπου μετρήσεις στα μέτωπα είναι μεγάλες με συνέπεια να μην μπορούν να παρουσιάσουν με την ίδια ακρίβεια την έντονη διακύμανση (βλ. σχήμα 6.4)
3) Στον υποκειμενικό παράγοντα κατά τη γεωτεχνική ταξινόμηση RMR, με τα δεδομένα των γεωτρήσεων και από τις επί τόπου μετρήσεις.
4) Στις εκτιμήσεις του kriging προέρχονται από εξομάλυνση των δεδομένων με αποτέλεσμα η διακύμανση τους να είναι ακόμα μικρότερη από τα αρχικά δεδομένα των γεωτρήσεων.

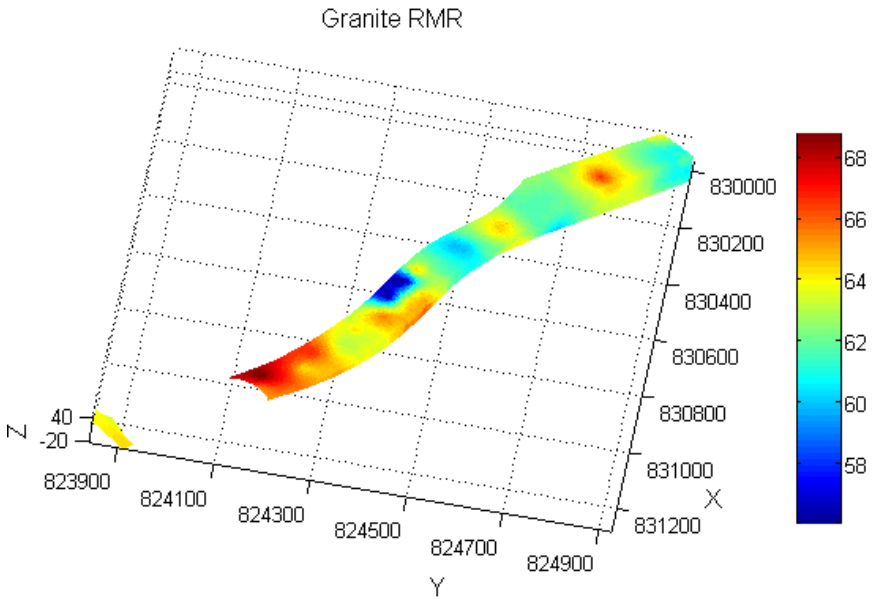


Σχήμα 6.4: Κατανομή των γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης στο χώρο x,y,z.

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από το kriging κατά μήκος της στενής περιοχής της σήραγγας και συγκεκριμένα στους γεωλογικούς σχηματισμούς των γρανιτών (Σχήμα 6.5 και 6.6) και του γρανοδιορίτη (Σχήμα 6.7).



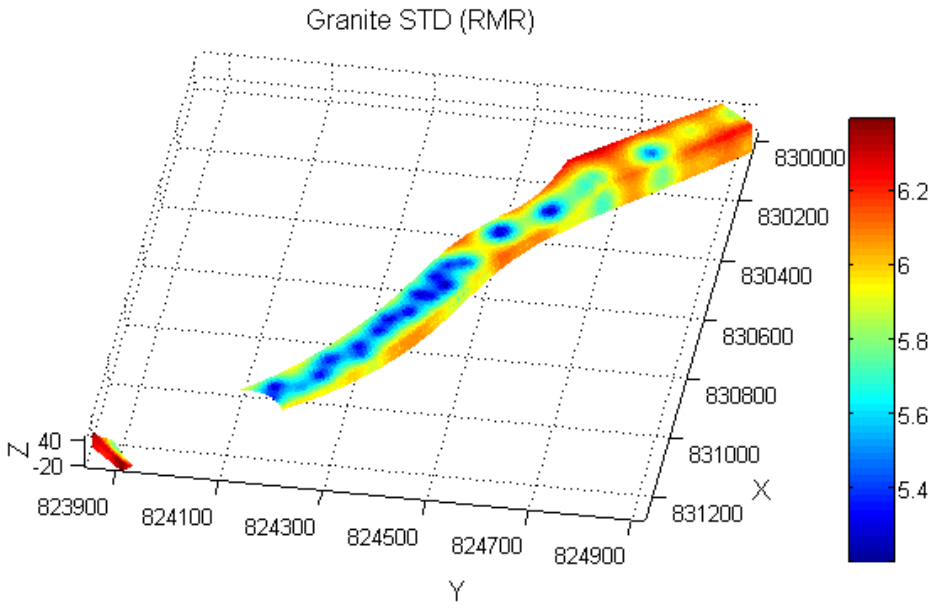
Σχήμα 6.5 : Αποτέλεσμα του Kriging, για τον πλήρως αποσαθρωμένο γρανίτη με τιμές RMR=25



Σχήμα 6.6: Χάρτης εκτίμησης RMR και της διασποράς στο σχηματισμό του γρανίτη

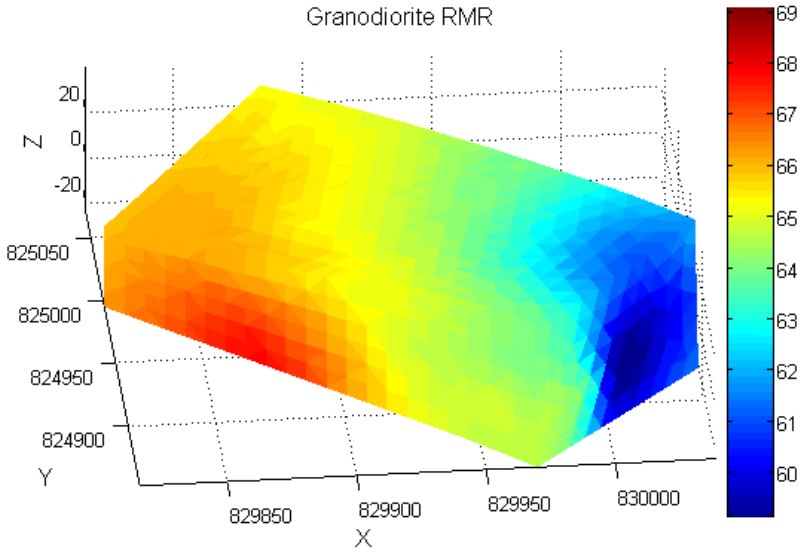
Στο Σχήμα 6.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης της διασποράς του RMR όπως προέκυψε από το ktriging για τον σχηματισμό του γρανίτη. Στα σημεία όπου εμφανίζεται το έντονο μπλε χρώμα (χαμηλές τιμές διασποράς), είναι τα σημεία όπου βρίσκονται οι γεωτρήσεις. Όπως επίσης φαίνεται από το Σχήμα, όσο απομακρυνόμαστε

από τα σημεία αυτά αυξάνει και η αβεβαιότητα που εκφράζεται ποσοτικά από την διασπορά της εκτίμησης του kriging.

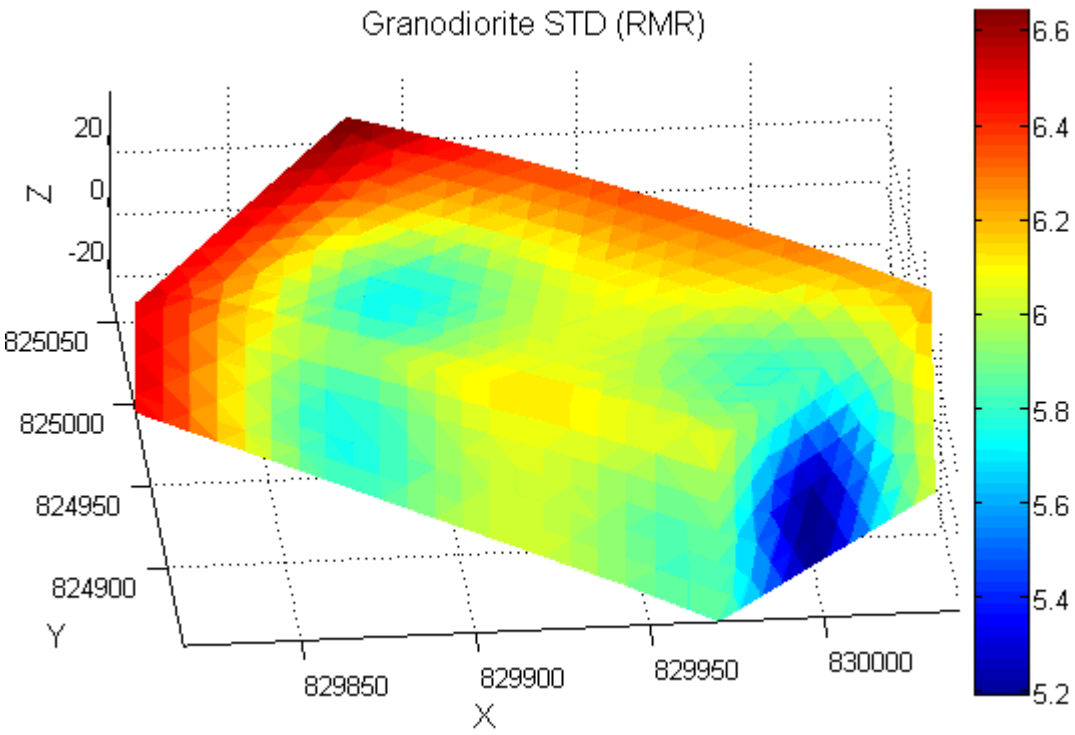


Σχήμα 6.7: Παρουσίαση σφάλματος εκτίμησης για το RMR

Αντίστοιχα, παρατηρούμε το ίδιο και για τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το σχηματισμό του γρανοδιορίτη και παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.8 και 6.9.

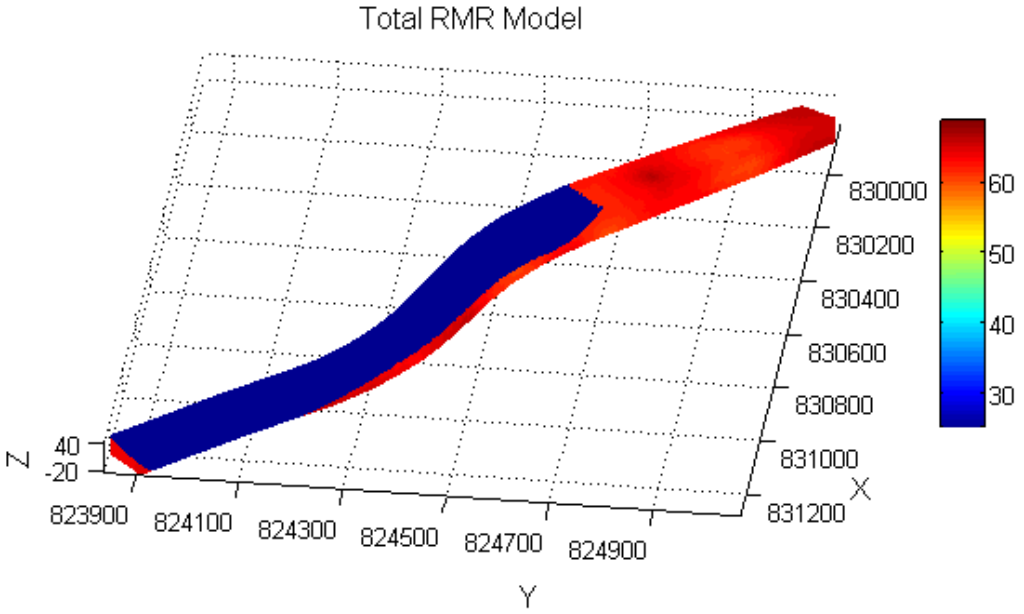


Σχήμα 6.8: Χάρτης εκτίμησης RMR και της διασποράς στο σχηματισμό του γρανοδιορίτη

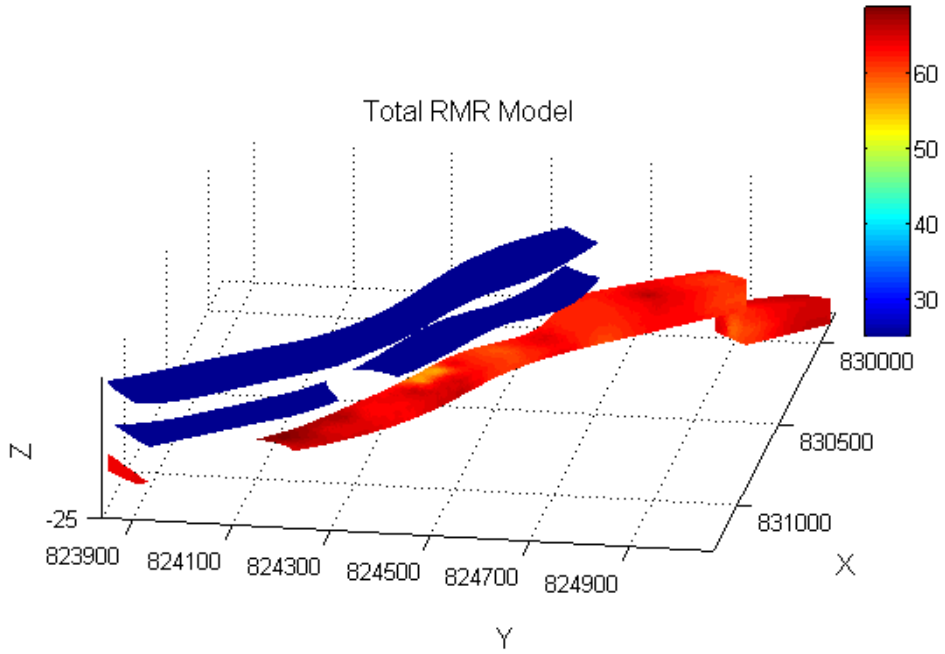


Σχήμα 6.9: Παρουσίαση σφάλματος εκτίμησης για το RMR

Τέλος, το συνολικό μοντέλο της σήραγγας (Σχήμα 6.10, 6.11), με εμφανή τη έντονη διαφορά των τιμών RMR μεταξύ του πλήρως αποσαθρωμένου γρανίτη (μπλε χρώμα) και της καλής αντοχής γρανίτη και γρανοδιορίτη (κόκκινο χρώμα).



Σχήμα 6.10: Απεικόνιση της διασποράς των τιμών σε ολόκληρο το γεωτεχνικό μοντέλο.



Σχήμα 6.11: Απεικόνιση της διασποράς των τιμών σε ολόκληρο το γεωτεχνικό μοντέλο με διαφοροποιημένους του βραχώδεις σχηματισμούς.

6.2 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την κατασκευή του τρισδιάστατου γεωτεχνικού μοντέλου μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία:

✓ Η χωρική διακύμανση του δείκτη ποιότητας της βραχόμαζας RMR μπορεί να προσομοιωθεί με την κατασκευή τρισδιάστατου γεωτεχνικού μοντέλου με βάση τη γεωστατιστική ανάλυση, με σχετικά ικανοποιητική ακρίβεια.

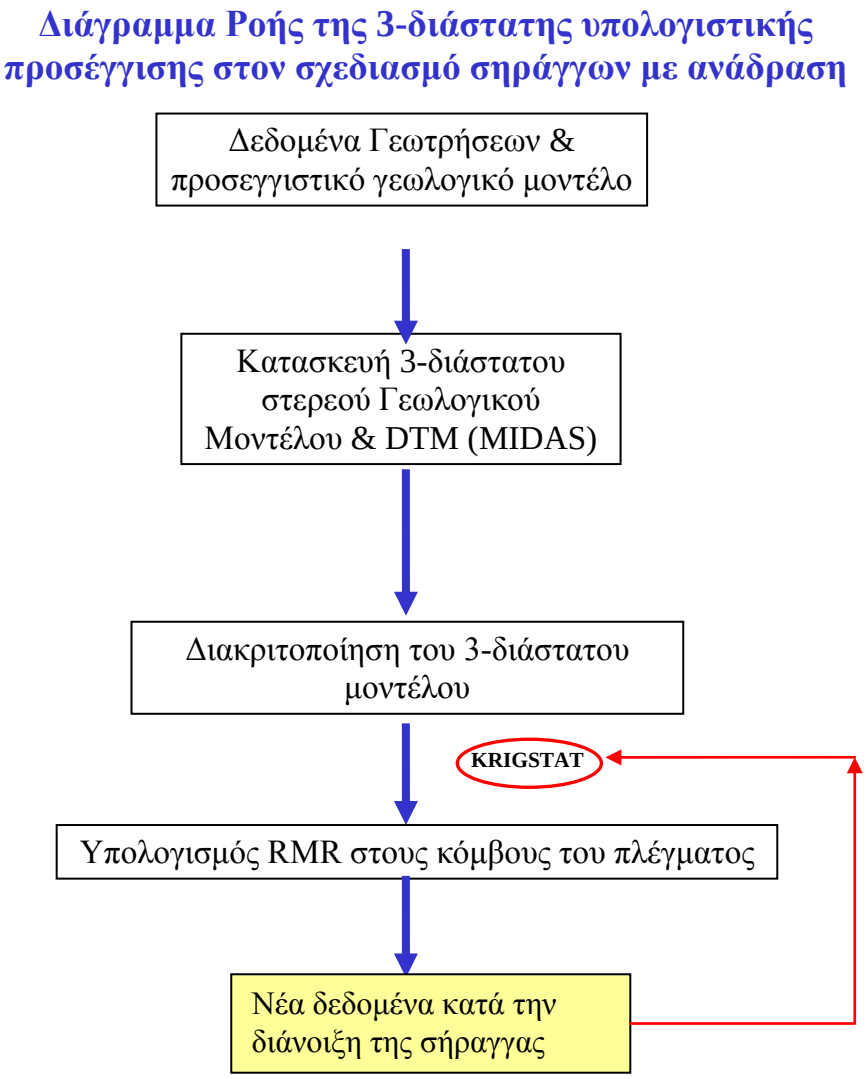
✓ Η πρόβλεψη των τιμών του δείκτη RMR σε όλο το γεωτεχνικό μοντέλο κατά μήκος της υπό μελέτης σήραγγας, ήταν αρκετά καλή, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα δεδομένα που αποτυπώθηκαν στο μέτωπο της σήραγγας κατά την εκσκαφή της με τη γεωστατιστική επεξεργασία με τη μέθοδο Kriging.

✓ Από τη σύγκριση των υπολογισθέντων τιμών RMR στα πλαίσια της παρούσας εργασίας με τις επί τόπου καταγραφές των τιμών RMR από το μέτωπο εκσκαφής, προέκυψε καλή η μεταξύ τους συμφωνία, μέχρι και τα 700 m περίπου, έχοντας πολύ κοντινές μέσες τιμές αλλά με τις τυπικές αποκλίσεις του να διαφέρουν. Το γεγονός αυτό, οφείλεται στον **υποκειμενικό παράγοντα** κατά την ταξινόμηση της βραχόμαζας και στη **μη επάρκεια του αριθμού των γεωτρήσεων** σε σχέση με την συνεχή αποτύπωση κατά τη διάρκεια της εκσκαφής. Επίσης, η **αδυναμία** των γεωτρήσεων να καταγράψουν ζώνες διάτμησης που αποτυπώθηκαν στα μέτωπα, κυρίως μετά τα 700 m, καθώς και κάποιες κατακόρυφες ασυνέχειες, συμβάλλει με τη σειρά της στην απόκλιση των τυπικών αποκλίσεων μεταξύ των μετρήσεων των τιμών RMR από τις γεωτρήσεις και από τις επί τόπου καταγραφές.

✓ Το τρισδιάστατο γεωτεχνικό μοντέλο σηράγγων που παρουσιάστηκε στη μεταπτυχιακή αυτή διατριβή, μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο πρόβλεψης των αναμενόμενων γεωτεχνικών συνθηκών και πιο συγκεκριμένα, για την αρχική πρόβλεψη της εξορυξιμότητας με TBM, της ευστάθειας των σηράγγων και της μελέτης και σχεδιασμού μέτρων υποστήριξης. Ωστόσο, κρίνεται απαραίτητη η συνεχής αναβάθμιση του μοντέλου, με επί τόπου αποτυπώσεις του μετώπου της σήραγγας κατά τη διάρκεια της εκσκαφής της (βλ. Σχήμα 6.12)

6.3 Πρόταση

Λαμβάνοντας υπόψη τα συμπεράσματα που προαναφέρθηκαν, προτείνεται μια τρισδιάστατη υπολογιστική προσέγγιση στο σχεδιασμό σηράγγων (Σχήμα 6.13) αλλά με ανάδραση, δηλ. να υπάρχει μια διαρκής αναβάθμιση των δεδομένων από τις απαραίτητες δειγματοληπτικές μετρήσεις, με συνεχείς καταγραφές από επί τόπου μετρήσεις στα μέτωπα της σήραγγας, έτσι ώστε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να είναι όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστα.



Σχήμα 6.12: Διάγραμμα Ροής της προτεινόμενης 3-διάστατης υπολογιστικής προσέγγισης στον σχεδιασμό σηράγγων με ανάδραση

7. Βιβλιογραφία

BIENIAWSKI, Z., T. (1979). The geomechanics classification in rock engineering applications. *Proc. 4th Congress Int. Soc. of Rock Mechanics*. Montreux. Vol. 2, pp 41-48.

BIENIAWSKI, Z., T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley, New York.

Exadaktylos, G and M. Stavropoulou, 2008. *A specific upscaling theory of rock mass parameters exhibiting spatial variability: Analytical relations and computational scheme*. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 45 (2008) 1102–1125

Exadaktylos G., M. Stavropoulou, G. Xiroudakis, M. de Broissia and H. Schwarz, (2008) A spatial estimation model for continuous rock mass characterization from the specific energy of a TBM, *Rock Mechanics & Rock Engineering*, 41: 797–834, Springer.

GOODMAN, R., E. (1989). Introduction to Rock Mechanics (Second Edition). *University of California at Berkeley*. John Wiley & Sons, 562p.

HOEK, E. (2000). Rock Engineering Course Notes. *Website: www.rocscience.com*.

Isaaks E. H and Srivastava R.M, Applied Geostatistics, *Oxford University Press,* New York,1989.

Kitanidis PK, 1997. *Introduction to geostatistics*. Cambridge, MA: Cambridge, University Press

Meschke G., F. Nagel, J. Stascheit ,M. Stavropoulou, G. Exadaktylos, Numerical simulation of mechanized tunnelling as part of an integrated optimization platform for tunnelling design, The 12th International Conference of *International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG)* 1-6 October, 2008, Goa, India.

M. Stavropoulou, G. Exadaktylos and G. Saratsis (2007), A Combined Three-Dimensional Geological-Geostatistical-Numerical Model of Underground Excavations in Rock, *Rock Mech. Rock Engin.* (2007) 40 (3), 213–243

Negro A. and Quesroz B.I.P, Prediction and performance of soft ground tunnels. *In Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, Balkem,* Tokyo, Japan, 2000, pp. 409-418.

Stavropoulou, M., Saratsis G. And Exadaktylos G. (2006), A new approach for the design of tunnels in inhomogeneous soils and rocks (in Greek), In 50th *Greek Conference of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Xanthi* 31/5-2/6 2006, pp. 613-620.

Stavropoulou M., Exadaktylos G., Xiroudakis G. and Saratsis G., Modeling of discrete geological volumes, spatial heterogeneity and upscaling of rock parameters in underground engineering ECCOMAS. *Thematic Conference on Computational Methods in Tunnelling (EURO:TUN 2007),* J. Eberhardsteiner et.al. (eds.), Vienna, Austria, August 27-29, 2007.

Διαδίκτυο

http://www.cedd.gov.hk/

www.atkins.com.hk/hongkong/downloads/case_study_db320.pdf

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Α. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παράρτημα αυτό παρατίθεται ο πίνακας (πίνακας 1) όπου παρουσιάζονται ανά χιλιομετρικές θέσεις η λιθολογία που συναντάται και το ποσοστό εμφάνισης κατά τη διάνοιξη της σήραγγας

Χλμ. θέση	Λιθολογία	% Εμφάνισης	Χλμ. θέση	Λιθολογία	% Εμφάνισης
4,5	Γρανοδιορίτης	80,00	1096,102	Γρανίτης	100,00
4,5	Άλλα	20,00	1113,72	Γρανίτης	100,00
7,59	Γρανοδιορίτης	100,00	1125,288	Γρανίτης	100,00
11,23	Γρανοδιορίτης	100,00	1145,07	Γρανίτης	100,00
13,05	Γρανοδιορίτης	100,00	1162,07	Γρανίτης	100,00
14,85	Γρανοδιορίτης	100,00	1173,709	Γρανίτης	100,00
16,81	Γρανοδιορίτης	100,00	1189,047	Ρυόλιθος	100,00
23,8	Γρανοδιορίτης	100,00	1208,006	Γρανίτης	100,00
29,76	Γρανοδιορίτης	100,00	1221,46	Γρανίτης	100,00
40,08	Γρανοδιορίτης	100,00	1224,28	Γρανίτης	100,00
45,3	Γρανοδιορίτης	95,00	1242,228	Γρανίτης	100,00
52,6	Γρανοδιορίτης	100,00	1259,587	Γρανίτης	100,00
65,2	Γρανοδιορίτης	100,00	1269,2	Γρανίτης	100,00
77,7	Γρανοδιορίτης	100,00	1282,715	Γρανίτης	100,00
84,9	Γρανοδιορίτης	100,00	1299	Γρανίτης	100,00
92,2	Γρανοδιορίτης	100,00	1311	Γρανίτης	90,00
99,3	Γρανοδιορίτης	60,00	1311	Θαλασ.Ιζήμ-άμμος	10,00
99,3	Γρανίτης	40,00	1326,1	Γρανίτης	60,00
108,36	Γρανοδιορίτης	60,00	1326,1	Αποσαθρ.Γρανίτης	40,00
108,36	Γρανίτης	40,00	1346	Γρανίτης	100,00
117,34	Γρανοδιορίτης	100,00	1421	Γρανίτης	70,00
133,58	Γρανοδιορίτης	100,00	1421	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	20,00
145,3	Γρανοδιορίτης	100,00	1421	Αλλούβια-άργιλος	10,00
154,9	Γρανοδιορίτης	95,00	1430,5	Γρανίτης	80,00
154,9	Γρανίτης	5,00	1430,5	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	15,00
165,9	Γρανοδιορίτης	80,00	1430,5	Αλλούβια-άμμος	5,00
165,9	Ρυόλιθος	20,00	1449,8	Αποσαθρ.Γρανίτης	30,00
169,6	Γρανοδιορίτης	80,00	1449,8	Αλλούβια-άμμος	60,00
169,6	Ρυόλιθος	20,00	1449,8	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	10,00
179,5	Γρανίτης	5,00	1460	Γρανίτης	10,00
179,5	Γρανοδιορίτης	95,00	1460	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00
182	Γρανοδιορίτης	100,00	1460	Αλλούβια-άμμος	70,00
198,2	Γρανοδιορίτης	90,00	1463	Γρανίτης	10,00
198,2	Γρανίτης	10,00	1463	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00

203,7	Γρανοδιορίτης	70,00	1463	Αλλούβια-άμμος	70,00
203,7	Γρανίτης	30,00	1472,5	Αλλούβια-άμμος	60,00
207	Γρανοδιορίτης	70,00	1472,5	Αποσαθρ.Γρανίτης	30,00
207	Γρανίτης	30,00	1472,5	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	10,00
213	Γρανίτης	100,00	1477,7	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	20,00
225	Γρανοδιορίτης	100,00	1477,7	Αποσαθρ.Γρανίτης	40,00
273	Γρανίτης	100,00	1477,7	Αλλούβια-άμμος	40,00
280	Γρανίτης	100,00	1485,5	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	20,00
291,9	Γρανίτης	100,00	1485,5	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00
301	Γρανίτης	100,00	1485,5	Αλλούβια-άμμος	60,00
308,11	Γρανίτης	100,00	1492,33	Αποσαθρ.Γρανίτης	50,00
319	Γρανίτης	100,00	1492,33	Αλλούβια-άμμος	40,00
327,94	Γρανίτης	100,00	1492,33	Αλλούβια-άργιλος	10,00
337,85	Γρανίτης	100,00	1500	Αποσαθρ.Γρανίτης	50,00
345,4	Γρανίτης	100,00	1500	Αλλούβια-άργιλος	25,00
347,76	Γρανίτης	100,00	1500	Αλλούβια-άμμος	25,00
358,55	Γρανίτης	100,00	1509,2	Αποσαθρ.Γρανίτης	10,00
369,3	Γρανίτης	100,00	1509,2	Αλλούβια-άμμος	80,00
372,95	Γρανίτης	100,00	1509,2	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	10,00
392,8	Γρανίτης	100,00	1518,078	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00
403,1	Γρανίτης	100,00	1518,078	Αλλούβια-άμμος	80,00
413,72	Γρανίτης	100,00	1530	Αποσαθρ.Γρανίτης	15,00
423,33	Ρυόλιθος	60,00	1530	Αλλούβια-άμμος	80,00
423,33	Βασάλτης	20,00	1530	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	5,00
423,33	Γρανίτης	20,00	1542,4	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	20,00
439,5	Γρανίτης	100,00	1542,4	Αλλούβια-άμμος	60,00
462,9	Γρανίτης	100,00	1542,4	Αλλούβια-άργιλος	20,00
475,5	Γρανίτης	100,00	1554	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	10,00
482	Ρυόλιθος	95,00	1554	Αλλούβια-άμμος	80,00
482	Βασάλτης	5,00	1554	Αποσαθρ.Γρανίτης	10,00
497,1	Γρανίτης	100,00	1561,3	Θαλασ.Ιζήμ-άργιλος	5,00
516,9	Γρανίτης	100,00	1561,3	Αλλούβια-άμμος	80,00
520,54	Γρανίτης	100,00	1561,3	Αποσαθρ.Γρανίτης	15,00
531,27	Γρανίτης	100,00	1572,4	Θαλασ.Ιζήμ-άμμος	30,00
539,87	Ρυόλιθος	60,00	1572,4	Αλλούβια-άμμος	50,00
539,87	Γρανίτης	30,00	1572,4	Αλλούβια-άργιλος	20,00
539,87	Βασάλτης	10,00	1579,5	Θαλασ.Ιζήμ-άμμος	10,00
549,34	Ρυόλιθος	95,00	1579,5	Αλλούβια-άμμος	60,00
549,34	Βασάλτης	5,00	1579,5	Αλλούβια-άργιλος	30,00
562,83	Ρυόλιθος	100,00	1594	Αλλούβια-άμμος	90,00

574,48	Μονζονίτης	80,00	1594	Αποσαθρ.Γρανίτης	10,00
574,48	Ρυόλιθος	20,00	1600,08	Αλλούβια-άμμος	95,00
578	Γρανίτης	100,00	1600,08	Αλλούβια-άργιλος	5,00
587,51	Γρανίτης	100,00	1621,585	Αλλούβια-άμμος	80,00
596,074	Γρανίτης	100,00	1621,585	Αλλούβια-άργιλος	20,00
605,13	Γρανίτης	100,00	1630	Αλλούβια-άμμος	80,00
605,135	Γρανίτης	100,00	1630	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00
609,62	Γρανίτης	100,00	1645,786	Αποσαθρ.Γρανίτης	70,00
615,9	Γρανίτης	100,00	1645,786	Αλλούβια-άμμος	30,00
623,76	Γρανίτης	100,00	1657,7	Αλλούβια-άργιλος	50,00
626,67	Γρανίτης	100,00	1657,7	Αλλούβια-άμμος	20,00
634,92	Γρανίτης	100,00	1657,7	Αποσαθρ.Γρανίτης	30,00
640	Γρανίτης	100,00	1666,97	Αλλούβια-άμμος	40,00
644,9	Γρανίτης	100,00	1666,97	Αλλούβια-άργιλος	10,00
645,95	Γρανίτης	100,00	1666,97	Αποσαθρ.Γρανίτης	50,00
654,25	Γρανίτης	100,00	1672,3	Αλλούβια-άμμος	40,00
660,83	Γρανίτης	100,00	1672,3	Αλλούβια-άργιλος	15,00
673,79	Γρανίτης	100,00	1672,3	Αποσαθρ.Γρανίτης	45,00
675,32	Γρανίτης	100,00	1683,145	Αλλούβια-άμμος	50,00
684,35	Γρανίτης	100,00	1683,145	Αποσαθρ.Γρανίτης	45,00
693	Γρανίτης	100,00	1683,145	Γρανίτης	5,00
701	Γρανίτης	100,00	1688,5	Αλλούβια-άμμος	40,00
707,7	Γρανίτης	100,00	1688,5	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00
712,228	Γρανίτης	100,00	1688,5	Γρανίτης	40,00
715,4	Γρανίτης	100,00	1694	Αλλούβια-άμμος	45,00
718,459	Γρανίτης	100,00	1694	Αποσαθρ.Γρανίτης	10,00
723,493	Γρανίτης	100,00	1694	Γρανίτης	45,00
729	Γρανίτης	100,00	1699,326	Αλλούβια-άργιλος	10,00
734,7	Γρανίτης	100,00	1699,326	Αλλούβια-άμμος	40,00
743,7	Γρανίτης	100,00	1699,326	Γρανίτης	50,00
750,8	Γρανίτης	100,00	1707	Γρανίτης	55,00
756,82	Γρανίτης	70,00	1707	Αλλούβια-άμμος	25,00
756,82	Βασάλτης	30,00	1707	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00
765,2	Γρανίτης	100,00	1713,4	Αλλούβια-άμμος	35,00
767,07	Γρανίτης	100,00	1713,4	Αποσαθρ.Γρανίτης	35,00
772,521	Γρανίτης	80,00	1713,4	Γρανίτης	30,00
772,521	Βασάλτης	20,00	1716	Γρανίτης	10,00
779,714	Ρυόλιθος	100,00	1716	Αποσαθρ.Γρανίτης	60,00
794	Ρυόλιθος	100,00	1716	Αλλούβια-άμμος	30,00
806,673	Γρανίτης	60,00	1722,692	Αποσαθρ.Γρανίτης	60,00
806,673	Ρυόλιθος	40,00	1722,692	Αλλούβια-άμμος	30,00
813,86	Γρανίτης	70,00	1722,692	Αλλούβια-άργιλος	10,00
813,86	Ρυόλιθος	30,00	1731	Αποσαθρ.Γρανίτης	80,00
832,721	Γρανίτης	100,00	1731	Αλλούβια-άμμος	20,00
846,298	Γρανίτης	100,00	1741,97	Αποσαθρ.Γρανίτης	100,00

860,641	Γρανίτης	100,00	1753,1	Αποσαθρ.Γρανίτης	100,00
871,43	Γρανίτης	100,00	1769,558	Αποσαθρ.Γρανίτης	90,00
884,025	Γρανίτης	100,00	1769,558	Αλλούβια-άμμος	10,00
900,203	Γρανίτης	100,00	1779	Αποσαθρ.Γρανίτης	80,00
915,879	Γρανίτης	100,00	1779	Αλλούβια-άμμος	20,00
937,447	Γρανίτης	100,00	1789,287	Γρανίτης	70,00
957,261	Γρανίτης	100,00	1789,287	Αποσαθρ.Γρανίτης	30,00
972,326	Γρανίτης	100,00	1790	Γρανίτης	70,00
984,85	Ρυόλιθος	100,00	1790	Αποσαθρ.Γρανίτης	30,00
998,369	Ρυόλιθος	100,00	1800,2	Γρανίτης	60,00
1016,321	Ρυόλιθος	100,00	1800,2	Αποσαθρ.Γρανίτης	40,00
1021	Ρυόλιθος	70,00	1804,75	Γρανίτης	90,00
1021	Γρανίτης	30,00	1804,75	Αποσαθρ.Γρανίτης	10,00
1032	Γρανίτης	100,00	1812,7	Γρανίτης	90,00
1035,231	Γρανίτης	100,00	1812,7	Αποσαθρ.Γρανίτης	10,00
1048,778	Γρανίτης	100,00	1814,5	Γρανίτης	80,00
1057,527	Γρανίτης	100,00	1814,5	Αποσαθρ.Γρανίτης	20,00
1074,851	Γρανίτης	100,00	1823,496	Γρανίτης	100,00

Πίνακας 1 : Παρουσίαση ποσοστού εμφάνισης λιθολογίας κατά τη διάνοιξη σήραγγας

Β. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο Β παράρτημα παρουσιάζονται οι λιθολογίες που συνάντησε η κάθε γεώτρηση καθώς και οι δείκτες RQD για την κάθε μία λιθολογία ξεχωριστά

Όνομα Γεωτρήσης	Βάθος (m)	RQD (M.O)	Λιθολογία
TS300/DH/055	0	0	Επιχωματώσεις
	10,5	0	Επιχωματώσεις
	12,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)
	18,5	0	Αλλούβια (άμμος)
	26,5	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	29,4	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)
	29,8	32	Γρανίτης (III)
	31,04	92	Γρανίτης (III/II)
	31,4	40	Γρανίτης (III/II)
	32,45	45	Γρανίτης (III/II)
	32,72	45	Γρανίτης (III)
	33,57	14	Γρανίτης (III)
	34,3	30	Γρανίτης (III)
	34,6	88	Γρανίτης (III/II)
	34,84	88	Γρανίτης (III/II)
	34,98	88	Γρανίτης (III/II)
TS300/DHPZ/013	0	0	Επιχωματώσεις
	11	0	Επιχωματώσεις
	14	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	14,95	0	Θαλάσσια ιζήματα/Αλλούβια (άργιλος)
	16,5	0	Αλλούβια (άργιλος
	18,5	0	Αλλούβια (άμμος)
	22,5	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	30,1	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	30,6	75	Γρανίτης (II/III)
	30,87	75	Γρανίτης (IV/III)
	31,12	75	Γρανίτης (IV/III)
	32,57	77	Γρανίτης (IV/III)
	32,8	79	Γρανίτης (IV/III)
	33,1	79	Γρανίτης (IV/III)
	34,5	18	Γρανίτης (IV/III)
	35,5	78	Γρανίτης (III)
TS300/DH/057	0	0	Επιχωματώσεις
	11,5	0	Επιχωματώσεις
	16	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	16,5	0	Θαλάσσια ιζήματα/Αλλούβια (άργιλος)

	18,5	0	Αλλούβια (άργιλος)
	20,5	0	Αλλούβια (άμμος)
	22,5	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	24,48	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	24,65	26	Γρανίτης (IV)
	26,75	28	Γρανίτης (III)
	26,87	30	Γρανίτης (IV)
	26,94	30	Γρανίτης (III/II)
	28,42	95	Γρανίτης (III/II)
	29,88	56	Γρανίτης (III/II)
TS300/DHPZ/058	0	0	Επιχωματώσεις
	14,5	0	Επιχωματώσεις
	16	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	16,5	0	Αλλούβια άργιλος
	18,5	0	Αλλούβια (άμμος)
	22	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	24	0	Αλλούβια (άμμος)
	28,5	0	Αλλούβια άργιλος
	29,2	0	Γρανίτης (IV)
	31,28	50	Γρανίτης (II/III)
	33,26	26	Γρανίτης (II/III)
	35,26	56	Γρανίτης (II/III)
TS300/DHPZ/014	0	0	Επιχωματώσεις
	13,5	0	Επιχωματώσεις
	16	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	18,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	22,5	0	Αλλούβια (άμμος)
	24,5	0	Αλλούβια άργιλος
	26	0	Αλλούβια (άμμος)
	26,85	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	27,3	38	Γρανίτης (III)
	28,92	83	Γρανίτης (II)
	29,39	98	Γρανίτης (II)
	30,73	98	Γρανίτης (II)
	31,31	84	Γρανίτης (II)
	32,59	74	Γρανίτης (II)
	33,13	85	Γρανίτης (II)
	34,57	100	Γρανίτης (II)
	34,81	100	Γρανίτης (II)
ADU/GI BO 12P	0	0	Επιχωματώσεις
	15	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	16,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)
	18,95	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	19,7	0	Αλλούβια (άμμος)
	20,3	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	22,3	0	Αλλούβια (άμμος)

	23,3	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	25,3	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	25,9	77	Γρανίτης (III/II)
	26,75	77	Γρανίτης (II)
	27,27	69	Γρανίτης (II)
	28,82	76	Γρανίτης (II)
	29,4	97	Γρανίτης (II)
	34,49	90	Γρανίτης (II)
	35,71	90	Γρανίτης (III/II)
	36,02	0	Γρανίτης (III/II)
	36,24	100	Γρανίτης (III/II)
	36,5	44	Γρανίτης (III/II)
	37,74	84	Γρανίτης (III/II)
	38,81	84	Γρανίτης (II)
	39,07	98	Γρανίτης (II)
	41,92	92	Γρανίτης (II)
	44,73	100	Γρανίτης (II)
TS300/DHPZ/059 B	0	0	Επιχωματώσεις
	10,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	16,5	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	17	0	Αλλούβια (άμμος)
	17,5	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	19,9	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	22	0	Γρανίτης (IV)
	23,08	73	Γρανίτης (III/IV)
	23,6	42	Γρανίτης (III/IV)
	24,3	42	Γρανίτης (III)
	24,63	77	Γρανίτης (III)
	25,36	82	Γρανίτης (III)
	26,38	82	Γρανίτης (III)
	26,7	82	Γρανίτης (III)
	26,81	95	Γρανίτης (III)
	27,12	93	Γρανίτης (III)
	29,72	77	Γρανίτης (III)
	31,14	66	Γρανίτης (III)
	32,24	91	Γρανίτης (III)
TS300/DHPZ/060	0	0	Επιχωματώσεις
	11,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	18,5	0	Αλλούβια (άμμος)
	19	0	Αλλούβια (χαλίκια)
	19,71	0	Γρανίτης (II)
	19,8	93	Γρανίτης (II)
	20,36	95	Γρανίτης (II)
	21,01	100	Γρανίτης (II)
	22,59	98	Γρανίτης (II)
	22,96	98	Γρανίτης (II)
	23,16	97	Γρανίτης (II)

	24,2	96	Γρανίτης (II)
	24,47	96	Γρανίτης (II)
	24,78	95	Γρανίτης (II)
	26,74	76	Γρανίτης (II)
	26,91	62	Γρανίτης (II)
	27,41	87	Γρανίτης (II)
	27,84	66	Γρανίτης (II)
	28,29	73	Γρανίτης (II)
	29,77	84	Γρανίτης (II)
	30,08	84	Γρανίτης (II)
	30,36	84	Γρανίτης (II)
	30,76	99	Γρανίτης (II)
	33,07	0	Γρανίτης (II)
	33,28	88	Γρανίτης (II)
TS300/DHPZ/062	0	0	Επιχωματώσεις
	9,9	0	Επιχωματώσεις
	13,5	0	Θαλάσσια ιζήματα
	14,5	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	15,97	0	Γρανίτης (IV/III)
	16,5	36	Γρανίτης (III)
	17,55	0	Γρανίτης (II)
	19,08	68	Γρανίτης (III)
	22,15	82	Γρανίτης (III)
	23,6	68	Γρανίτης (III)
	23,75	51	Γρανίτης (III)
	24	51	Γρανίτης (III)
	25,07	51	Γρανίτης (III)
	26,42	81	Γρανίτης (III)
	27,79	28	Γρανίτης (II)
	28,07	46	Γρανίτης (II)
	28,81	30	Γρανίτης (II)
	29,04	100	Γρανίτης (II)
	29,26	100	Γρανίτης (II)
	30,07	100	Γρανίτης (II)
	31,38	77	Γρανίτης (II)
	34,08	57	Γρανίτης (II)
	35,51	84	Γρανίτης (II)
	36,73	95	Γρανίτης (II)
ADU/GI BO 130W	0	0	Επιχωματώσεις
	10	0	Επιχωματώσεις
	11,55	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	14,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (χαλίκια)
	16	0	Αλλούβια (άμμος)
	17,5	0	Γρανίτης (V)
	18,07	0	Γρανίτης (V/IV)
	18,93	87	Γρανίτης (II)
	19,42	78	Γρανίτης (II)

	20,92	97	Γρανίτης (II)
	21,8	80	Γρανίτης (III/II)
	22,42	80	Γρανίτης (III/II)
	23,89	88	Γρανίτης (III/II)
	24,83	0	Γρανίτης (IV/III)
	25,08	76	Γρανίτης (III/II)
	26,08	76	Γρανίτης (III/II)
	26,33	40	Γρανίτης (III/II)
	27,81	88	Γρανίτης (III/II)
	29,78	93	Γρανίτης (III/II)
	30,8	78	Γρανίτης (III/II)
	32,15	39	Γρανίτης (III)
	33,14	84	Γρανίτης (III/II)
	33,58	41	Γρανίτης (III/II)
	34,13	86	Γρανίτης (II)
	35,11	86	Γρανίτης (II)
	39,78	100	Γρανίτης (II)
	40,84	91	Γρανίτης (II)
	41,61	51	Γρανίτης (III/II)
	42,35	77	Γρανίτης (III/II)
	42,5	85	Γρανίτης (III/II)
	43,36	85	Γρανίτης (II)
	45,39	100	Γρανίτης (II)
TS300/DH/065	0	0	Επιχωματώσεις
	11	0	Επιχωματώσεις
	11,6	0	Γρανίτης (V)
	12,1	35	Γρανίτης (III)
	12,8	72	Γρανίτης (III)
	13,13	72	Γρανίτης (III/II)
	14,05	69	Γρανίτης (III/II)
	14,35	69	Γρανίτης (III)
	14,58	74	Γρανίτης (III)
	15,89	69	Γρανίτης (III)
	16,34	88	Γρανίτης (IV/III)
	18,9	86	Γρανίτης (III)
	19,65	93	Γρανίτης (III/II)
	19,85	93	Γρανίτης (III/II)
	20,4	93	Γρανίτης (III/II)
	21,75	90	Γρανίτης (III)
	21,9	100	Γρανίτης (III)
	22,19	90	Γρανίτης (III)
	23,4	81	Γρανίτης (III/II)
	24,88	76	Γρανίτης (III/II)
	27,84	68	Γρανίτης (III/II)
	29,1	55	Γρανίτης (III/II)
	29,32	66	Γρανίτης (III/II)
	30,54	86	Γρανίτης (III/II)

	32,02	62	Γρανίτης (III/II)
	32,7	93	Γρανίτης (III/II)
	33,63	84	Γρανίτης (II)
	33,79	84	Γρανίτης (II)
	34,98	84	Γρανίτης (II)
	36,35	95	Γρανίτης (II)
	37,63	70	Γρανίτης (II)
	40,06	95	Γρανίτης (II)
TS300/DHPZ/066	0	0	Επιχωματώσεις
	2,5	0	Επιχωματώσεις
	4,5	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)
	5	0	Γρανίτης (V)
	6,5	0	Γρανίτης (IV)
	7,58	80	Γρανίτης (II/III)
	8,28	51	Γρανίτης (II/III)
	9,2	82	Γρανίτης (II/III)
	10,8	84	Γρανίτης (II/III)
	11,15	0	Γρανίτης (II/III)
	11,36	76	Γρανίτης (II/III)
	12,72	85	Γρανίτης (II/III)
	14,16	78	Γρανίτης (II/III)
	14,6	100	Γρανίτης (II/III)
	15,66	100	Γρανίτης (III)
	20,7	95	Γρανίτης (III)
	20,9	68	Γρανίτης (III)
	24,16	68	Γρανίτης (III)
	24,38	0	Γρανίτης (III)
	25,55	65	Γρανίτης (III)
	25,85	86	Γρανίτης (III)
	27	86	Γρανίτης (II)
	27,62	32	Γρανίτης (II)
	29,4	58	Γρανίτης (II)
	30,72	64	Γρανίτης (II)
	31,2	23	Γρανίτης (II)
	31,97	52	Γρανίτης (II)
	33,32	16	Γρανίτης (II)
	34,37	37	Γρανίτης (II)
	34,7	30	Γρανίτης (II)
	35,2	20	Γρανίτης (II)
	35,49	0	Γρανίτης (II)
	36,99	43	Γρανίτης (II)
	38,13	38	Γρανίτης (II)
	39,46	18	Γρανίτης (II)
	40,08	52	Γρανίτης (II)
	40,78	31	Γρανίτης (II)
	41,39	26	Γρανίτης (II)
	42,13	0	Γρανίτης (II)

	43,2	61	Γρανίτης (II)
TS300/DH/015	0	0	Επιχωματώσεις
	3,5	0	Επιχωματώσεις
	6,5	0	Γρανίτης (VI)
	10,51	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	11,77	93	Γρανίτης (III/II)
	13,18	81	Γρανίτης (III/II)
	14,2	62	Γρανίτης (III/II)
	14,65	62	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	16,1	63	Γρανίτης (III/II)
	16,32	63	Γρανίτης (II)
	17,25	97	Γρανίτης (II)
	17,8	84	Γρανίτης (II)
	18,8	92	Γρανίτης (II)
	19,33	92	Γρανίτης (III)
	20,46	97	Γρανίτης (III)
	22,55	98	Γρανίτης (II)
	23,72	89	Γρανίτης (II)
	23,91	52	Γρανίτης (II)
	25,27	93	Γρανίτης (II)
	26,29	67	Γρανίτης (II)
	27,23	94	Γρανίτης (II)
	27,42	94	Γρανίτης (II)
	27,8	100	Γρανίτης (III/II)
	28,6	81	Γρανίτης (III/II)
	29,31	81	Γρανίτης (III/II)
	29,45	72	Γρανίτης (III/II)
	29,73	72	Γρανίτης (III/II)
	30,83	72	Γρανίτης (III/II)
	31,7	89	Γρανίτης (III/II)
	32,35	89	Γρανίτης (III/II)
	33,9	93	Γρανίτης (III/II)
	35,42	99	Γρανίτης (III/II)
	36,96	82	Γρανίτης (III/II)
	38,52	72	Γρανίτης (III/II)
	40,07	92	Γρανίτης (III/II)
	41,53	100	Γρανίτης (III/II)
	43,06	39	Γρανίτης (III/II)
	44,61	75	Γρανίτης (III/II)
	46,03	62	Γρανίτης (III/II)
TS00/DH/067	0	0	Επιχωματώσεις
	4	0	Επιχωματώσεις
	8,5	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	9	0	Γρανίτης (IV)
	9,31	0	Γρανίτης (IV/III)
	10	0	Γρανίτης (V)
	10,8	26	Γρανίτης (IV/III)

	12,22	58	Γρανίτης (III)
	12,9	88	Γρανίτης (III)
	13,25	57	Γρανίτης (III)
	16	57	Γρανίτης (V)
	16,26	28	Γρανίτης (V)
	16,58	28	Γρανίτης (III)
	17,8	26	Γρανίτης (II/III)
	18,25	56	Γρανίτης (II/III)
	18,52	0	Γρανίτης (II/III)
	19,16	44	Γρανίτης (II/III)
	19,9	54	Γρανίτης (II/III)
	22,41	0	Γρανίτης (II/III)
	22,93	16	Γρανίτης (IV/III)
	23,24	13	Γρανίτης (V/IV)
	23,71	11	Γρανίτης (III/II)
	23,84	11	Γρανίτης (III/II)
	24,06	11	Γρανίτης (III/II)
	24,26	59	Γρανίτης (III/II)
	24,76	59	Γρανίτης (III/II)
	25,04	48	Γρανίτης (III/II)
	25,91	48	Γρανίτης (III/II)
	27,08	0	Γρανίτης (III/II)
	27,73	45	Γρανίτης (III/II)
	29,64	0	Γρανίτης (III/II)
	30,47	38	Γρανίτης (III/II)
	31,97	19	Γρανίτης (III/II)
	32,4	93	Γρανίτης (III/II)
	34,33	0	Γρανίτης (III/II)
	35,88	55	Γρανίτης (III/II)
	36,37	33	Γρανίτης (III/II)
	36,94	0	Γρανίτης (III/II)
	39,42	28	Γρανίτης (III)
	40,5	63	Γρανίτης (III/II)
	41,82	39	Γρανίτης (III/II)
	43,99	47	Γρανίτης (III/II)
	46,91	63	Γρανίτης (III/II)
	47,36	100	Γρανίτης (III/II)
	48,34	52	Γρανίτης (III/II)
	49,77	79	Γρανίτης (III/II)
	50,73	52	Γρανίτης (III/II)
TS300/DHPZ/068	0	0	Επιχωματώσεις
	2,5	0	Επιχωματώσεις
	3	0	Παραμένον έδαφος (άμμος)
	3,9	0	Παραμένον έδαφος (άργιλος)
	5	0	Παραμένον έδαφος (άμμος)
	7	0	Παραμένον έδαφος (άργιλος)
	12,5	0	Γρανοδιορίτης (V)

	13	0	Γρανοδιορίτης (V/IV)
	13,5	0	Γρανοδιορίτης (V)
	13,8	0	Γρανοδιορίτης (III/V)
	15,1	36	Γρανοδιορίτης (III/II/V)
	15,4	38	Γρανοδιορίτης (II)
	15,58	38	Γρανοδιορίτης (III/II)
	16,05	38	Γρανοδιορίτης (V)
	18	0	Γρανοδιορίτης (V)
	20	0	Γρανοδιορίτης (V/IV)
	20,5	0	Γρανοδιορίτης (V)
	21,5	0	Γρανοδιορίτης (V/IV)
	22,05	40	Γρανοδιορίτης (III/IV)
	23,42	0	Γρανοδιορίτης (III/IV)
	24,82	44	Γρανοδιορίτης (III)
	25,55	27	Γρανοδιορίτης (III)
	27,05	52	Γρανοδιορίτης (III)
	27,15	51	Γρανοδιορίτης (IV)
	27,56	51	Γρανοδιορίτης (II/III)
	28,62	67	Γρανοδιορίτης (II/III)
	29,47	12	Γρανοδιορίτης (II/III)
	30,14	0	Γρανοδιορίτης (II/III)
	31,24	39	Γρανοδιορίτης (II/III)
	32,04	50	Γρανοδιορίτης (II/III)
	32,8	38	Γρανοδιορίτης (II/III)
	33,15	15	Γρανοδιορίτης (II/III)
	33,68	15	Γρανοδιορίτης (II/III)
	35,06	56	Γρανοδιορίτης (II/III)
	37,7	65	Γρανοδιορίτης (II/III)
	42,25	30	Γρανοδιορίτης (II/III)
	42,97	58	Γρανοδιορίτης (II/III)
	44,27	92	Γρανίτης (III)
	44,88	66	Γρανίτης (III)
	45,38	50	Γρανίτης (III)
	45,97	43	Γρανίτης (III/IV)
	46,45	43	Γρανίτης (V)
	47,3	70	Γρανίτης (III/IV)
	47,8	70	Γρανίτης (II/III)
	48,57	0	Γρανίτης (II/III)
	48,94	69	Γρανίτης (II/III)
	49,87	69	Γρανίτης (II)
	51,24	65	Γρανίτης (II)
	51,48	46	Γρανίτης (II)
	53,02	84	Γρανίτης (II)
TS300/IDH/070	0	0	Επιχωματώσεις
	1,1	0	Επιχωματώσεις
	24,95	0	Επιχωματώσεις
	25,48	32	Γρανίτης (III/II)

	27,79	74	Γρανίτης (III/II)
	30,38	59	Γρανίτης (III/II)
	31,26	71	Γρανίτης (III/II)
	32,75	100	Γρανίτης (III/II)
	33,09	91	Γρανίτης (III/II)
	34,15	91	Γρανίτης (III/II)
	35,58	100	Γρανίτης (III/II)
	36,48	60	Γρανίτης (III)
	37,28	15	Γρανίτης (III)
	38,78	62	Γρανίτης (III)
	39,52	94	Γρανίτης (III/II)
	40,28	43	Γρανίτης (III/II)
	41,43	50	Γρανίτης (III/II)
	41,72	50	Γρανίτης (III)
	46,12	97	Γρανίτης (III/II)
	46,83	59	Γρανίτης (III/II)
	49,7	85	Γρανίτης (III/II)
	53,29	93	Γρανίτης (III/II)
	53,62	86	ΡΥΟΛΙΘΟΣ (II)
	54,75	86	Γρανίτης (III/II)
	56,82	64	Γρανίτης (III/II)
	57,4	83	Γρανίτης (III/II)
	59,98	95	Γρανίτης (III/II)
	62,55	88	Γρανίτης (III/II)
	65,09	95	Γρανίτης (III/II)
	67,5	100	Γρανίτης (III/II)
	68,71	43	Γρανίτης (III/II)
	69,38	43	Γρανίτης (III/II)
	70,2	88	Γρανίτης (III/II)
TS30/DH/073	0	0	Επιχωματώσεις
	17,5	0	Επιχωματώσεις
	19,26	0	Γρανοδιορίτης (V)
	20,08	33	Γρανοδιορίτης (III)
	21,57	63	Γρανοδιορίτης (III/II)
	22,22	43	Γρανοδιορίτης (III/II)
	24,29	50	Γρανοδιορίτης (III/II)
	25,58	39	Γρανοδιορίτης (III/II)
	25,81	0	Γρανοδιορίτης (III/II)
	27,1	62	Γρανοδιορίτης (II)
	28,41	48	Γρανοδιορίτης (II)
	29,25	70	Γρανοδιορίτης (II)
	29,78	96	Γρανοδιορίτης (II)
	30,2	86	Γρανοδιορίτης (II)
	31,1	46	Γρανοδιορίτης (II)
	32,07	54	Γρανοδιορίτης (II)
	32,9	46	Γρανοδιορίτης (III/II)
	33,22	55	Γρανοδιορίτης (III/II)

	34,79	13	Γρανοδιορίτης (III/II)
	36,17	47	Γρανοδιορίτης (III/II)
	37,48	53	Γρανοδιορίτης (III/II)
	38,64	22	Γρανοδιορίτης (III/II)
	39,34	33	Γρανοδιορίτης (III/II)
	40,74	46	Γρανοδιορίτης (III/II)
	41,6	39	Γρανοδιορίτης (III/II)
	42,73	39	Γρανοδιορίτης (III)
	44,69	52	Γρανοδιορίτης (III/II)
	47,45	68	Γρανοδιορίτης (III)
	48	39	Γρανοδιορίτης (III)
	48,85	39	Γρανοδιορίτης (III/II)
	49,6	0	Γρανοδιορίτης (III/II)
	50,34	19	Γρανοδιορίτης (III/II)
TS300/DH/016	0	0	Επιχωματώσεις
	9	0	Επιχωματώσεις
	11	0	Αλλούβια (άμμος)
	11,5	0	Αλλούβια άργιλος
	13	0	Αλλούβια (άμμος)
	15,5	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	17,02	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)
	19,4	0	Γρανίτης (V)
	20,85	50	Γρανίτης (III)
	21,35	42	Γρανίτης (V)
	22,15	42	Γρανίτης (III/II)
	22,6	84	Γρανίτης (III/II)
	22,85	84	Γρανίτης (III/II)
	23,6	96	Γρανίτης (III/II)
	25,24	84	Γρανίτης (III/II)
	25,48	72	Γρανίτης (III)
	26,32	72	Γρανίτης (III)
	27,28	88	Γρανίτης (III)
	28,2	43	Γρανίτης (III)
	29,22	12	Γρανίτης (III)
	29,64	88	Γρανίτης (III)
	30,5	12	Γρανίτης (III)
	31,38	34	Γρανίτης (III)
	32,5	26	Γρανίτης (III)
	37	0	Γρανίτης (III)
	39,69	50	Γρανίτης (III)
	40,35	23	Γρανίτης (III)
	40,86	23	Γρανίτης (III/II)
	42,8	87	Γρανίτης (III/II)
	44,13	39	Γρανίτης (III/II)
	44,33	85	Γρανίτης (III/II)
	45,03	14	Γρανίτης (III/II)
	45,5	21	Γρανίτης (III/II)

	46,07	42	Γρανίτης (II)
	47,68	96	Γρανίτης (II)
	50,47	90	Γρανίτης (II)
ADU/GI BO 16	0	0	Επιχωματώσεις
	4,5	0	Επιχωματώσεις
	6,03	0	Παραμένον έδαφος (VI)
	6,5	14	Γρανίτης (V/IV)
	6,85	14	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (IV/III)
	7,1	14	Γρανίτης (III/II)
	8,15	61	Γρανίτης (III/II)
	10,59	100	Γρανίτης (III/II)
	11,53	86	Γρανίτης (III/II)
	11,88	86	Γρανίτης (III)
	12,25	65	Γρανίτης (III)
	12,79	42	Γρανίτης (III)
	13,32	42	Γρανίτης (II)
	14,53	15	Γρανίτης (II)
	15,25	23	Γρανίτης (III)
	15,32	100	Γρανίτης (II)
	16,52	71	Γρανίτης (II)
	17,53	47	Γρανίτης (II)
	18,71	65	Γρανίτης (II)
	19,4	66	Γρανίτης (III/II)
	19,62	88	Γρανίτης (III/II)
	21,12	100	Γρανίτης (III/II)
	22,57	72	Γρανίτης (II)
	26,95	90	Γρανίτης (II)
	27,5	43	Γρανίτης (III/II)
	27,7	0	Γρανίτης (III/II)
	29,15	66	Γρανίτης (III/II)
	29,45	0	Γρανίτης (III/II)
	29,73	33	Γρανίτης (III/II)
	30	33	Γρανίτης (II)
	30,95	45	Γρανίτης (II)
	32,4	30	Γρανίτης (II)
	33,37	63	Γρανίτης (II)
	34,79	100	Γρανίτης (II)
	35,36	82	Γρανίτης (II)
	36,32	63	Γρανίτης (II)
	36,95	96	Γρανίτης (II)
	39,43	98	Γρανίτης (II)
	40,46	85	Γρανίτης (II)
	41,13	100	Γρανίτης (II)
	45,57	90	Γρανίτης (II)
TS300/IDH/076	0	0	Επιχωματώσεις
	0,48	0	Επιχωματώσεις
	0,72	82	Ρυόλιθος (II)

1,91	**82**	**Ρυόλιθος (II)**
2,18	**42**	**Ρυόλιθος (II)**
3,77	**44**	**Ρυόλιθος (III)**
4,19	**46**	**Ρυόλιθος (III/II)**
6,65	**72**	**Ρυόλιθος (III/II)**
7,57	**90**	**Ρυόλιθος (III/II)**
10,57	**70**	**Ρυόλιθος (III/II)**
11,06	**20**	**Ρυόλιθος (III/II)**
12,31	**48**	**Ρυόλιθος (III/II)**
12,5	**48**	**Ρυόλιθος (III/II)**
12,62	**48**	**Ρυόλιθος (III/II)**
14,39	**80**	**Ρυόλιθος (III)**
15,23	**60**	**Ρυόλιθος (III)**
17,19	**72**	**Ρυόλιθος (III)**
17,76	**33**	**Ρυόλιθος (IV/III)**
17,97	**34**	**Ρυόλιθος (IV/III)**
19,4	**36**	**Ρυόλιθος (II)**
21,14	**91**	**Ρυόλιθος (II)**
21,41	**71**	**Ρυόλιθος (III/II)**
21,55	**71**	**Ρυόλιθος (III)**
22,37	**91**	**Ρυόλιθος (III)**
27,15	**92**	**Ρυόλιθος (II)**
27,98	**87**	**Ρυόλιθος (II)**
28,53	**76**	**Ρυόλιθος (II)**
28,71	**76**	**Ρυόλιθος (III)**
28,88	**76**	**Ρυόλιθος (II)**
29,05	**76**	**Ρυόλιθος (II)**
29,84	**76**	**Ρυόλιθος (II)**
30,77	**71**	**Ρυόλιθος (II)**
31,24	**90**	**Ρυόλιθος (II)**
31,49	**90**	**Ρυόλιθος (II)**
31,71	**25**	**Ρυόλιθος (II)**
31,99	**25**	**Ρυόλιθος (III)**
33,39	**25**	**Ρυόλιθος (II)**
33,96	**79**	**Ρυόλιθος (II)**
34,8	**85**	**Ρυόλιθος (II)**
35,6	**44**	**Ρυόλιθος (III)**
36,32	**16**	**Ρυόλιθος (III)**
36,53	**16**	**Ρυόλιθος (II)**
36,63	**63**	**Ρυόλιθος (II)**
36,85	**63**	**Ρυόλιθος (II)**
37,89	**63**	**Ρυόλιθος (II)**
39,8	**19**	**Ρυόλιθος (II)**
41,62	**41**	**Ρυόλιθος (II)**
43,57	**19**	**Ρυόλιθος (III/II)**
44,33	**28**	**Ρυόλιθος (III/II)**
44,47	**28**	**Ρυόλιθος (III)**

	44,76	22	Ρυόλιθος (III/II)
	45,07	22	Ρυόλιθος (III)
	46,5	30	Ρυόλιθος (III/II)
	47,95	22	Ρυόλιθος (III/II)
	48,18	22	Ρυόλιθος (III)
	49,59	28	Ρυόλιθος (III/II)
	50,25	47	Ρυόλιθος (III/II)
	50,59	32	Ρυόλιθος (III/II)
	50,81	61	Ρυόλιθος (III/II)
	51,02	61	Ρυόλιθος (III)
	51,42	61	Ρυόλιθος (III/II)
	52,05	17	Ρυόλιθος (III/II)
	53,43	39	Ρυόλιθος (III/II)
	54,8	45	Ρυόλιθος (III)
	55,9	58	Ρυόλιθος (III/II)
TS300/DHPZ/078	0	0	Γρανίτης (V/IV)
	0,45	0	Γρανίτης (V/IV)
	0,7	0	Γρανίτης (V/IV)
	1	0	Γρανίτης (III/II)
	5,49	100	Γρανίτης (III/II)
	7,23	88	Γρανίτης (III/II)
	8,64	99	Γρανίτης (III/II)
	10,13	83	Γρανίτης (III/II)
	14,48	97	Γρανίτης (III/II)
	14,73	88	Γρανίτης (III/II)
	15,89	86	Γρανίτης (III/II)
	17,35	39	Γρανίτης (III/II)
	18,53	53	Γρανίτης (III/II)
	18,76	100	Γρανίτης (III/II)
	19,78	88	Γρανίτης (III/II)
	20,15	88	Γρανίτης (II)
	22,1	98	Γρανίτης (II)
	22,93	62	Γρανίτης (II)
	23,65	62	Γρανίτης (III/II)
	25,12	73	Γρανίτης (III/II)
	25,67	85	Γρανίτης (III/II)
	26,6	14	Γρανίτης (III/II)
	27,63	92	Γρανίτης (III/II)
	29,08	30	Γρανίτης (III/II)
	30,38	60	Γρανίτης (II)
	30,78	0	Γρανίτης (II)
	31,8	39	Γρανίτης (II)
	32,22	38	Γρανίτης (III)
	32,92	0	Γρανίτης (III)
	33,2	25	Γρανίτης (III)
	33,4	25	Γρανίτης (III/II)
	35,1	66	Γρανίτης (III/II)

	36,17	23	Γρανίτης (II)
	38,46	49	Γρανίτης (II)
	39,25	24	Γρανίτης (II)
	39,35	0	Γρανίτης (II)
	40,14	94	Γρανίτης (II)
	40,87	57	Γρανίτης (II)
	41,07	84	Γρανίτης (II)
	41,37	84	Γρανίτης (II)
	41,87	84	Γρανίτης (II)
	42,12	76	Γρανίτης (II)
	43,57	63	Γρανίτης (II)
	44,9	59	Γρανίτης (II)
	45,5	85	Γρανίτης (II)
	45,97	62	Γρανίτης (II)
	47,04	35	Γρανίτης (II)
	49,29	19	Γρανίτης (III/II)
	50,09	43	Γρανίτης (II)
	50,86	53	Γρανίτης (II)
	51,83	85	Γρανίτης (II)
	52,16	85	Γρανίτης (II)
	52,84	78	Γρανίτης (II)
	53,3	17	Γρανίτης (III/II)
	53,47	17	Γρανίτης (II)
	53,9	82	Γρανίτης (II)
	54,09	82	Γρανίτης (II)
	54,42	82	Γρανίτης (II)
	55,4	38	Γρανίτης (II)
	57,9	75	Γρανίτης (II)
	58,2	32	Γρανίτης (II)
	60	32	Γρανίτης (III/II)
	60,7	74	Γρανίτης (III/II)
	61,2	0	Γρανίτης (III/II)
	62,5	72	Γρανίτης (II)
	63,5	63	Γρανίτης (II)
	64,8	71	Γρανίτης (II)
	66,22	56	Γρανίτης (II)
TS300/IDH/080	0	0	Επιχωματώσεις
	0,5	0	Επιχωματώσεις
	0,7	0	Επιχωματώσεις
	1	37	Γρανίτης (II)
	1,79	85	Γρανίτης (II)
	2,92	100	Γρανίτης (III)
	5,82	85	Γρανίτης (III)
	8,33	93	Γρανίτης (III)
	9,35	77	Γρανίτης (III)
	11,47	79	Γρανίτης (III)
	15,92	82	Γρανίτης (III/II)

	18,16	74	Γρανίτης (III/II)
	18,33	64	Γρανίτης (III/II)
	20,7	62	Γρανίτης (III/II)
	21,26	14	Γρανίτης (III/II)
	21,64	14	Γρανίτης (III)
	22,7	80	Γρανίτης (III)
	24,24	80	Γρανίτης (III)
	26,5	40	Γρανίτης (III)
	27,14	0	Γρανίτης (III)
	27,94	79	Γρανίτης (III)
	28,88	79	Γρανίτης (III/II)
	30,88	67	Γρανίτης (III/II)
	33,19	75	Γρανίτης (III/II)
	37,37	82	Γρανίτης (III/II)
	38,75	82	Γρανίτης (II)
	39,09	83	Γρανίτης (II)
	40,01	83	Γρανίτης (II)
TS300/DH/166	0	0	Επιχωματώσεις
	5,4	0	Επιχωματώσεις
	6	0	Επιχωματώσεις
	7,42	93	Γρανοδιορίτης (II)
	8,9	99	Γρανοδιορίτης (II)
	10,32	87	Γρανοδιορίτης (II)
	12,12	100	Γρανοδιορίτης (II)
	13,31	69	Γρανοδιορίτης (II)
TS300/DH/084	0	0	Επιχωματώσεις
	0,45	0	Επιχωματώσεις
	0,74	0	Γρανοδιορίτης (III/II)
	1,08	0	Γρανοδιορίτης (V)
	1,28	0	Γρανοδιορίτης (II)
	2,47	8	Γρανοδιορίτης (II)
	2,97	56	Γρανοδιορίτης (II)
	3,88	68	Γρανοδιορίτης (II)
	4,83	55	Γρανοδιορίτης (II)
	5,46	82	Γρανοδιορίτης (II)
	5,91	82	Γρανοδιορίτης (I/II)
	7,11	52	Γρανοδιορίτης (I/II)
	7,73	82	Γρανοδιορίτης (I/II)
	8,63	74	Γρανοδιορίτης (I/II)
	10,1	79	Γρανοδιορίτης (I/II)
	10,34	71	Γρανοδιορίτης (I/II)
	10,62	71	Γρανοδιορίτης (III/II)
	11,18	75	Γρανοδιορίτης (III/II)
	11,85	75	Γρανοδιορίτης (II)
	13,37	99	Γρανοδιορίτης (II)
	14,89	99	Γρανοδιορίτης (I/II)
	18,44	88	Γρανοδιορίτης (I/II)

	18,84	88	Γρανοδιορίτης (I/II)
	19,37	88	Γρανοδιορίτης (I/II)
	20,74	91	Γρανίτης (II)
	21,01	91	Γρανοδιορίτης (II)
	22,49	93	Γρανοδιορίτης (II)
	23,19	46	Γρανοδιορίτης (II)
	23,48	0	Γρανοδιορίτης (II)
	23,85	84	Γρανοδιορίτης (II)
	24,95	84	Γρανοδιορίτης (I/II)
	28,12	96	Γρανοδιορίτης (I/II)
DB320/DH/040	0	0	Επιχωματώσεις
	0,15	0	Επιχωματώσεις
	11,5	0	Επιχωματώσεις
	13,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	14	0	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)
	21,6	0	Αλλούβια (άμμος)
	26	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	27,8	0	Γρανίτης (V/IV)
	28	0	Γρανίτης (III)
	29,25	0	Γρανίτης (IV)
	30,42	34	Γρανίτης (III/II)
	30,7	78	Γρανίτης (III/II)
	32,6	80	Γρανίτης (II)
	37,2	95	Γρανίτης (II)
	38,63	82	Γρανίτης (II)
	41,29	93	Γρανίτης (II)
DB320/DH/041	0	0	Επιχωματώσεις
	0,1	0	Επιχωματώσεις
	11,5	0	Επιχωματώσεις
	16	0	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)
	19,5	0	Αλλούβια (ιλλύς)
	28,94	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	30,44	46	Γρανίτης (V/IV)
	31,28	36	Γρανίτης (III/II)
	31,86	36	Γρανίτης (V/IV)
	36,25	42	Γρανίτης (III)
	37,02	13	Γρανίτης (III)
	38	64	Γρανίτης (II)
	39,55	83	Γρανίτης (II)
	40,55	75	Γρανίτης (II)
	42,1	100	Γρανίτης (II)
D320/DH/042	0	0	Επιχωματώσεις
	12,5	0	Επιχωματώσεις
	15,2	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	16,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)
	17,2	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)

	18,15	59	Γρανίτης (III)
	20,4	88	Γρανίτης (III)
DB320/DH/044	0	0	Επιχωματώσεις
	0,1	0	Επιχωματώσεις
	8,25	0	Επιχωματώσεις
	14	0	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)
	14,5	0	Αλλούβια (άργιλος)
	17,3	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	18,5	17	Γρανίτης (III)
	18,6	88	Γρανίτης (III)
	19,5	88	Γρανίτης (II)
	20,9	68	Γρανίτης (II)
	21,62	86	Γρανίτης (II)
	21,78	86	Γρανίτης (II)
	21,87	86	Γρανίτης (II)
	22,5	78	Γρανίτης (II)
	22,7	78	Γρανίτης (II)
	23,4	78	Γρανίτης (II)
DB320/DH/045	0	0	Επιχωματώσεις
	0,1	0	Επιχωματώσεις
	1	0	Αποσαθρωμένος Μικρογρανίτης (V)
	1,55	0	Μικρογρανίτης (IV)
	2,3	23	Μικρογρανίτης (IV/III)
	3,6	45	Μικρογρανίτης (III)
	5,45	81	Μικρογρανίτης (III)
	6,53	61	Μικρογρανίτης (III)
	7,25	81	Μικρογρανίτης (III)
	7,95	96	Μικρογρανίτης (III)
	8,48	100	Μικρογρανίτης (II)
	10,15	82	Μικρογρανίτης (II)
	11,44	61	Μικρογρανίτης (II)
	12,86	78	Μικρογρανίτης (II)
	14,32	64	Μικρογρανίτης (II)
	15,75	81	Μικρογρανίτης (II)
	16,5	51	Μικρογρανίτης (II)
	17,7	66	Μικρογρανίτης (II)
	18,9	83	Μικρογρανίτης (II)
	19,61	48	Μικρογρανίτης (II)
	21,13	72	Μικρογρανίτης (II)
	23,37	62	Μικρογρανίτης (II)
	24,57	32	Μικρογρανίτης (II)
	24,81	0	Μικρογρανίτης (II)
	25,83	45	Μικρογρανίτης (II)
	26,44	69	Γρανίτης (II)
	26,72	69	Γρανίτης (II)
	27,1	69	Γρανίτης (II)
	27,58	100	Γρανίτης (II)

	27,74	100	Γρανίτης (II)
	28,52	100	Γρανίτης (II)
	29,41	76	Γρανίτης (II)
	29,64	100	Γρανίτης (II)
	29,94	86	Γρανίτης (II)
	31,03	86	Γρανίτης (II)
	32,03	61	Γρανίτης (II)
DB320/IDH/049	0	0	Επιχωματώσεις
	0,1	0	Επιχωματώσεις
	1,5	0	Επιχωματώσεις
	1,6	0	Παραμένον έδαφος
	6	0	WASH BORING
	7,54	19	Γρανίτης (III)
	8,96	0	Γρανίτης (III)
	9,42	0	Γρανίτης (III)
	10,37	53	Γρανίτης (III)
	11,77	85	Γρανίτης (III)
	12,09	0	Γρανίτης (III)
	13,52	74	Γρανίτης (III)
	14,17	74	Γρανοδιορίτης (III/II)
	14,27	74	Γρανοδιορίτης (IV)
	14,88	54	Γρανοδιορίτης (IV)
	16,38	38	Γρανοδιορίτης (IV)
	16,9	58	Γρανοδιορίτης (IV)
	16,95	29	Γρανοδιορίτης (IV)
	17,05	29	Γρανοδιορίτης (IV)
	19,22	24	Γρανοδιορίτης (IV)
	20,15	15	Γρανοδιορίτης (IV)
	20,55	41	Γρανοδιορίτης (IV)
	20,65	41	Γρανοδιορίτης (IV)
	21,6	41	Γρανοδιορίτης (IV)
	22,6	59	Γρανοδιορίτης (IV)
	25,22	38	Γρανίτης (III/II)
	26,54	76	Γρανίτης (III/II)
	29,19	65	Γρανίτης (III/II)
	30,55	86	Γρανίτης (III/II)
	34,69	97	Γρανίτης (III/II)
	35,8	68	Γρανίτης (III/II)
	36	68	Γρανίτης (III/II)
	38,94	93	Γρανίτης (III/II)
	40,36	82	Γρανίτης (III/II)
	45,44	97	Γρανίτης (III/II)
DB320/IDH/050	0	0	Επιχωματώσεις
	2,8	0	Επιχωματώσεις
	3,25	0	Επιχωματώσεις
	4,25	50	Γρανοδιορίτης (II)
	5,04	56	Γρανοδιορίτης (II)

	5,66	32	Γρανοδιορίτης (II)
	6,01	68	Γρανοδιορίτης (II)
	6,32	68	Γρανοδιορίτης (II)
	8,02	98	Γρανοδιορίτης (II)
	10,45	49	Γρανοδιορίτης (II)
	11,68	65	Γρανοδιορίτης (II)
	12,97	83	Γρανοδιορίτης (II)
	17,4	98	Γρανοδιορίτης (II)
	18,72	58	Γρανοδιορίτης (II)
	20,16	94	Γρανοδιορίτης (II)
	21,92	86	Γρανοδιορίτης (II)
	22,53	66	Γρανοδιορίτης (II)
	25,5	85	Γρανοδιορίτης (II)
	26,82	53	Γρανοδιορίτης (II)
	27,44	0	Γρανοδιορίτης (II)
	28,19	53	Γρανοδιορίτης (II)
	28,64	0	Γρανοδιορίτης (II)
	29,86	43	Γρανοδιορίτης (II)
	30,82	73	Γρανοδιορίτης (II)
	31,09	0	Γρανοδιορίτης (II)
	31,86	46	Γρανοδιορίτης (II)
	34,74	76	Γρανοδιορίτης (II)
	35,74	90	Γρανοδιορίτης (II)
	38,28	81	Γρανοδιορίτης (II)
	38,86	72	Γρανοδιορίτης (II)
	40,04	37	Γρανοδιορίτης (II)
	41	86	Γρανοδιορίτης (II)
	42,8	58	Γρανοδιορίτης (II)
	44,8	32	Γρανοδιορίτης (II)
DB320/DH/69	0	0	Επιχωματώσεις
	7,5	0	Επιχωματώσεις
	15,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	16,85	0	Αλλούβια (άργιλος)
	17,2	100	Γρανίτης (III)
	17,5	69	Γρανίτης (III)
	18,45	69	Γρανίτης (II)
	20	82	Γρανίτης (II)
DB320/DH/071	0	0	Επιχωματώσεις
	14	0	Επιχωματώσεις
	18	0	Παραμένον έδαφος
	20	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	21,15	0	Γρανίτης (IV/V)
	22,8	71	Γρανίτης (III)
	23,75	87	Γρανίτης (II)
	24,23	77	Γρανίτης (II)
	26,5	93	Γρανίτης (II)
	27,5	87	Γρανίτης (II)

	28,79	74	Γρανίτης (II)
	30,19	50	Γρανίτης (II)
	30,88	43	Γρανίτης (II)
	31,13	0	Γρανίτης (II)
	33,21	85	Γρανίτης (II)
	34,56	88	Γρανίτης (III)
	34,76	60	Γρανίτης (III)
	36,3	100	Γρανίτης (III)
	38	37	Γρανίτης (III)
	39,53	95	Γρανίτης (III)
	41,03	82	Γρανίτης (III)
DB320/DH/074	0	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	12,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	15,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)
	18,5	0	Αλλούβια (άργιλος)
	20	0	Θαλάσσια ιζημ./Αλλούβια (άργιλος)
	21,5	0	Αλλούβια (άμμος)
	22,55	0	Αλλούβια (ΙΛΛΥΣ)
	22,87	71	Γρανίτης (II)
	24,37	89	Γρανίτης (II)
	25,73	60	Γρανίτης (II)
	26,66	38	Γρανίτης (II)
	27,73	91	Γρανίτης (II)
DB320/DH/077	0	0	Επιχωματώσεις
	0,2	0	Επιχωματώσεις
	2	0	Επιχωματώσεις
	4,8	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)
	5,05	57	Γρανίτης (II/III)
	5,3	57	Γρανίτης (IV)
	6,2	57	Γρανίτης (II/III)
	7,61	74	Γρανίτης (II/III)
	7,9	45	Γρανίτης (II/III)
	8,62	0	Γρανίτης (IV)
	9	74	Γρανίτης (III/II)
	9,1	74	Γρανίτης (IV)
	10,07	74	Γρανίτης (III/II)
	11,34	68	Γρανίτης (III/II)
	11,42	68	Γρανίτης (IV)
	11,62	68	Γρανίτης (III/II)
	11,79	62	Γρανίτης (II)
	12,95	62	Γρανίτης (II)
	13,15	62	Γρανίτης (IV)
	13,25	95	Γρανίτης (IV)
	14,61	95	Γρανίτης (II)
	16,13	82	Γρανίτης (II)
	17,71	63	Γρανίτης (II)
	18,7	90	Γρανίτης (II)

	20,23	100	Γρανίτης (II)
	21,23	90	Γρανίτης (II)
	22,19	54	Γρανίτης (II)
	23,12	95	Γρανίτης (II)
	23,42	32	Γρανίτης (II)
	24,7	32	Γρανίτης (II)
	25,4	25	Γρανίτης (II)
	25,6	25	Γρανίτης (II)
	27,1	41	Γρανίτης (II)
	28,65	90	Γρανίτης (II)
	29	94	Γρανίτης (II)
	30,2	94	Γρανίτης (II)
	31,42	80	Γρανίτης (II)
	31,75	80	Γρανίτης (III)
	33,4	82	Γρανίτης (II)
	33,65	83	Γρανίτης (II)
	35,24	86	Γρανίτης (II)
	36,48	96	Γρανίτης (II)
	37,24	87	Γρανίτης (II)
	40,1	97	Γρανίτης (II)
DB320/DH/078	0	0	Επιχωματώσεις
	0,2	0	Επιχωματώσεις
	2	0	Επιχωματώσεις
	6	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)
	10,9	0	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)
	12,28	59	Γρανίτης (III/II)
	15,25	89	Γρανίτης (III/II)
	15,8	79	Γρανίτης (III/II)
	16,77	79	Γρανίτης (II/III)
	18,28	86	Γρανίτης (II/III)
	19,9	72	Γρανίτης (II)
	20,1	53	Γρανίτης (II)
	20,99	53	Γρανίτης (II)
	23,36	47	Γρανίτης (II)
	24,33	51	Γρανίτης (II)
	26	67	Γρανίτης (II)
	26,86	78	Γρανίτης (II)
	27	78	Γρανίτης (II)
	28,33	78	Γρανίτης (II)
	30,42	82	Γρανίτης (II)
	31,9	58	Γρανίτης (II)
	34,97	68	Γρανίτης (II)
	35,6	16	Γρανίτης (II)
	37,1	95	Γρανίτης (II)
	38,6	70	Γρανίτης (II)
	40,38	81	Γρανίτης (II)
DB320/IDH/079	0	0	Επιχωματώσεις

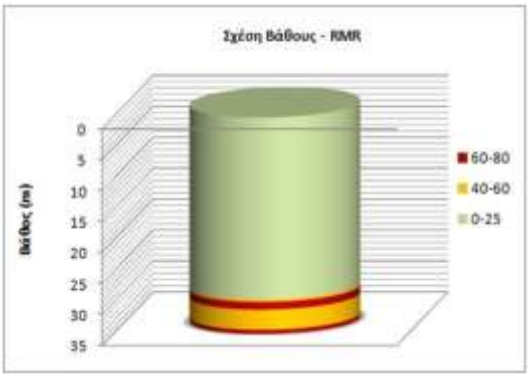
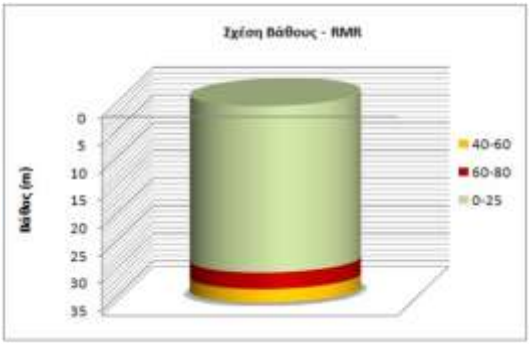
	1,7	0	Επιχωματώσεις
	2,8	0	Επιχωματώσεις
	3,98	0	Επιχωματώσεις
	4,35	48	Γρανίτης (III)
	4,5	48	Γρανίτης (IV)
	5,01	48	Γρανίτης (III)
	6,24	61	Γρανίτης (III)
	6,96	57	Γρανίτης (III)
	7,22	57	Γρανίτης (IV)
	7,65	57	Γρανίτης (III)
	8,63	0	Επιχωματώσεις
	9,08	72	Γρανίτης (III)
	9,3	72	Γρανίτης (II)
	10,18	85	Γρανίτης (III)
	12,08	66	Γρανίτης (III)
	13,23	58	Γρανίτης (II)
	13,72	41	Γρανίτης (II)
	15,18	66	Γρανίτης (II)
	16	35	Γρανίτης (II)
	16,95	65	Γρανίτης (II)
	18,07	48	Γρανίτης (II)
	18,98	71	Γρανίτης (II)
	20,45	93	Γρανίτης (II)
	21,12	30	Γρανίτης (II)
	21,73	16	Γρανίτης (II)
	23,07	58	Γρανίτης (II)
	24,38	74	Γρανίτης (II)
	25,28	18	Γρανίτης (II)
	27,8	32	Γρανίτης (II)
	28,01	32	Γρανοδιορίτης (II/III)
	29,06	19	Γρανοδιορίτης (II/III)
	30,24	88	Γρανοδιορίτης (II/III)
	30,55	16	Γρανοδιορίτης (II/III)
	30,95	16	Γρανοδιορίτης (II/III)
	31,16	16	Γρανοδιορίτης (II/III)
	33,05	51	Γρανοδιορίτης (II/III)
	33,31	51	Γρανοδιορίτης (II/III)
	35,11	76	Γρανοδιορίτης (II/III)
	36,14	58	Γρανοδιορίτης (II/III)
	38,88	77	Γρανοδιορίτης (II/III)
	40,3	83	Γρανοδιορίτης (II/III)
DB320/DH/206	0	0	Επιχωματώσεις
	12,75	0	Επιχωματώσεις
	14,5	0	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)
	18,75	0	Αλλούβια (άμμος)
	20,75	0	Γρανίτης (V/IV)
	29,75	0	Γρανίτης (V)

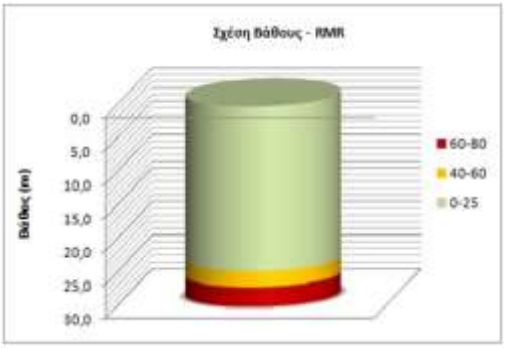
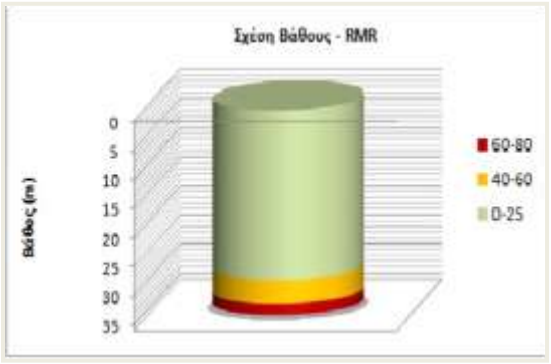
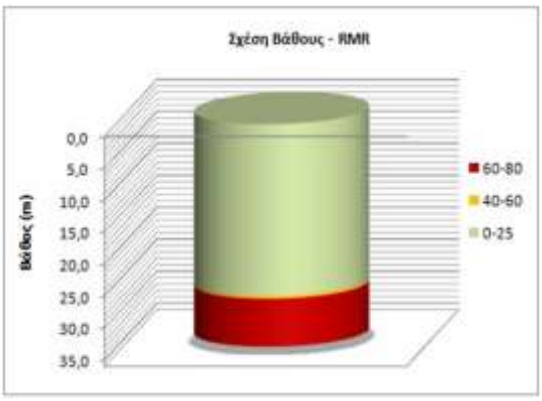
	34,47	**0**	**Γρανίτης (IV)**
	35,32	**52**	**Γρανίτης (III)**
	36,51	**88**	**Γρανίτης (III)**
	36,82	**94**	**Γρανίτης (II)**
	37,4	**74**	**Γρανίτης (II)**
	38,3	**74**	**Γρανίτης (III)**
	38,6	**46**	**Γρανίτης (III)**
	39,7	**46**	**Γρανίτης (III/II)**

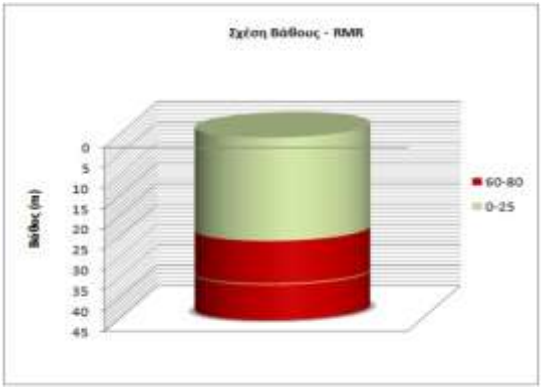
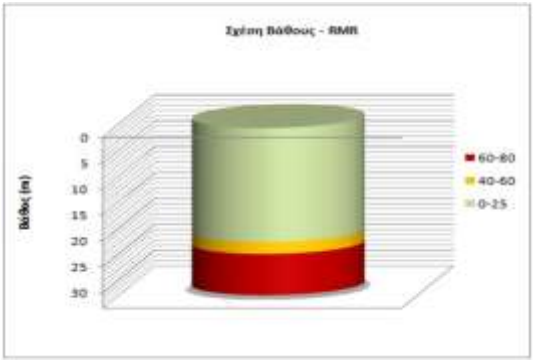
Πίνακας 2: Περιγραφή διατρηθείσας λιθολογίας ανά γεώτρηση και δείκτες ποιότητας RQD

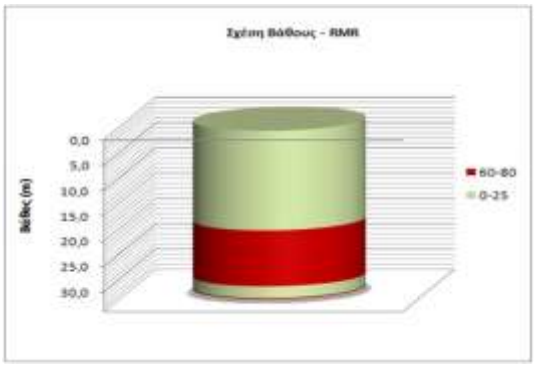
Γ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο τελευταίο παράρτημα, παρουσιάζονται στον πίνακα 3, τα αποτελέσματα που βρέθηκαν από την γεωτεχνική ταξινόμηση της βραχόμαζας των δεικτών RMR, οι δείκτες RQD αλλά και τα διαγράμματα βάθους με RMR.

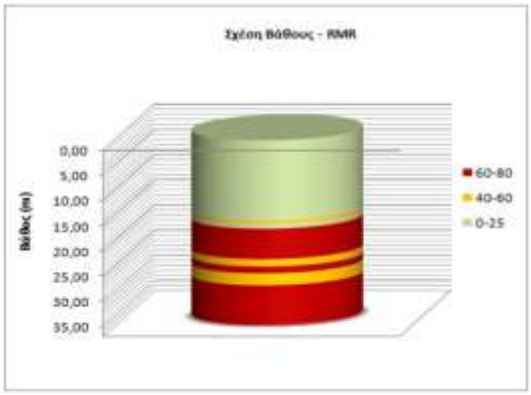
Όνομα Γεώτρησης	RQD	RMR	Λιθολογία	Διαγράμματα Βάθους - RMR
TS300/DH/055	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)	
	32	54	Γρανίτης (III)	
	92	66	Γρανίτης (III/II)	
	40	58	Γρανίτης (III/II)	
	45	59	Γρανίτης (III/II)	
	45	58	Γρανίτης (III)	
	14	53	Γρανίτης (III)	
	30	56	Γρανίτης (III)	
	88	66	Γρανίτης (III/II)	
	88	64	Γρανίτης (III/II)	
	88	66	Γρανίτης (III/II)	
TS300/DHPZ/013	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα/Αλλούβια (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άργιλος	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	75	66	Γρανίτης (II/III)	
	75	69	Γρανίτης (IV/III)	
	75	67	Γρανίτης (IV/III)	
	77	67	Γρανίτης (IV/III)	
	79	68	Γρανίτης (IV/III)	
	79	67	Γρανίτης (IV/III)	

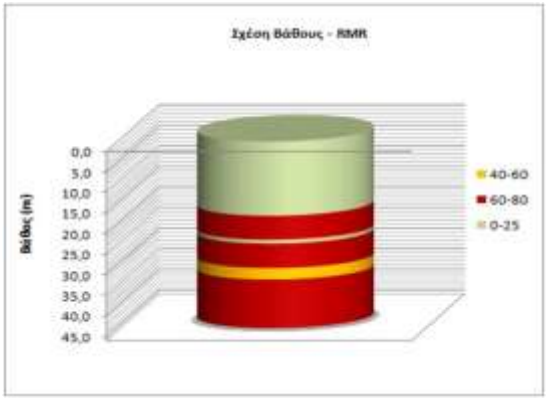
	18	52	Γρανίτης (IV/III)	
	78	55	Γρανίτης (III)	
TS300/DH/057	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα/Αλλούβια (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	26	55	Γρανίτης (IV)	
	28	57	Γρανίτης (III)	
	30	56	Γρανίτης (IV)	
	30	58	Γρανίτης (III/II)	
	95	69	Γρανίτης (III/II)	
	56	62	Γρανίτης (III/II)	
TS300/DH/058	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια άργιλος	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια άργιλος	
	0	25	Γρανίτης (IV)	
	50	60	Γρανίτης (II/III)	
	26	56	Γρανίτης (II/III)	
	56	60,5	Γρανίτης (II/III)	
TS300/DHPZ/014	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια άργιλος	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	38	55	Γρανίτης (III)	
	83	66	Γρανίτης (II)	

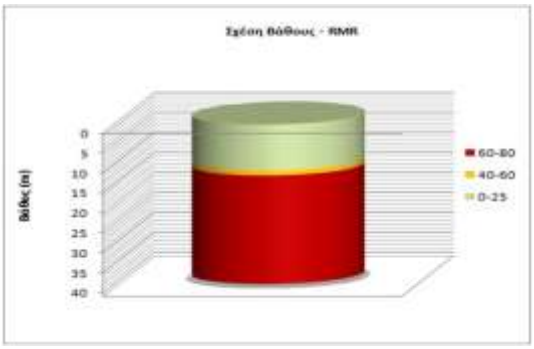
	98	73	Γρανίτης (II)	
	98	73	Γρανίτης (II)	
	84	70	Γρανίτης (II)	
	74	68	Γρανίτης (II)	
	85	70	Γρανίτης (II)	
	100	72	Γρανίτης (II)	
	100	73	Γρανίτης (II)	
ADU/GI BO 12P	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	77	66	Γρανίτης (III/II)	
	77	68	Γρανίτης (II)	
	69	67	Γρανίτης (II)	
	76	68	Γρανίτης (II)	
	97	73	Γρανίτης (II)	
	90	71	Γρανίτης (II)	
	90	69	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	100	71	Γρανίτης (III/II)	
	44	60	Γρανίτης (III/II)	
	84	68	Γρανίτης (III/II)	
	84	71	Γρανίτης (II)	
	98	73	Γρανίτης (II)	
	92	72	Γρανίτης (II)	
	100	74	Γρανίτης (II)	
TS300/DHPZ/059B	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (IV)	
	73	59	Γρανίτης (III/IV)	
	42	53	Γρανίτης (III/IV)	

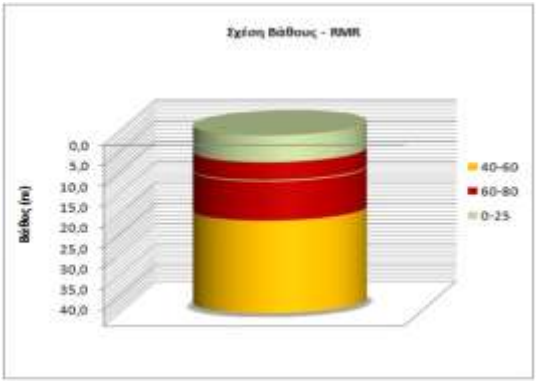
	42	58	Γρανίτης (III)	
	77	65	Γρανίτης (III)	
	82	66	Γρανίτης (III)	
	82	67	Γρανίτης (III)	
	82	66	Γρανίτης (III)	
	95	68	Γρανίτης (III)	
	93	69	Γρανίτης (III)	
	77	65	Γρανίτης (III)	
	66	63	Γρανίτης (III)	
	91	67	Γρανίτης (III)	
TS300/DHPZ/060	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (χαλίκια)	
	0	25	Γρανίτης (II)	
	93	71	Γρανίτης (II)	
	95	72	Γρανίτης (II)	
	100	70	Γρανίτης (II)	
	98	72	Γρανίτης (II)	
	98	73	Γρανίτης (II)	
	97	72	Γρανίτης (II)	
	96	74	Γρανίτης (II)	
	96	72	Γρανίτης (II)	
	95	71	Γρανίτης (II)	
	76	67	Γρανίτης (II)	
	62	64	Γρανίτης (II)	
	87	69	Γρανίτης (II)	
	66	65	Γρανίτης (II)	
	73	66	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	84	71	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	99	72	Γρανίτης (II)	
	0	25	Γρανίτης (II)	
	88	69	Γρανίτης (II)	
TS300/DHPZ/062	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (IV/III)	
	36	54	Γρανίτης (III)	

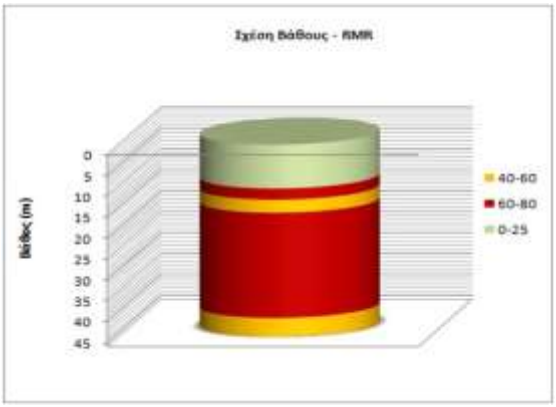
	0	25	Γρανίτης (II)	
	68	65	Γρανίτης (III)	
	82	68	Γρανίτης (III)	
	68	65	Γρανίτης (III)	
	51	59	Γρανίτης (III)	
	51	59	Γρανίτης (III)	
	51	59	Γρανίτης (III)	
	81	68	Γρανίτης (III)	
	28	55	Γρανίτης (II)	
	46	61	Γρανίτης (II)	
	30	59	Γρανίτης (II)	
	100	72	Γρανίτης (II)	
	100	74	Γρανίτης (II)	
	100	72	Γρανίτης (II)	
	77	67	Γρανίτης (II)	
	57	64	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	95	71	Γρανίτης (II)	
ADU/GI BO 130W	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (χαλίκια)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (V/IV)	
	87	72	Γρανίτης (II)	
	78	70	Γρανίτης (II)	
	97	74	Γρανίτης (II)	
	80	66	Γρανίτης (III/II)	
	80	68	Γρανίτης (III/II)	
	88	69	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (IV/III)	
	76	63	Γρανίτης (III/II)	
	76	67	Γρανίτης (III/II)	
	40	60	Γρανίτης (III/II)	
	88	69	Γρανίτης (III/II)	
	93	71	Γρανίτης (III/II)	
	78	67	Γρανίτης (III/II)	
	39	56	Γρανίτης (III)	
	84	67	Γρανίτης (III/II)	
	41	58	Γρανίτης (III/II)	

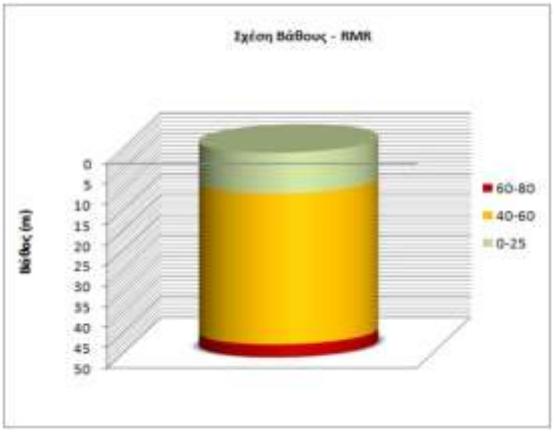




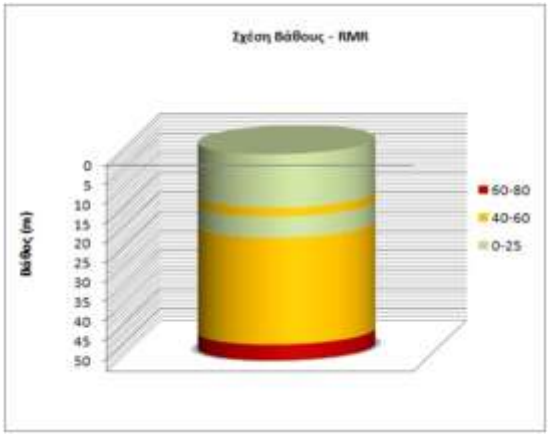
	86	67	Γρανίτης (II)	
	86	76	Γρανίτης (II)	
	100	79	Γρανίτης (II)	
	91	77	Γρανίτης (II)	
	51	60	Γρανίτης (III/II)	
	77	65	Γρανίτης (III/II)	
	85	67	Γρανίτης (III/II)	
	85	70	Γρανίτης (II)	
	100	73	Γρανίτης (II)	
TS300/DH/65	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Γρανίτης (V)	
	35	53	Γρανίτης (III)	
	72	60	Γρανίτης (III)	
	72	63	Γρανίτης (III/II)	
	69	62	Γρανίτης (III/II)	
	69	63	Γρανίτης (III)	
	74	62	Γρανίτης (III)	
	69	64	Γρανίτης (III)	
	88	64	Γρανίτης (IV/III)	
	86	65	Γρανίτης (III)	
	93	68	Γρανίτης (III/II)	
	93	67	Γρανίτης (III/II)	
	93	68	Γρανίτης (III/II)	
	90	64	Γρανίτης (III)	
	100	66	Γρανίτης (III)	
	90	63	Γρανίτης (III)	
	81	68	Γρανίτης (III/II)	
	76	66	Γρανίτης (III/II)	
	68	65	Γρανίτης (III/II)	
	55	63	Γρανίτης (III/II)	
	66	61	Γρανίτης (III/II)	
	86	63	Γρανίτης (III/II)	
	62	67	Γρανίτης (III/II)	
	93	62	Γρανίτης (III/II)	
	84	70	Γρανίτης (II)	
	84	70	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	95	71	Γρανίτης (II)	
	70	66	Γρανίτης (II)	
	95	71	Γρανίτης (II)	
TS300/D HPZ/066	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	

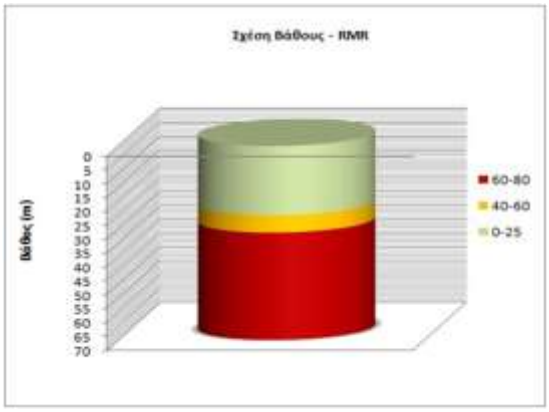
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)	
	0	25	Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (IV)	
	80	65	Γρανίτης (II/III)	
	51	59	Γρανίτης (II/III)	
	82	65	Γρανίτης (II/III)	
	84	69	Γρανίτης (II/III)	
	0	25	Γρανίτης (II/III)	
	76	67	Γρανίτης (II/III)	
	85	69	Γρανίτης (II/III)	
	78	67	Γρανίτης (II/III)	
	100	72	Γρανίτης (II/III)	
	100	68	Γρανίτης (III)	
	95	67	Γρανίτης (III)	
	68	61	Γρανίτης (III)	
	68	59	Γρανίτης (III)	
	0	25	Γρανίτης (III)	
	65	59	Γρανίτης (III)	
	86	63	Γρανίτης (III)	
	86	68	Γρανίτης (II)	
	32	63	Γρανίτης (II)	
	58	62	Γρανίτης (II)	
	64	64	Γρανίτης (II)	
	23	57	Γρανίτης (II)	
	52	61	Γρανίτης (II)	
	16	56	Γρανίτης (II)	
	37	59	Γρανίτης (II)	
	30	58	Γρανίτης (II)	
	20	56	Γρανίτης (II)	
	0	25	Γρανίτης (II)	
	43	60	Γρανίτης (II)	
	38	59	Γρανίτης (II)	
	18	56	Γρανίτης (II)	
	52	61	Γρανίτης (II)	
	31	58	Γρανίτης (II)	
	26	57	Γρανίτης (II)	
	0	25	Γρανίτης (II)	
	61	63	Γρανίτης (II)	
TS300/DH/015	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Γρανίτης (VI)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	

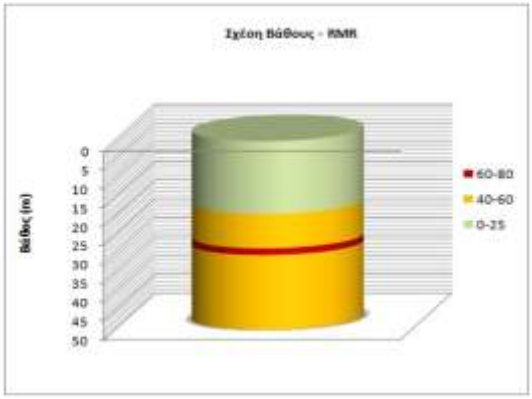
	93	68	Γρανίτης (III/II)	
	81	66	Γρανίτης (III/II)	
	62	62	Γρανίτης (III/II)	
	62	54	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	63	62	Γρανίτης (III/II)	
	63	64	Γρανίτης (II)	
	97	71	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	92	70	Γρανίτης (II)	
	92	65	Γρανίτης (III)	
	97	66	Γρανίτης (III)	
	98	72	Γρανίτης (II)	
	89	70	Γρανίτης (II)	
	52	62	Γρανίτης (II)	
	93	70	Γρανίτης (II)	
	67	65	Γρανίτης (II)	
	94	71	Γρανίτης (II)	
	94	74	Γρανίτης (II)	
	100	70	Γρανίτης (III/II)	
	81	67	Γρανίτης (III/II)	
	81	66	Γρανίτης (III/II)	
	72	64	Γρανίτης (III/II)	
	72	65	Γρανίτης (III/II)	
	72	64	Γρανίτης (III/II)	
	89	68	Γρανίτης (III/II)	
	89	72	Γρανίτης (III/II)	
	93	68	Γρανίτης (III/II)	
	99	70	Γρανίτης (III/II)	
	82	66	Γρανίτης (III/II)	
	72	64	Γρανίτης (III/II)	
	92	68	Γρανίτης (III/II)	
	100	70	Γρανίτης (III/II)	
	39	58	Γρανίτης (III/II)	
	75	65	Γρανίτης (III/II)	
	62	62	Γρανίτης (III/II)	
TS00/DH/067	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (IV)	
	0	25	Γρανίτης (IV/III)	
	0	25	Γρανίτης (V)	

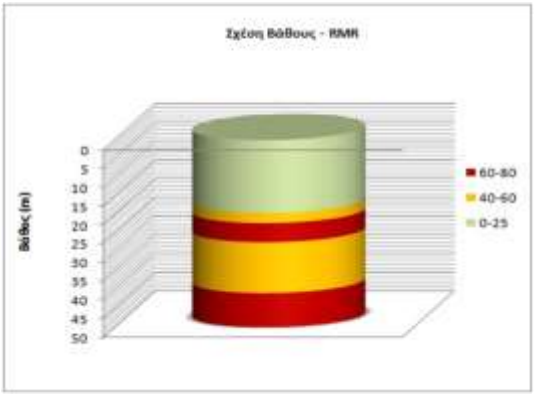
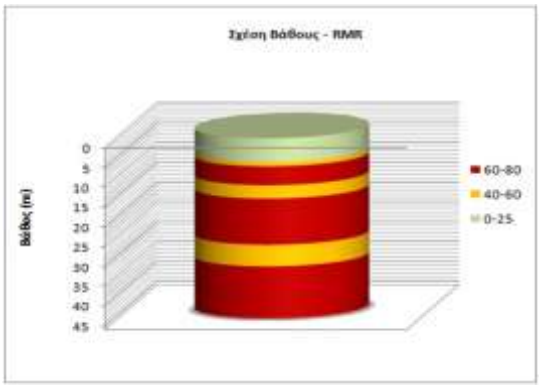
	26	53	Γρανίτης (IV/III)	
	58	59	Γρανίτης (III)	
	88	65	Γρανίτης (III)	
	57	59	Γρανίτης (III)	
	57	54	Γρανίτης (V)	
	28	48	Γρανίτης (V)	
	28	49	Γρανίτης (III)	
	26	56	Γρανίτης (II/III)	
	56	61	Γρανίτης (II/III)	
	0	25	Γρανίτης (II/III)	
	44	59	Γρανίτης (II/III)	
	54	61	Γρανίτης (II/III)	
	0	25	Γρανίτης (II/III)	
	16	48	Γρανίτης (IV/III)	
	13	46	Γρανίτης (V/IV)	
	11	47	Γρανίτης (III/II)	
	11	45	Γρανίτης (III/II)	
	11	52	Γρανίτης (III/II)	
	59	60	Γρανίτης (III/II)	
	59	58	Γρανίτης (III/II)	
	48	55	Γρανίτης (III/II)	
	48	58	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	45	57	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	38	56	Γρανίτης (III/II)	
	19	53	Γρανίτης (III/II)	
	93	66	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	55	59	Γρανίτης (III/II)	
	33	55	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	28	54	Γρανίτης (III)	
	63	62	Γρανίτης (III/II)	
	39	58	Γρανίτης (III/II)	
	47	59	Γρανίτης (III/II)	
	63	62	Γρανίτης (III/II)	
	100	70	Γρανίτης (III/II)	
	52	60	Γρανίτης (III/II)	
	79	66	Γρανίτης (III/II)	
	52	60	Γρανίτης (III/II)	

TS300/DHPZ/068	0	25	Επιχωματώσεις
	0	25	Επιχωματώσεις
	0	25	Παραμένον έδαφος (άμμος)
	0	25	Παραμένον έδαφος (άργιλος)
	0	25	Παραμένον έδαφος (άμμος)
	0	25	Παραμένον έδαφος (άργιλος)
	0	25	Γρανοδιορίτης (V)
	0	25	Γρανοδιορίτης (V/IV)
	0	25	Γρανοδιορίτης (V)
	0	25	Γρανοδιορίτης (III/V)
	36	56	Γρανοδιορίτης (III/II/V)
	38	57	Γρανοδιορίτης (II)
	38	56	Γρανοδιορίτης (III/II)
	38	47	Γρανοδιορίτης (V)
	0	25	Γρανοδιορίτης (V)
	0	25	Γρανοδιορίτης (V/IV)
	0	25	Γρανοδιορίτης (V)
	0	25	Γρανοδιορίτης (V/IV)
	40	52	Γρανοδιορίτης (III/IV)
	0	25	Γρανοδιορίτης (III/IV)
	44	53	Γρανοδιορίτης (III)
	27	50	Γρανοδιορίτης (III)
	52	55	Γρανοδιορίτης (III)
	51	53	Γρανοδιορίτης (IV)
	51	58	Γρανοδιορίτης (II/III)
	67	61	Γρανοδιορίτης (II/III)
	12	52	Γρανοδιορίτης (II/III)
	0	25	Γρανοδιορίτης (II/III)
	39	56	Γρανοδιορίτης (II/III)
	50	58	Γρανοδιορίτης (II/III)
	38	56	Γρανοδιορίτης (II/III)
	15	53	Γρανοδιορίτης (II/III)
	15	53	Γρανοδιορίτης (II/III)
	56	59	Γρανοδιορίτης (II/III)
	65	61	Γρανοδιορίτης (II/III)
	30	55	Γρανοδιορίτης (II/III)
	58	59	Γρανοδιορίτης (II/III)
	92	66	Γρανίτης (III)
	66	58	Γρανίτης (III)
	50	55	Γρανίτης (III)



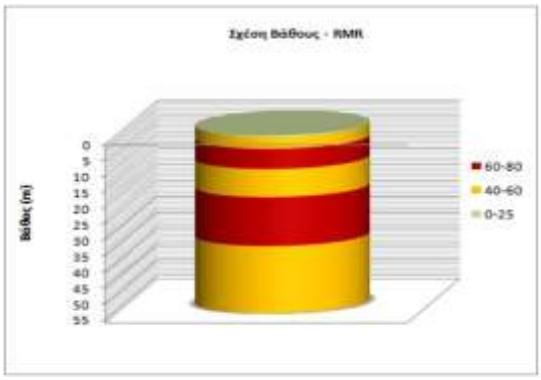
	43	50	Γρανίτης (III/IV)	
	43	46	Γρανίτης (V)	
	70	55	Γρανίτης (III/IV)	
	70	61	Γρανίτης (II/III)	
	0	25	Γρανίτης (II/III)	
	69	61	Γρανίτης (II/III)	
	69	67	Γρανίτης (II)	
	65	66	Γρανίτης (II)	
	46	62	Γρανίτης (II)	
	84	70	Γρανίτης (II)	
TS300/IDH/070	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	32	57	Γρανίτης (III/II)	
	74	62	Γρανίτης (III/II)	
	59	59	Γρανίτης (III/II)	
	71	62	Γρανίτης (III/II)	
	100	68	Γρανίτης (III/II)	
	91	72	Γρανίτης (III/II)	
	91	68	Γρανίτης (III/II)	
	100	70	Γρανίτης (III/II)	
	60	59	Γρανίτης (III)	
	15	52	Γρανίτης (III)	
	62	59	Γρανίτης (III)	
	94	69	Γρανίτης (III/II)	
	43	59	Γρανίτης (III/II)	
	50	60	Γρανίτης (III/II)	
	50	55	Γρανίτης (III)	
	97	66	Γρανίτης (III/II)	
	59	58	Γρανίτης (III/II)	
	85	63	Γρανίτης (III/II)	
	93	65	Γρανίτης (III/II)	
	86	66	Ρυόλιθος (II)	
	86	64	Γρανίτης (III/II)	
	64	59	Γρανίτης (III/II)	
	83	63	Γρανίτης (III/II)	
	95	66	Γρανίτης (III/II)	
	88	64	Γρανίτης (III/II)	
	95	66	Γρανίτης (III/II)	
	100	71	Γρανίτης (III/II)	
	43	60	Γρανίτης (III/II)	
	43	56	Γρανίτης (III/II)	

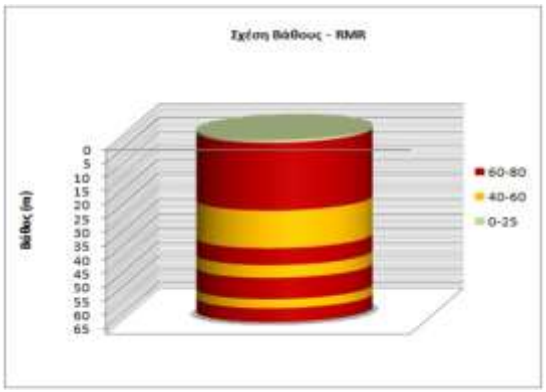
	88	64	Γρανίτης (III/II)	
TS30/DH/073	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Γρανοδιορίτης (V)	
	33	53	Γρανοδιορίτης (III)	
	63	63	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	43	60	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	50	61	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	39	59	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	62	63	Γρανοδιορίτης (II)	
	48	61	Γρανοδιορίτης (II)	
	70	65	Γρανοδιορίτης (II)	
	96	70	Γρανοδιορίτης (II)	
	86	68	Γρανοδιορίτης (II)	
	46	60	Γρανοδιορίτης (II)	
	54	62	Γρανοδιορίτης (II)	
	46	58	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	55	60	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	13	53	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	47	58	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	53	60	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	22	53	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	33	54	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	46	57	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	39	56	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	39	55	Γρανοδιορίτης (III)	
	52	58	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	68	59	Γρανοδιορίτης (III)	
	39	54	Γρανοδιορίτης (III)	
	39	58	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	19	55	Γρανοδιορίτης (III/II)	
TS300/DH/016	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια άργιλος	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)	
	0	25	Γρανίτης (V)	
	50	58	Γρανίτης (III)	

	42	57	Γρανίτης (V)	
	42	59	Γρανίτης (III/II)	
	84	68	Γρανίτης (III/II)	
	84	68	Γρανίτης (III/II)	
	96	70	Γρανίτης (III/II)	
	84	68	Γρανίτης (III/II)	
	72	64	Γρανίτης (III)	
	72	62	Γρανίτης (III)	
	88	65	Γρανίτης (III)	
	43	57	Γρανίτης (III)	
	12	52	Γρανίτης (III)	
	88	65	Γρανίτης (III)	
	12	48	Γρανίτης (III)	
	34	53	Γρανίτης (III)	
	26	52	Γρανίτης (III)	
	0	25	Γρανίτης (III)	
	50	56	Γρανίτης (III)	
	23	52	Γρανίτης (III)	
	23	58	Γρανίτης (III/II)	
	87	69	Γρανίτης (III/II)	
	39	60	Γρανίτης (III/II)	
	85	69	Γρανίτης (III/II)	
	14	56	Γρανίτης (III/II)	
	21	57	Γρανίτης (III/II)	
	42	62	Γρανίτης (II)	
	96	72	Γρανίτης (II)	
	90	71	Γρανίτης (II)	
ADU/GI BO 16	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Παραμένον έδαφος (VI)	
	14	49	Γρανίτης (V/IV)	
	14	50	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (IV/III)	
	14	57	Γρανίτης (III/II)	
	61	65	Γρανίτης (III/II)	
	100	73	Γρανίτης (III/II)	
	86	70	Γρανίτης (III/II)	
	86	65	Γρανίτης (III)	
	65	61	Γρανίτης (III)	
	42	57	Γρανίτης (III)	
	42	61	Γρανίτης (II)	
	15	57	Γρανίτης (II)	

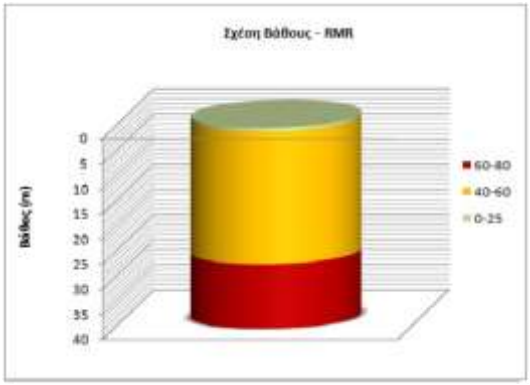
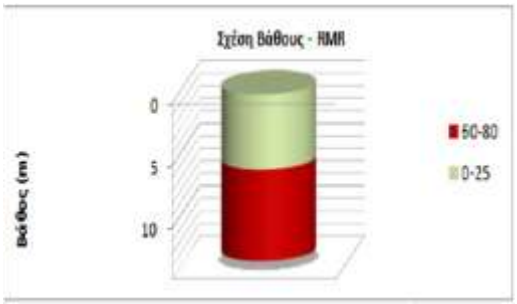
	23	58	Γρανίτης (III)	
	100	72	Γρανίτης (II)	
	71	66	Γρανίτης (II)	
	47	61	Γρανίτης (II)	
	65	65	Γρανίτης (II)	
	66	65	Γρανίτης (III/II)	
	88	69	Γρανίτης (III/II)	
	100	72	Γρανίτης (III/II)	
	72	68	Γρανίτης (II)	
	90	72	Γρανίτης (II)	
	43	61	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	66	65	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	33	59	Γρανίτης (III/II)	
	33	61	Γρανίτης (II)	
	45	63	Γρανίτης (II)	
	30	61	Γρανίτης (II)	
	63	66	Γρανίτης (II)	
	100	74	Γρανίτης (II)	
	82	70	Γρανίτης (II)	
	63	66	Γρανίτης (II)	
	96	73	Γρανίτης (II)	
	98	77	Γρανίτης (II)	
	85	75	Γρανίτης (II)	
	100	78	Γρανίτης (II)	
	90	76	Γρανίτης (II)	
TS300/IDH/076	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	INSPECTION PIT	
	82	61	Ρυόλιθος (II)	
	82	65	Ρυόλιθος (II)	
	42	58	Ρυόλιθος (II)	
	44	55	Ρυόλιθος (III)	
	46	60	Ρυόλιθος (III/II)	
	72	65	Ρυόλιθος (III/II)	
	90	69	Ρυόλιθος (III/II)	
	70	64	Ρυόλιθος (III/II)	
	20	56	Ρυόλιθος (III/II)	
	48	61	Ρυόλιθος (III/II)	
	48	58	Ρυόλιθος (III/II)	
	48	61	Ρυόλιθος (III/II)	
	80	62	Ρυόλιθος (III)	

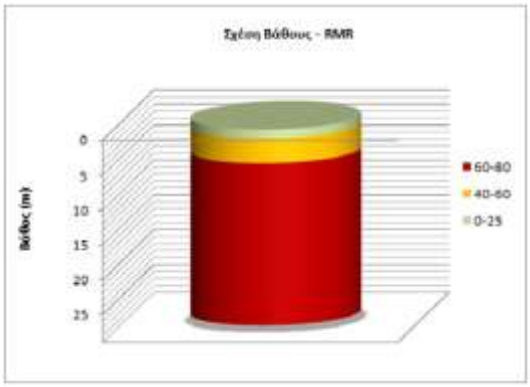
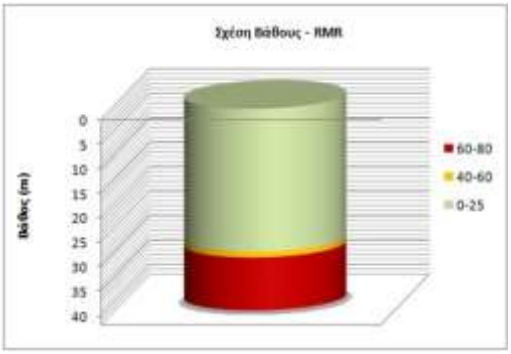
	60	58	Ρυόλιθος (III)
	72	60	Ρυόλιθος (III)
	33	58	Ρυόλιθος (IV/III)
	34	53	Ρυόλιθος (IV/III)
	36	61	Ρυόλιθος (II)
	91	71	Ρυόλιθος (II)
	71	65	Ρυόλιθος (III/II)
	71	60	Ρυόλιθος (III)
	91	64	Ρυόλιθος (III)
	92	72	Ρυόλιθος (II)
	87	70	Ρυόλιθος (II)
	76	68	Ρυόλιθος (II)
	76	61	Ρυόλιθος (III)
	76	68	Ρυόλιθος (II)
	76	65	Ρυόλιθος (II)
	76	68	Ρυόλιθος (II)
	71	67	Ρυόλιθος (II)
	90	71	Ρυόλιθος (II)
	90	73	Ρυόλιθος (II)
	25	61	Ρυόλιθος (II)
	25	53	Ρυόλιθος (III)
	25	61	Ρυόλιθος (II)
	79	71	Ρυόλιθος (II)
	85	72	Ρυόλιθος (II)
	44	55	Ρυόλιθος (III)
	16	51	Ρυόλιθος (III)
	16	56	Ρυόλιθος (II)
	63	60	Ρυόλιθος (II)
	63	60	Ρυόλιθος (II)
	63	63	Ρυόλιθος (II)
	19	56	Ρυόλιθος (II)
	41	59	Ρυόλιθος (II)
	19	53	Ρυόλιθος (III/II)
	28	54	Ρυόλιθος (III/II)
	28	52	Ρυόλιθος (III)
	22	53	Ρυόλιθος (III/II)
	22	51	Ρυόλιθος (III)
	30	55	Ρυόλιθος (III/II)
	22	53	Ρυόλιθος (III/II)
	22	50	Ρυόλιθος (III)
	28	54	Ρυόλιθος (III/II)
	47	57	Ρυόλιθος (III/II)

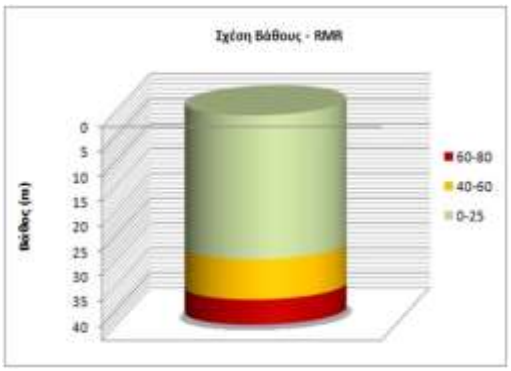
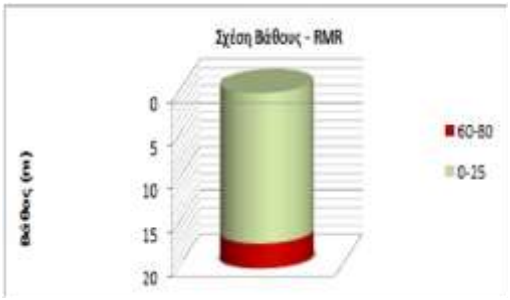
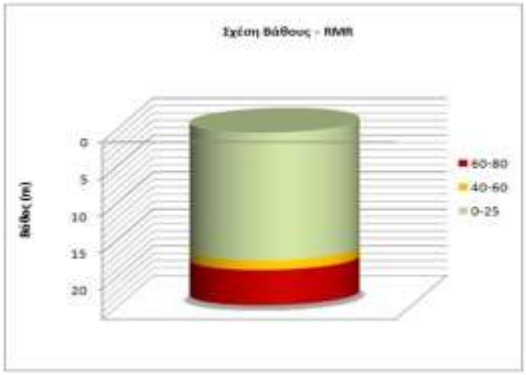


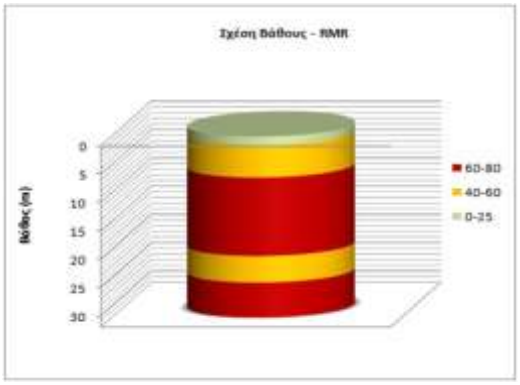
	32	55	Ρυόλιθος (III/II)	
	61	60	Ρυόλιθος (III/II)	
	61	57	Ρυόλιθος (III)	
	61	60	Ρυόλιθος (III/II)	
	17	53	Ρυόλιθος (III/II)	
	39	56	Ρυόλιθος (III/II)	
	45	57	Ρυόλιθος (III)	
	58	59	Ρυόλιθος (III/II)	
TS300/DHPZ/078	0	25	Γρανίτης (V/IV)	
	0	25	Γρανίτης (V/IV)	
	0	25	Γρανίτης (V/IV)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	100	72	Γρανίτης (III/II)	
	88	69	Γρανίτης (III/II)	
	99	72	Γρανίτης (III/II)	
	83	68	Γρανίτης (III/II)	
	97	73	Γρανίτης (III/II)	
	88	70	Γρανίτης (III/II)	
	86	66	Γρανίτης (III/II)	
	39	57	Γρανίτης (III/II)	
	53	62	Γρανίτης (III/II)	
	100	70	Γρανίτης (III/II)	
	88	67	Γρανίτης (III/II)	
	88	70	Γρανίτης (II)	
	98	73	Γρανίτης (II)	
	62	65	Γρανίτης (II)	
	62	61	Γρανίτης (III/II)	
	73	63	Γρανίτης (III/II)	
	85	66	Γρανίτης (III/II)	
	14	53	Γρανίτης (III/II)	
	92	67	Γρανίτης (III/II)	
	30	56	Γρανίτης (III/II)	
	60	65	Γρανίτης (II)	
	0	25	Γρανίτης (II)	
	39	61	Γρανίτης (II)	
	38	57	Γρανίτης (III)	
	0	25	Γρανίτης (III)	
	25	53	Γρανίτης (III)	
	25	54	Γρανίτης (III/II)	
	66	61	Γρανίτης (III/II)	
	23	58	Γρανίτης (II)	
	49	61	Γρανίτης (II)	

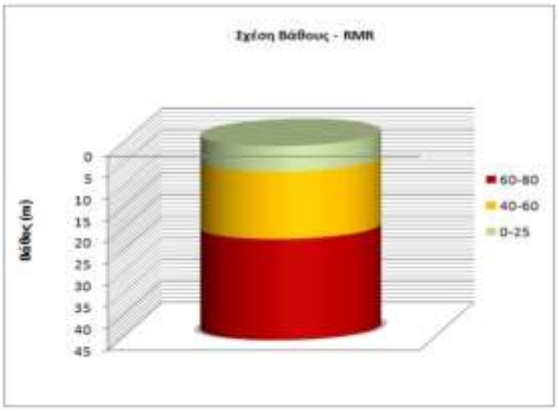
	24	58	Γρανίτης (II)	
	0	25	Γρανίτης (II)	
	94	71	Γρανίτης (II)	
	57	63	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	84	69	Γρανίτης (II)	
	76	67	Γρανίτης (II)	
	63	64	Γρανίτης (II)	
	59	64	Γρανίτης (II)	
	85	69	Γρανίτης (II)	
	62	64	Γρανίτης (II)	
	35	59	Γρανίτης (II)	
	19	53	Γρανίτης (III/II)	
	43	62	Γρανίτης (II)	
	53	64	Γρανίτης (II)	
	85	70	Γρανίτης (II)	
	85	69	Γρανίτης (II)	
	78	67	Γρανίτης (II)	
	17	53	Γρανίτης (III/II)	
	17	58	Γρανίτης (II)	
	82	69	Γρανίτης (II)	
	82	66	Γρανίτης (II)	
	82	69	Γρανίτης (II)	
	38	61	Γρανίτης (II)	
	75	68	Γρανίτης (II)	
	32	56	Γρανίτης (II)	
	32	57	Γρανίτης (III/II)	
	74	65	Γρανίτης (III/II)	
	0	25	Γρανίτης (III/II)	
	72	67	Γρανίτης (II)	
	63	65	Γρανίτης (II)	
	71	67	Γρανίτης (II)	
	56	64	Γρανίτης (II)	
TS300/IDH/080	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	37	53	Γρανίτης (II)	
	85	62	Γρανίτης (II)	
	100	67	Γρανίτης (III)	
	85	64	Γρανίτης (III)	
	93	65	Γρανίτης (III)	
	77	62	Γρανίτης (III)	

	79	63	Γρανίτης (III)	
	82	62	Γρανίτης (III/II)	
	74	61	Γρανίτης (III/II)	
	64	61	Γρανίτης (III/II)	
	62	59	Γρανίτης (III/II)	
	14	50	Γρανίτης (III/II)	
	14	51	Γρανίτης (III)	
	80	65	Γρανίτης (III)	
	80	63	Γρανίτης (III)	
	40	55	Γρανίτης (III)	
	0	25	Γρανίτης (III)	
	79	63	Γρανίτης (III)	
	79	66	Γρανίτης (III/II)	
	67	63	Γρανίτης (III/II)	
	75	65	Γρανίτης (III/II)	
	82	66	Γρανίτης (III/II)	
	82	69	Γρανίτης (II)	
	83	73	Γρανίτης (II)	
	83	69	Γρανίτης (II)	
TS300/DH/166	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	93	74	Γρανοδιορίτης (II)	
	99	75	Γρανοδιορίτης (II)	
	87	73	Γρανοδιορίτης (II)	
	100	76	Γρανοδιορίτης (II)	
	69	70	Γρανοδιορίτης (II)	
TS300/DH/084	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (V)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (II)	
	8	55	Γρανοδιορίτης (II)	
	56	62	Γρανοδιορίτης (II)	
	68	64	Γρανοδιορίτης (II)	
	55	62	Γρανοδιορίτης (II)	
	82	67	Γρανοδιορίτης (II)	
	82	72	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	52	66	Γρανοδιορίτης (I/II)	

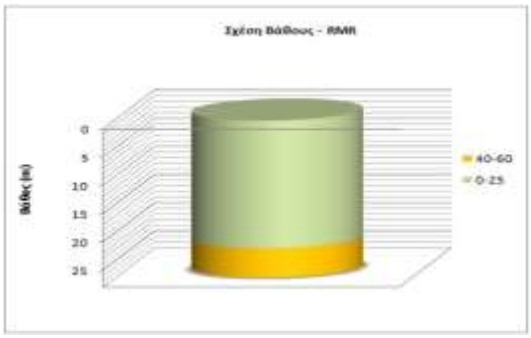
	82	72	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	74	71	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	79	72	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	71	70	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	71	62	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	75	63	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	75	69	Γρανοδιορίτης (II)	
	99	74	Γρανοδιορίτης (II)	
	99	76	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	88	73	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	88	70	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	88	73	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	91	71	Γρανίτης (II)	
	91	68	Γρανοδιορίτης (II)	
	93	71	Γρανοδιορίτης (II)	
	46	62	Γρανοδιορίτης (II)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (II)	
	84	70	Γρανοδιορίτης (II)	
	84	73	Γρανοδιορίτης (I/II)	
	96	75	Γρανοδιορίτης (I/II)	
DB320/DH/040	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (V/IV0	
	0	25	Γρανίτης (III)	
	0	25	Γρανίτης (IV)	
	34	56	Γρανίτης (III/II)	
	78	69	Γρανίτης (III/II)	
	80	70	Γρανίτης (II)	
	95	73	Γρανίτης (II)	
	82	70	Γρανίτης (II)	
	93	73	Γρανίτης (II)	
DB320/DH/041	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα	

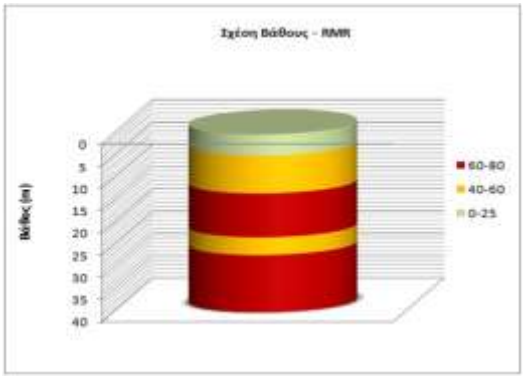
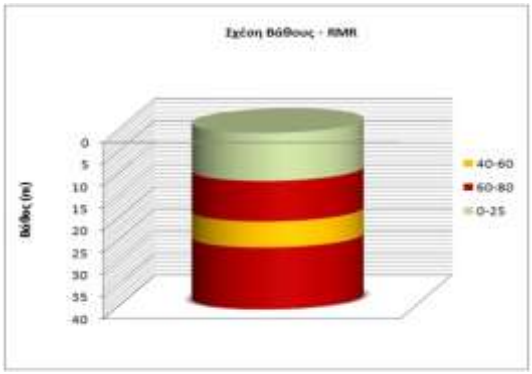
			(άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (ΙΛΛΥΣ)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	46	61	Γρανίτης (V/IV)	
	36	60	Γρανίτης (III/II)	
	36	60	Γρανίτης (V/IV)	
	42	58	Γρανίτης (III)	
	13	53	Γρανίτης (III)	
	64	67	Γρανίτης (II)	
	83	70	Γρανίτης (II)	
	75	69	Γρανίτης (II)	
	100	80	Γρανίτης (II)	
D320/DH/042	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	59	62	Γρανίτης (III)	
	88	70	Γρανίτης (III)	
DB320/DH/044	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (άργιλος)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	17	51	Γρανίτης (III)	
	88	61	Γρανίτης (III)	
	88	68	Γρανίτης (II)	
	68	64	Γρανίτης (II)	
	86	68	Γρανίτης (II)	
	86	63	Γρανίτης (II)	
	86	68	Γρανίτης (II)	
	78	66	Γρανίτης (II)	
	78	62	Γρανίτης (II)	
	78	66	Γρανίτης (II)	
DB320/ DH/045	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	

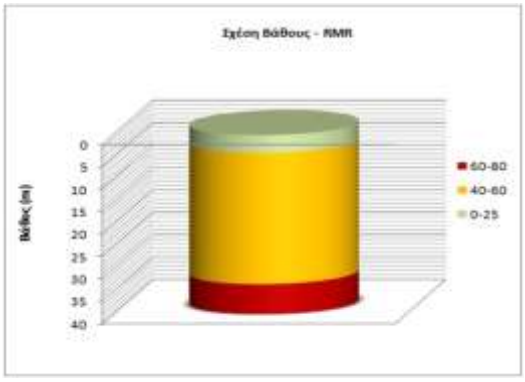
	0	25	Αποσαθρωμένος Μικρογρανίτης (V)	
	0	25	Μικρογρανίτης (IV)	
	23	53	Μικρογρανίτης (IV/III)	
	45	56	Μικρογρανίτης (III)	
	81	63	Μικρογρανίτης (III)	
	61	59	Μικρογρανίτης (III)	
	81	63	Μικρογρανίτης (III)	
	96	66	Μικρογρανίτης (III)	
	100	71	Μικρογρανίτης (II)	
	82	68	Μικρογρανίτης (II)	
	61	63	Μικρογρανίτης (II)	
	78	66	Μικρογρανίτης (II)	
	64	64	Μικρογρανίτης (II)	
	81	67	Μικρογρανίτης (II)	
	51	61	Μικρογρανίτης (II)	
	66	64	Μικρογρανίτης (II)	
	83	67	Μικρογρανίτης (II)	
	48	61	Μικρογρανίτης (II)	
	72	65	Μικρογρανίτης (II)	
	62	60	Μικρογρανίτης (II)	
	32	54	Μικρογρανίτης (II)	
	0	25	Μικρογρανίτης (II)	
	45	56	Μικρογρανίτης (II)	
	69	66	Γρανίτης (II)	
	69	65	Γρανίτης (II)	
	69	66	Γρανίτης (II)	
	100	72	Γρανίτης (II)	
	100	73	Γρανίτης (II)	
	100	72	Γρανίτης (II)	
	76	67	Γρανίτης (II)	
	100	72	Γρανίτης (II)	
	86	75	Γρανίτης (II)	
	86	74	Γρανίτης (II)	
	61	69	Γρανίτης (II)	
DB320/IDH/049	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Παραμένον έδαφος	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	19	48	Γρανίτης (III)	
	0	25	Γρανίτης (III)	

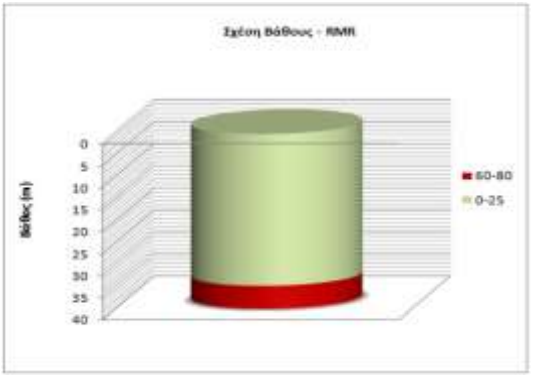
	0	25	Γρανίτης (III)	
	53	60	Γρανίτης (III)	
	85	66	Γρανίτης (III)	
	0	64	Γρανίτης (III)	
	74	64	Γρανίτης (III)	
	74	63	Γρανοδιορίτης (III/II)	
	74	57	Γρανοδιορίτης (IV)	
	54	59	Γρανοδιορίτης (IV)	
	38	56	Γρανοδιορίτης (IV)	
	58	59	Γρανοδιορίτης (IV)	
	29	54	Γρανοδιορίτης (IV)	
	29	48	Γρανοδιορίτης (IV)	
	24	54	Γρανοδιορίτης (IV)	
	15	53	Γρανοδιορίτης (IV)	
	41	56	Γρανοδιορίτης (IV)	
	41	50	Γρανοδιορίτης (IV)	
	41	56	Γρανοδιορίτης (IV)	
	59	64	Γρανοδιορίτης (IV)	
	38	60	Γρανίτης (III/II)	
	76	67	Γρανίτης (III/II)	
	65	65	Γρανίτης (III/II)	
	86	69	Γρανίτης (III/II)	
	97	72	Γρανίτης (III/II)	
	68	60	Γρανίτης (III/II)	
	68	65	Γρανίτης (III/II)	
	93	70	Γρανίτης (III/II)	
	82	68	Γρανίτης (III/II)	
	97	71	Γρανίτης (III/II)	
DB320/IDH/050	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	50	58	Γρανοδιορίτης (II)	
	56	56	Γρανοδιορίτης (II)	
	32	52	Γρανοδιορίτης (II)	
	68	58	Γρανοδιορίτης (II)	
	68	63	Γρανοδιορίτης (II)	
	98	70	Γρανοδιορίτης (II)	
	49	60	Γρανοδιορίτης (II)	
	65	63	Γρανοδιορίτης (II)	
	83	66	Γρανοδιορίτης (II)	

	98	70	Γρανοδιορίτης (II)	
	58	61	Γρανοδιορίτης (II)	
	94	69	Γρανοδιορίτης (II)	
	86	67	Γρανοδιορίτης (II)	
	66	63	Γρανοδιορίτης (II)	
	85	67	Γρανοδιορίτης (II)	
	53	61	Γρανοδιορίτης (II)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (II)	
	53	59	Γρανοδιορίτης (II)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (II)	
	43	54	Γρανοδιορίτης (II)	
	73	59	Γρανοδιορίτης (II)	
	0	25	Γρανοδιορίτης (II)	
	46	54	Γρανοδιορίτης (II)	
	76	60	Γρανοδιορίτης (II)	
	90	63	Γρανοδιορίτης (II)	
	81	61	Γρανοδιορίτης (II)	
	72	61	Γρανοδιορίτης (II)	
	37	55	Γρανοδιορίτης (II)	
	86	64	Γρανοδιορίτης (II)	
	58	58	Γρανοδιορίτης (II)	
	32	53	Γρανοδιορίτης (II)	
DB320/DH/69	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άργιλος)	
	100	69	Γρανίτης (III)	
	69	63	Γρανίτης (III)	
	69	68	Γρανίτης (II)	
	82	70	Γρανίτης (II)	
DB320/DH/071	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Παραμένον έδαφος	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (IV/V)	
	71	61	Γρανίτης (III)	
	87	71	Γρανίτης (II)	
	77	69	Γρανίτης (II)	

	93	73	Γρανίτης (II)	
	87	71	Γρανίτης (II)	
	74	69	Γρανίτης (II)	
	50	64	Γρανίτης (II)	
	43	63	Γρανίτης (II)	
	0	25	Γρανίτης (II)	
	85	71	Γρανίτης (II)	
	88	65	Γρανίτης (III)	
	60	60	Γρανίτης (III)	
	100	68	Γρανίτης (III)	
	37	56	Γρανίτης (III)	
	95	67	Γρανίτης (III)	
	82	64	Γρανίτης (III)	
DB320/DH/074	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άργιλος)	
	0	25	Θαλάσ.ιζημ./Αλλούβια (άργιλος)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια	
	71	65	Γρανίτης (II)	
	89	69	Γρανίτης (II)	
	60	63	Γρανίτης (II)	
	38	59	Γρανίτης (II)	
	91	69	Γρανίτης (II)	
DB320/DH/077	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)	
	57	59	Γρανίτης (II/III)	
	57	53	Γρανίτης (IV)	
	57	59	Γρανίτης (II/III)	
	74	63	Γρανίτης (II/III)	
	45	57	Γρανίτης (II/III)	
	0	25	Γρανίτης (IV)	
	74	63	Γρανίτης (III/II)	
	74	57	Γρανίτης (IV)	
	74	63	Γρανίτης (III/II)	
	68	61	Γρανίτης (III/II)	
	68	55	Γρανίτης (IV)	

	68	61	Γρανίτης (III/II)	
	62	60	Γρανίτης (II)	
	62	63	Γρανίτης (II)	
	62	55	Γρανίτης (IV)	
	95	63	Γρανίτης (IV)	
	95	70	Γρανίτης (II)	
	82	67	Γρανίτης (II)	
	63	63	Γρανίτης (II)	
	90	69	Γρανίτης (II)	
	100	71	Γρανίτης (II)	
	90	69	Γρανίτης (II)	
	54	62	Γρανίτης (II)	
	95	70	Γρανίτης (II)	
	32	58	Γρανίτης (II)	
	32	58	Γρανίτης (II)	
	25	57	Γρανίτης (II)	
	25	59	Γρανίτης (II)	
	41	61	Γρανίτης (II)	
	90	72	Γρανίτης (II)	
	94	71	Γρανίτης (II)	
	94	72	Γρανίτης (II)	
	80	69	Γρανίτης (II)	
	80	64	Γρανίτης (III)	
	82	69	Γρανίτης (II)	
	83	65	Γρανίτης (II)	
	86	70	Γρανίτης (II)	
	96	72	Γρανίτης (II)	
	87	70	Γρανίτης (II)	
	97	72	Γρανίτης (II)	
DB320/DH/078	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V)	
	0	25	Αποσαθρωμένος Γρανίτης (V/IV)	
	59	62	Γρανίτης (III/II)	
	89	67	Γρανίτης (III/II)	
	79	66	Γρανίτης (III/II)	
	79	69	Γρανίτης (II/III)	
	86	70	Γρανίτης (II/III)	
	72	67	Γρανίτης (II)	

	53	64	Γρανίτης (II)	
	53	60	Γρανίτης (II)	
	47	58	Γρανίτης (II)	
	51	59	Γρανίτης (II)	
	67	62	Γρανίτης (II)	
	78	66	Γρανίτης (II)	
	78	65	Γρανίτης (II)	
	78	66	Γρανίτης (II)	
	82	67	Γρανίτης (II)	
	58	62	Γρανίτης (II)	
	68	65	Γρανίτης (II)	
	16	56	Γρανίτης (II)	
	95	70	Γρανίτης (II)	
	70	65	Γρανίτης (II)	
	81	67	Γρανίτης (II)	
DB320/IDH/079	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Παραμένον έδαφος	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	48	57	Γρανίτης (III)	
	48	54	Γρανίτης (IV)	
	48	57	Γρανίτης (III)	
	61	59	Γρανίτης (III)	
	57	58	Γρανίτης (III)	
	57	55	Γρανίτης (IV)	
	57	58	Γρανίτης (III)	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	72	61	Γρανίτης (III)	
	72	62	Γρανίτης (II)	
	85	65	Γρανίτης (III)	
	66	61	Γρανίτης (III)	
	58	59	Γρανίτης (II)	
	41	56	Γρανίτης (II)	
	66	61	Γρανίτης (II)	
	35	55	Γρανίτης (II)	
	65	61	Γρανίτης (II)	
	48	58	Γρανίτης (II)	
	71	62	Γρανίτης (II)	
	93	66	Γρανίτης (II)	
	30	55	Γρανίτης (II)	
	16	53	Γρανίτης (II)	
	58	59	Γρανίτης (II)	

	74	63	Γρανίτης (II)	
	18	53	Γρανίτης (II)	
	32	55	Γρανίτης (II)	
	32	55	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	19	53	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	88	65	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	16	53	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	16	54	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	16	55	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	51	60	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	51	59	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	76	64	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	58	60	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	77	64	Γρανοδιορίτης (II/III)	
	83	65	Γρανοδιορίτης (II/III)	
DB320/DH/206	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Επιχωματώσεις	
	0	25	Θαλάσσια ιζήματα (άμμος)	
	0	25	Αλλούβια (άμμος)	
	0	25	Γρανίτης (V/IV)	
	0	25	Γρανίτης (V)	
	0	25	Γρανίτης (IV)	
	52	62	Γρανίτης (III)	
	88	69	Γρανίτης (III)	
	94	71	Γρανίτης (II)	
	74	67	Γρανίτης (II)	
	74	67	Γρανίτης (III)	
	46	61	Γρανίτης (III)	
	46	58	Γρανίτης (III/II)	

Πίνακας 3: Αποτελέσματα δεικτών ποιότητας RMR, RQD και διαγράμματα σχέσης RMR και βάθους.