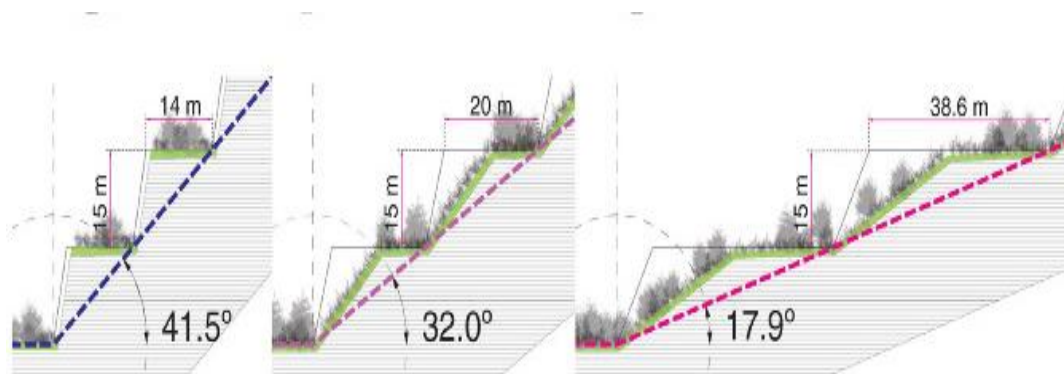


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΥΠΑΙΘΡΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ
ΠΟΡΦΥΡΙΤΙΚΟΥ ΧΑΛΚΟΥ-ΧΡΥΣΟΥ

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Ι. ΚΟΡΔΙΣΤΟΣ



ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Εξαδάκτυλος Γεώργιος ,Καθηγητής (Επιβλέπων)

Στειακάκης Εμμανουήλ , Επίκουρος Καθηγητής

Δρ. Λιόλιος Παντελής , ΕΔΙΠ

Χανιά

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους εκείνους που συνέβαλαν ώστε να πραγματοποιηθεί η παρούσα διπλωματική εργασία.

Τον κ. Εξαδάκτυλο Γεώργιο, επιβλέποντα, καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης για την επιλογή του θέματος, την συνεργασία και την συνεχή του βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τον κ. Λιόλιο Παντελή, ΕΔΙΠ βοηθός εργαστηρίου Μελέτης και Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων για τη πολύτιμη βοήθεια του.

Τον κ. Στειακάκη Εμμανουήλ, επίκουρο καθηγητή Πολυτεχνείου Κρήτης για την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή και αξιολόγηση της εργασίας.

Τους Μαυρομάτη Δημήτριο, Μηχανικό σχεδιασμού για τη ξενάγηση του στους χώρους του μεταλλείου, Βαγκλή Ελευθερία και Μπογάς Δημήτριος, Γεωτεχνικοί για τη παροχή πληροφοριών και δραστηριοτήτων της εταιρίας.

Την οικογένεια μου για την υπομονή και συμπαράσταση καθ' όλα τα χρόνια φοίτησης μου και τους φίλους μου για την ψυχολογική τους υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από τριμελή εξεταστική επιτροπή δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα. Η διπλωματική εργασία βαθμολογείται.

Αφιερώνεται
στην οικογένεια μου

Δ.Κ

Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	14
ABSTRACT.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΣΚΟΥΡΙΩΝ	18
2.1 Η ΤΩΡΙΝΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	18
2.2 ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΣΚΟΥΡΙΩΝ.....	19
2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΚΟΥΡΙΩΝ	19
2.3.1ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	19
2.3.2 ΠΟΡΦΥΡΙΚΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΧΑΛΚΟΥ	21
2.3.3 ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΤΩΝ ΣΚΟΥΡΙΩΝ.....	23
2.4 ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :ΘΕΩΡΙΑ ΕΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ	25
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	25
3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ.....	26
3.2.1 ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ (FALLS).....	27
3.2.2 ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ (TOPPLES).....	27
3.2.3 ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ (SLIDES).....	28
3.2.4 ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΑΠΛΩΣΕΙΣ (LATERAL SPREADS).....	28
3.2.5 ΡΟΕΣ (FLOWS).....	29
3.2.6 ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΠΡΑΝΩΝ (COMPOSITE SLIDES).....	29
3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ.....	30

3.3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ.....	31
3.3.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	31
3.3.3 ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ.....	35
3.3.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ	37
3.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣ.....	37
3.5 ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΤΩΝ	
ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ	39
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	39
4.2 ΜΕΘΟΔΟΣ/ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	44
4.3 Μεθοδολογία διερεύνησης μηχανισμών αστοχίας βραχωδών πρηνών	49
4.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΡΟΒΟΛΩΝ	59
4.5 ΕΡΜΗΝΕΙΑ	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 :ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	68
5.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	68
5.2 ΣΤΟΧΟΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	69
5.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ NGI Ή ΣΥΣΤΗΜΑ Q.....	69
5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ Q.....	70
5.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	72
5.6 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	78
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	78
6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	78
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	81
ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	129
ΔΙΕΘΝΗΣ.....	130
ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΗ.....	130

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Περιοχή εκμετάλλευσης και έρευνας.....	19
Εικόνα 2.2: Σχηματική απεικόνιση της ανάπτυξης του πορφύρης.....	20
Εικόνα 2.3: Πορφυριτικός Ιστός.....	22
Εικόνα 2.4: Πυρήνες γεώτρησης μεταλλοφορίας πορφυρικού χαλκού και χαλαζιακά φλεβίδια με μεταλλοφορία χαλκού	22
Εικόνα 2.5 : Διαγραμματική παρουσίαση ενός απλού πορφυρικού συστήματος μεταξύ ηφαιστειακού και πλουτωνικού περιβάλλοντος.....	23
Εικόνα 2.6: Γεωλογικός χάρτης του κοιτάσματος.....	24
Εικόνα 3.1 : Αστοχίες Πρανών.....	30
Εικόνα 3.2 : Προσδιορισμός γεωμετρικών όρων προσανατολισμού ασυνεχειών.....	32
Εικόνα 3.3 : <i>Απεικόνιση επιπέδου στη στερεογραφική προβ.</i>	35
Εικόνα 3.4 : Βασικοί τύποι ολίσθησεων βραχωδών πρανών και αντίστοιχα διαγράμματα στατιστικής επεξεργασίας πόλων ασυνεχειών – αποτύπωσης κύριων επιπέδων.....	36
Εικόνα 4.1:Διεύθυνση κλίσης (β) και κλίση (α) επιπέδου ασυνέχειας.....	39
Εικόνα 4.2:Μαγνητική πυξίδα τύπου Freiberg.....	40
Εικόνα 4.3:(α) Μέτρηση της γωνίας με γωνιόμετρο, και (β) Στην περίπτωση προσανατολισμένης γεώτρησης οι μετρούμενες γωνίες β και α δίνουν κατευθείαν την διεύθυνση της κλίσης (dip direction) και την κλίση (dip) μιας ασυνέχειας.....	40
Εικόνα 4.4:Στερεογραφική προβολή επιπέδου ασυνέχειας στο κατώτερο ημισφαίριο.....	41
Εικόνα 4.5: Τρόπος κατασκευής της στερεογραφικής προβολής μιας ασυνέχειας με τη μορφή μεγάλου κύκλου και πόλου.	41
Εικόνα 4.6: Οι περιφέρειες των μέγιστων κύκλων που περιλαμβάνουν τον άξονα της σφαίρας	42
Εικόνα 4.7:Μεγάλοι κύκλοι τριών οικογενειών ασυνεχειών και πόλοι	43
Εικόνα 4.8:Τα 3 κριτήρια αντοχής ασυνεχειών.....	44
Εικόνα 4.9:Μέτρηση της τραχύτητας και της μέγιστης γωνίας τριβής ασυνέχειας με τη βοήθεια της δοκιμής κεκλιμένου επιπέδου (tilt test) με κλισιόμετρο (Barton and Choubey, 1977).....	45
Εικόνα 4.10: Μέτρηση της γωνίας βασικής τριβής χρησιμοποιώντας δύο πυρήνες πετρώματος	46
Εικόνα 4.11:Η γωνία διαστολής ϕ_n μεγαλώνει την συνολική γωνία τριβής στην κατάσταση αιχμής (peak) της ασυνέχειας (με $\phi_b=\phi_r$).....	47
Εικόνα 4.12:Επί τόπου δοκιμή κλίσης έναρξης ολίσθησης του πάνω τεμάχους μόνο με το βάρος του για τον προσδιορισμό του συντελεστή τραχύτητας μιας ασυνέχειας σε πλήρη κλίμακα.....	48
Εικόνα 4.13: Κλίση πρανών.....	49
Εικόνα 4.14:Επίπεδη ολίσθηση επί προϋπάρχουσας ασυνέχειας	50
Εικόνα 4.15 :Συνθήκες για ολίσθηση πάνω σε ασυνέχεια.....	51
Εικόνα 4.16: Η έννοια του «κώνου τριβής» (α) Οριακές συνθήκες και (β) ο κώνος στατικής τριβής. (γ) Η κλίση του επιπέδου R είναι ασφαλής αν το R βρίσκεται εντός του κώνου τριβής	52

Εικόνα 4.17: l_{12} = Intersection line of planes 1 & 2 (ίχνος τομής επιπέδων 1 και 2)	54
Εικόνα 4.18 Το ίχνος της τομής των 2 επιπέδων 1 και 2 συμβολίζεται με l_{12} και είναι κάθετο και στα δύο κάθετα διανύσματα των επιπέδων (πόλοι) που συμβολίζονται με n_1 και n_2	54
Εικόνα 4.19: Παράδειγμα κινηματικού τέστ για σφήνα (Goodman, 1980)	55
Εικόνα 4.20: Μελέτη σφηνοειδών ανατροπών.....	56
Εικόνα 4.21: Συνθήκες που μπορούν να ευνοούν την ανατροπή ογκοτεμαχίων πετρώματος.....	57
Εικόνα 4.22 : Μελέτη συνθηκών ανατροπών.....	57
Εικόνα 4.23 Μελέτη ανατροπών	58
Εικόνα 4.24 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό (sorg147).....	59
Εικόνα 4.25 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό (sorg147).....	59
Εικόνα 4.26: Μελέτη σφηνοειδούς αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό(sorg147).....	60
Εικόνα 4.27 : Μελέτη σφηνοειδούς αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό(sorg147)	60
Εικόνα 4.28: Μελέτη ανατροπών σε σχιστολιθικό σχηματισμό(sorg147).....	61
Εικόνα 4.29 : Μελέτη ανατροπών σε πορφυριτικό σχηματισμό(sorg147).....	61
Εικόνα 4.30: Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό(slos06).....	62
Εικόνα 4.31 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό(slos06).....	62
Εικόνα 4.32 : Μελέτη σφηνοειδούς αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό(slos06).....	63
Εικόνα 4.33: Μελέτη σφηνοειδούς αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό(slos06).....	63
Εικόνα 4.34 : Μελέτη ανατροπών σε σχιστολιθικό σχηματισμό (slos06).....	64
Εικόνα 4.35: Μελέτη ανατροπών σε πορφυριτικό σχηματισμό(slos06).....	64
Εικόνα 4.36 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό (slos04).....	65
Εικόνα 4.37 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό(slos04).....	65
Εικόνα 4.38 : Μελέτη σφηνοειδούς αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό (slos04).....	66
Εικόνα 4.39 : Μελέτη σφηνοειδούς αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό(slos04).....	66
Εικόνα 4.40: Μελέτη ανατροπών σε σχιστολιθικό σχηματισμό(slos04).....	67
Εικόνα 4.41 : Μελέτη ανατροπών σε πορφυριτικό σχηματισμό (slos04).....	67
Εικόνα 5.1 Μεταβολή των τιμών του Q συναρτήσει του βάθους(slos04)	71
Εικόνα 5.2 : Μεταβολή των τιμών του Q συναρτήσει του βάθους(slos06).....	71
Εικόνα 5.3 : Μεταβολή των τιμών του Q συναρτήσει του βάθους(sorg147).....	72
Εικόνα 5.4 : Διάγραμμα Συντελεστή ασφαλείας(slos04).....	75
Εικόνα 5.5 : Διάγραμμα Συντελεστή ασφαλείας(slos06)	75
Εικόνα 5.6 : Διάγραμμα Συντελεστή ασφαλείας(sorg147)	75

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1 : Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά Varnes.....	26
Πίνακας 3.2 : Αστοχίες παγκόσμιας κλίμακας	38
Πίνακας 5.1: Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για τη Slos04.....	73
Πίνακας 5.2 : Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για τη Slos06.....	74

Πίνακας 5.3: Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για τη <i>Sorg147</i>	74
Πινάκας 5.5 Κλίσεις βαθμίδας(slos04).....	76
Πινάκας 5.6:Κλίσεις βαθμίδας(slos006).....	77
Πινάκας 5.7: Κλίσεις βαθμίδας(sorg147).....	77

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φαινόμενο των αστοχιών πρανών είναι πολύ συχνό σε επιφανειακές εκμετάλλεύσεις κοιτασμάτων. Οι αστοχίες αυτές συνήθως προκαλούνται από προϋπάρχουσες ασυνέχειες πετρωμάτων και ρήγματα. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντική η έγκαιρη και λεπτομερής αποτύπωση των ασυνεχειών πριν τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης αλλά και κατά την διάρκεια της εκμετάλλευσης. Η αποτύπωση των ασυνεχειών μπορεί να γίνει σε εκτεθειμένα μέτωπα ή καρότα πυρηνοληπτικών γεωτρήσεων. Η εν συνεχεία–ανάλυση όλων των δεδομένων θα συντελέσει στον καλύτερο σχεδιασμό της εκμετάλλευσης για την ασφαλή και ομαλή λειτουργία του μεταλλείου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύονται καταρχήν δεδομένα προσανατολισμού ασυνεχειών από τρεις προσανατολισμένες γεωτρήσεις (Slos04, Slos06, Sorg147) στο νοτιο-δυτικό τμήμα της υπό σχεδιασμό εκμετάλλευσης κοιτάσματος χρυσού-χαλκού στις Σκουριές ΒΑ Χαλκιδικής. Με βάση την ανάλυση και τη βοήθεια της στερεογραφικής προβολής αναλύθηκαν όλες οι πιθανές περιπτώσεις αστοχίας πρανών (ολίσθηση σε επίπεδο και σε σφήνα, ανατροπή) ανάλογα και με το σχεδιασμό των πρανών. Εν συνεχεία επεξεργάζονται τα τεχνικά και φυσικά χαρακτηριστικά των αποτυπωθέντων ασυνεχειών (η τραχύτητα, το υλικό πλήρωσης των ασυνεχειών, η ύπαρξη νερού κ.λπ.) στους πυρήνες και προσδιορίζεται ο δείκτης Q του NGI ανά 5 m κατά μήκος των γεωτρήσεων. Κατόπιν προσδιορίζεται με εμπειρικό τρόπο η συνοχή και η γωνία τριβής των ασυνεχειών που είναι σημαντικές παράμετροι για τον τελικό σχεδιασμό των πρανών της εκμετάλλευσης.

ABSTARCT

Slope failures are frequent in open pit mines in discontinuous rock masses. They are manifested as slide failures, wedge failures or topplings. For this reason it is important to collect joint set data in the field from exposed stopes or surfaces and cores from drillholes early in the pre-design phase of an open pit quarry and in the design and operational phases.

The aim of this Diploma Thesis is to investigate the role of discontinuities on the stability of slopes in a scheduled to operate open pit mine in a Cu-Au deposit located at Skouries, NE Chalkidiki. Rock joint data were collected from three oriented boreholes. In a first stage the stereographic analyses of the joint orientation data has been performed to predict the various possible modes of slope failure according to given slope geometry design data. In a second phase there was calculated the Q index or rock mass quality to infer the cohesion and friction angle of the joints that are important parameters for a safe slope design.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΚΑΣΣΑΝΔΡΑΣ

Το μεταλλογενετικό περιβάλλον, κυρίως της Β. Ελλάδας, είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό για τον σχηματισμό εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων μεταλλικών ορυκτών. Ειδικότερα ο συνδυασμός πολυμεταλλικών / πορφυρικών / επιθερμικών τύπων που παράγει διαμορφώνει κατάλληλες συνθήκες για τον εντοπισμό πλούσιων και δυναμικών κοιτασμάτων χρυσού. Ο χρυσός αποτελεί στρατηγικής σημασίας για την βιώσιμη ανάπτυξη της χώρας και παραμένει στις προτεραιότητες κοιτασματολογικής έρευνας του τόπου μας στα επόμενα χρόνια.

Η μεταλλευτική δραστηριότητα αναπτύσσεται στα Μαδεμοχώρια του Δήμου Αριστοτέλη . Η ονομασία μαδεμοχώρι προέρχεται από τη λέξη μαντέμι διότι στην αρχαιότητα υπήρχαν πολλά καμίνια στη περιοχή όπου θέρμαιναν το μετάλλευμα για την εξαγωγή μετάλλων. Η μεταλλευτική δραστηριότητα λαμβάνει χώρα σε τρία εκ των δεκαέξι χωριών , την Ολυμπιάδα ,στο Στρατώνι και τη Στρατωνίκη. Επίσης μεταλλευτική δραστηριότητα υπάρχει και στο Όρος Κάκαβος (Σκουριές).Επιπλέον ,έρευνες γίνονται σε κοντινές περιοχές για την εύρεση νέων κοιτασμάτων .

Οι εξορύξεις των μεικτών θειούχων είχαν ξεκινήσει από την εποχή του μεγάλου Αλεξάνδρου και συνεχίζονται ακόμα και σήμερα. Πρώτος ο Μποδοσάκης είχε πάρει τα μεταλλευτικά δικαιώματα για την ανάπτυξη της εξορυκτικής διαδικασίας στη περιοχή. Μέχρι τη δεκαετία του '90 όπου μετά ανέλαβε δράση η TVX HELLAS, μέχρι το 2003 όπου και ανέστειλε τη λειτουργία της λόγω οικονομικών προβλημάτων.

Στις αρχές του 2004 η ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ απέκτησε με σύμβαση από το Ελληνικό Δημόσιο τα μεταλλευτικά δικαιώματα των «ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΚΑΣΣΑΝΔΡΑΣ». Από το Φεβρουάριο του 2012 η ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ λειτουργεί ως θυγατρική της καναδικής εταιρείας Eldorado Gold, η οποία αποτελεί μια εταιρεία μεσαίου μεγέθους που δραστηριοποιείται στο μεταλλευτικό/μεταλλουργικό κλάδο χρυσού. Η έδρα της είναι στο Βανκούβερ του Καναδά και είναι εισηγμένη στα Χρηματιστήρια του Τορόντο και της Νέας Υόρκης με κύκλο εργασιών που ξεπερνάει το 1 δις \$ ετησίως. Αυτή τη στιγμή διαθέτει πέντε ενεργά μεταλλεία και αρκετά σε αναπτυξιακό ή και κατασκευαστικό στάδιο στις κάτωθι χώρες: Κίνα, Τουρκία, Ελλάδα, Βραζιλία και Ρουμανία. Στην Ελλάδα κατέχει το 95% της ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε. (όπου το υπόλοιπο 5% παραμένει στην κατοχή του ομίλου ΕΛΛΑΚΤΩΡ) και το 100% της ΧΡΥΣΩΡΥΧΕΙΑ ΘΡΑΚΗΣ.

Ο Σχεδιασμός του επενδυτικού πλάνου της εταιρείας περιλαμβάνει την ενιαία εκμετάλλευση των ανωτέρω κοιτασμάτων με την εφαρμογή σύγχρονων και περιβαλλοντικά συμβατών τεχνολογιών, ενώ με τη διεξαγωγή γεωλογικών ερευνών για τον εντοπισμό νέων κοιτασμάτων δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες για μία αειφόρο ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής της ΒΑ Χαλκιδικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΣΚΟΥΡΙΩΝ

2.1 ΤΩΡΙΝΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η επένδυση της Ελληνικός Χρυσός περιλαμβάνει την ενιαία αξιοποίηση και των τριών κοιτασμάτων στις Σκουριές, την Ολυμπιάδα και στο Στρατώνι με την εφαρμογή της πλέον σύγχρονης τεχνολογίας.

Το 2016 το μεταλλείο των Μαύρων πετρών (Στρατώνι) όπου εξάγονται μεικτά θειούχα θα εξοφληθεί, ενώ από το 2017 και 2018 το μεταλλείο της Ολυμπιάδος και τον Σκουριών αντίστοιχα θα μπουν σε παραγωγική φάση.

Το κοίτασμα της Ολυμπιάδος περιλαμβάνει μεικτά θειούχα ενώ το κοίτασμα των Σκουριών απαντάται κοίτασμα πορφυρικού Χαλκού. Τα παράγωγα μέταλλα της Ολυμπιάδος θα είναι γαληνίτης ,σφαλερίτης ,άργυρος και χρυσός ενώ στις Σκουριές , ο χαλκός θα είναι το κύριο μέταλλο και ως παραπροϊόν θα εξάγεται ο χρυσός.

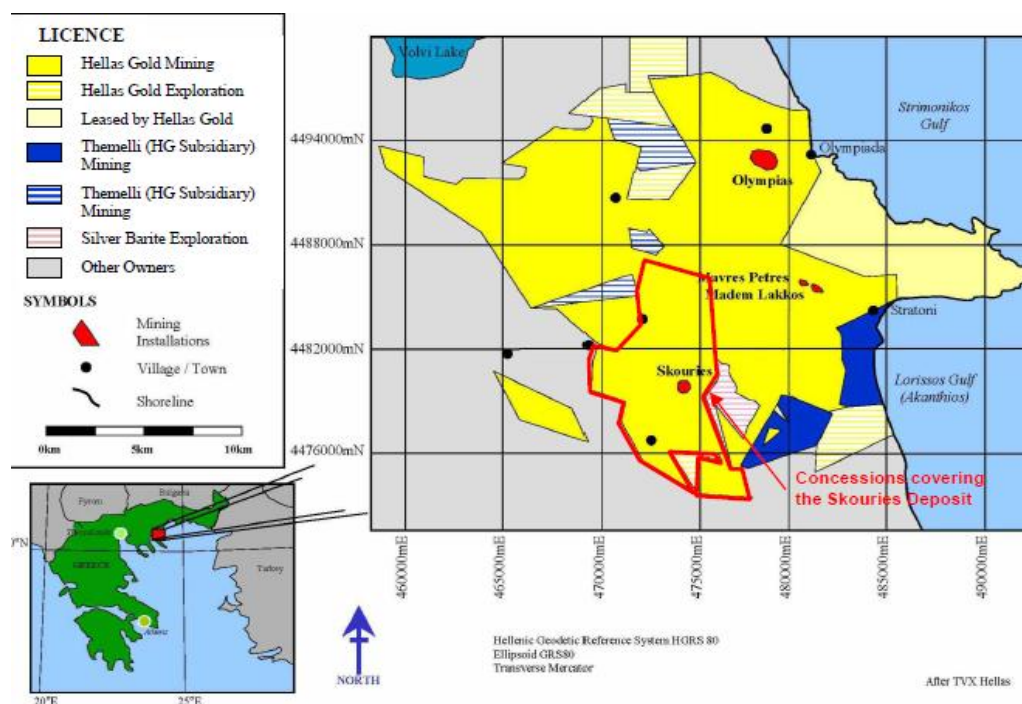
Επίσης στα σχέδια της εταιρίας είναι η δημιουργία στοάς 8,5 km που θα συνδέει το μεταλλείο της Ολυμπιάδος με το ενιαίο μεταλλευτικό κέντρο στο Μαντεμ Λάκκο το οποίο θα είναι έτοιμο το 2020.Ωστοσο το μετάλλευμα που θα εξορύσσεται τα πρώτα χρόνια παράγωγης θα πωλείται στο εξωτερικό διότι το εργοστάσιο εμπλουτισμού και μεταλλουργίας δε θα έχουν φτιαχτεί.

Το μετάλλευμα του μεταλλείου των Σκουριών θα θραύεται στις νέες εγκαταστάσεις κοντά στο μεταλλείο ενώ το μετάλλευμα της Ολυμπιάδος θα λειοτριβείται και εμπλουτίζεται στις εγκαταστάσεις του Μαντεμ Λακκου και τα συμπυκνώματα χρυσοφόρων πυριτών του εμπλουτισμού θα αναμειγνύονται με το είδη θραυσμένο μετάλλευμα των Σκουριών για να τροφοδοτήσουν το εργοστάσιο μεταλλουργίας.

Η καινοτόμος δράση της Εταιρίας που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι σε όλο το φάσμα των εργασιών εφαρμόζεται η Αρχή της Παράλληλης Αποκατάστασης. Οι περιοχές στις οποίες ολοκληρώνεται η λειτουργικότητα των επιμέρους έργων, αποκαθίστανται άμεσα και παράλληλα με την εξέλιξη των υπολοίπων έργων. Όλα τα κενά της εκμετάλλευσης ξανακλείνουν με επαναφορά του υπολείμματος της κατεργασίας του μεταλλεύματος, μετά από ανάμειξη με τσιμέντο(μέθοδος των λιθογομούμενων κενών). Ακόμα και η επιφανειακή εκσκαφή επαναπληρώνεται για να επανέλθει στην αρχική της μορφολογία. Ολόκληρη η περιοχή αποκαθίσταται με έργα αναδάσωσης.

2.2 ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΣΚΟΥΡΙΩΝ

Η περιοχή των Σκουριών αποτελεί ένα από τα ενεργά μεταλλεία Κασσάνδρας. Η περιοχή αυτή ονομάστηκε έτσι από τους ντόπιους διότι παρατηρώντας το χρώμα των πετρωμάτων είχε το χρώμα της σκουριάς. Βρίσκεται γύρω στα 100 km ανατολικά της Θεσσαλονίκης ενώ ισαπέχει (γύρω στα 3 km) από τα χωριά Μεγάλη Παναγία, Παλαιοχώρι και Νεοχώρι. Πρόκειται για ένα παγκοσμίου κλάσης πορφυριτικό κοίτασμα. Επίσης εκτός από οικονομικής άποψης, σημασία έχει, η προστασία του περιβάλλοντος και αυτό επιτυγχάνεται με τη εξαγωγή των πολύτιμων μετάλλων χωρίς τη χρήση κυανίου. Επειδή το κοίτασμα των Σκουριών αποτελείται στη πλειοψηφία από Χαλκό και Χρυσό η εξαγωγή αυτών μπορεί να γίνει με τη μέθοδο Flash Smelting (Ακαριαίας Τήξης).

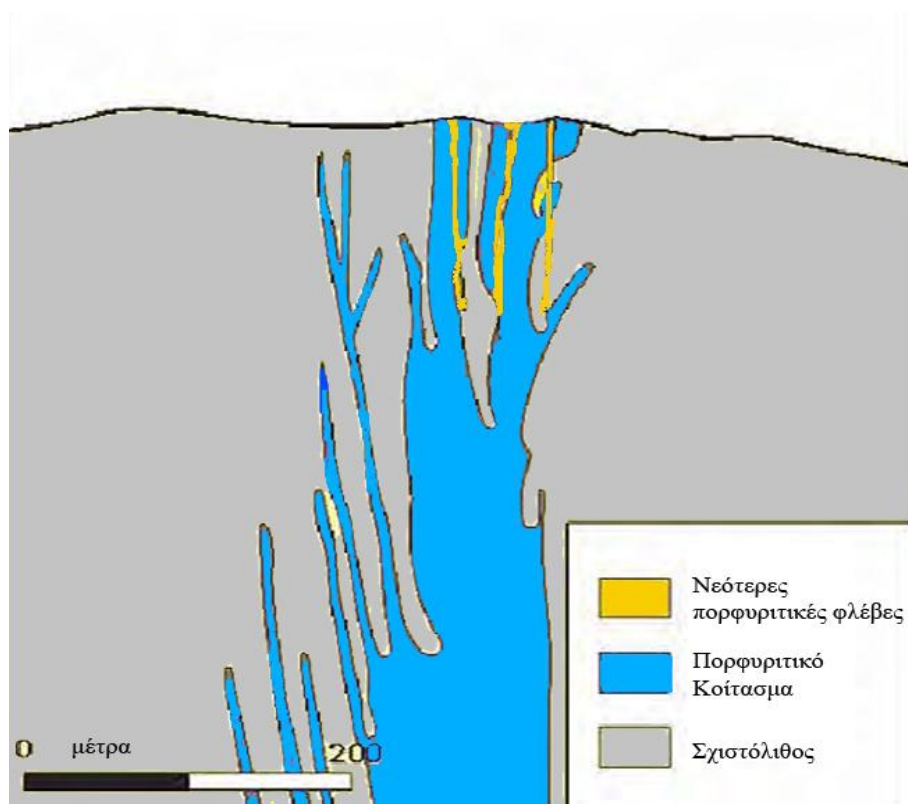


Εικόνα 2.1: Περιοχή εκμετάλλευσης και έρευνας (Λούκος 2012)

2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΚΟΥΡΙΩΝ

2.3.1 Γεωλογία και Κοιτασματολογία

Η ηλικία του κοιτάσματος των Σκουριών είναι Ολιγοκαινική-Μειοκαινική. Φιλοξενείται σε ένα σχεδόν κάθετο πορφυρικό βαθύλιθο, που έχει μορφή αυλού (σωλήνα) και έχει διεισδύσει μέσα σε αμφιβολιτικούς και βιοτιτικούς σχιστόλιθους. Ο μεταλλοφόρος πορφύρης εμφανίζεται στην επιφάνεια με διάμετρο περίπου 200 m. Η κεντρική ζώνη περιλαμβάνει δύο περιοχές με υψηλή περιεκτικότητα, μία κοντά στην επιφάνεια και μία δεύτερη στα 350 m κάτω από την επιφάνεια. Η ίδια η κεντρική ζώνη μεταπίπτει πλευρικά προς τα Δ και ΝΔ σε μεταλλοφορία μικρότερης περιεκτικότητας, που δεν βρίσκεται στα πλουτώνια αλλά στα σχιστοειδή πετρώματα. Το κοίτασμα χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός ομόκεντρου συστήματος εξαλλοιώσεων. Εντός και γύρω από τον συνηθισμένο πορφυρικό σωλήνα, αναπτύσσεται πλήρως μία εσωτερική καλιούχος ζώνη. Η καλιούχος - πυριτική εξαλλοίωση απαντάται με τη μορφή διαποτισμών, καλιουχών αστρίων εντός του πορφύρη, καθώς και βιοτίτη και καλιουχών αστρίων εντός του σχιστοειδούς στείρου πετρώματος.



Εικόνα 2.2: Σχηματική απεικόνιση της ανάπτυξης του πορφύρη (Λούκος 2012)

Μέχρι βάθους 30-50 m από την επιφάνεια, παρατηρείται ένα οξειδωμένο κάλυμμα από μαλαχίτη, αζουρίτη, κυπρίτη, αυτοφυή χαλκό, οξειδία του σιδήρου και λίγο χαλκοπυρίτη, σιδηροπυρίτη και χαλκοσίνη. Στη συνέχεια, η μεταλλοφορία συνήθως συνίσταται από πλέγματα φλεβιδίων χαλκοπυρίτη και από λεπτόκοκκο διάσπαρτο χαλκοπυρίτη με λίγο βορνίτη και ακόμη λιγότερο κοβελίνη, χαλκοσίνη, μολυβδενίτη και σιδηροπυρίτη. Ο μαγνητίτης είναι σύνηθες ορυκτό αυτής της παραγένεσης. Όπως αποδείχθηκε από την ορυκτολογική μελέτη ο χρυσός απαντάται με την μορφή εγκλεισμάτων εντός του χαλκοπυρίτη. Οι περιεκτικότητες του χρυσού συνδέονται άμεσα με τη μεταλλοφορία του χαλκού με υψηλό συντελεστή συσχέτισης, που εξαρτάται από τη λιθολογία.

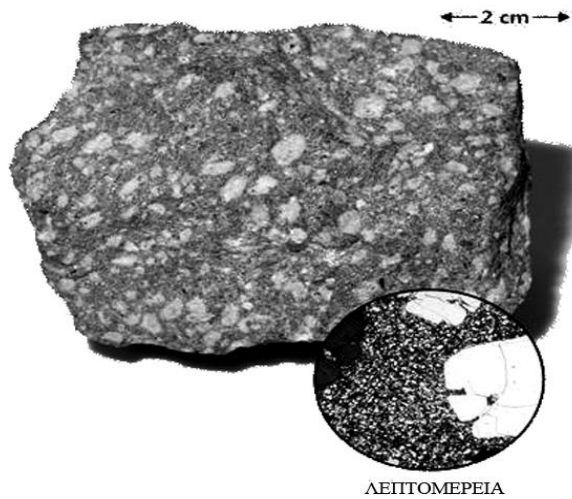
2.3.2 Πορφυρικό κοίτασμα Χαλκού

Τα πορφυριτικά κοιτάσματα αποτελούν σημαντικές πηγές για την παγκόσμια παραγωγή χαλκού, μολυβδαινίου και χρυσού. Ο όρος “πορφυριτικά” εφαρμόστηκε σε αντικατάσταση του όρου “διάσπαρτη μεταλλοφορία”, η οποία προέκυπτε από τον τρόπο ανάπτυξης των μεταλλικών ορυκτών στα φιλοξενούντα πετρώματα. Ένα πορφυριτικό κοίτασμα χαλκού ορίζεται ως εξής:

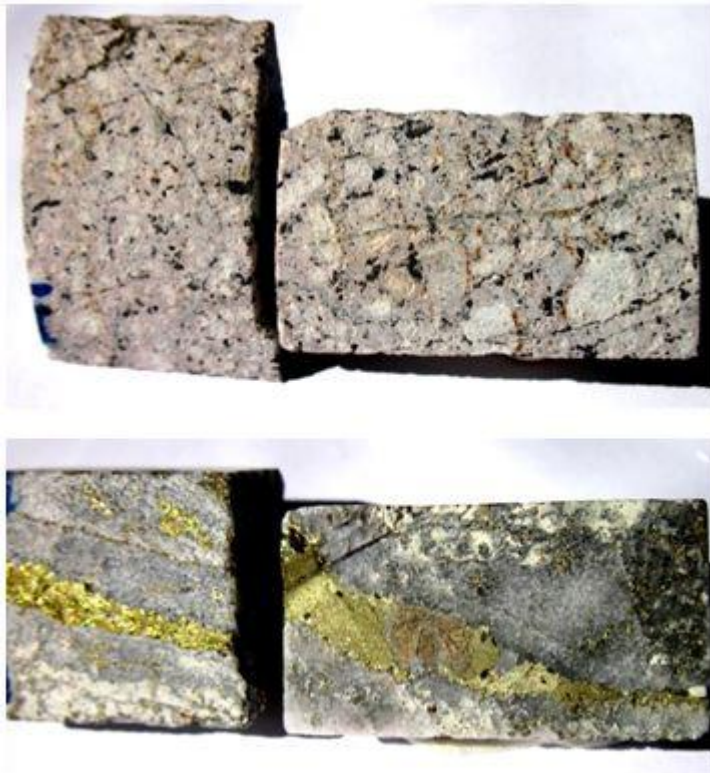
- Ένα κοίτασμα, στο οποίο θειούχες ενώσεις χαλκού εντοπίζονται σε έναν ιστό μικρών φλεβών ως διασκορπισμένοι κόκκοι στις παρακείμενες εξαλλοιώσεις.
- Η εξαλλοίωση και μεταλλογένεση σε βάθη από 1-4 km συνδέονται με θύλακες μάγματος που βρίσκονται σε μικρά βάθη (6-8 km), σε ηφαιστειακά τόξα πάνω από ηπειρωτικά περιθώρια και σε νησιωτικά τόξα.
- Τα πετρώματα που φέρουν τους πορφυριτικούς σχηματισμούς έχουν κυρίως κάθετη κυλινδρική μορφή.
- Τα κοιτάσματα αυτού του τύπου διακρίνονται για το πολύ μεγάλο μέγεθός τους.

Συνήθως, για να ενταχθεί μια μεταλλοφορία αυτού του τύπου σε αυτή την κατηγορία, θα πρέπει να έχει αποθέματα τουλάχιστον 20 εκατ. τόνων με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χαλκό 0.1%. Η ανάπτυξη μεταλλείων με μεταλλοφορία πορφυριτικού τύπου, λόγω της μεγάλης τάξης μεγέθους των αποθεμάτων, οδήγησε σε μείωση της ζητούμενης περιεκτικότητας σε χαλκό των μεταλλευμάτων. Έτσι, ενώ το 19ο αιώνα οι ζητούμενες περιεκτικότητες των εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων σε χαλκό ήταν 5%, σήμερα είναι 0.5%. Είναι γενικά αποδεκτό πως τα πορφυριτικά κοιτάσματα σχηματίζονται κατά την τοποθέτηση ένυδρων μαγμάτων μέσα σε υδατοπερατούς σχηματισμούς σε σχετικά μικρά βάθη. Οι μαγματικές διεισδύσεις προσφέρουν θερμότητα και ενέργεια που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία των ρωγματώσεων και την ανάπτυξη ρευμάτων συστροφής των υδροθερμικών διαλυμάτων. Τα διαλύματα στα κοιτάσματα αυτά έχουν δύο πηγές. Αρχικά, τα μαγματικά ρευστά κυκλοφορούν και στη συνέχεια εισέρχεται μετεωρικό νερό και νερό των πόρων από τα περιβάλλοντα πετρώματα. Η πίεση των υδροθερμικών ρευστών προκαλεί ρωγμάτωση του πορφύρη και των περιβαλλόντων πετρωμάτων. Η κυκλοφορία των υδροθερμικών ρευστών οδηγεί στην απόθεση της αρχικής μεταλλοφορίας και προκαλεί τη δημιουργία του πυρήνα με την καλιούχο ζώνη και την εξωτερική προπυλιτική εξαλλοίωση. Η κυκλοφορία του υπεδαφικού νερού μέσα από ρωγματώσεις του πετρώματος οδηγεί στο σχηματισμό

μιας φυλλοπυριτικής εξαλλοίωσης, η οποία υπερκαλύπτει της προηγούμενες ζώνες (Εικόνα 2.3) (Λούκος 2012)

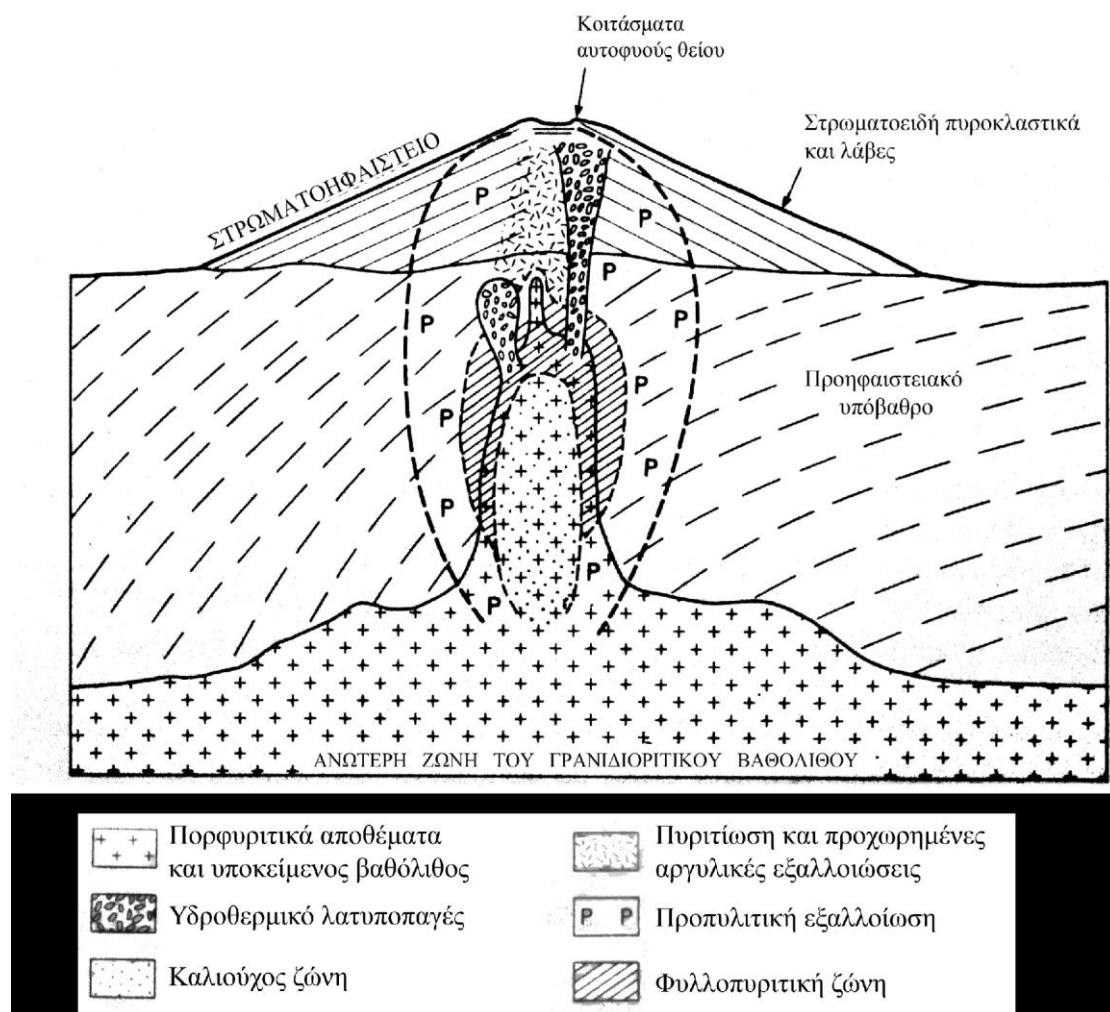


Εικόνα 2.3: Πορφυριτικός Ιστός



Εικόνα 2.4: Πυρήνες γεώτρησης μεταλλοφορίας πορφυρικού χαλκού (άνω) και χαλαζιακά φλεβίδια με μεταλλοφορία χαλκού (κάτω). (Ogykta.gr)

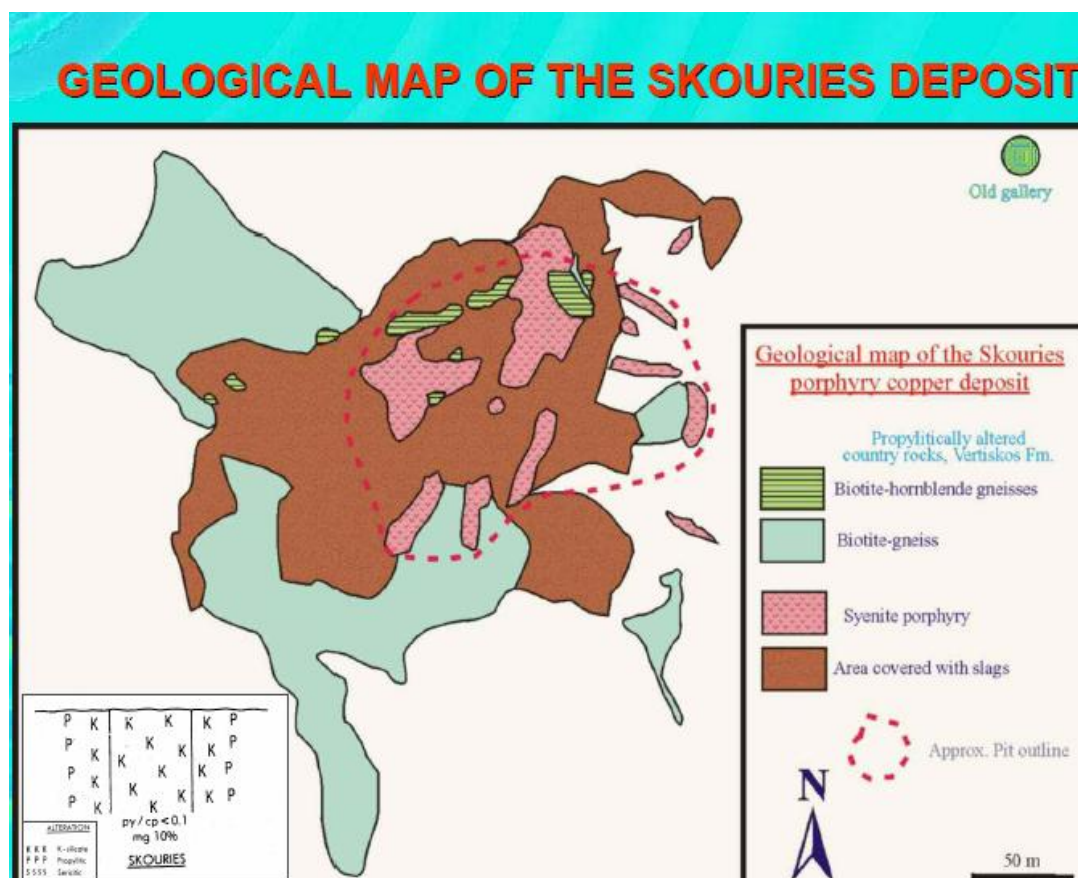
Το φάσμα της κοκκομετρίας του χαλκοπυρίτη στα πορφυριτικά κοιτάσματα κυμαίνεται στην κλίμακα των χιλιοστών και μπορεί να φτάσει από 1 έως 2 cm ενώ σπανιότερα σε πηγματιπικά να είναι μεγαλύτερο των 2cm. Τα περισσότερα πορφυριτικά κοιτάσματα χαλκού εξορύσσονται επιφανειακά και σπανιότερα υπογείως. Τα θειούχα μεταλλεύματα λειοτριβούνται σε μικρή κοκκομετρία και τα ορυκτά χαλκοπυρίτης, βορνίτης, μολυβδαινίτης.



Εικόνα 2.5 : Διαγραμματική παρουσίαση ενός απλού πορφυρικού συστήματος μεταξύ ηφαιστειακού και πλουτωνικού περιβάλλοντος (Λούκος 2012)

2.3.3 Κοίτασμα των Σκουριών

Το κοίτασμα των Σκουριών αποτελεί παγκοσμίου επιπέδου παράδειγμα (word class) για κοιτάσματα πορφυρικού χαλκού. Συνδέεται με συηνιτικό πορφύρη που διείσδυσε στους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και τους γνεύσιους της Σερβομακεδονικής μάζας κατά το Μειόκαινο (19-20 Ma). Το μεταλλοφόρο σώμα έχει μορφή κατακόρυφου σωλήνα (pipe) με σχήμα ελλειπτικό ($180 \times 200 \text{ m}^2$) και βάθος μεγαλύτερο των 700 μέτρων. Ζώνες εξαλλοίωσης είναι καλιούχος και προπυλιτική. Η μεταλλοφορία αποτελείται κυρίως από χαλκοπυρίτη, βορνίτη, σιδηροπυρίτη και μαγνητιτη. Επίσης σε ίχνη χρυσός, γαληνίτης, τετραεδριτης, μολυβδαινιτης, σφαλεριτης, μερενσκυιτης (Pd, Te), συλβανιτης (Au, Ag, Te), εσσιτης (Ag, Te) και Au-τελλουρίδια. Στο ανώτερο τμήμα εντοπίζεται ζώνη οξειδωσης : (15-30 μετρά και ζώνη εμπλουτισμού βάθους 2-3 μέτρα. Θερμοκρασίες σχηματισμού είναι 750°C (ποτασσική ζώνη), 380°C έως 480°C (αρχικό στάδιο της προπυλιτικής ζώνης) και 210°C (τελικό στάδιο της προπυλιτικής ζώνης).



Εικόνα 2.6: Γεωλογικός χάρτης του κοιτάσματος

2.4 ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

Η μεταλλευτική έρευνα, που πραγματοποιήθηκε από την TVX HELLAS με 86.000 μέτρα γεωτρήσεων και μία ερευνητική στοά μήκους 800 μ., προσδιόρισε αποθέματα 130 εκατομμύρια τόνων με περιεκτικότητα 0,88gr/t χρυσό και 0,548 % χαλκό. Σύμφωνα με την εταιρία Ελληνικός Χρυσός Α.Ε και τις νέες γεωλογικές έρευνες τα αποθέματα ανέρχονται συνολικά σε 146,2 εκ. τόνοι μεταλλεύματος με τις ίδιες περιεκτικότητες.

Για την οικονομικότερη απόληψη, καθώς και τη προστασία του περιβάλλοντος στο κοίτασμα των Σκουριών προτάθηκε ένας συνδυασμός μιας ανοιχτή εξόρυξη με διάμετρο εκσκαφής 700 μέτρων και βάθους 220 μέτρων και μιας υπόγεια ανάπτυξη με βάθος 700 μέτρων. Συνολικά το έργο θα διαρκέσει 30 χρόνια. Τα πρώτα 7 χρόνια από την επιφανειακή εξόρυξη απόληψη του κοιτάσματος θα φτάσει το 40 % (γύρω στο 1/3 του κοιτάσματος) ενώ η υπόγεια εκμετάλλευση η απόληψη θα είναι το υπόλοιπο 60 % (γύρω στο 2/3 του κοιτάσματος).

Πρόκειται για ένα παγκοσμίου κλάσης πορφυριτικό κοίτασμα. Η παραγωγή από την επιφανειακή εξόρυξη θα ανέρχεται 140.000 ουγκιές χρυσού, 30.000 τόνοι χαλκού/έτος και από την υπόγεια εξόρυξη η παραγωγή θα είναι 100.000 ουγκιές χρυσού, 22.000 τόνοι χαλκού/έτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΩΡΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια αστοχία εκδηλώνεται με μια βίαιη μετακίνηση μάζας αποτέλεσμα της οποίας είναι η κατολίσθηση τμήματος του πρανού. Στην πραγματικότητα πρόκειται για την αναζήτηση μιας νέας κατάστασης ισορροπίας του εδάφους όταν πλέον οι δυνάμεις αντίστασης ξεπεραστούν από τις δυνάμεις ολίσθησης (Εξαδάκτυλος Γ. 2012)

Οι Leroueil et al.(1996) ανέλυσαν την μετακίνηση ενός πρανού σε τέσσερα στάδια (Εξαδάκτυλος, 2012):

- Τοπικές παραμορφώσεις σχετιζόμενες με μεταβολής τάσεων, μετατοπίσεις και τροπής.
- Έναρξη αστοχίας που χαρακτηρίζεται από μια ασταθής μάζα που διασχίζει την επιφάνεια του πρανού.
- Μετακίνηση ασταθής μάζα με μορφή κατολίσθησης.
- Επανενεργοποίηση του νέου πρανού το οποίο πλέον βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας.

Οι μετακινήσεις πρανών συνήθως οφείλονται σε δυνάμεις βαρύτητας. Παρόλα αυτά υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν μια κατολίσθηση μερικούς από τους οποίους είναι:

- Οι γεωλογικές συνθήκες
- Η τεκτονική της περιοχής και δημιουργία ρηγμάτων
- Οι κλιματικές συνθήκες
- Η πίεση νερού των πόρων
- Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις

3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Η ταξινόμηση του Varnes είναι πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος σήμερα και στην οποία, διατύπωση κατολίσθησης, έχει αντικατασταθεί από τη διατύπωση κίνησης πρηνών, περιλαμβάνοντα ,έτσι, ολισθήσεις, καταπτώσεις, ανατροπές, ροές και εριστικά φαινόμενα .Η ταξινόμηση στηρίζεται στα κριτήρια του τύπου υλικού.

Αναλόγως του τύπου κινήσεως, οι κινήσεις πρηνών διακρίνονται σε (πίνακας 3.1) :

- Καταπτώσεις (falls)
- Ανατροπές (topples)
- Ολισθήσεις(slides)
- Πλευρικές μετατοπίσεις (lateral spreads)
- Ροές (flows)
- Σύνθετες κινήσεις (complex)

Αναλόγως του τύπου του υλικού , οι κινήσεις πρηνών διακρίνονται σε :

- Κινήσεις βραχώδους υποβάθρου (bedrock movements)
- Κινήσεις μηχανικών εδαφών (engineering soil movements) που διακρίνονται σε κορήματα (debris) και γαίες (earth)

ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ (πριν τη κίνηση)		
	ΒΡΑΧΟΣ	ΕΔΑΦΟΣ	
ΠΤΩΣΕΙΣ		ΚΟΡΗΜΑΤΑ	ΓΑΙΕΣ
	Πτώσεις βράχων	Πτώσεις κορημάτων	Πτώσεις γαιών
ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ	Ανατροπές βράχων	Ανατροπές Κορημάτων	Ανατροπές γαιών
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ	Περιστροφική ολίσθηση βράχων	Περιστροφική ολίσθηση κορημάτων	Περιστροφική ολίσθηση γαιών

ΜΕΤΑΘΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ	Μεταθετική ολίσθηση βράχων	Μεταθετική ολίσθηση κορημάτων	Μεταθετική ολίσθηση γαιών
ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΞΑΠΛΩΣΕΙΣ	Πλευρική εξάπλωση βράχων	Πλευρική εξάπλωση κορημάτων	Πλευρική εξάπλωση γαιών
ΡΟΕΣ	Ροη-Ερπυσμός βράχων	Ροη-Ερπυσμός κορημάτων	Ροη-Ερπυσμός γαιών
ΣΥΝΘΕΤΕΣ	Συνδυασμός δυο ή περισσότερων τύπων μετακίνησης		

Πίνακας 3.1 :Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά Varnes

3.2.1 Καταπτώσεις (falls)

Στις καταπτώσεις, μια μάζα (κυρίως πετρώματος αλλά και συνεκτικού εδάφους) οποιουδήποτε μεγέθους, αποσπάται από ένα απότομο εδαφικό ή βραχώδες πρηνές, κατά μήκος μια επιφάνειας, χωρίς ή ελάχιστη διατρητική μετατόπιση και η πτώση γίνεται κυρίως ελεύθερα, με αναπήδηση ή κύλιση στην επιφάνεια του πρηνούς. Η μετακίνηση είναι πολύ μέχρι εξαιρετικά γρήγορη και είναι δυνατό να έχουν προηγηθεί αυτής μικρότερες μετακινήσεις που οδήγησαν στον προοδευτικό αποχωρισμό της μετακινούμενης από το μητρικό πέτρωμα. Το φαινόμενο των καταπτώσεων είναι συνηθισμένο στα απότομα πρηνή συνεκτικών ή βράχων.

3.2.2 Ανατροπές (topples)

Στις ανατροπές η κίνηση είναι μια προς τα έξω περιστροφή της αποσπώμενης μάζας από ένα βραχώδες κυρίως πρηνές, γύρω από σημείο ή άξονα περιστροφής που βρίσκεται χαμηλότερα από το κέντρο βάρους της μετακινούμενης μάζας. Προκαλείται κυρίως από τη βαρύτητα και από τις δυνάμεις που ασκούνται από τα γειτονικά τεμάχια ή από την επίδραση του νερού (υδροστατικές πιέσεις, παγετός) που γεμίζει τις ασυνέχειες και ρωγμές. Η ανατροπή της μάζας εξελίσσεται συνήθως σε πτώση ή ολίσθηση, ανάλογα με τη γεωμετρία του πρηνούς και της μετακινούμενης μάζας, καθώς και της επιφάνειας αποκόλλησης. Η ταχύτητα μετακίνησης μπορεί να είναι εξαιρετικά αργή στα αρχικά στάδια και να μετατραπεί σε εξαιρετικά γρήγορη στα τελευταία στάδια.

Οι GOODMAN and BRAY (1976) και στη συνέχεια οι HOEK and BRAY (1977) με βάση τους μηχανισμούς που συμβάλουν στην εκδήλωση των ανατροπών στο βραχώδες κυρίως σχηματισμούς (ανατροπές βράχων) πρότειναν την παρακάτω ταξινόμηση:

- Ανατροπή λόγω κάμψης (flexural toppling). Σκληρό πέτρωμα αποχωρίζεται σε κολώνες, λόγω της ύπαρξης του ενός καλά αναπτυγμένου και συνήθως μοναδικού υποκατακόρυφου συστήματος ασυνεχειών (ασβεστόλιθος,

ψαμμίτης με καλά ανεπτυγμένη στρώση ή ηφαιστίτες με στυλοειδή κατάτμηση) το ανώτερο τμήμα των οποίων αστοχεί από κάμψη.

- Ανατροπή τεμάχων (block toppling). Είναι ανάλογη της περίπτωσης με την προηγούμενη με τη διάφορα ότι η θραύση και ανατροπή γίνεται λόγω της παρουσίας ενός δευτέρου συστήματος ασυνεχειών , σχεδόν κάθετου στο κύριο, το οποίο παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλη απόσταση.
- Ανατροπή τεμάχων λόγω κάμψης (block- flexural toppling). Σε απότομα βραχώδεις πρηνή, που αποτελούνται κυρίως από λεπτοστρωματώδη κερματισμένα πετρώματα ή σχιστόλιθους, μπορεί να παρατηρηθεί σημαντική κάμψη των στρωμάτων κατά μήκος μιας καλά διαμορφωμένης επιφάνειας η οποία στη συνέχεια είναι δυνατό να αποτελέσει μια επιφάνεια ολίσθησης του βραχώδους πρηνούς. Στη περίπτωση αυτή η κάμψη των στρωμάτων (ψευδοπτύχωση Chevron) γίνεται μια σταθερή γωνία και κατά μήκος όλης της επιφάνειας ανατροπής των στρωμάτων.

3.2.3 Ολισθήσεις (slides)

Στις ολισθήσεις, η μετακίνηση προϋποθέτει κυρίως διατμητική παραμόρφωση και μετατόπιση-θραύση του υλικού κατά μήκος μιας ή περισσότερων επιφανειών, που μπορεί να είναι ορατές ή όχι και να εκδηλώνονται μέσα σε μια σχετικά στενή ζώνη μετακίνηση μπορεί να είναι προοδευτική, δηλαδή η διατμητική θραύση να μην συμβαίνει ταυτόχρονα σε όλη την επιφάνεια που αποτελεί τελικά την επιφάνεια θραύσης, αλλά να επεκτείνεται διαδοχικά πέρα από την αρχική περιοχή τοπικής θραύσης. Η μάζα που μετατοπίζεται μπορεί να ολισθήσει προς τα κατάντη απομακρυνόμενη από την αρχική επιφάνεια θραύσης. Στους βραχώδεις γεωλογικούς σχηματισμούς η ολίσθηση μπορεί να συνίσταται από μετατόπιση- μετακίνηση επάνω σε καλά διαμορφωμένες επιφάνειες συνεχειών (στρώση, διάκλαση , σχιστότητα κ.λπ.), χωρίς να παρατηρείται πρωτογενή θραύση του υλικού οπότε και η επιφάνεια ολίσθησης να είναι σαφώς καθορισμένη. Δυο βασικές κατηγορίες ολισθήσεων υπάρχουν: α) οι περιστροφικές και β) οι μεταθετικές .

3.2.4 Πλευρικές εξαπλώσεις (lateral spreads)

Στις πλευρικές εξαπλώσεις η κίνηση που επικρατεί είναι η πλευρική διάσταση του υλικού που διευκολύνεται από διατμητικές ή εφελκυστικές ρωγμές. Ο όρος «εξάπλωση» προτάθηκε αρχικά από τους TERZACHI and PECK (1948) για τη περιγραφή των απότομων μετακινήσεων υδροφόρων στρωμάτων άμμου ή ιλύος στα όποια υπέρκειται ομογενής στρώματα αργίλου ή τα οποία έχουν φορτίσει από επιχώματα. Αποτέλεσμα αυτών είναι η μετακίνηση αργίλων σε πολύ ομαλό μορφολογικό ανάγλυφο που για δεκαετίες δε παρουσίαζαν κάποιες ενδείξεις για μετακινήσεις τους.

Διακρίνονται οι παρακάτω βασικοί τύποι πλευρικών εξαπλώσεων :

- **Εξάπλωση τεμάχων (block spreads)** όπου βραχώδεις γεωλογικοί σχηματισμοί που υπέρκειται άλλων ασθενέστερων, διαχωρίζονται με κατακόρυφες ρωγμές σε τεμάχη.

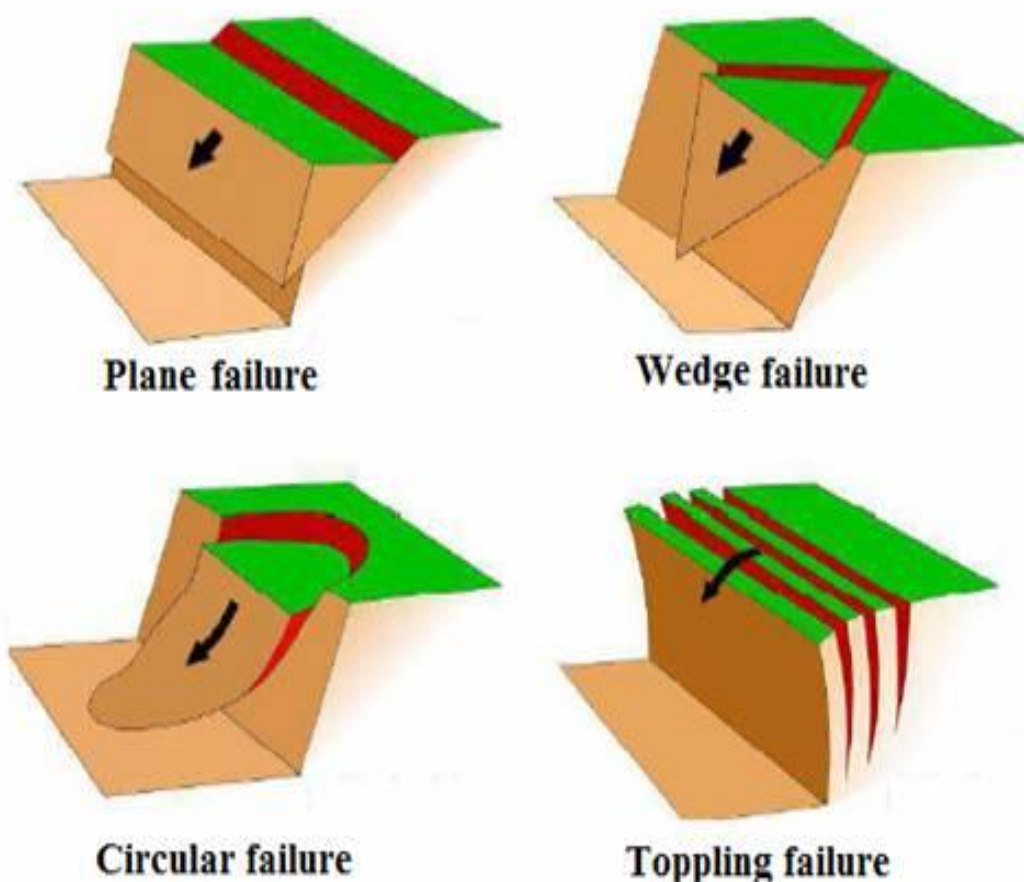
- **Εξαπλώσεις λόγω ρευστοποίησης (liquefaction spread)** που δημιουργούνται κυρίως σε ευαίσθητες αργίλους και ιλύες, οι οποίες παρουσιάζουν απώλεια της αντοχής τους όταν διαταραχθούν και αλλοιωθεί η αρχική τους δομή. Η θραύση είναι συνήθως βαθμιαία, δηλαδή ξεκινά σε μια περιοχή σαν τοπικό φαινόμενο και επεκτείνεται.
- **Σύνθετες πλευρικές εξαπλώσεις (complex spreads)** είναι μετακινήσεις οι οποίες αρχικά παρατηρήθηκαν σε πολλές κοιλάδες της κεντρικής και βόρειας Αγγλίας κατά την κατασκευή φραγμάτων στα τέλη του 19 αιώνα. Τα φαινόμενα αυτά εκδηλώθηκαν ως έντονες παραμορφώσεις σε σχεδόν οριζόντια επιφανειακά σκληρά και διερρηγμένα πετρώματα που υπέρκειται παχιών στρωμάτων σκληρών ρωγματομένων αργίλων ή μαλακών σχιστολίθων τα οποία με τη σειρά τους υπέρκειται κάποιου σκληρού βραχώδους υποβάθρου.

3.2.5 Ροές (flows)

Οι ροές, υγρές ή ξηρές, γρήγορες ή αργές εκδηλώνονται κυρίως σε χαλαρά υλικά. Αντίθετα, στο βραχώδες υπόβαθρο, οι αντίστοιχες μετακινήσεις περιλαμβάνουν τι πολύ αργές παραμορφώσεις που κατανέμονται ανάμεσα σε πολλές, κοντινές ρωγμές-διακλάσεις, καθώς και εκείνες που παρατηρούνται μέσα στη μάζα του πετρώματος και προέρχονται από κάμψη, πτύχωση ή διόγκωση. Σε πολλές περιπτώσεις η κατανομή των ταχυτήτων μετακίνησης πλησιάζει εκείνη των ιξωδών ρευστών και οι κινήσεις μπορεί να περιγραφούν σαν μια μορφή ροής άθικτου πετρώματος.

3.2.6 Σύνθετες μετακινήσεις πρανών (composite slides)

Συνήθως οι μετακινήσεις των πρανών είναι ένας συνδυασμός των κύριων τύπων μετακινήσεων που περιγράφηκαν μέχρι τώρα, που εκδηλώνονται είτε στα διάφορα τμήματα της μετακινούμενης μάζας, είτε στα διάφορα στάδια της εξέλιξης της μετακίνησης. Σαν σύνθετες ολισθήσεις (composite, complex slides) ταξινομούνται αυτές στις οποίες διαφορετικού τύπου μετακινήσεις γίνονται σε διαφορετικές περιοχές της ολισθαίνουσας μάζας, μερικές φορές ταυτόχρονα (CRUDEN and VARNES 1996). Σημειώνεται ότι ιδιαίτερα επικίνδυνες είναι εξαιρετικά γρήγορες πτώσεις και ολισθήσεις βράχων – ροές κορωμάτων που συχνά αναφέρονται και σαν «χιονοστιβάδα από πτώσεις βράχων» (rock-fall avalanche). Ένας τέτοιος τύπος μετακίνησης συνέβη στο Elm της Ελβετίας το έτος 1881 με τεράστιες καταστροφικές συνέπειες.



Εικόνα 3.1 : Αστοχίες Πρανών (www.iitbhu.ac.in)

3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Η μελέτη ευστάθειας των πρανών όσο αναφορά στο βραχώδες υπόβαθρο του νοτιοδυτικού μέρους του ορυχείου, μελετήθηκαν διεξοδικά οι ασυνέχειες της βραχώμαζας με τη βοήθεια της γεωλογικής πυξίδας για τη καταγραφεί διαφόρων παραμέτρων των ασυνεχειών, οι οποίες θα αναφερθούν παρακάτω. Διευκόλυνση Οι καταγραφές αυτές που συλλέχτηκαν από την ύπαιθρο εισήχθησαν στη βάση δεδομένων του dips6.0. Απο το dips θα απεικονισθούν οι στερεογραφικές προβολές, όπου θα βγουν τα συμπεράσματα για την αστοχία ή μη των πρανών, επίσης εάν η αστοχία είναι δεδομένη μπορούμε να ξέρουμε και με ποιο τρόπο.

3.3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Σαν ασυνέχεια (discontinuity) θεωρείται κάθε επίπεδο αδυναμίας βραχόμαζας που διαχωρίζει τα τεμάχια του ακέραιου πετρώματος και η οποία έχει πολύ μικρή ή μηδενική αντοχή σε εφελκυσμό. Οι ασυνέχειες σχηματίζουν δυο κύριες ομάδες:

1. Αυτές που απαντώνται συστηματικά και αποτελούν και ονομαζόμενα συστήματα ασυνεχειών (discontinuity sets). Οι ασυνέχειες σε κάθε συστήματα παρουσιάζουν παρόμοιο προσανατολισμό που οφείλεται κυρίως στις συγκεκριμένες γεωλογικές διεργασίες που προκάλεσαν το σχηματισμό του.
2. Τις μοναδιαίες που δεν συναντώνται συστηματικά τουλάχιστον στη κλίμακα διερεύνησης μια συγκεκριμένης βραχόμαζας, όπως π.χ. τα ρήγματα.

Οι γεωλογικές ασυνέχειες είναι οι παρακάτω :

- **Επίπεδο στρώσης (bedding plane)** που παρουσιάζεται συστηματικά στα ιζηματογενή στρωσιγενή και διαχωρίζει τα ιδιαίτερα στρώματα τους.
- **Σχισμός (cleavage)** που είναι η τάση του πετρώματος να διαχωρίζεται κατά διακεκριμένα, παράλληλα, πυκνή διάταξη επίπεδα.
- **Φύλλωση (foliation)** που είναι το αποτέλεσμα του προσανατολισμού των διαφορετικών ορυκτών σε παράλληλα επίπεδα ή της διάταξης ενός πυκνού δικτύου παραλλήλων μικρορώγμων στα λεπτόκοκκα πετρώματα.
- **Σχιστότητα (schistosity)** που είναι μια φύλλωση που απαντάται σε χονδρόκοκκο κυρίως πέτρωμα.
- **Διάκλαση (joint)** που είναι ένα επίπεδο θραύσης της βραχόμαζας κατά μήκους του οποίου δεν έχει σημειωθεί σχετική μετακίνηση των τοιχωμάτων. Σε μερικές περιπτώσεις βεβαία παρατηρείται μικρή μετακίνηση των τοιχωμάτων με αποτέλεσμα το σχηματισμό λείων επιφανειών ή/ και γραμμώσεων (slickensides)
- **Ρήγμα (fault)** που είναι ένα επίπεδο θραύσης κατά μήκος του οποίου έχει σημειωθεί σχετική κίνηση. Οι επιφάνειες του ρήγματος εμφανίζονται λείες με γραμμώσεις και συνήθως μεταξύ των επιφανειών ρηγμάτωσης αναπτύσσεται τεκτονικό λατυποπαγές λόγω της τριβής και της θραύσης του πετρώματος.

3.3.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Η ημιποσοτική περιγραφή των ασυνεχειών γίνεται με βάση τις παρακάτω παραμέτρους οι οποίες προτείνονται και προσδιορίζονται από τη Διεθνή Ένωση Βραχομηχανικής (I.S.R.M. 1981) :

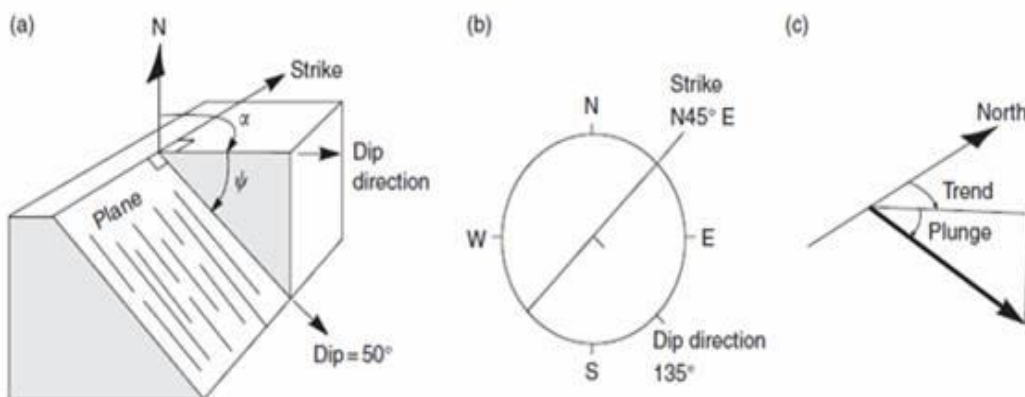
1. Προσανατολισμός (orientation) :
2. Απόσταση (spacing)

3. Εξάπλωση-Συνέχεια (persistence-continuity)
4. Αντοχή τοιχωμάτων (wall strength)
5. Τραχύτητα (roughness)
6. Άνοιγμα (aperture)
7. Υλικό πλήρωσης (filling)
8. Συνθήκες υπόγειου νερού (seepage)

Προσανατολισμός (orientation)

Για πρακτικούς λόγους οι ασυνέχειες μπορούν να θεωρηθούν σαν επίπεδες επιφάνειες, έτσι που ο προσανατολισμός τους στο χώρο μπορεί να περιγραφεί με δυο αριθμούς γωνιών. Θα πρέπει να ξεκαθαριστεί με σαφήνεια ο τρόπος καταγραφής του προσανατολισμού των ασυνεχειών καθώς συνύπαρξη γενικά κάποια σύγχυση. Ένα επίπεδο στο χώρο μπορεί να περιγραφεί, σε ότι αφορά τον προσανατολισμό του, με τα παρακάτω γεωμετρικά μεγέθη :

- **Παράταξη (strike)** : Είναι το ίχνος (η τομή) του επιπέδου της ασυνέχειας με το οριζόντιο επίπεδο αναφοράς και το μέτρο της ισούται με τη γωνία που σχηματίζει η τομή αυτή με το γεωμετρικό βορά.
- **Μεγίστη κλίση (dip)**: Είναι η γωνία του επιπέδου της ασυνέχειας με το οριζόντιο επίπεδο. Μετρείται στο κατακόρυφο επίπεδο που είναι κάθετο στη παράταξη και αποτελεί την πραγματική κλίση (true dip). Η μέτρηση σε οποιοδήποτε άλλο επίπεδο αποτελεί τη φαινόμενη κλίση (apparent dip) που είναι μικρότερη της πραγματικής. Οι τιμές της κλίσης κυμαίνονται προφανώς από 0° μέχρι 90° .
- **Φορά ή διεύθυνση μέγιστης κλίσης (dip direction)**: Είναι η γωνία που σχηματίζει η προβολή της μέγιστης κλίσης στο οριζόντιο επίπεδο με το γεωγραφικό βορά. Μετρείται δεξιόστροφα από το βορά, παίρνει τιμές από 0 μέχρι 360 και είναι πάντα κάθετη στη παράταξη του επιπέδου.



Εικόνα 3.2 : Προσδιορισμός γεωμετρικών όρων προσανατολισμού ασυνεχειών. (www.iitbhu.ac.in)

Απόσταση (spacing)

Η απόσταση μεταξύ των συνεχειών ελέγχει το μέγεθος των τεμάχων στα οποία αποχωρίζεται η βραχόμαζας. Η αστοχία ενός πρανούς από επίπεδη ολίσθηση μπορεί να μετατρέπεται σε περιστροφική όταν η απόσταση μεταξύ των συνεχειών γίνει υπερβολικά μικρή. Η παράμετρος αυτή καθορίζει επίσης τη μακροδιαπερατότητα των πετρωμάτων. Οι μετρήσεις της απόστασης γίνονται με μετροταινία-μέτρο, συνήθως κάθετα στο συγκεκριμένο σύστημα συνεχειών που αναφέρονται.

Εξάπλωση-Συνέχεια (persistence-continuity)

Ο παράγοντας αυτός καθορίζει κατά πόσο μια ασυνέχεια τέμνει σε όλη της την έκταση της βραχόμαζας. Στη περίπτωση που η ασυνέχεια είναι συνεχής (δηλαδή τέμνει τη βραχόμαζας σε όλη την ορατή της έκταση) η αστοχία ενός πρανούς μπορεί να λάβει χώρα με ολίσθηση πάνω στην επιφάνεια της ασυνέχειας αυτής. Όταν όμως η ασυνέχεια δεν είναι συνεχής, αλλά διακόπτεται από άλλες τότε η αστοχία πιθανόν να λάβει χώρα σε σύνθετη επιφάνεια. Οι μετρήσεις της ασυνέχειας γίνονται με μετροταινία-μέτρο τουλάχιστον 10m μήκους ή εκτιμώνται και μακροσκοπικά σε σχέση πάντα με το εύρος της επιφανειακής εξάπλωσης της βραχόμαζας.

Αντοχή (wall strength)

Η αντοχή των πετρωμάτων των συνεχειών είναι συνήθως μικρότερη από αυτή του ακέραιου πετρώματος. Αυτό οφείλεται στην αποσάθρωση που υφίστανται οι επιφάνειες αυτές (τοιχώματα) με αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό του πετρώματος, τη δημιουργία αργιλικών ορυκτών και η διάλυση των πετρωμάτων στη περίπτωση που συνίστανται από ανθρακικά ή αλατούχα ορυκτά. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη (μονοαξονική) θλίψη των τοιχωμάτων των συνεχειών μπορεί έμμεσα να προσδιοριστεί με τη χρήση του σφυριού Schmidt τύπου L.

Τραχύτητα (roughness)

Μια επιφάνεια ασυνέχειας πετρώματος είναι γνωστό ότι πολύ δύσκολα θα είναι λεία. Συνήθως χαρακτηρίζεται από μια μεγάλη μήκους κυμάτωση, αλλά και μια μικρότερη ανωμαλία την τραχύτητα. Η τραχύτητα σαν γενικός όρος που περιλαμβάνει και τους δυο τύπους ανωμαλίας της επιφάνειας της ασυνέχειας είναι σημαντική για την αντοχή σε διάτμηση(η γωνία τριβής της ασυνέχειας είναι ίση με το άθροισμα $\phi_b + i$ όπου ϕ_b είναι βασική γωνία τριβής του υλικού και i είναι η γωνία της κύριας ανωμαλίας της ασυνέχειας.

Η διάκριση των ασυνεχειών από πλευράς τραχύτητας είναι ποιοτική, με όρους όπως:

- Πολύ τραχεία
- Τραχεία
- Ελαφρά τραχεία
- Ομαλή

- Λεία ή ολισθηρή

Άνοιγμα (aperture)

Άνοιγμα καλείται η κάθετη απόσταση μεταξύ των τοιχωμάτων μιας ασυνέχειας. Μια ασυνέχεια μπορεί να είναι ανοικτή, κλειστή ή επουλωμένη με υλικά πλήρωσης όπως άργιλος, ιλύς, χλωρίτης, ασβεστίτης, λατυποπαγές κ.λπ. Οι μετρήσεις του ανοίγματος πρέπει να γίνονται προσεκτικά και να λαμβάνονται υπόψη εξωγενείς παράγοντες που έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κοντά στην επιφάνεια (εκτόνωση τάσεων, αποσαθρώσει, χρήση εκρηκτικών). Μια ασυνέχεια μπορεί να είναι από πολύ κλειστή μέχρι εξαιρετικά πλατιά και ταξινομείται ημιποσοτικά.

Ανάλογα με το άνοιγμα ταξινομούνται σε :

- Πολύ κλειστές (<0,1 mm)
- Κλειστές (0,1-0,25 mm)
- Μερικά ανοιχτές (0,25-0,50 mm)
- Ανοιχτές (0,50-2,5 mm)
- Μέτρια ευρείες (2,5-10 mm)
- Ευρείες (>10mm)
- Πολύ ευρείες (1-10 cm)
- Εξαιρετικά ευρείες (10-100 cm)
- Σπηλαιώδεις (>100 cm)

Υλικό πλήρωσης (filling)

Υλικό πλήρωσης είναι υλικό που διαχωρίζει τα τοιχώματα μιας ασυνέχειας και μπορεί να είναι ασβεστιτικό, αργιλικό, αμώδες, ιλυώδες κ.λπ. Το είδος και το πάχος του υλικού αυτού καθορίζουν τη διατμητική αντοχή της ασυνέχειας καθώς επίσης την παραμορφωσιμότητα και τη διαπερατότητα της.

Συνθήκες υπόγειου νερού (seepage)

Το νερό που κυκλοφορεί στις ασυνέχειες προκαλεί υδραυλικές, φυσικές, μηχανικές και χημικές δράσεις οι οποίες αποτελούν σημαντικούς παράγοντες στη μηχανική συμπεριφορά της βραχώμαζας (αντοχή, παραμορφωσιμότητα, ανθεκτικότητα στο χρόνο κ.λπ.). Ο όρος της παρουσίας του υπόγειου νερού στις ασυνέχειες μπορεί κυρίως να προκαλέσει :

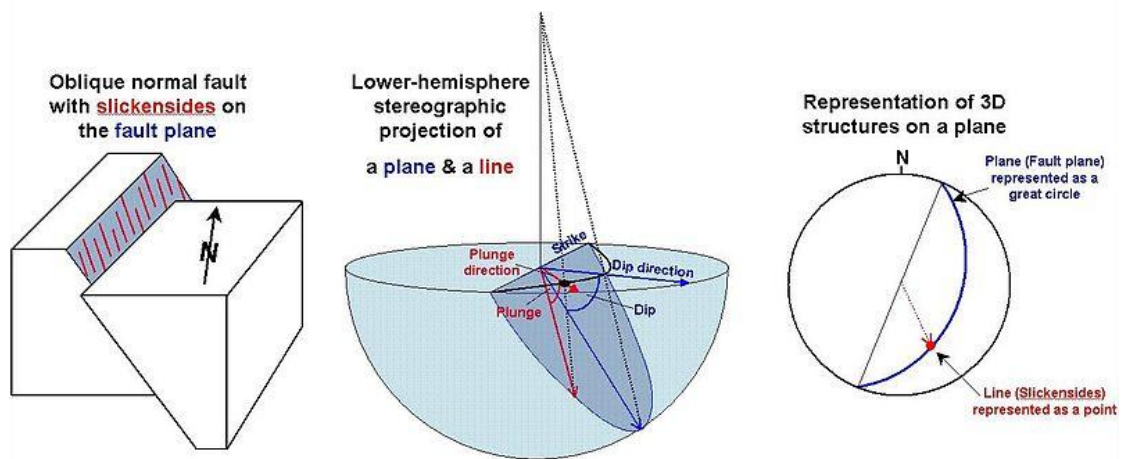
- Σημαντικές μεταβολές στην ενεργή αντοχή της βραχώμαζας.

- Διαβρωτικές δράσεις και γενικά πρόκληση ποιοτική αλλοίωση της βραχόμαζας (αποσάθρωση, καρστοποίηση, μείωση ανθεκτικότητας κ.λπ.

3.3.3 ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΒΟΛΗ

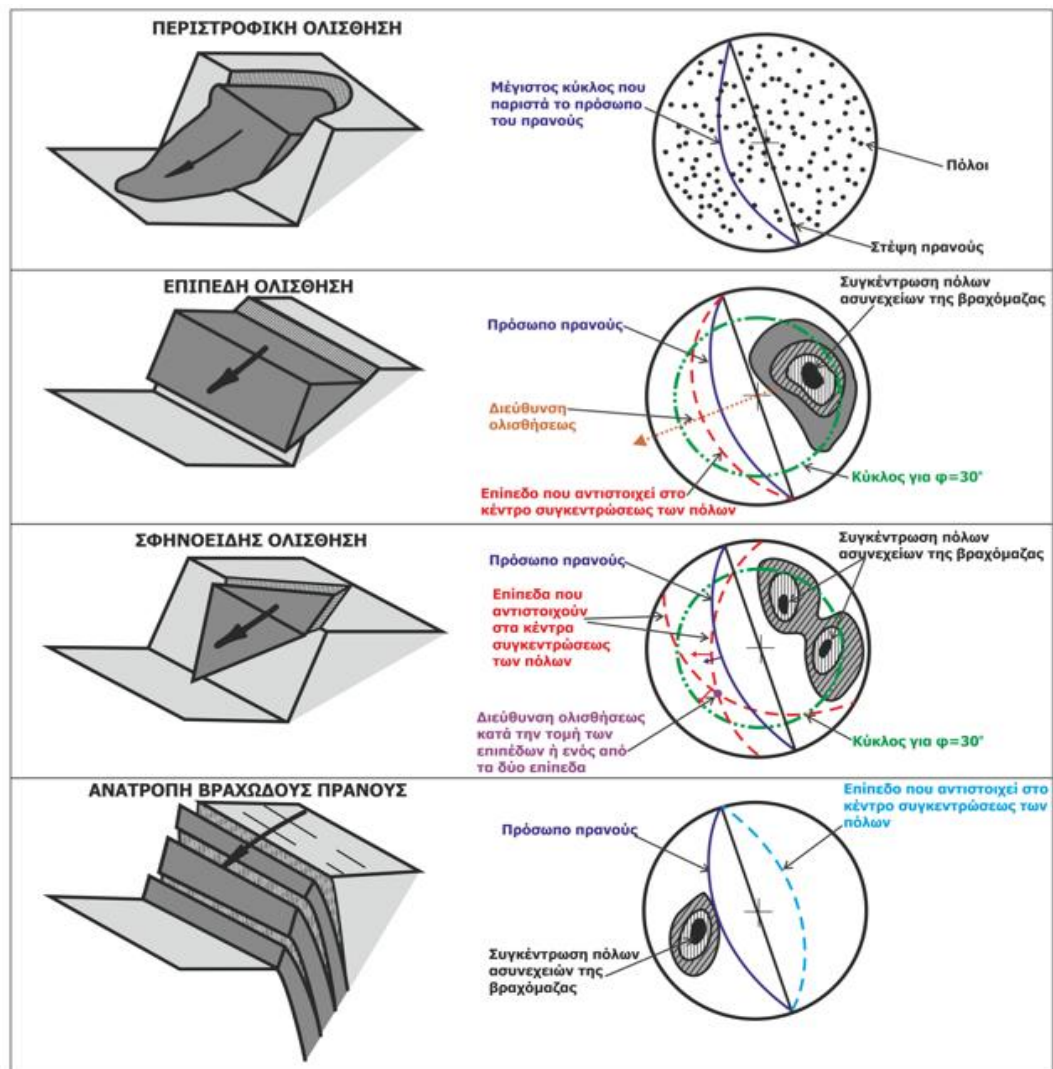
Για την παρουσίαση και στατιστική επεξεργασία του προσανατολισμού των επιπέδων των ασυνεχειών χρησιμοποιείται το ισο-εμβαδικό στερεοδιάγραμμα (Δίκτυο Schmidt ή Δίκτυο Lambert), καθόσον επιτρέπει την ακριβέστερη σχετικά επεξεργασία μεγάλου αριθμού μετρήσεων. Σκοπός της επεξεργασίας αυτής είναι ο προσδιορισμός του αριθμού των κύριων συστημάτων ασυνεχειών (discontinuity sets) που διατέμνουν τη βραχόμαζα καθώς επίσης και ο αντίστοιχος μέσος προσανατολισμός τους. Είναι προφανές ότι απαιτείται σωστή και συστηματική δειγματοληψία μετρήσεων προσανατολισμού των ασυνεχειών που πρέπει να υπερβεί τουλάχιστον τις 100 ανά θέση, όπως τουλάχιστον ορίζεται από τις αντίστοιχες τεχνικές προδιαγραφές γεωλογικών εργασιών του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. Ε1004-85.

Η παρουσίαση και η στατιστική επεξεργασία του προσανατολισμού των επιπέδων των ασυνεχειών μπορεί να γίνει με τη χρήση των σφαιρικών προβολών. Αυτές αποτελούν ένα εντελώς πολύτιμο μέσο για τους υπολογισμούς και έχουν σαν αποτέλεσμα την πρακτική, γρήγορη και εύκολη εκτίμηση της επίλυσης γεωμετρικών προβλημάτων σε τρεις διαστάσεις (π.χ. της ευστάθειας των βραχωδών πρηνών, σιηράγγων αλλά και πλήθους άλλων γεωλογικών και θεωρητικών ή εφαρμοσμένων προβλημάτων).



Εικόνα 3.3 :Απεικόνιση επιπέδου στη στερεογραφική προβολή (<https://commons.wikimedia.org>)

Γενικά η αρχή της σφαιρικής προβολής (Εικόνα 3.2) .Υποθέτουμε μια σφαίρα αναφοράς ελεύθερη να μετατοπιστεί στο χώρο αλλά όχι ελεύθερη να περιστραφεί σε οποιαδήποτε κατεύθυνση, έτσι ώστε κάθε ακτίνα της να έχει συγκεκριμένη θέση στο χώρο .Αν το κέντρο της βρεθεί σε μια ασυνέχεια, τότε ο μέγιστος κύκλος τομής επίπεδου και σφαίρας καθορίζει μοναδικά τον προσανατολισμό του επίπεδου αυτού στο χώρο. Έκτος από το μέγιστο κύκλο, ο προσανατολισμός του επίπεδου μπορεί να καθοριστεί και από τον πόλο του δηλαδή το σημείο που μια ακτίνας κάθετη στο επίπεδο τέμνει τη σφαίρα.



Εικόνα 3.4 : Βασικοί τύποι ολισθήσεων βραχωδών πρηνών και αντίστοιχα διαγράμματα στατιστικής επεξεργασίας πόλων ασυνεχειών – αποτύπωσης κύριων επιπέδων (από HOEK and BRAY 1973).

3.3.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ

Με τη γεωλογική πυξίδα μπορούμε να μετρήσουμε τα στοιχεία των επιπέδων των γεωλογικών επιφανειών (στρώση, σχιστότητα, ρήγματα, διακλάσεις κλπ.) καθώς και τα στοιχεία γραμμικών δομών (άξονες πτυχών, τεκτονικές γραμμώσεις, γραμμές προστριβής κλπ.). Η γεωλογική πυξίδα έχει αρκετές ιδιαιτερότητες, σε σχέση με μια απλή πυξίδα και είναι έτσι φτιαγμένη ώστε με μία μόνο μέτρηση να παίρνουμε απ' ευθείας και την τιμή αλλά και τη φορά της μέγιστης κλίσης (και άρα εμμέσως και τη διεύθυνση) για τις επιφάνειες, ή την τιμή και τη φορά της βύθισης για τα γραμμικά στοιχεία. Μπορούμε επίσης να μετρήσουμε απ' ευθείας τη διεύθυνση των επιφανειών και των γραμμώσεων, αλλά και να πραγματοποιήσουμε μια σειρά από χρήσιμες εργασίες στην ύπαιθρο, όπως προσανατολισμό χάρτη, εύρεση αζιμουθίων, υπολογισμό μορφολογικών κλίσεων κ.λπ.

3.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Ο μηχανισμός εκδήλωσης μια κατολίσθησης περιλαμβάνει γενικά μια αλληλουχία γεγονότων που αρχίζουν με την επίδραση διαφόρων αιτιών, που επηρεάζουν τις συνθήκες ισορροπίας του πρανού και προκαλούν τη διατάραξη του με το τελικό αποτέλεσμα τη θραύση και τη μετακίνηση αυτού.

Σπάνια μπορεί να αποδοθεί μια κατολίσθηση σε ένα και μοναδικό αίτιο. Η διαδικασία που οδηγεί στην ανάπτυξη μια μετακίνησης πρανού αρχίζει θεωρητικά με το σχηματισμό του ιδίου του γεωλογικού υλικού από το οποίο αποτελείται το πρανές, όταν καθορίζονται οι βασικές φυσικές του ιδιότητες και περιλαμβάνει όλα τα επακόλουθα γεγονότα των μετακινήσεων του φλοιού, της διάβρωσης και της αποσάθρωσης. Τελικά, κάποια συγκεκριμένη δράση, ίσως ασήμαντη, προκαλεί την ύπαρξη της μετακίνησης του γεωλογικού υλικού προς τα κατόντη. Η δράση αυτή όμως, δε μπορεί να θεωρηθεί σαν η κύρια αιτία, έστω και αν ήταν αναγκαία, μέσα στην αλυσίδα των γεγονότων.

3.5 ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Η διαχείριση των καταστροφών τόσο από φυσικούς όσο και από ανθρωπογενής παράγοντες αποτελεί τα τελευταία χρόνια αντικείμενο αυξημένου ενδιαφέροντος. Το φαινόμενο της αστοχίας είναι μη αντιστρεπτό και τα αποτελέσματα του έχουν κοστίσει ακόμη και ανθρώπινες ζωές. Πολλές φορές όμως μπορεί να είναι

προβλέψιμο. Παρόλα αυτά οι συνέπειες του είναι εξίσου σημαντικές. Μια αστοχία εμποδίζει την καλώς λειτουργία του ορυχείου καθυστερώντας τις διαδικασίες παραγωγής. Επιφέρει επιπλέον έξοδα και χρόνο εργασία και απαιτεί τον επαναπροσδιορισμό του σχεδιασμού της εκμετάλλευσης. Γι' αυτό και ο σωστός σχεδιασμός εκμετάλλευσης ενός ορυχείου προϋποθέτει τόσο την σωστή πρόβλεψη ώστε να μην πραγματοποιηθεί μια αστοχία όσο και την ακριβή ανάλυση για την αποφυγή μελλοντικών αστοχιών. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η μεγάλη κατολίσθηση στο Gyama Mine στην Κίνα τον Μάρτιο του 2013 που κόστισε τις ζωές 83 ανθρώπων. Παρόμοιες περιπτώσεις αστοχιών που προκάλεσαν σημαντικά προβλήματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.

Όνομα	Πόλη-Χώρα	Μετάλλευμα	Μέγεθος	Αποτέλεσμα προβλημάτων	Βιβλιογραφία
Bingham Canyon	Utah-ΗΠΑ	Χαλκός	970m βάθος 4km πλάτος	Μετακίνηση 65Mm ³ ,Κανύνας τραυματισμός	Pankow,et al., (2013)
Gyama Mine	Medrogungkar Θιβέτ-Κίνα	Πολυμεταλλικός (χρυσός, χαλκός, ψευδάργυρος κ.λπ.)	824m ύψος, 1980m μήκος	Μετακίνηση 2M m ³ , 83 θανάσιμοι τραυματισμοί	EDD, (2013)
Kumtor Mine	Issyk Kul Province- Κιργιστάν	Χρυσός	3.900- 4.000m υψόμετρο	Μετακίνηση 1Mt άγονου πετρώματος και 100M m ³ πάγου	Torgoev and Omoron, (2014)
Chuquicamat a Mine	Χιλή, Ανατολική Αμερική	Χαλκός	850m βάθος	Μετακίνηση 1.5M t	Henriquez V, (2010)
Çöllolar Mine	Τουρκία	Λιγνίτης	690m μήκος 870m πλάτος	Καταστροφή δρόμων 10 θανάσιμοι τραυματισμοί	Unitar, (2011)

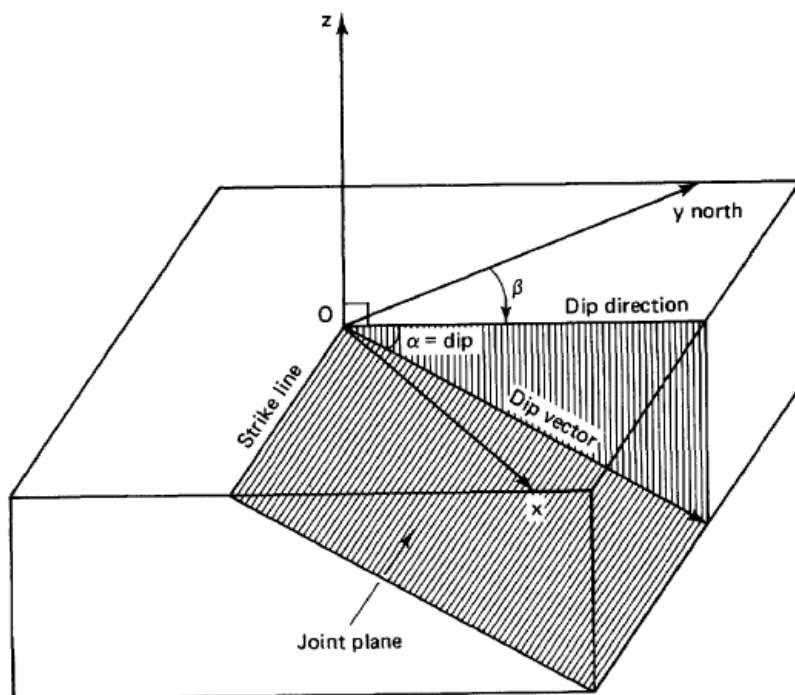
Πίνακας 3.2 : Αστοχίες παγκόσμιας κλίμακας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 :ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΡΟΒΟΛΗΣ

4.1 Εισαγωγή

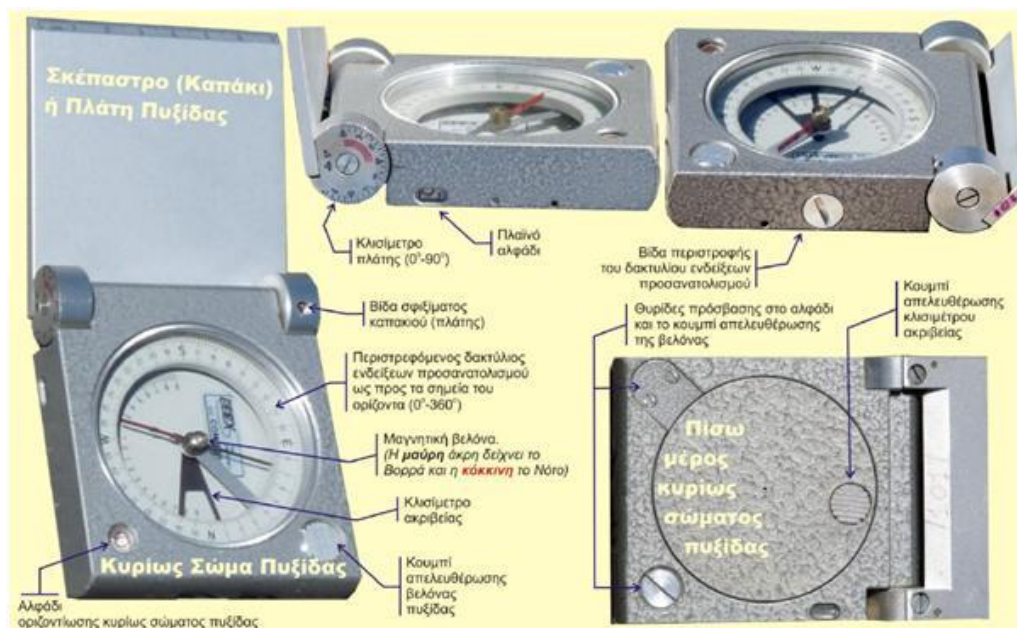
Στόχος της ανάλυσης των δεδομένων προσανατολισμού των ασυνεχειών είναι να εντοπισθούν οι πιο πιθανοί μηχανισμοί αστοχίας που αναλύονται παρακάτω. Τα δεδομένα προσανατολισμού των ασυνεχειών (κλίση και διεύθυνση της κλίσης) ελήφθησαν από τρεις προσανατολισμένες γεωτρήσεις (Γεώτρηση SLOS04, Γεώτρηση SLOS06, και Γεώτρηση SOPG147). Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι αυτή της στερεογραφικής προβολής.

Ο προσανατολισμός μιας ασυνέχειας περιγράφεται ποσοτικά πλήρως από την διεύθυνση της κλίσης και την κλίση της σύμφωνα με τις λεπτομέρειες του Εικόνα 4.1.

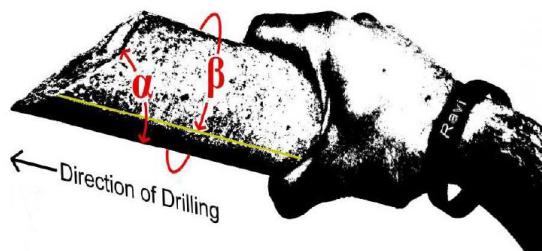
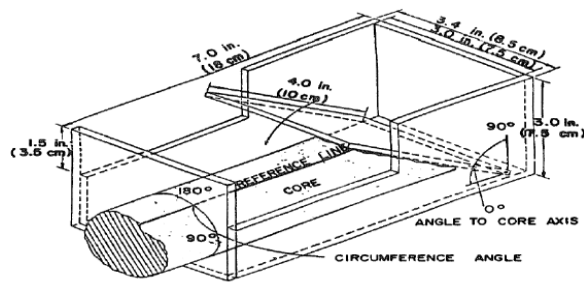


Εικόνα 4.1. Διεύθυνση κλίσης (β) και κλίση (α) επιπέδου ασυνέχειας. Η διεύθυνση της κλίσης εκφράζεται με ένα 3-ψήφιο αριθμό σε μοίρες, και η κλίση με ένα 2-ψήφιο αριθμό σε μοίρες. (Goodman R. and Shi G-S 1985)

Ο προσανατολισμός μιας ασυνέχειας στο χώρο μετράται με δύο τρόπους:
 (α) με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας (Εικόνα 4.2)
 (β) με χρήση ειδικού εξοπλισμού σε πυρήνες από προσανατολισμένες γεωτρήσεις (Εικόνα 4.3).

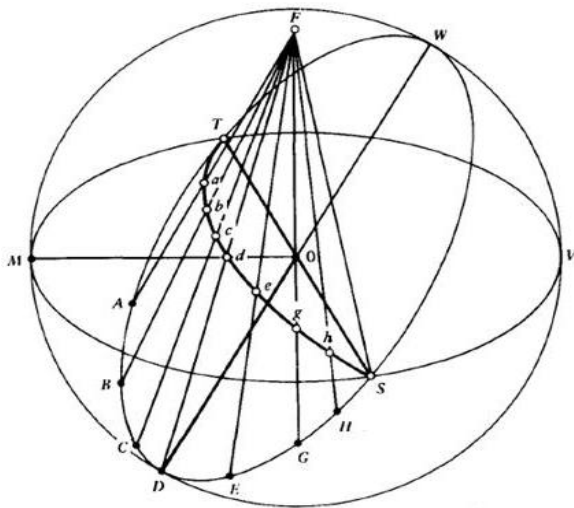


Εικόνα 4.2. Μαγνητική πυξίδα τύπου Freiberg.

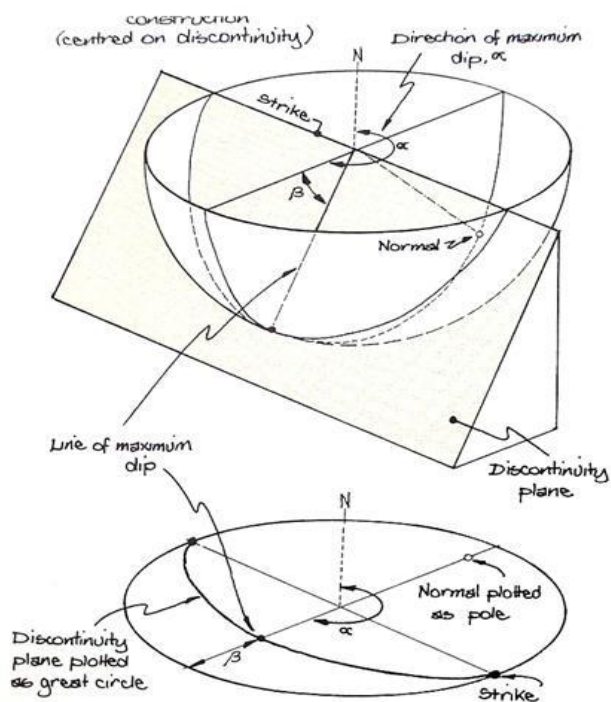


Εικόνα 4.3. (α) Μέτρηση της γωνίας με γωνιόμετρο, και (β) Στην περίπτωση προσανατολισμένης γεώτρησης οι μετρούμενες γωνίες β και α δίνουν κατευθείαν την διεύθυνση της κλίσης (dip direction) και την κλίση (dip) μιας ασυνέχειας.

Η στερεογραφική προβολή μιας ασυνέχειας με γνωστό προσανατολισμό έχει τη μορφή ίχνους που αποτελεί τόξο κύκλου πάνω στον επίπεδο του Ισημερινού (Equatorial plane) το οποίο σχηματίζεται με την ένωση των σημείων κατά μήκος του ίχνους μιας ασυνέχειας στο κατώτερο (ή ανώτερο) ημισφαίριο και του πόλου (**focal point**) F στον Βόρειο Πόλο της σφαίρας (ή στο Νότιο για προβολή στο άνω ημισφαίριο) σύμφωνα με τις λεπτομέρειες του Εικόνα 4.4 και του Εικόνα 4.5.



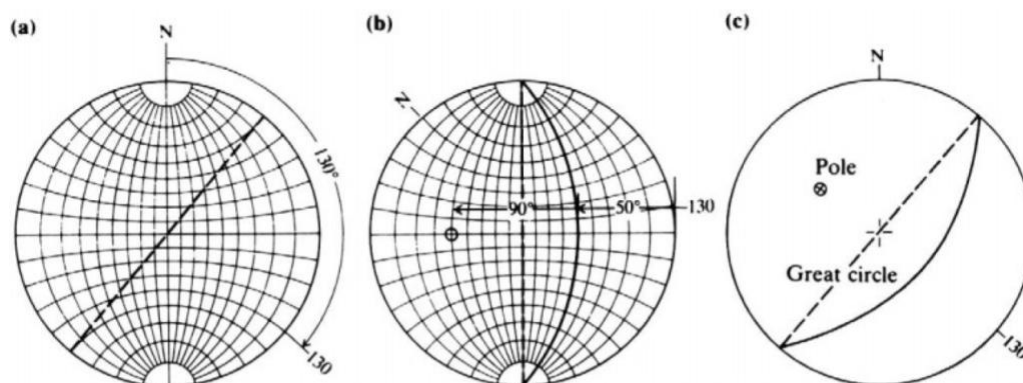
Εικόνα 4.4. Στερεογραφική προβολή επιπέδου ασυνέχειας στο κατώτερο ημισφαίριο. (Hoek and Bray, 1973)



Εικόνα 4.5. Τρόπος κατασκευής της στερεογραφικής προβολής μιας ασυνέχειας με τη μορφή μεγάλου κύκλου και πόλου.
Γενικά υπάρχουν δύο τρόποι δημιουργίας μια στερεογραφικής προβολής. (Hoek and Bray, 1973)

1ος τρόπος: Στερεογραφική προβολή με έτοιμο δίκτυο και διαφανές χαρτί

Σύμφωνα με αυτό τον τρόπο γίνεται η σχεδίαση του μεγάλου κύκλου και του πόλου επιπέδου ($130^\circ/50^\circ$) πάνω στον μεσημβρινό σε τρία διαδοχικά βήματα χρησιμοποιώντας έτοιμο δίκτυο προβολών γεωγρ. μήκους και πλάτους από κάτω και διαφανές χαρτί από πάνω (Εικόνα 4.6).

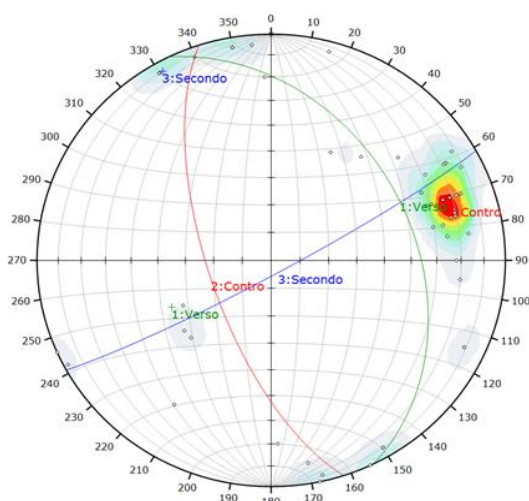


Εικόνα 4.6. Οι περιφέρειες των μέγιστων κύκλων που περιλαμβάνουν τον άξονα της σφαίρας (άρα και τους πόλους) καλούνται γήινοι **Μεσημβρινοί** (Meridians) και επομένως είναι κάθετοι στον ισημερινό (Goodman)

Εκτός από τον μεγάλο κύκλο, συνήθως γίνεται και η στερεογραφική προβολή του κάθετου διανύσματος στο επίπεδο της ασυνέχειας, ήτοι του πόλου (pole). Η προβολή του πόλου χρειάζεται όταν κάνουμε πολλές προβολές επιπέδων ασυνεχειών και θέλουμε να τις επιμερίσουμε σε διαφορετικές οικογένειες. Άρα για τον εντοπισμό των διαφορετικών οικογενειών ασυνεχειών χρειαζόμαστε τους πόλους.

2ος τρόπος: Στερεογραφική προβολή με το πρόγραμμα H/Y Dips™ της RockScience.

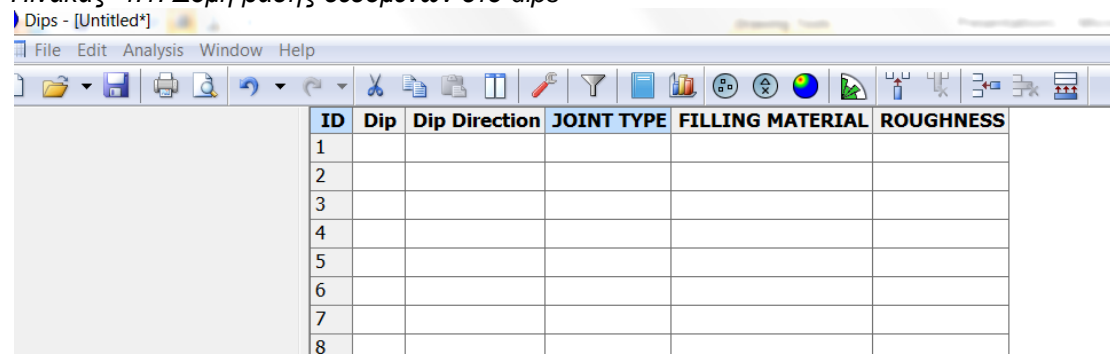
Σ' αυτήν την περίπτωση δημιουργείται βάση δεδομένων προσανατολισμού των ασυνεχειών όπως φαίνεται στον Πίν. 4.1 και η στερεογραφική προβολή γίνεται αυτόματα (βλ. Εικόνα. 4.6).



Εικόνα 4.7. Μεγάλοι κύκλοι τριών οικογενειών ασυνεχειών και πόλοι

Το πρόγραμμα dips™ δίνει τη δυνατότητα να αποθηκεύεις εκτός από την διεύθυνση κλίσης και κλίση και άλλα χαρακτηριστικά μιας ασυνέχειας (αν τα χρειάζεσαι για την ταξινόμηση των ασυνεχειών σε οικογένειες) όπως δείχνει το παρακάτω φύλλο excel του Πίν. 4.1.

Πίνακας 4.1. Δομή βάσης δεδομένων στο dips™

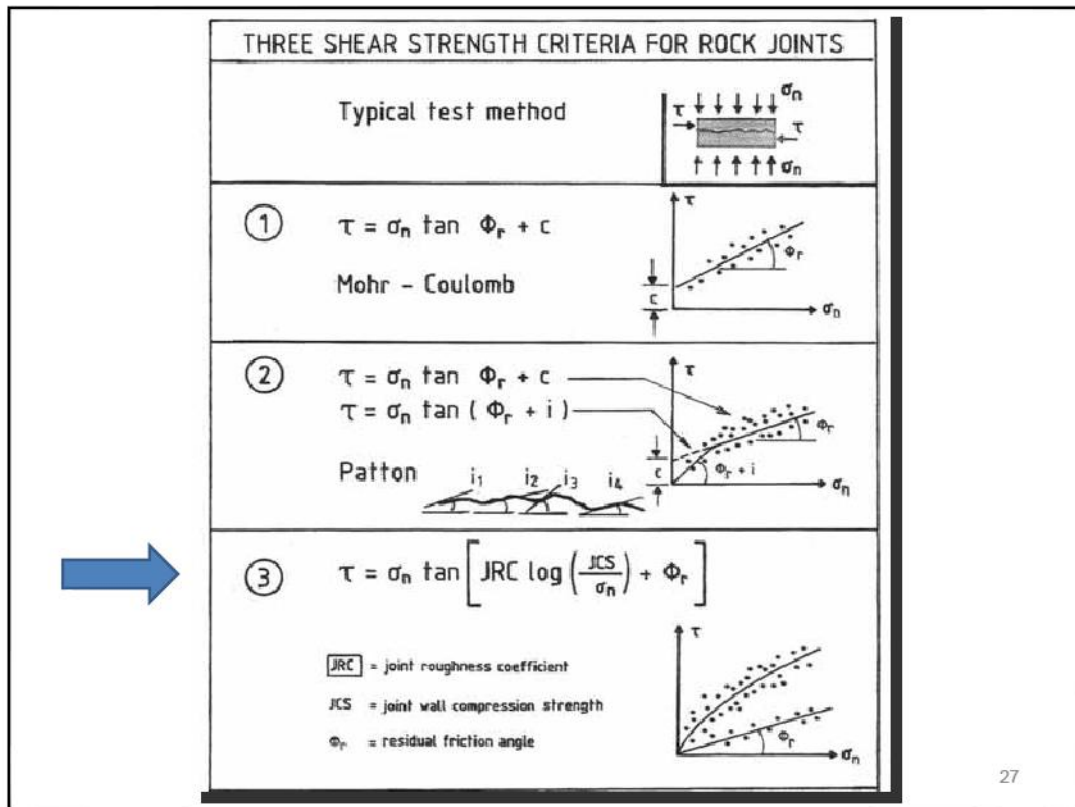


ID	Dip	Dip Direction	JOINT TYPE	FILLING MATERIAL	ROUGHNESS
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Αφού κατασκευασθούν οι στερεογραφικές προβολές των ασυνεχειών όλων των θεωρουμένων γεωτρήσεων τότε θα ταυτοποιηθούν οι οικογένειες των ασυνεχειών. Κατόπιν μπορούν να αναλυθούν οι διάφοροι πιθανοί τρόποι αστοχίας πρानών σύμφωνα με παραδοχές ή μετρήσεις γωνίας κλίσης πρानούς και αντοχή των ασυνεχειών. Εν συνεχεία με παραδοχές ως προς την εμμόνη τους θα θεωρηθούν και οι άλλες μετρήσεις κάθε ασυνέχειας (αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών ασυνεχειών της ίδιας οικογένειας, άνοιγμα, υλικό πλήρωσης, τραχύτητα κ.λπ.) και θα γίνει η εκτίμηση των δεικτών ταξινόμησης βραχομαζών, Q. Κατόπιν θα γίνει η ανάλυση ευστάθειας των πρανών της εκμετάλλευσης που θα δημιουργηθούν.

4.2 Μεθοδολογία-Ανάλυση παραμέτρων

Γενικά, τα πλέον εφαρμοζόμενα κριτήρια αντοχής των ασυνεχειών φαίνονται στην Εικόνα. 4.8 όπου c =συνοχή, ϕ = γωνία τριβής, i =μέση κλίση της τραχύτητας ως προς την κλίση του επιπέδου της ασυνέχειας και οι άλλες παράμετροι όπως επεξηγούνται μετά. Στην περίπτωση του εμπειρικού κριτηρίου (2) αν η παραμένουσα γωνία $\phi_r = 20^\circ$ και η τραχύτητα $J=10^\circ$ τότε η $\phi = 20^\circ + 10^\circ$.



Εικόνα 4.8. Τα 3 κριτήρια αντοχής ασυνεχειών. Η γωνία i είναι η μέση κλίση των «εξογκωμάτων» της επιφάνειας της ασυνέχειας σχετικά με την κλίση της.

Η γωνία τριβής μιας ασυνέχειας μπορεί να βρεθεί με εμπειρικό τρόπο ή με πειραματικό με δοκιμή άμεσης διάτμησης αλλά σε ασυνέχειες μικρού εμβαδού (π.χ. 50x50 mm). Ο εμπειρικός τρόπος βασίζεται στις τιμές 3 δεικτών ήτοι της τραχύτητας με τον συντελεστή τραχύτητας (joint roughness coefficient *JRC*) με το «προφιλόμετρο» (Σχ. 4.9), την θλιπτική αντοχή των τοιχωμάτων της ασυνέχειας (joint wall compressive strength *JCS*) που μπορεί να μετρηθεί με τη σφύρα ανάκρουσης *Schmidt*, και της παραμένουσας γωνίας τριβής (residual friction angle ϕ_r) που μετράται με το κλισιόμετρο που φαίνεται στο Σχ. 4.9.




Εικόνα 4.9 Μέτρηση της τραχύτητας και της μέγιστης γωνίας τριβής ασυνέχειας με τη βοήθεια της δοκιμής κεκλιμένου επιπέδου (tilt test) με κλισιόμετρο (Barton and Choubey, 1977).

Ο Barton (1973) πρότεινε την κάτωθι εμπειρική σχέση για τον νόμο τριβής ασυνέχειας χωρίς συνοχή αλλά χωρίς σημαντική αποσάρθρωση των παρειών της

$$\tau = \sigma_n \tan \left[JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_b \right] \quad (2)$$

where τ = peak shear strength
 σ_n = effective normal stress
 JRC = joint roughness coefficient
 JCS = joint wall compressive strength
 ϕ_b = basic friction angle (obtained from residual shear tests on flat unweathered rock surfaces)

Η γωνία βασικής τριβής ϕ_b βρίσκεται από δοκιμή άμεσης διάτμησης μετά την αστοχία της ασυνέχειας όταν τα τοιχώματα της είναι λεία, δεν είναι αποσαρθρωμένα και είναι στεγνά (αλλιώς μιλάμε για παραμένουσα γωνία τριβής ϕ_r (residual friction angle), ή από δοκιμή με κλισιόμετρο όπως φαίνεται στο Σχ. 4.9 και στο Σχ. 4.10.



**Note use of
two cores for
(unweathered)**

ϕ_b

Three cores cause
wedging and false
(high) values

$\phi_r = (\phi_b - 20^\circ) + 20 \, r_s/R_s$

↗

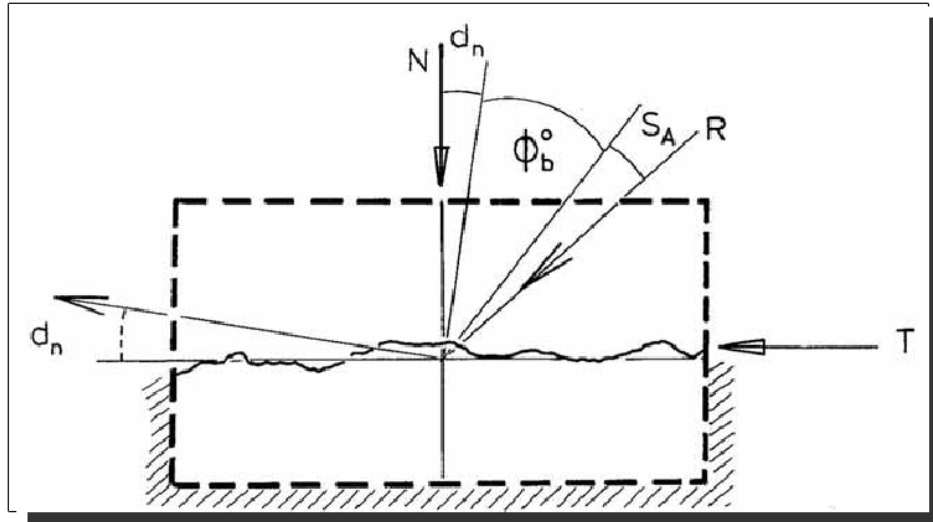
40

Εικόνα 4.10. Μέτρηση της γωνίας βασικής τριβής χρησιμοποιώντας δύο πυρήνες πετρώματος . Φαίνεται και η εμπειρική σχέση του Barton (1973)

Για τον εμπειρικό υπολογισμό της παραμένουσας γωνίας τριβής ϕ_r , όπου r_s = δείκτης ανάκρουσης Schmidt σε βρεγμένες αποσαθρωμένες επιφάνειες και R_s = δείκτης ανάκρουσης Schmidt σε στεγνές υγιείς επιφάνειες ασυνέχειας.

Όπως φαίνεται στο Εικόνα 4.11 οι γωνιακές συνιστώσες της αντοχής μιας ασυνέχειας είναι, (α) η γωνία διαστολής που είναι ο λόγος της ορθής μετατόπισης προς την διατμητική μετατόπιση της ασυνέχειας στην κατάσταση αιχμής, (β) η βασική γωνία τριβής, και (γ) η αντοχή των «εξογκωμάτων» στη διάτμηση. Η SA μεγαλώνει με την αύξηση της ορθής τάσης ενώ η ϕ_n μικραίνει.

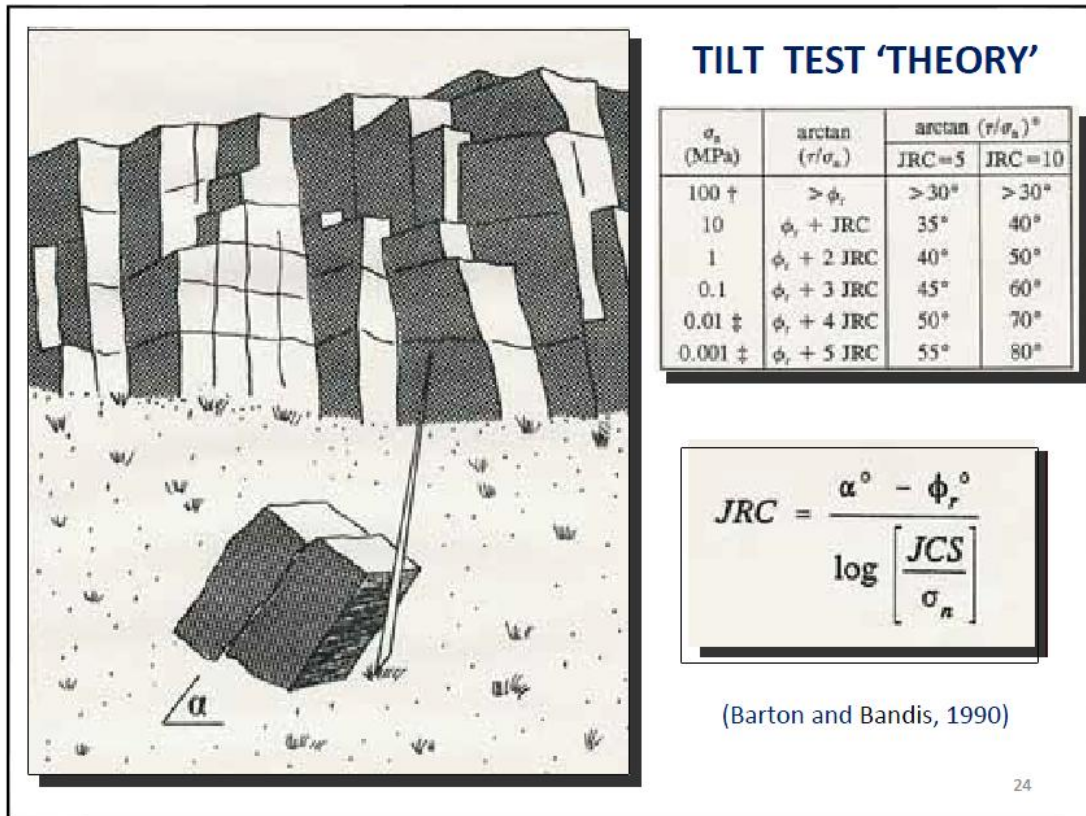
The angular components of **peak shear strength**, with asperity strength (S_A), and peak dilation angle (d_n), each included. (Barton, 1971)



34

Εικόνα 4.11. Η γωνία διαστολής d_n μεγαλώνει την συνολική γωνία τριβής στην κατάσταση αιχμής (peak) της ασυνέχειας (με $\phi_b = \phi_r$)

Επειδή ο συντελεστής JRC εξαρτάται από το μέγεθος μιας ασυνέχειας τότε ο πιο εύκολος και φθηνός τρόπος προσδιορισμού του σε ασυνέχεια πλήρους κλίμακας είναι όπως φαίνεται στο Εικόνα 4.12.



- Εικόνα 4.12. Επί τόπου δοκιμή κλίσης έναρξης ολίσθησης του πάνω τεμάχους μόνο με το βάρος του για τον προσδιορισμό του συντελεστή τραχύτητας μιας ασυνέχειας σε πλήρη κλίμακα. (BANDIS S, A.C.LUMSDEN, N.R BARTON, Experimental Studies of Scale Effects on the Shear Behaviour of Rock Joints, Int J Rock Mech Vol 18.pp.1 to 21)

Παράδειγμα υπολογισμού του JRC μιας ασυνέχειας από δοκιμή πλήρους κλίμακας

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 51^\circ \text{ (tilt angle)} \\
 h &= 0.50 \text{ m (block height)} \quad \sigma_n \simeq 0.005 \text{ MPa} \\
 \gamma &= 25 \text{ kN/m}^3 \text{ (unit weight)} \\
 \text{JCS} &= 50 \text{ MPa (estimated using Schmidt hammer)} \\
 \phi_r &= 23^\circ \text{ (estimated from equation 4)} \\
 \text{JRC} &= \frac{51^\circ - 23^\circ}{\log_{10} \left(\frac{50}{0.005} \right)} = 7.0
 \end{aligned}$$

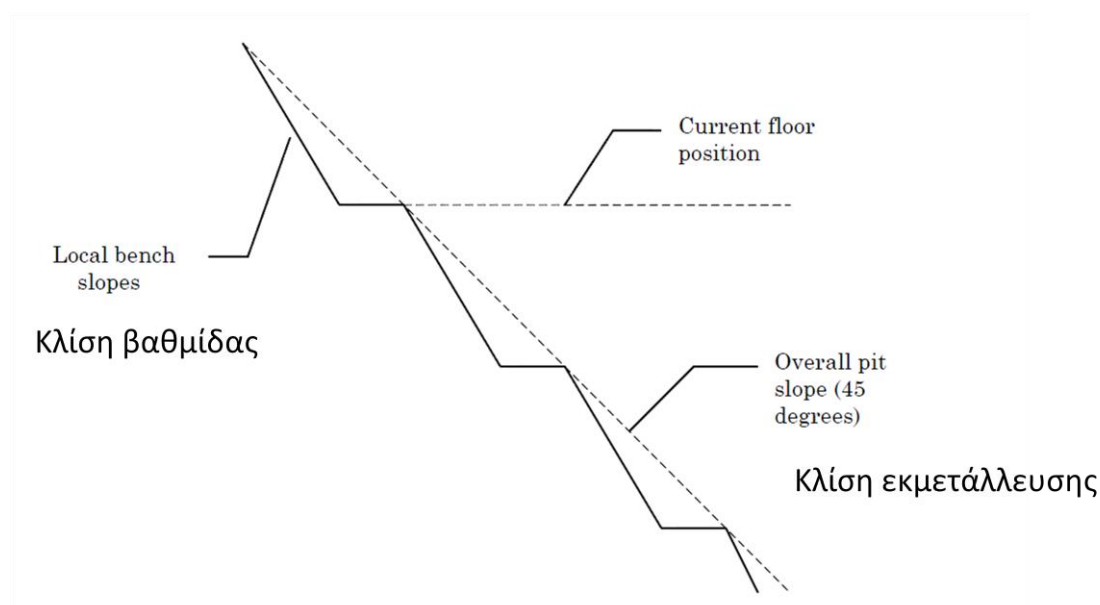
Ο δείκτης JCS εκτιμάται με τη βοήθεια της σφύρας ανάκρουσης Schmidt.

4.3 Μεθοδολογία διερεύνησης πιθανών μηχανισμών αστοχίας βραχωδών πρανών

Τα βήματα που χρησιμοποιούνται για την διερεύνηση των πιθανών μηχανισμών αστοχίας βραχυδών πρηνών είναι τα εξής:

- 1) Καταρχήν οι ασυνέχειες ταξινομούνται σε οικογένειες με βάση τις στερεογραφικές προβολές των πόλων για κάθε σχηματισμό του πορφύρη και τον σχιστόλιθο ξεχωριστά.
- 2) Στη συνέχεια γίνεται παραδοχή για τη γωνία κλίσης των πρανών ή της εκμετάλλευσης (Εικόνα 4.13) και για τη γωνία τριβής των ασυνεχειών.
- 3) Οι οικογένειες ασυνεχειών που βρίσκονται ξεχωριστά αναλύονται ως προς τους πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας που αναφέρονται παρακάτω, με γεωμετρικό τρόπο (μέθοδος της στερεογραφικής προβολής) και κινηματικά κριτήρια ολισθήσεων για ασυνέχειες χωρίς συνοχή αλλά μόνο με τριβή (την γωνία τριβής των ασυνεχειών).

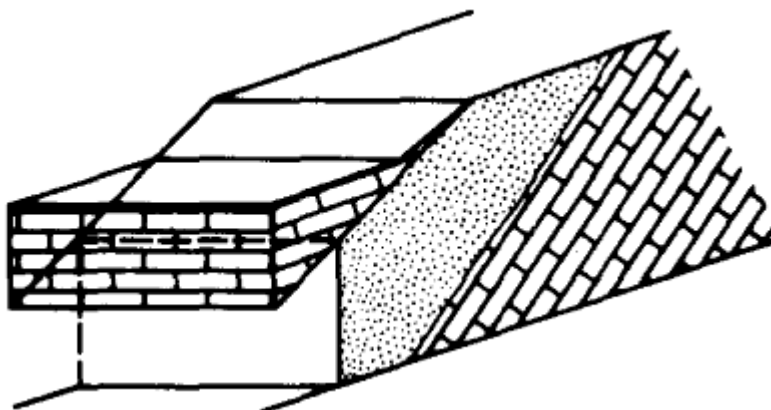
Η κλίση και η παράταξη των πρανών της εκμετάλλευσης κοντά στις γεωτρήσεις βρίσκεται από τη στρωματογραφία των γεωτρήσεων και βασικές σχεδιαστικές παραδοχές, όπως τα ύψος των πρανών $H=10\text{ m}$, και κλίση πρανών 80° χρησιμοποιώντας τις έννοιες της *Εικόνα 4.13*.



Εικόνα 4.13 Κλίση πρανών

1) Έλεγχος επιπέδων ολισθήσεων στα πρανή της εκμετάλλευσης

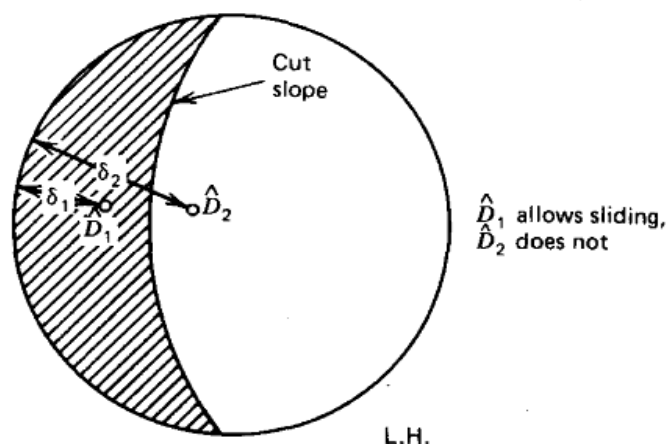
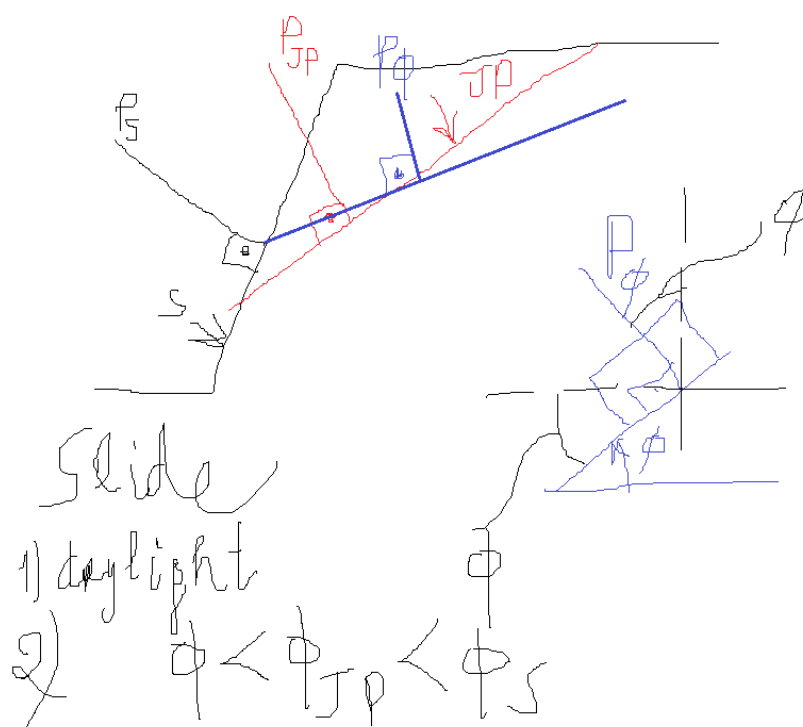
Η αστοχία με τη μορφή της επίπεδης ολίσθησης κάτω από την επίδραση της βαρύτητας συμβαίνει όταν η βραχώμαζα επικάθεται σε κεκλιμένο επίπεδο ασυνέχειας που «ξετρυπά» (daylights) στο μέτωπο του πρανούς όπως φαίνεται στο Εικόνα 4.14. Η κλίση του επιπέδου της ασυνέχειας πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη γωνία τριβής της ενώ θεωρείται ότι η ασυνέχεια δεν έχει συνοχή.



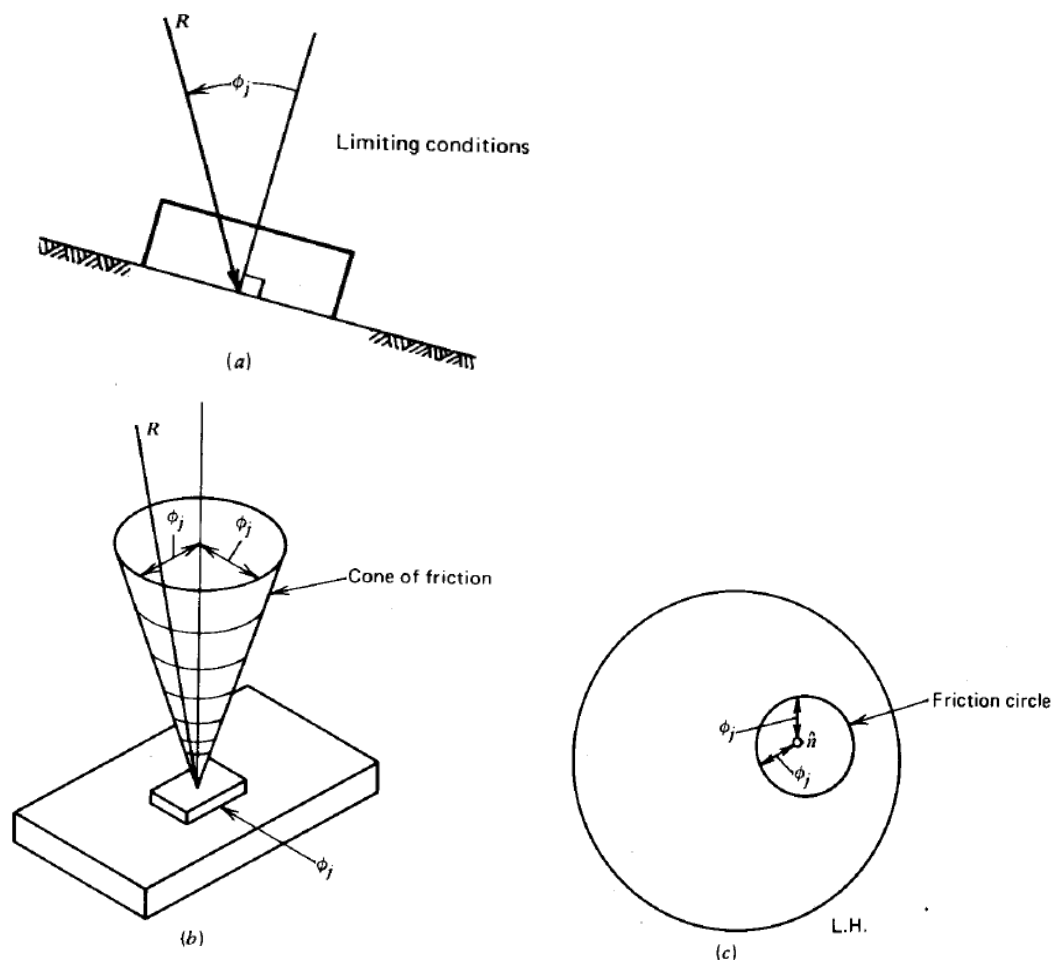
Εικόνα 4.14. Επίπεδη ολίσθηση επί προϋπάρχουσας ασυνέχειας (Goodman, R.E. 1980)

Οι συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται για την έναρξη αστοχίας σε επίπεδη ολίσθηση είναι (βλ. Εικόνα 4.15 & 4.16):

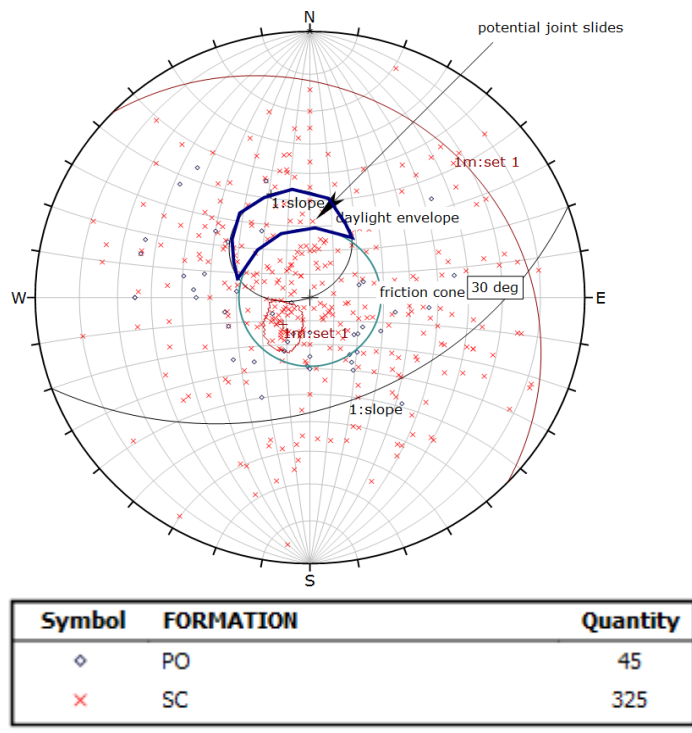
- 1) Να φαίνεται το ίχνος της ασυνέχειας στο μέτωπο άρα η γωνία του πρανού να είναι μεγαλύτερη από την κλίση της ασυνέχειας ($\phi_S > \phi_{JP}$).
- 2) Η κλίση της ασυνέχειας να είναι μεγαλύτερη της γωνίας τριβής της ασυνέχειας ($\phi_{JP} > \phi$).
- 3) Να υπάρχουν ελεύθερες επιφάνειες ή φυσικές ασυνέχειες μεγάλης κλίσης και παράταξης κάθετης στην παράταξη του πρανού.



Εικόνα 4.15. Συνθήκες για ολίσθηση πάνω σε ασυνέχεια. Ασυνέχειες χωρίς συνοχή. Μόνο βαρύτητας D_1 και D_2 συμβολίζουν τους πόλους δύο ασυνεχειών. Μόνο ο D_1 ικανοποιεί το κριτήριο (1). (Goodman, 1980)



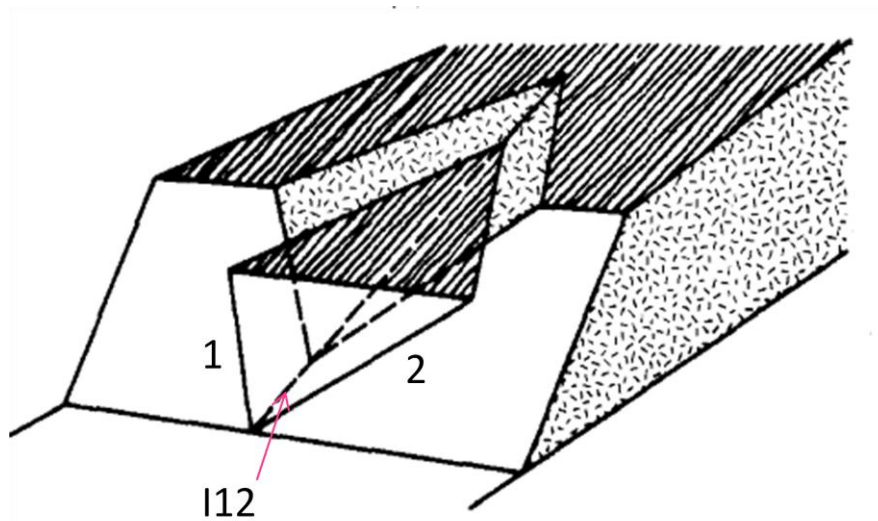
Εικόνα 4.16. Η έννοια του «κώνου τριβής» (α) Οριακές συνθήκες και (β) ο κώνος στατικής τριβής. (γ) Η κλίση του επιπέδου R είναι ασφαλής αν το R βρίσκεται εντός του κώνου τριβής (Goodman, 1980).



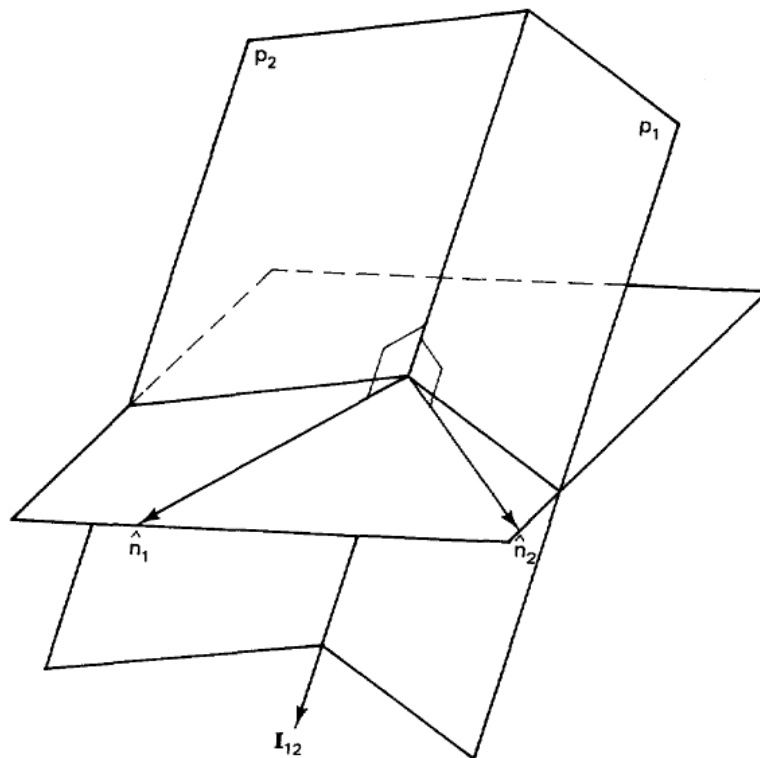
Παράδειγμα: Έλεγχος επιπέδων ολισθήσεων από δεδομένα της Slos04
 Στερεογραφική Προβολή κατώτερου ημισφαιρίου
 Γωνία τριβής ασυνεχειών = 30°
 Προσανατολισμός πρσανούς εκμετάλλευσης = $160^\circ/45^\circ$
 Ελέγχονται όλες οι ασυνέχειες με παράταξη $\pm 20^\circ$ σε σχέση με την παράταξη του πρσανούς.

2) Έλεγχος σφηνοειδών ολισθήσεων στα πρνή της εκμετάλλευσης (Goodman, p. 297, 1980)

Όπως φαίνεται στην *Εικόνα 4.17* διακρίνουμε 3 τρόπους αστοχίας (α) ολίσθηση πάνω στο επίπεδο 1, (β) ολίσθηση πάνω στο επίπεδο 2, και (γ) ολίσθηση πάνω στο ίχνος της τομής των δυο επιπέδων I12. Οι δύο πρώτες περιπτώσεις έχουν καλυφθεί από την πρώτη περίπτωση της ολίσθησης επί επιπέδου που προαναφέρθηκε. Η τρίτη περίπτωση βασίζεται στην έννοια του ίχνους τομής επιπέδων που φαίνεται στις *Εικόνα 4.17* και *4.18*.

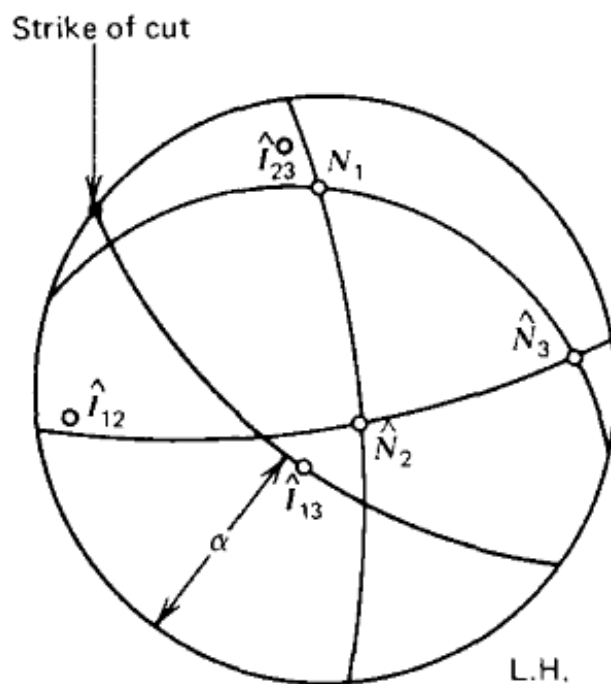


Εικόνα 4.17. l_{12} = Intersection line of planes 1 & 2 (ιχνος τομής επιπέδων 1 και 2) (Goodman, 1980).

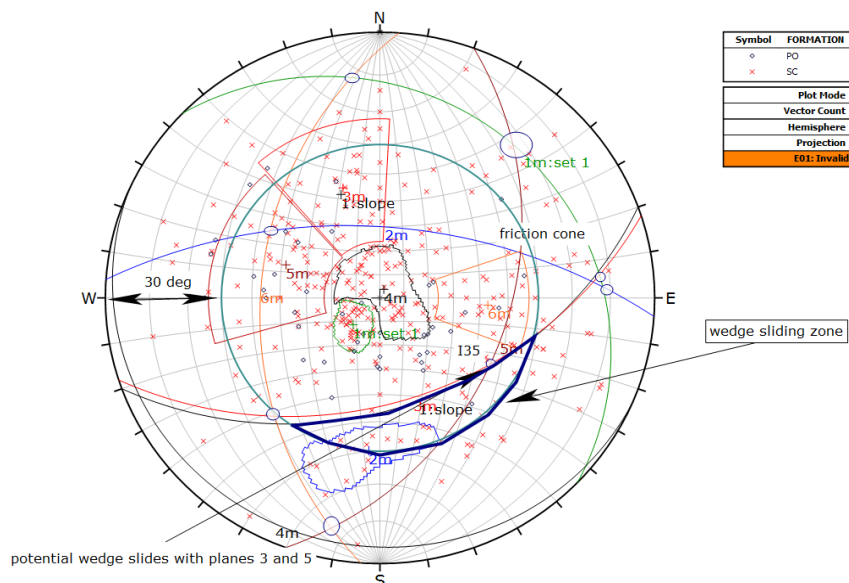


Εικόνα 4.18. Το ίχνος της τομής των 2 επιπέδων 1 και 2 συμβολίζεται με l_{12} και είναι κάθετο και στα δύο κάθετα διανύσματα των επιπέδων (πόλοι) που συμβολίζονται με n_1 και n_2 (Goodman and Shi G-S)

Στην περίπτωση ολίσθησης σφήνας πάνω στο ίχνος τομής των 2 επιπέδων ακολουθείται η ίδια μέθοδος με τη διαφορά ότι δεν θεωρούμε τους πόλους αλλά την προβολή του ίχνους I. Η *Εικόνα 4.19* δείχνει 3 οικογένειες ασυνεχειών (που έχουν προκύψει από την ταξινόμηση των πόλων πολλών μετρηθέντων ασυνεχειών). Αν η παράταξη και κλίση του πρανούς είναι όπως φαίνεται στο *Εικόνα 4.19* τότε μόνο οι σφήνες 13 και 12 είναι πιθανές να ολισθήσουν. Αν η κλίση του πρανούς είναι ίδια με του ίχνους I13 τότε μόνο η σφήνα I12 μπορεί να ολισθήσει αλλά επειδή βυθίζεται με μικρή γωνία τότε είναι απίθανο να δημιουργήσει προβλήματα.



Εικόνα 4.19. Παράδειγμα κινηματικού τέστ για σφήνα (Goodman, 1980)



Εικόνα 4.20 Μελέτη σφηνοειδών ανατροπών

Παράδειγμα: Έλεγχος σφηνοειδών ολισθήσεων από την Slos04 Στερεογρ. Προβολή κατώτερου ημισφαιρίου

Γωνία τριβής ασυνεχειών = 30° (σχεδιάζουμε τον κώνο τριβής των 30°)

Προσανατολισμός πρσανούς εκμετάλλευσης = $160^\circ / 45^\circ$

Βρήκαμε 6 οικογένειες ασυνεχειών (με το «μάτι»)

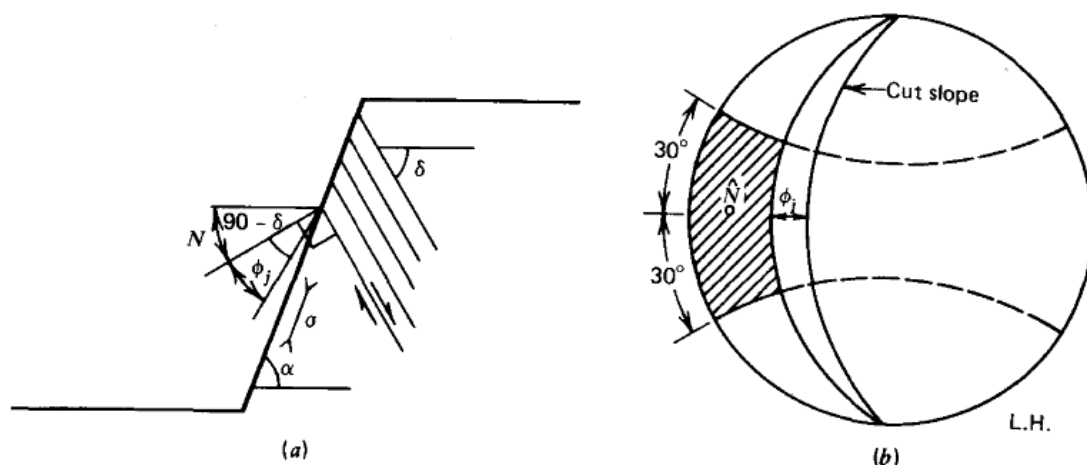
Κατασκευάζουμε τους μεγάλους κύκλους και βρίσκουμε τους πόλους των ιχνών των τομών των επιπέδων (συμβολίζονται με κύκλους)

Πιθανότητα να γίνει σφηνοειδής ολίσθηση έχει μόνο και αυτή οριακή με τον συνδυασμό των επιπέδων των ασυνεχειών 3 και 5. Ασυνέχειες μεγάλης κλίσης που κλίνουν αντίρροπα προς το πρσανές δημιουργούν συνήθως συνθήκες ανατροπής όπως φαίνεται στο Εικόνα 4.20.



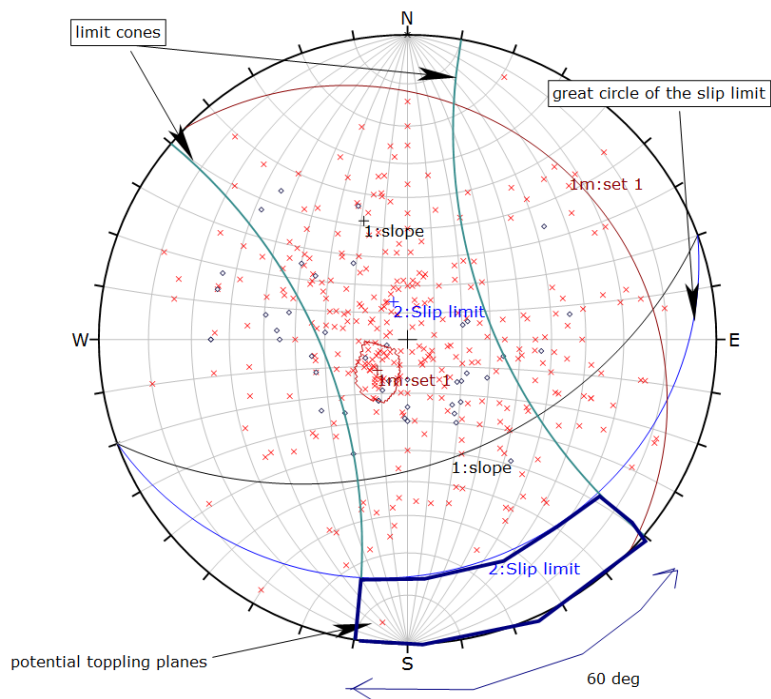
Εικόνα 4.21. Συνθήκες που μπορούν να ευνοούν την ανατροπή ογκοτεμαχίων πετρώματος

Επικίνδυνες για ανατροπή είναι οι ασυνέχειες με κλίση αντίρροπή του πρανούς (οι πόλοι στην ίδια περιοχή του κύκλου προβολής με το μεγάλο κύκλο του πρανούς) και μεγαλύτερη του πρανούς και της γωνίας τριβής όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.21.



Εικόνα 4.22 Μελέτη συνθηκών ανατροπών (Goodman, 1980)

Στη συνέχεια αναλύεται παράδειγμα ανάλυσης συνθηκών για ανατροπή.
 (α) κατασκευάζεται ο μεγάλος κύκλος του πρανούς
 (β) τοποθετούνται οι πόλοι των ασυνεχειών της περιοχής του πρανούς
 (γ) κατασκευάζεται ο μεγάλος κύκλος της γωνίας τριβής των ασυνεχειών
 (δ) Προβάλλεται ο κώνος με γωνία κορυφής 60° παράλληλος με το πρανές της εκσκαφής.

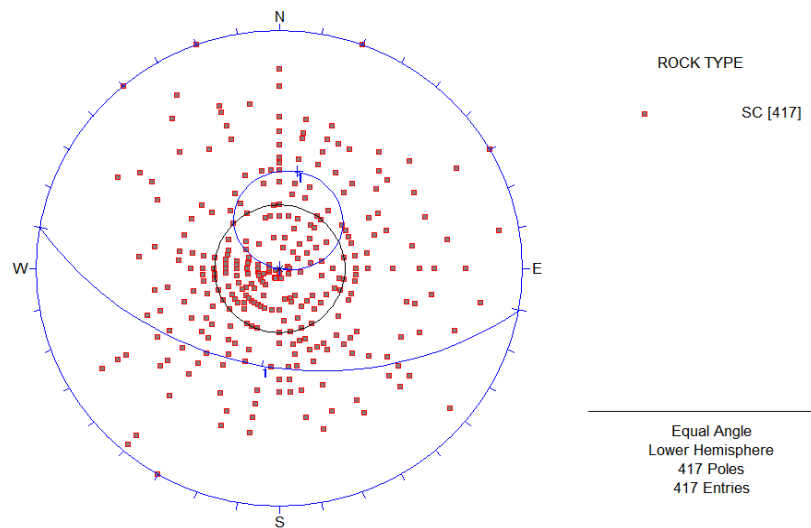


Εικόνα 4.23 Μελέτη ανατροπών

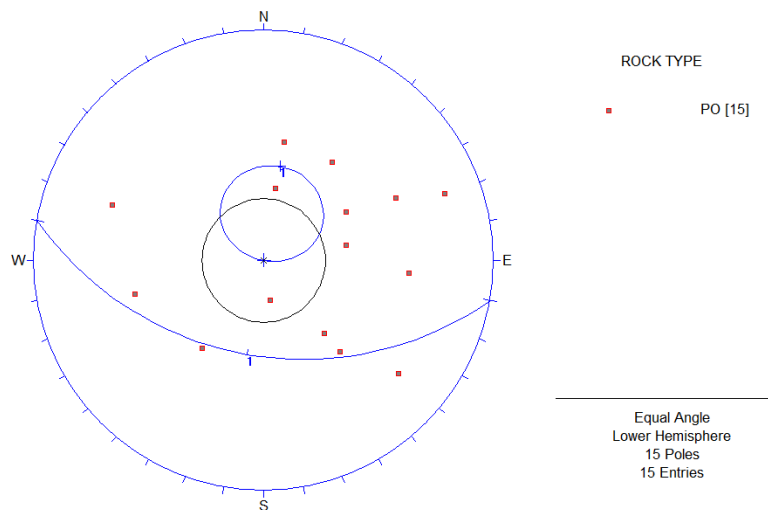
Μία μόνο ασυνέχεια (που κλίνει αντίρροπα με το πρανές) βρίσκεται στην επικίνδυνη περιοχή άρα η πιθανότητα ανατροπής είναι μικρή.

4.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΕΡΕΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΡΟΒΟΛΩΝ

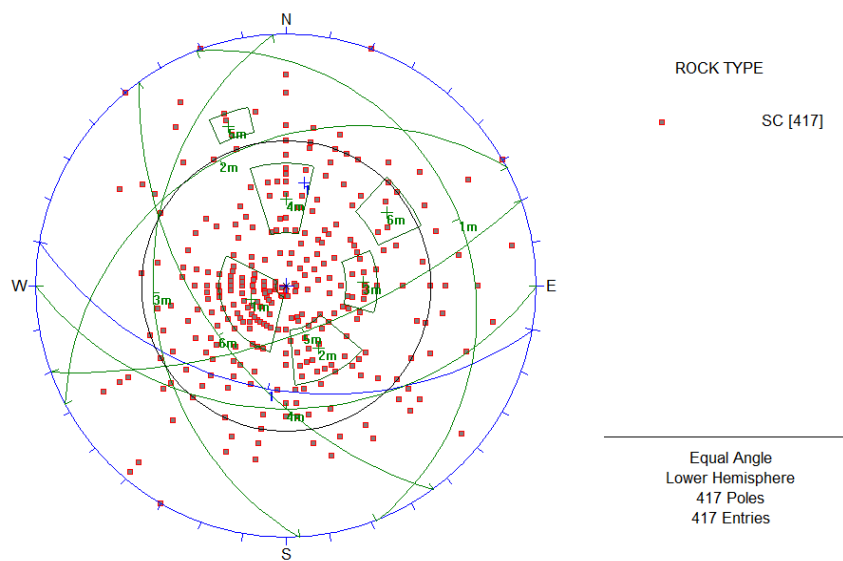
Γεώτρηση Sorpg147



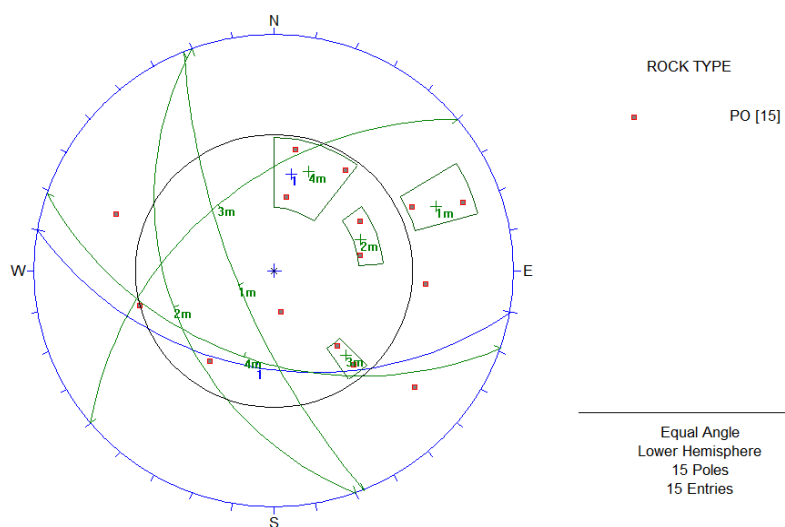
Εικόνα 4.24 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό



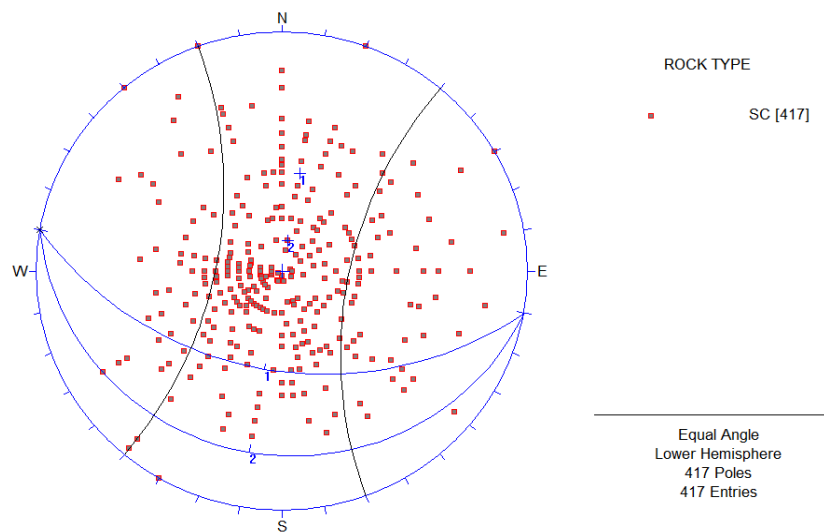
Εικόνα 4.25. : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό



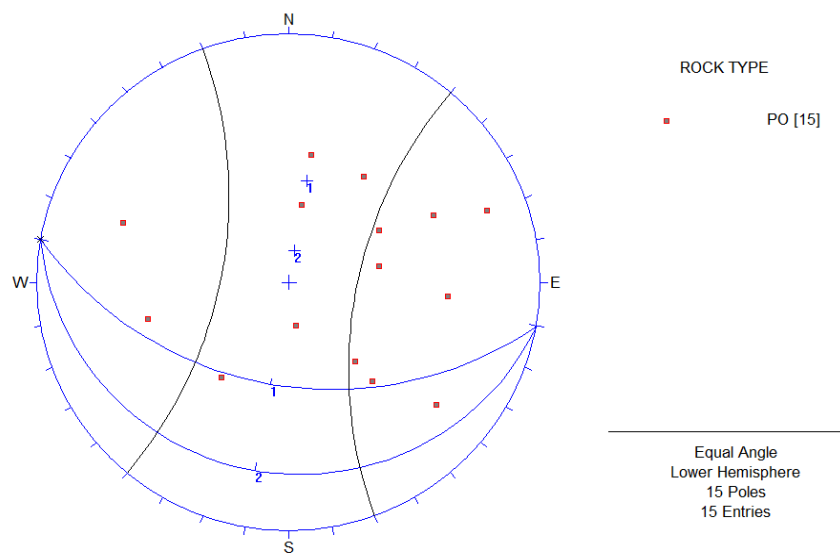
Εικόνα 4.26: Μελέτη σφηνοειδής αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό



Εικόνα 4.27 : Μελέτη σφηνοειδής αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό

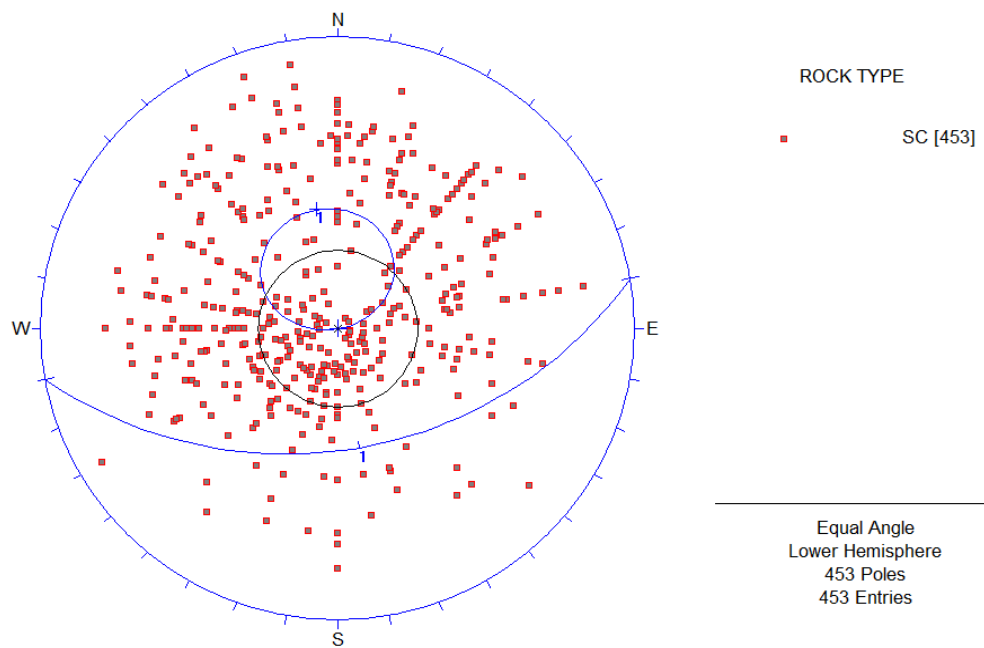


Εικόνα 4.28: Μελέτη ανατροπών σε σχιστολιθικό σχηματισμό

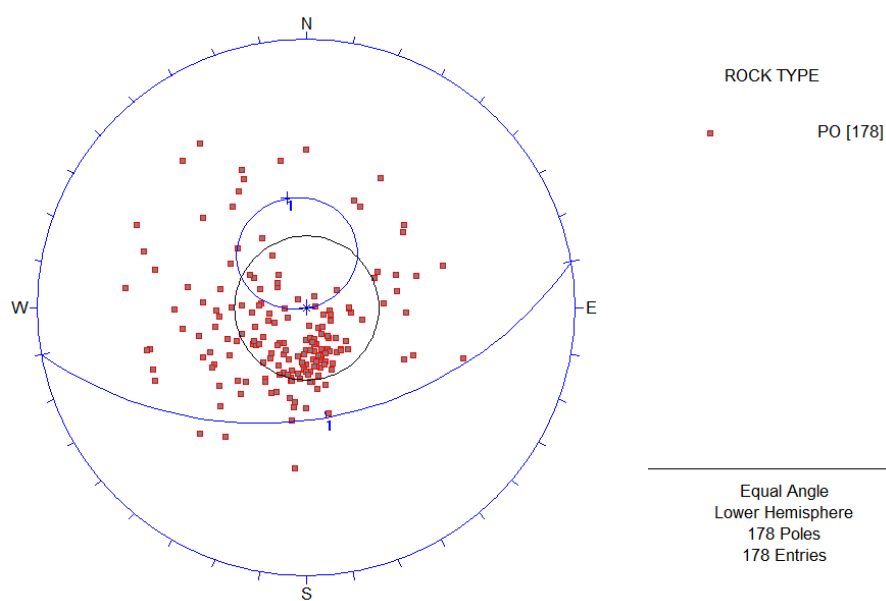


Εικόνα 4.29 : Μελέτη ανατροπων σε πορφυριτικό σχηματισμό

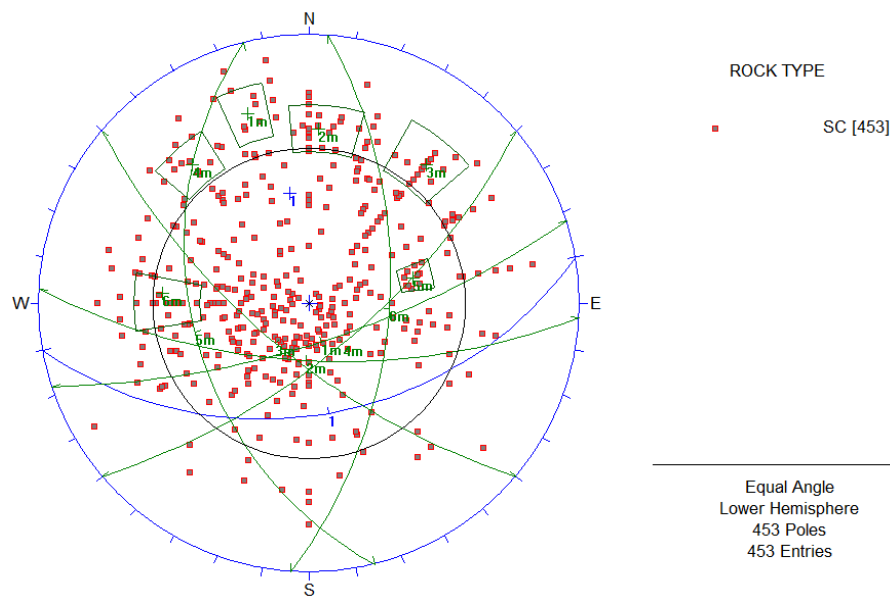
Γεώτρηση Slos06



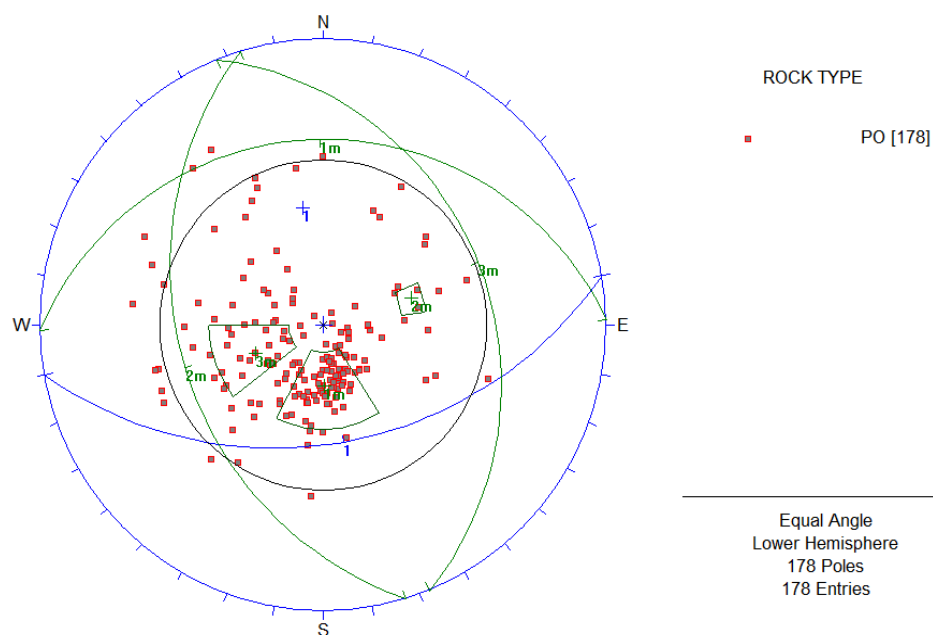
Εικόνα 4.30: Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό



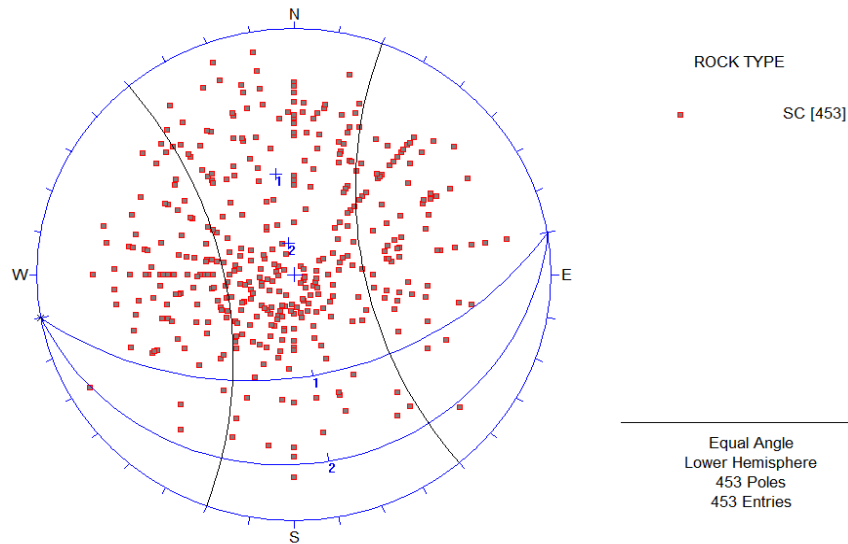
Εικόνα 4.31 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό



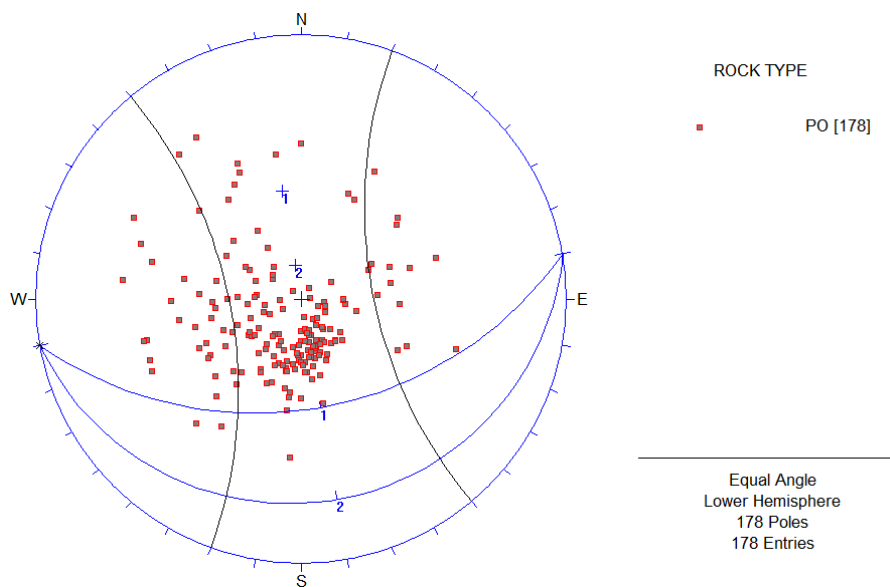
Εικόνα 4.32 : Μελέτη σφηνοειδής αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό



Εικόνα 4.33 Μελέτη σφηνοειδούς αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό

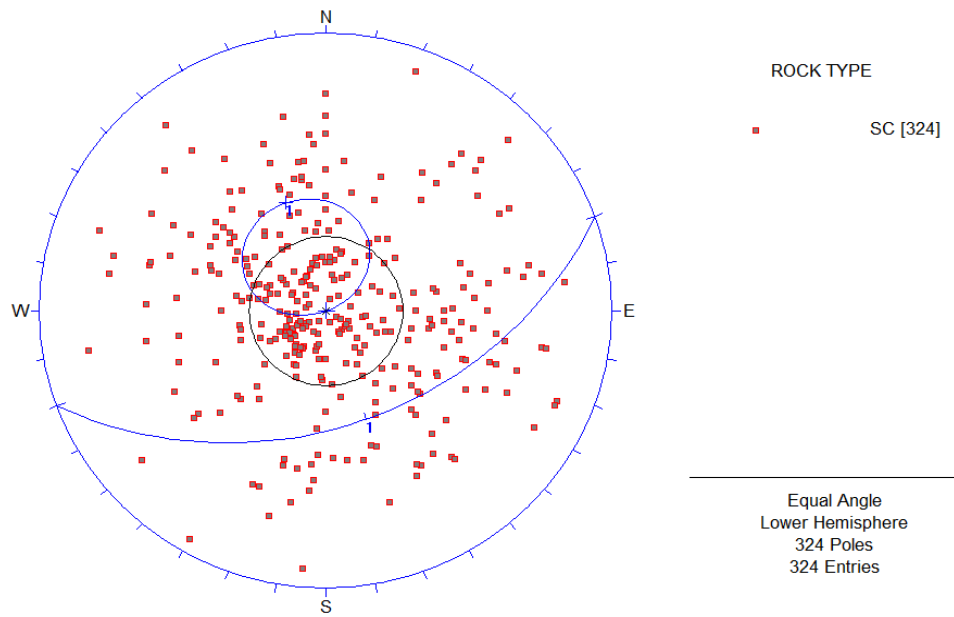


Εικόνα 4.34 : Μελέτη ανατροπών σε σχιστολιθικό σχηματισμό

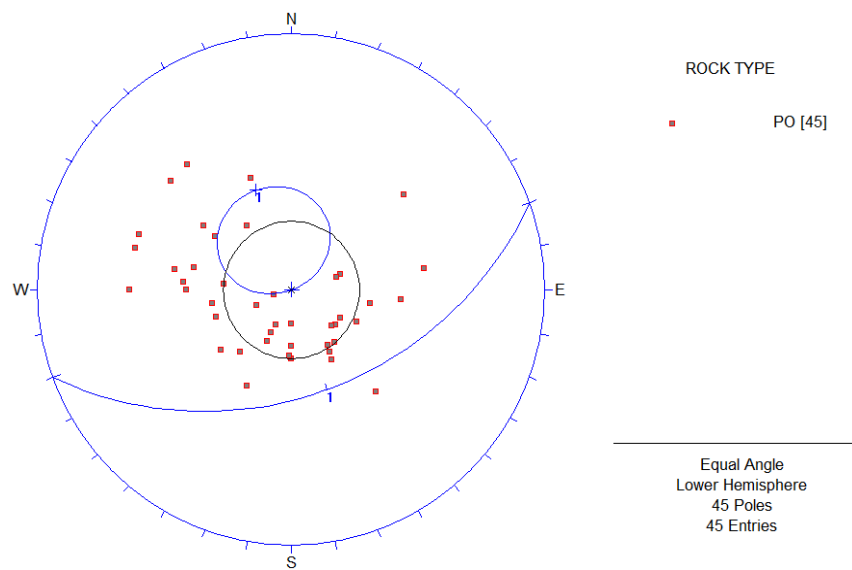


Εικόνα 4.35: Μελέτη ανατροπών σε πορφυριτικό σχηματισμό

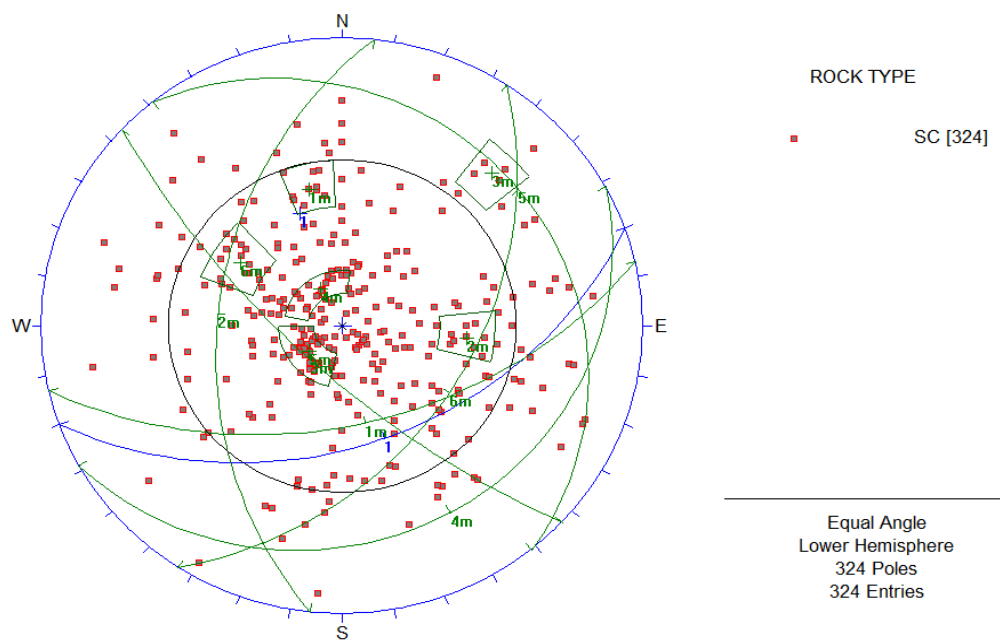
Γεώτρηση Slos04



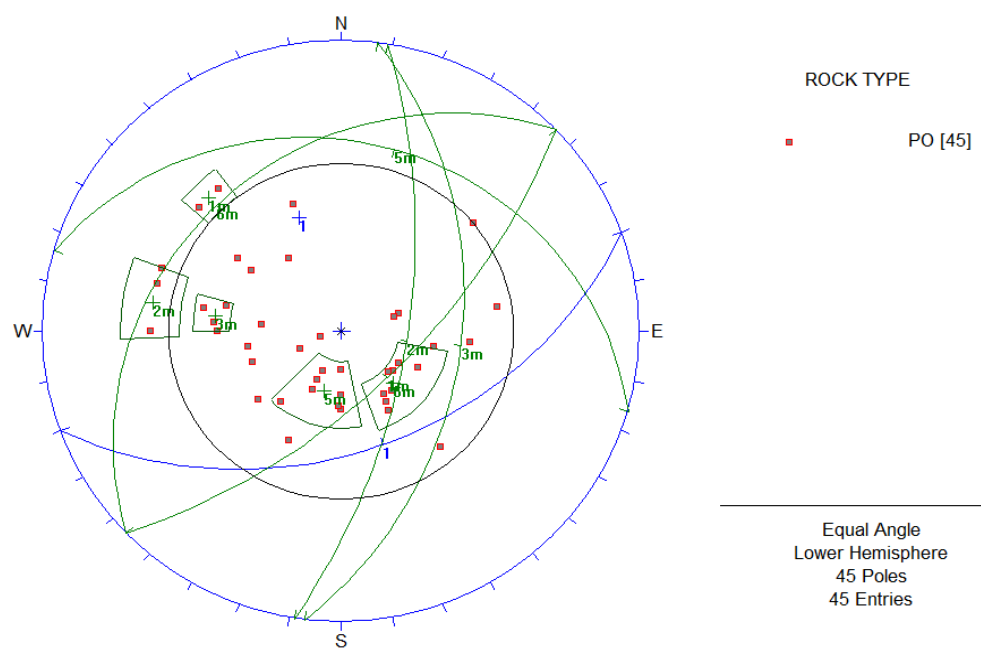
Εικόνα 4.36 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό



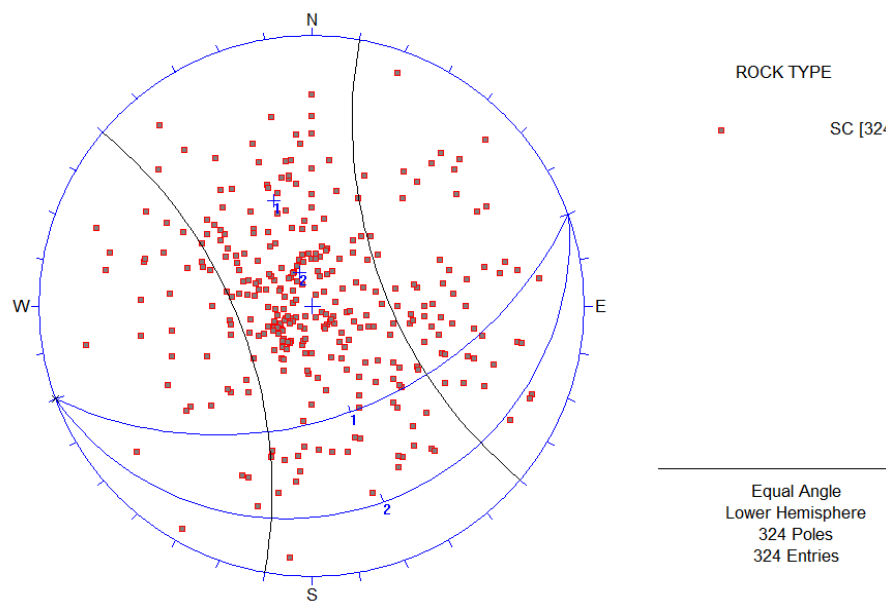
Εικόνα 4.37 : Μελέτη επίπεδης αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό



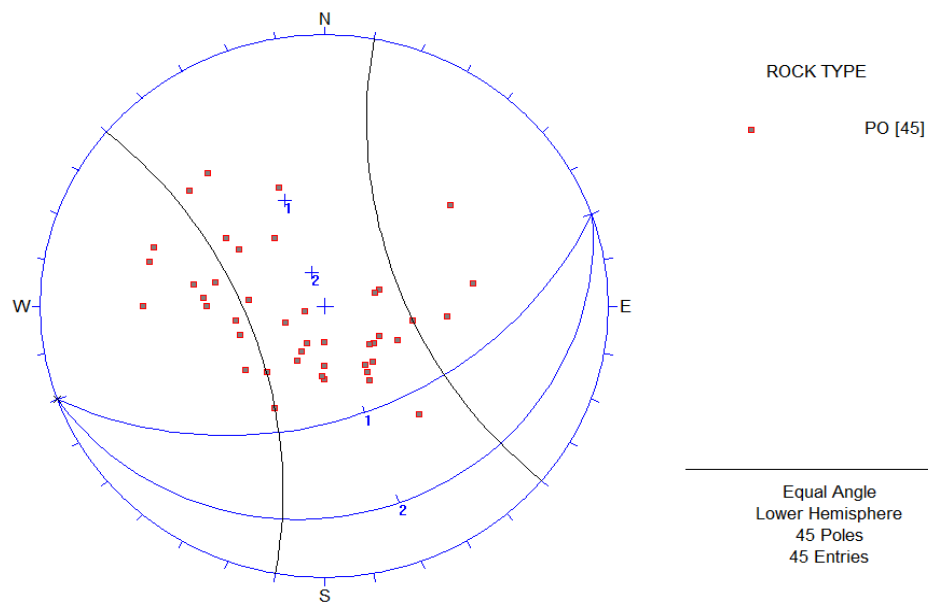
Εικόνα 4.38 : Μελέτη σφηνοειδής αστοχίας σε σχιστολιθικό σχηματισμό



Εικόνα 4.39 : Μελέτη σφηνοειδής αστοχίας σε πορφυριτικό σχηματισμό



Εικόνα 4.40: Μελέτη ανατροπών σε σχιστολιθικό σχηματισμό



Εικόνα 4.41 : Μελέτη ανατροπών σε πορφυριτικό σχηματισμό

4.5 ΕΡΜΗΝΕΙΑ

- Γενικά, οι επίπεδες ολισθήσεις έχουν τις περισσότερες πιθανότητες σε σχέση με τις ανατροπές και τις σφηνοειδείς ολισθήσεις για ολίσθηση μετώπου.
- Ειδικά στη γεώτρηση Slos04 υπάρχει πιθανότητα ολίσθησης σε επίπεδη και σφηνοειδή στο σχιστόλιθο, ενώ στο πορφύρη οι πιθανότητες ολισθήσεων ανατροπών και σφηνοειδών είναι μηδαμινές
- Στη γεώτρηση Slos06 υπάρχει πιθανότητα επίπεδης και σφηνοειδούς ολίσθησης στο σχιστόλιθο και μηδαμινές πιθανότητες ανατροπών ενώ στο πορφύρη και η πιθανότητα αστοχίας στα τρία αυτά είδη είναι μηδαμινές.
- Στη γεώτρηση Sorg147 υπάρχει πιθανότητα επίπεδης σφηνοειδούς και καθολού για ανατροπή στο σχιστόλιθο και μηδαμινές πιθανότητες ολισθήσεων ανατροπών και σφηνοειδών στο πορφύρη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

5.1 Ταξινόμηση ασυνεχειών

Η ενότητα αυτή περιγράφει διάφορα συστήματα ταξινόμησης των πετρωμάτων αναφέροντας τη χρησιμότητα, τις παραμέτρους καθώς και τα πεδία εφαρμογής κάθε συστήματος. Τα συστήματα ταξινόμησης των πετρωμάτων και της βραχόμαζας (rock and rock mass classification system) βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στη Μηχανική Πετρωμάτων, καθώς χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τον εμπειρικό σχεδιασμό τεχνικών έργων. Τα συστήματα ταξινόμησης συνδυάζουν την εμπειρία και την παρατήρηση και πρέπει να είναι σε θέση να δώσουν μια ποιοτική ή/και ποσοτική περιγραφή των φυσικών και γεωλογικών χαρακτηριστικών, καθώς και των μηχανικών ιδιοτήτων ενός πετρώματος.

Γενικά διακρίνονται σε δυο κατηγορίες συστημάτων ταξινόμησης :

- Τα συστήματα ταξινόμησης του ακέρατου πετρώματος (intact mass classification)
- Τα συστήματα ταξινόμησης της βραχόμαζας

Τα πλέον ευρέως εφαρμοσμένα σήμερα πολυπαραμετρικά συστήματα ταξινόμησης, είναι αυτά των Bieniawski (RMR) και Barton (Q-System). Σχετικά πρόσφατα, ο Hoek et al (1992) στη προσπάθεια βελτίωσης του κριτηρίου αστοχίας, που είχε διατυπωθεί παλαιότερα από τους Hoek & Brown (Hoek – Brown criterion) και στοχεύοντας στη δυνατότητα εύκολου υπολογισμού των παραμέτρων που υπεισέρχονται στον τύπο, πρότειναν τη χρήση ενός νέου δείκτη που τον ονόμασαν GSI.

Ο δείκτης αυτός συνδυάζει τη δομή της βραχώμαζας (κερματισμός, συστήματα συνεχειών) με την κατάσταση των συνεχειών από πλευράς αποσάθρωσης, τραχύτητας, υλικού πλήρωσης κ.λπ. δίνοντας μια βαθμονόμηση από 10-100.

5.2 Στόχοι ταξινόμησης ασυνεχειών

Τα διάφορα συστήματα ταξινόμησης των πετρωμάτων προσπαθούν να επιτύχουν έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους στόχους :

- Να διαιρέσουν μια ορισμένη μάζα πετρώματος σε ομάδες με παρόμοια μηχανική συμπεριφορά
- Να βοηθήσουν στην κατανόηση των χαρακτηριστικών ομάδων πετρωμάτων
- Να εκφράσουν τη μηχανική συμπεριφορά του πετρώματος με ποσοτικούς δείκτες που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό τεχνικών έργων
- Να θεσπίσουν μια κοινή βάση συνεννόησης και ανταλλαγής πληροφοριών για τη περιγραφή των ιδιοτήτων και της μηχανικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων διευκολύνεται, όταν ένα σύστημα ταξινόμησης έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Είναι απλό, εύκολα κατανοητό και εύχρηστο
- Χρησιμοποιεί όρους που είναι αποδεκτοί στις εφαρμοσμένες γεωλογικές επιστήμες (Μηχανική Πετρωμάτων, Εδαφομηχανική, Τεχνική Γεωλογία, κλπ)
- Συμπεριλαμβάνει τις σπουδαιότερες ιδιότητες της βραχώμαζας
- Βασίζεται σε παραμέτρους που μπορούν εύκολα να μετρηθούν επί τόπου ή στο εργαστήριο
- Είναι δυνατόν να αξιολογήσει τις διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν τη μηχανική συμπεριφορά του πετρώματος
- Είναι δυνατόν να δώσει κατάλληλα ποσοτικά στοιχεία, για να χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό τεχνικών έργων.

5.3 Ταξινόμηση NGI ή σύστημα Q

Η ταξινόμηση NGI (Norwegian Geotechnical Institute) ή ο δείκτης ποιότητας Q αναπτύχθηκε στη Νορβηγία το 1974 από τους Barton, Lien και Lunde και

χρησιμοποιεί έξι παραμέτρους που συνδυάζονται στη παρακάτω σχέση για το προσδιορισμό της ποιότητας Q του πετρώματος :

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \frac{J_r}{J_a} \frac{J_w}{SRF} \quad [3]$$

όπου

RQD = ο δείκτης ποιότητας του πετρώματος

J_n= δείκτης του αριθμού των συστημάτων συνεχειών (joint set number)

J_r= δείκτης τραχύτητας του χειρότερου συστήματος συνεχειών (joint roughness number)

J_a= δείκτης εξαλλοίωσης του ασθενέστερου επίπεδου αδυναμίας (joint alteration number)

J_w= δείκτης επίδρασης του νερού στις ασυνέχειες (joint water reduction number)

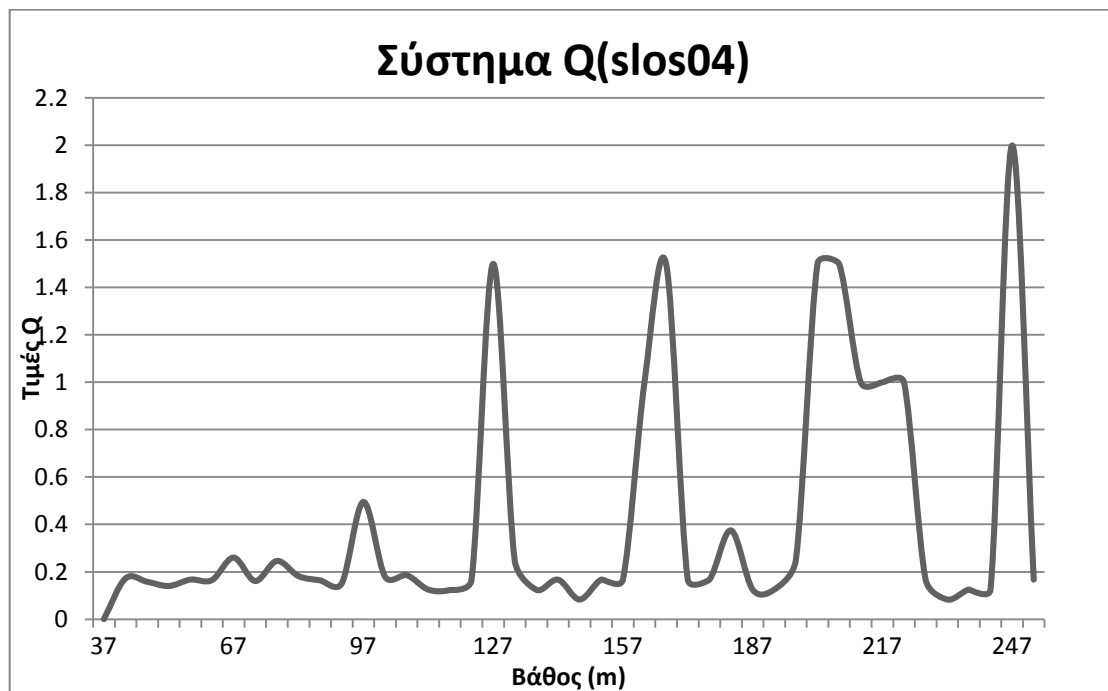
SRF = συντελεστής επίδρασης της εντατικής κατάστασης του πετρώματος (ή συντελεστής απομείωσης τάσεων-stress reduction factor)

Σημειώνεται ότι ο προσανατολισμός των συνεχειών λαμβάνεται έμμεσα υπόψη, καθώς οι τιμές των παραμέτρων και θεωρούνται για τις χειρότερες συνθήκες.

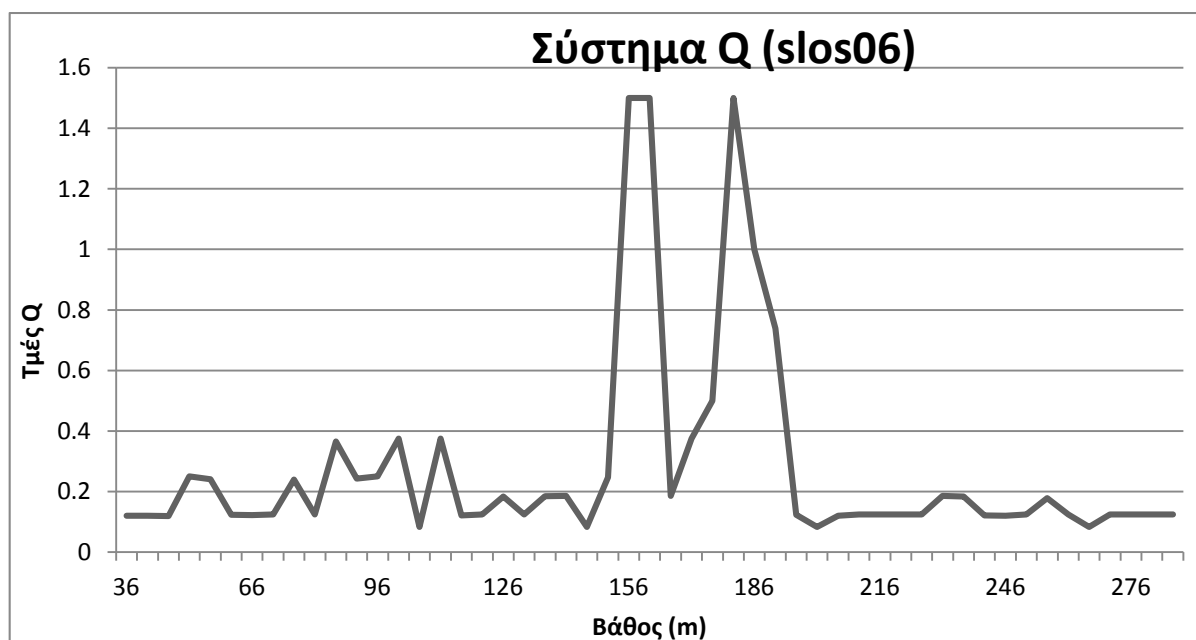
Στη σχέση [3], ο πρώτος λόγος ($\frac{RQD}{J_n}$) εκφράζει το μέσο μέγεθος των τεμάχων που συνιστούν τη βραχόμαζα. Ο δεύτερος λόγος ($\frac{J_r}{J_a}$) εκφράζει τα χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής των συνεχειών της βραχόμαζας και ο τρίτος λόγος ($\frac{J_w}{SRF}$) εκφράζει τις τάσεις που επικρατούν στη βραχόμαζα.

5.4 Υπολογισμός του συστήματος Q

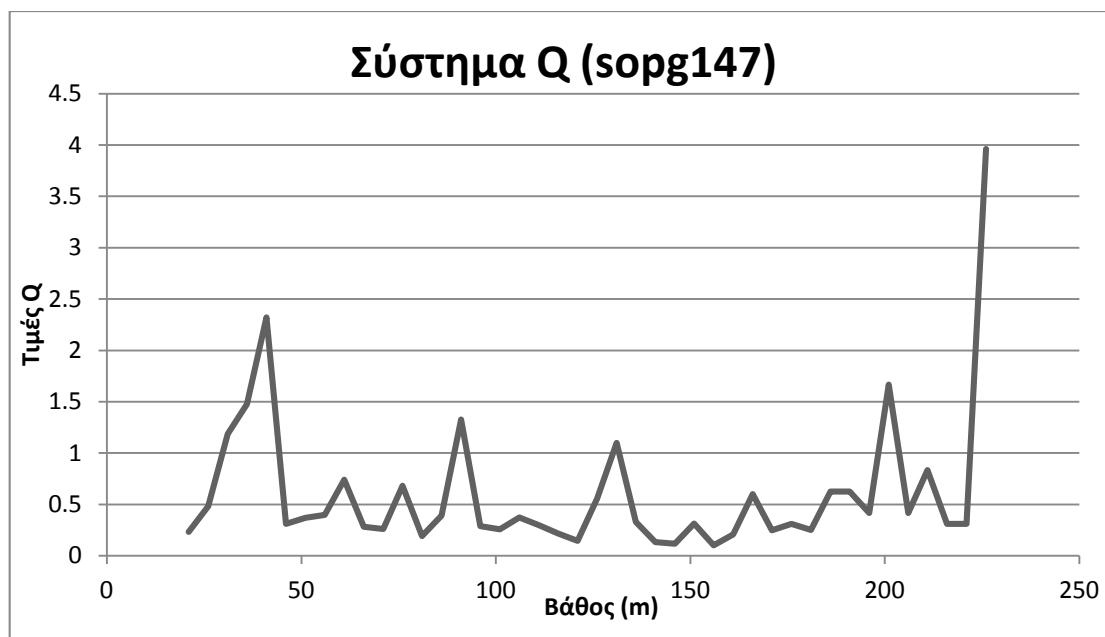
Ο υπολογισμός του συστήματος υπολογίστηκε σε κάθε γεώτρηση ξεχωριστά. Στις γεωτρήσεις μετρήσαμε ανά 5 μέτρα το RQD και ύστερα μέσω των πινάκων () βρήκαμε τις τιμές των παραμέτρων J_r, J_a, J_n, J_w, SRF ανά 5 μέτρα και μέσω της σχέσης [1] υπολογίστηκε το σύστημα Q. Παρακάτω βλέπουμε τη μεταβολή του Q σε κάθε γεώτρηση ανά το βάθος.



Εικόνα 5.1 : Μεταβολή των τιμών του Q συναρτήσει του βάθους



Εικόνα 5.2 : Μεταβολή των τιμών του Q συναρτήσει του βάθους



Εικόνα 5.3 : Μεταβολή των τιμών του Q συναρτήσει του βάθους

5.5 Υπολογισμός του συντελεστή ασφαλείας

Ο συντελεστής ασφαλείας υπολογίστηκε σύμφωνα με το παρακάτω τύπο :

$$FS_{\theta} = \frac{\tan(\phi)}{\tan(\alpha)} + \frac{2c}{\gamma H \sin^2(\alpha) [\cot(\alpha) - \cot(\beta)]}$$

Επειδή η συνοχή $c=0$ MPa τότε ο τύπος γίνεται:

$$FS_{\theta} = \frac{\tan(\phi)}{\tan(\alpha)}$$

Όπου

α : είναι η γωνία πρανούς

ϕ : εσωτερική γωνία τριβής του σχηματισμού

Ο τύπος της συνοχής (CC) και του ϕ (FC) είναι ίσος με:

$$CC = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{1}{SRF} \times \frac{\sigma_c}{100}$$

$$FC = \tan^{-1} \left(\frac{J_r}{J_a} \times J_w \right)$$

Επομένως μέσω των παραπάνω σχέσεων υπολογίστηκαν οι γωνίες εσωτερικής τριβής του σχηματισμού ανά 5 μέτρα και μετά με το μέσω όρο θα υπολογίσουμε την γωνία εσωτερικής τριβής για τη κάθε βαθμίδα, με ύψος βαθμίδας 10 μέτρα. Η μελέτη έλαβε χώρα για τις πρώτες 10 βαθμίδες του μεταλλείου. Τα αποτελέσματα που πρόέκυψαν φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Slos04

Βαθμίδες	Γωνία εσωτ. Τριβής(°)	Γωνία εσωτ. τριβής βαθμίδας (°)	Συντελεστής ασφαλείας	Σχηματισμός
1	16			
	23	20	0,3	Σχιστόλιθος
2	20			
	32	26	0,5	Σχιστόλιθος
3	21			
	34	28	0,5	Σχιστόλιθος
4	30			
	26	28	0,5	Σχιστόλιθος
5	24			
	24	24	0,4	Σχιστόλιθος
6	21			
	39	3	0,5	Σχιστόλιθος
7	23			
	27	25	0,4	Σχιστόλιθος
8	32			
	35	33	0,6	Σχιστόλιθος
9	43			
	45	44	0,9	Σχιστόλιθος
10	41			
	24	33	0,6	Σχιστόλιθος

Πίνακας 5.1:Υπολογισμος συντελεστή ασφαλείας για τη Slos04

Slos06

Βαθμίδες	Γωνία εσωτ. Τριβής(°)	Γωνία εσωτ. τριβής βαθμίδας (°)	Συντελεστής ασφαλείας	Σχηματισμός
1	27			
	17	22	0.5	Σχιστόλιθος
2	36			
	29	33	0.6	Σχιστόλιθος
3	34			
	23	28	0.5	Σχιστόλιθος
4	18			
	39	29	0.5	Σχιστόλιθος
5	34			
	34	34	0.6	Σχιστόλιθος
6	41			
	24	32	0.6	Σχιστόλιθος
7	36			
	30	33	0.6	Σχιστόλιθος
8	38			
	40	39	0.8	Σχιστόλιθος
9	37			
	34	36	0.7	Σχιστόλιθος
10	32			
	29	31	0.6	Σχιστόλιθος

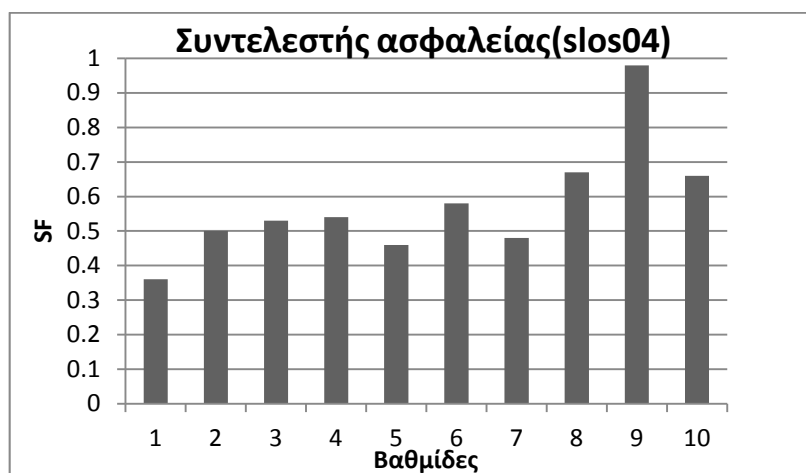
Πίνακας 5.2 :Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για τη Slos06

Sopg147

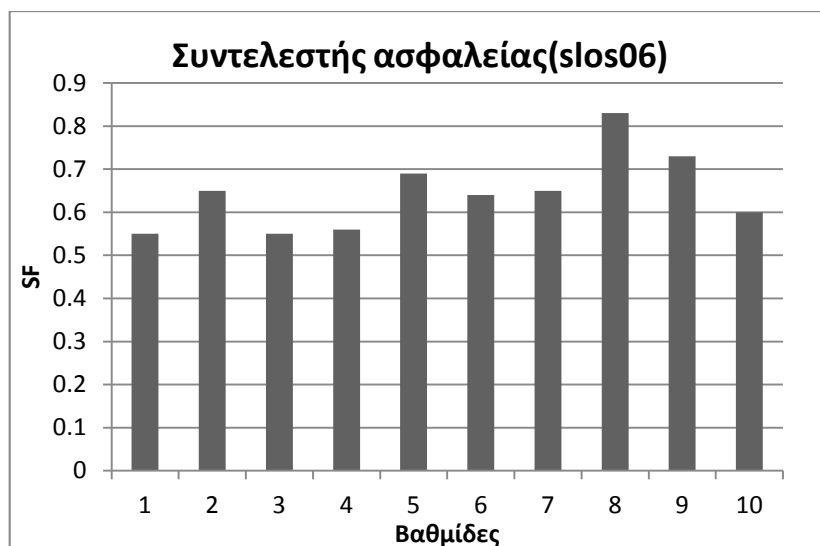
Βαθμίδες	Γωνία εσωτ. Τριβής(°)	Γωνία εσωτ. τριβής βαθμίδας (°)	Συντελεστής ασφαλείας	Σχηματισμός
1	29			
	39	34	0.6	Σχιστόλιθος
2	33			
	42	37	0.5	Σχιστόλιθος
3	36			
	27	31	0.6	Σχιστόλιθος
4	46			
	58	52	1.3	Σχιστόλιθος
5	40			
	26	33	0.6	Σχιστόλιθος
6	33			

	46	39	0.8	Σχιστόλιθος
7	41			
	35	38	0.7	Σχιστόλιθος
8	36			
	35	25	0.7	Σχιστόλιθος
9	34			
	31	33	0.6	Σχιστόλιθος
10	18			
	29	24	0.4	Σχιστόλιθος

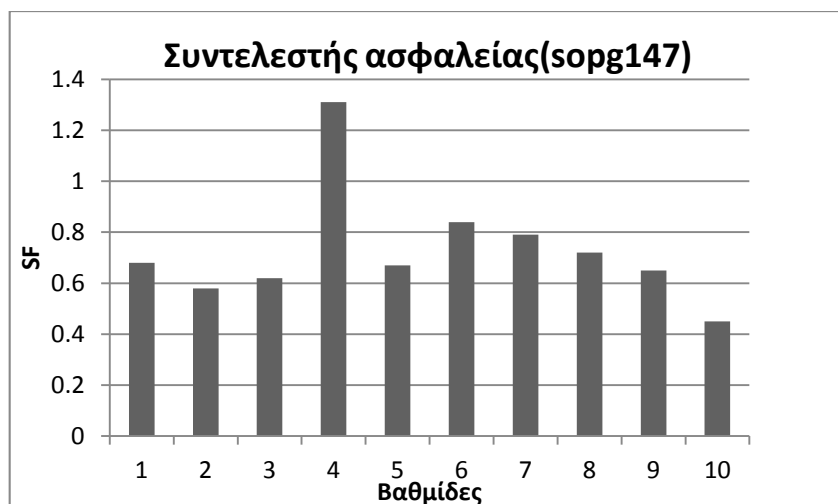
Πίνακας 5.3: Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για τη Sorp147



Εικόνα 5.4: Μεταβολή συντελεστή ασφαλείας (slos04)



Εικόνα 5.5: Μεταβολή συντελεστή ασφαλείας (slos06)



Εικόνα 5.6: Μεταβολή συντελεστή ασφαλείας (sorg147)

Για συντελεστή ασφάλειας ίσον με 1.5, και για γωνίες τριβής που υπολογίστηκαν παραπάνω προκύπτουν οι παρακάτω κλίσεις βαθμίδων.

Βαθμίδες	Γωνία τριβής (°)	Κλίσεις βαθμίδων (°)
1	20	14
2	26	18
3	28	20
4	28	20
5	2	17
6	30	21
7	25	18
8	30	22
9	4	33
10	33	24

Πινάκας 5.5 Κλίσεις βαθμίδας(slos04)

Βαθμίδες	Γωνία τριβής(°)	Κλίσεις βαθμίδων (°)
1	22	15
2	33	23
3	28	20
4	29	20
5	34	25
6	32	23

7	33	23
8	39	29
9	36	26
10	31	22

Πινάκας 5.6:Κλίσεις βαθμίδας(slos006)

Βαθμίδες	Γωνία τριβής(°)	Κλίσεις βαθμίδων (°)
1	34	24
2	37	27
3	31	22
4	52	41
5	33	24
6	39	29
7	38	28
8	25	18
9	33	23
10	24	17

Πινάκας 5.7: Κλίσεις βαθμίδας(sorg147)

5.6 Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Γενικά και στις τρεις γεωτρήσεις βλέπουμε ότι το πλήθος των τιμών του Q είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Αυτό μεταφράζεται ότι η ποιότητα της βραχόμαζας είναι φτωχή. Επίσης παρατηρούμε ότι η γωνία εσωτερικής τριβής των συνεχειών είναι μικρότερη από την γωνία σχεδίασης των βαθμίδων (45°). Επομένως έχουμε σοβαρές πιθανότητες αστοχίας των πρανών. Αυτό φαίνεται και από τον υπολογισμό του συντελεστή ασφάλειας ο οποίος σε μεμονωμένες περιπτώσεις ξεπερνά τη μονάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα και οι προτάσεις της ανάλυσης. Τα συμπεράσματα και οι προτάσεις θα διαμορφωθούν σύμφωνα με την απεικόνιση των πόλων των ασυνεχειών στις στερεογραφικές προβολές, τον υπολογισμό του συστήματος Q, τον υπολογισμό της συνοχής, στον υπολογισμό της γωνίας εσωτερικής τριβής των ασυνεχειών καθώς και τον υπολογισμό του συντελεστή ασφαλείας.

6.1 Συμπεράσματα

Βάσει των παραδοχών και των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Για εκπαιδευτικούς λόγους θεωρήσαμε τη γωνία των πρηνών της εκμετάλλευσης ίσον με 45° . Επίσης τη γωνία εσωτερικής τριβής των ασυνεχειών των σχηματισμών είναι ίσον με 30° .
2. Επιπλέον δε πήραμε υπόψη τη συνοχή ($c=0$)
3. Η επιλογή των οικογενειών των ασυνεχειών κατά τη δημιουργία των στερεογραφικών επιλέχθηκαν με ιδιαίτερη προσοχή.
4. Η ανάλυση της ευστάθειας απαιτεί την γνώση των ιδιοτήτων c , και ϕ για κάθε σχηματισμό οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα του συντελεστή ασφαλείας
5. Η επιλογή του τρόπου ολισθήσης σχετίζεται με την γεωμετρία και τις ιδιότητες των στρωμάτων.

6.2 Προτάσεις

1. Συνεχείς μελέτη των βασικών παραμέτρων των συνεχειών και των πετρωμάτων για την έγκαιρη προβλέψει της αστοχίας των πρηνών.
2. Λόγο του ότι όσο απομακρυνόμαστε από το μεταλλοφόρο σώμα η ποιότητα της βραχώμαζας χειροτερεύει. Έτσι προτείνουμε, στο σχιστόλιθο να έχουμε πιο ομαλή κλίση ενώ στο πορφυριτικό κοίτασμα μεγαλύτερη κλίση. Και αυτό θα γίνει χωρίς να αλλάξει η σχέση αποκάλυψης σημαντικά, διότι αν γίνει αυτό θα υπάρχει οικονομικό και περιβαλλοντικό πρόβλημα.
3. Θα μπορούσαμε να προτείνουμε την υποστήριξη των πρηνών. Συνήθως η υποστήριξη στα υπαίθρια μεταλλεία αν δεν είναι αναγκαία δεν λαμβάνεται υπόψη διότι επιβαρύνει επιπλέον το κόστος της εκμετάλλευσης. Στις περισσότερες φορές αφήνουν το πρηνές να ολισθήσει ελεγχόμενα

προστατεύοντας τους εργαζόμενους, απομακρύνοντας τους από το πρανές, και ότι άλλο είναι υπό τη κτίση της εταιρίας (φορτωτές, φορτηγά κλπ).

4. Εάν είναι αναγκαίο η υποστήριξη πρανούς ένα μέτρο υποστήριξης θα μπορούσε να είναι η τοποθέτηση πλέγματος σε σημεία όπου θεωρείται ότι θα ολισθήσει.
5. Τέλος εάν σε ορισμένες βαθμίδες υπάρχει η υποψία ολισθήσεως μικρής κλίμακας μπορούμε να αφήσουμε μισό μετρό παραπάνω στο πλάτος της βαθμίδας ούτως ώστε να ολισθήσουν σε αυτό το σημείο.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Table 4.6: Classification of individual parameters used in the Tunnelling Quality Index Q (After Barton et al 1974).

DESCRIPTION	VALUE	NOTES
1. ROCK QUALITY DESIGNATION	RQD	
A. Very poor	0 - 25	1. Where RQD is reported or measured as ≤ 10 (including 0), a nominal value of 10 is used to evaluate Q .
B. Poor	25 - 50	
C. Fair	50 - 75	2. RQD intervals of 5, i.e. 100, 95, 90 etc. are sufficiently accurate.
D. Good	75 - 90	
E. Excellent	90 - 100	
2. JOINT SET NUMBER	J_n	
A. Massive, no or few joints	0.5 - 1.0	1. For intersections use $(3.0 \times J_n)$
B. One joint set	2	
C. One joint set plus random	3	
D. Two joint sets	4	
E. Two joint sets plus random	6	
F. Three joint sets	9	2. For portals use $(2.0 \times J_n)$
G. Three joint sets plus random	12	
H. Four or more joint sets, random, heavily jointed, 'sugar cube', etc.	15	
J. Crushed rock, earthlike	20	
3. JOINT ROUGHNESS NUMBER	J_r	
a. Rock wall contact		
b. Rock wall contact before 10 cm shear		
A. Discontinuous joints	4	1. Add 1.0 if the mean spacing of the relevant joint set is greater than 3 m.
B. Rough and irregular, undulating	3	
C. Smooth undulating	2	
D. Slickensided undulating	1.5	
E. Rough or irregular, planar	1.5	
F. Smooth, planar	1.0	2. $J_r = 0.5$ can be used for planar, slickensided joints having lineations, provided that the lineations are oriented for minimum strength.
G. Slickensided, planar	0.5	
c. No rock wall contact when sheared		
H. Zones containing clay minerals thick enough to prevent rock wall contact	1.0 (nominal)	
J. Sandy, gravely or crushed zone thick enough to prevent rock wall contact	1.0 (nominal)	
4. JOINT ALTERATION NUMBER	J_a	ϕ degrees (approx.)
a. Rock wall contact		
A. Tightly healed, hard, non-softening, impermeable filling	0.75	1. Values of ϕ , the residual friction angle, are intended as an approximate guide to the mineralogical properties of the alteration products, if present.
B. Unaltered joint walls, surface staining only	1.0	
C. Slightly altered joint walls, non-softening mineral coatings, sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	2.0	
D. Silty-, or sandy-clay coatings, small clay-fraction (non-softening)	3.0	
E. Softening or low-friction clay mineral coatings, i.e. kaolinite, mica. Also chlorite, talc, gypsum and graphite etc., and small quantities of swelling clays. (Discontinuous coatings, 1 - 2 mm or less)	4.0	

5. JOINT WATER REDUCTION		J_w	approx. water pressure (kgf/cm ²)	
A. Dry excavation or minor inflow i.e. < 5 l/m locally		1.0	< 1.0	
B. Medium inflow or pressure, occasional outwash of joint fillings		0.66	1.0 - 2.5	
C. Large inflow or high pressure in competent rock with unfilled joints	0.5	2.5 - 10.0	1. Factors C to F are crude estimates; increase J_w if drainage installed.	
D. Large inflow or high pressure	0.33	2.5 - 10.0		
E. Exceptionally high inflow or pressure at blasting, decaying with time	0.2 - 0.1	> 10	2. Special problems caused by ice formation are not considered.	
F. Exceptionally high inflow or pressure	0.1 - 0.05	> 10		
6. STRESS REDUCTION FACTOR		SRF		
<i>a. Weakness zones intersecting excavation, which may cause loosening of rock mass when tunnel is excavated</i>				
A. Multiple occurrences of weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock, very loose surrounding rock any depth)	10.0	1. Reduce these values of SRF by 25 - 50% but only if the relevant shear zones influence do not intersect the excavation		
B. Single weakness zones containing clay, or chemically disintegrated rock (excavation depth < 50 m)	5.0			
C. Single weakness zones containing clay, or chemically disintegrated rock (excavation depth > 50 m)	2.5			
D. Multiple shear zones in competent rock (clay free), loose surrounding rock (any depth)	7.5			
E. Single shear zone in competent rock (clay free). (depth of excavation < 50 m)	5.0			
F. Single shear zone in competent rock (clay free). (depth of excavation > 50 m)	2.5			
G. Loose open joints, heavily jointed or 'sugar cube', (any depth)	5.0			

Πίνακας 1: Παράμετροι του τύπου [1]

SLOS04	Dip	Dip direction	Joint type	Filling material	Roughness	Rock type
	15	190	J	Clay	5	SC
	64	288	FJ	Clay stn	5	SC
	65	280	FJ	Clay stn	2	SC
	15	205	J	Clay	7	SC
	47	288	J	Clay	5	SC
	12	110	J	Clay	5	SC
	75	100	J	Clay stn	5	SC
	18	40	J	Clay	5	SC
	69	220	J	Clay stn	5	SC
	35	310	J	Clay stn	5	SC
	70	180	J	Clay stn	6	SC
	20	180	OC	Clay stn	7	SC
	23	250	J	Clay	5	SC
	58	15	FJ	Clay stn	8	SC
	70	288	FJ	Clay stn	5	SC
	35	70	J	Clay stn	5	SC
	25	190	J	Clay stn	5	SC
	54	180	J	Clay stn	5	SC
	51	160	J	Clay	5	SC
	19	125	J	Clay	5	SC

	43	305	J	Clay stn	4	SC
	70	120	J	Clay	4	SC
	55	80	J	Clay stn	1	SC
	45	180	J	Clay stn	7	SC
	51	170	FJ	Clay stn	5	SC
	29	130	J	Clay stn	5	SC
	25	330	J	Clay stn	8	SC
	52	320	J	Clay stn	5	SC
	57	170	J	Clay stn	5	SC
	52	170	J	Clay stn	5	SC
	40	0	J	Clay stn	5	SC
	20	110	J	OX stn	4	SC
	80	300	J	Clay stn	7	SC
	18	160	J	Clay	4	SC
	35	350	J	Clay	4	SC
	37	220	J	Clay	5	SC
	8	100	J	Clay	4	SC
	10	320	J	Clay	4	SC
	23	60	J	Clay stn	5	SC
	53	250	J	Clay stn	5	SC
	55	340	J	Clay stn	5	SC
	65	180	J	NONE	5	SC
	5	300	J	Clay	5	SC
	48	280	J	Clay	7	SC
	73	220	J	Clay stn	5	SC
	59	270	J	Clay stn	5	SC
	73	240	J	Clay stn	5	SC
	54	290	J	Clay stn	5	SC
	55	290	J	Clay stn	5	SC
	15	120	J	NONE	7	SC
	24	115	J	Clay stn	6	SC
	15	85	J	QZ	5	SC
	40	165	J	Clay stn	5	SC
	15	240	J	QZ stn	5	SC
	60	50	J	Clay stn	5	SC
	30	145	J		4	SC
	40	275	FJ	Clay stn	5	SC
	55	45	J	Clay stn	5	SC
	25	290	J	Clay stn	5	SC
	15	145	J	QZ	7	SC
	15	115	OC	QZ	7	SC
	55	265	J	Clay	4	SC
	10	295	J	NONE	5	SC
	20	165	J	OX stn	7	SC

	30	230	J	QZ	5	SC
	10	130	J	QZ	5	SC
	72	226	J	OX stn	7	SC
	35	215	J	NONE	7	SC
	25	30	J	Clay stn	8	SC
	15	75	OC	QZ	5	SC
	65	175	J	NONE	5	SC
	10	330	J	NONE	5	SC
	70	10	J	NONE	5	SC
	80	50	J	Clay stn	8	SC
	46	64	J	OX stn	5	SC
	51	283	J	Clay stn	8	SC
	15	60	J	OX	5	SC
	57	352	J	Clay stn	5	SC
	60	10	J	OX	5	SC
	55	255	J	OX	8	SC
	40	180	J	QZ stn	8	SC
	60	15	J	OX	5	SC
	33	97	J	OX	8	SC
	36	188	J	OX	5	SC
	22	294	J	OX	5	SC
	20	37	J	OX	5	SC
	12	65	J	OX	7	SC
	40	90	J	QZ	7	SC
	62	288	FJ	QZ	7	SC
	64	288	FJ	NONE	5	SC
	17	312	J	OX	8	SC
	55	95	FJ	QZ	7	SC
	52	138	J	Clay	5	SC
	21	35	J	QZ	7	SC
	28	218	J	OX stn	5	SC
	21	242	J	QZ	8	SC
	65	105	J	OX	7	SC
	60	313	J	Clay stn	5	SC
	70	240	J	OX	8	SC
	46	4	J	OX	8	SC
	45	335	J	OX	8	SC
	80	80	J	OX	5	SC
	35	150	OC	QZ	8	SC
	40	305	J	QZ	5	SC
	35	175	J	OX stn	5	SC
	25	60	OC	CPY	7	SC
	62	61	J	Clay stn	5	SC
	20	142	J	OX	2	SC

	17	31	J	STN	7	SC
	18	88	J	OX	5	SC
	16	152	OC	QZ	5	SC
	20	0	J	Clay	5	SC
	16	150	OC	QZ	6	SC
	65	160	J	Clay stn	5	SC
	60	260	J	Clay stn	6	SC
	23	280	OC	QZ stn	7	SC
	43	260	J	Clay	5	SC
	21	30	J	Clay stn	7	SC
	15	140	J	NONE	6	SC
	59	300	J	Clay	5	SC
	21	190	J	Clay stn	4	SC
	10	260	J	Clay stn	5	SC
	70	260	J	Clay stn	2	SC
	24	100	OC	QZ	7	SC
	58	346	J	Clay stn	5	SC
	64	297	J	Clay stn	5	SC
	66	5	J	Clay stn	5	SC
	15	280	J	Clay stn	5	SC
	32	212	OC	QZ	7	SC
	13	62	OC	QZ	7	SC
	71	168	J	Clay stn	4	SC
	37	124	OC	QZ	7	SC
	57	142	FJ	NONE	4	SC
	16	52	J	Clay stn	2	SC
	63	4	J	Clay stn	4	SC
	48	300	J	Clay stn	7	SC
	40	320	J	STN	4	SC
	27	257	J	STN	7	SC
	62	220	J	STN	5	SC
	68	232	J	Clay	5	SC
	28	112	OC	QZ	8	SC
	82	292	J	Clay	5	SC
	82	293	J	Clay	5	SC
	75	280	J	Clay	5	SC
	68	332	J	Clay stn	5	SC
	76	280	J	Clay stn	5	SC
	33	166	FJ	QZ	1	SC
	60	320	J	Clay stn	5	SC
	30	100	OC	QZ	5	SC
	68	20	J	Clay stn	4	SC
	22	176	J	Clay	5	SC
	74	132	J	OX stn	8	SC

	64	92	J	OX stn	8	SC
	85	200	J	Clay stn	4	SC
	28	3	J	Clay	7	SC
	68	22	J	Clay stn	5	SC
	29	23	J	Clay stn	4	SC
	42	258	J	Clay stn	6	SC
	58	5	J	Clay stn	5	SC
	76	180	J	Clay stn	5	SC
	66	329	J	Clay stn	4	SC
	65	330	J	Clay stn	5	SC
	34	290	J	Clay stn	5	SC
	10	60	OC	CPY	4	SC
	17	68	OC	PY	4	SC
	47	203	J	Clay stn	5	SC
	57	187	J	Clay stn	5	SC
	34	80	J	Clay stn	4	SC
	75	260	J	Clay stn	5	SC
	45	130	J	Clay stn	2	SC
	43	110	OC	QZ stn	7	SC
	57	70	J	Clay stn	5	SC
	40	280	J	Clay stn	5	SC
	23	210	OC	QZ	4	SC
	10	310	J	Clay stn	4	SC
	62	50	J	Clay stn	5	SC
	55	220	J	Clay stn	4	SC
	30	110	J	Clay stn	8	SC
	50	320	OC	QZ	7	SC
	48	312	J	Clay stn	5	SC
	50	130	J	Clay stn	8	SC
	8	220	OC	QZ	4	SC
	63	120	J	Clay stn	5	SC
	41	125	J	Clay stn	4	SC
	5	30	OC	QZ	4	SC
	53	130	J	Clay stn	4	SC
	35	270	J	Clay stn	1	SC
	57	120	J	Clay stn	4	SC
	56	357	J	Clay stn	8	SC
	35	120	J	Clay stn	5	SC
	60	110	J	Clay stn	4	SC
	50	120	J	Clay stn	4	SC
	47	112	J	Clay stn	7	SC
	21	126	FJ	Clay	5	SC
	25	112	J	Clay	5	SC
	27	288	J	Clay stn	5	SC

	17	14	OC	QZ	7	SC
	59	160	J	Clay stn	7	SC
	55	202	J	Clay stn	5	SC
	33	117	FJ	Clay	5	SC
	54	342	J	Clay	7	SC
	44	312	J	Clay stn	5	SC
	52	260	J	Clay stn	4	SC
	69	320	OC	CAL stn	5	SC
	70	320	OC	CAL	5	SC
	72	342	J	CAL stn	7	SC
	21	312	OC	CAL	7	SC
	82	140	J	CAL stn	5	SC
	22	185	FJ	Clay stn	4	SC
	10	17	OC	QZ	7	SC
	22	170	OC	QZ	7	SC
	65	80	J	CAL stn	2	SC
	73	141	J	CAL stn	5	SC
	47	130	J	CAL stn	8	SC
	12	150	OC	QZ	7	SC
	30	355	J	QZ	7	SC
	62	214	J	Clay	2	SC
	80	263	OC	Clay	5	SC
	72	257	OC	Clay	5	SC
	47	192	J	Clay	5	SC
	20	185	OC	QZ	8	SC
	70	295	J	Clay	5	SC
	75	105	J	Clay	7	SC
	22	127	FJ	Clay stn	7	SC
	25	195	OC	QZ	5	SC
	55	277	J	Clay	7	SC
	75	225	J	Clay	5	SC
	27	100	J	Clay	5	SC
	30	150	FJ	Clay	5	SC
	75	15	J	Clay	7	SC
	52	167	J	Clay	2	SC
	65	324	OC	Clay	7	SC
	62	278	J	Clay	5	SC
	10	158	J	Clay	7	SC
	10	158	J	Clay	7	SC
	10	30	J	Clay	7	SC
	45	147	FJ	Clay	7	SC
	49	301	OC	Clay	5	SC
	39	143	J	Clay stn	5	SC
	18	60	OC	QZ	7	SC

	41	332	OC	Clay	2	SC
	12	308	OC	QZ	7	SC
	18	51	J	QZ	5	SC
	28	67	OC	QZ	7	SC
	20	65	OC	QZ	7	SC
	35	258	J	Clay	7	SC
	8	54	OC	QZ	7	SC
	45	275	J	Clay stn	7	SC
	5	340	J	Clay stn	5	SC
	35	128	FJ	Clay	7	SC
	45	270	J	CAL	5	SC
	47	43	J	CAL	5	SC
	12	84	OC	QZ	5	SC
	32	317	OC	Clay stn	7	SC
	19	322	OC	QZ	7	SC
	7	112	J	CAL	5	SC
	24	194	J	NONE	7	SC
	32	182	FJ	CAL	7	SC
	32	173	J	NONE	7	SC
	23	339	OC	QZ	7	SC
	66	257	J	NONE	7	SC
	47	312	OC	QZ	4	SC
	10	50	OC	QZ	8	SC
	40	160	FJ	NONE	5	SC
	40	41	OC	Mgt	5	SC
	51	275	J	NONE	5	SC
	15	14	J	CAL	5	SC
	19	170	J	CAL	5	SC
	17	58	OC	QZ	7	SC
	48	269	J	NONE	5	SC
	19	57	J	QZ	5	SC
	26	78	J	CAL stn	5	SC
	19	39	J	Mgt	7	SC
	38	142	OC	QZ	7	SC
	14	11	OC	QZ	5	SC
	50	125	OC	QZ	7	SC
	27	4	J	PY stn	5	SC
	25	28	OC	QZ	7	SC
	49	173	OC	PY	5	SC
	65	106	OC	QZ	7	SC
	86	5	OC	QZ	7	SC
	40	120	OC	QZ	7	SC
	62	176	OC	QZ	5	SC
	34	282	J	CAL	7	SC

	17	210	J	Clay	5	SC
	16	50	OC	CAL	7	SC
	11	67	OC	QZ	8	SC
	66	147	J	QZ	7	SC
	5	201	OC	CAL	5	SC
	41	278	J	CAL stn	5	SC
	47	163	J	QZ	7	SC
	23	107	OC	CPY stn	5	SC
	13	195	OC	QZ	5	SC
	83	226	J	QZ	7	SC
	46	110	OC	CAL	5	SC
	47	45	J	NONE	5	SC
	43	36	J	NONE	5	SC
	11	330	J	QZ	5	SC
	30	331	J	Clay	5	SC
	19	290	J	NONE	5	SC
	18	31	J	Clay	5	SC
	34	232	J	Clay	7	SC
	32	48	J	Clay stn	5	SC
	20	7	OC	QZ	5	SC
	57	172	OC	QZ	5	SC
	45	126	FJ	Clay stn	7	SC
	24	40	J	QZ	7	SC
	87	30	J	NONE	7	SC
	51	107	J	Clay stn	5	SC
	34	77	J	CPY stn	5	SC
	34	145	J	NONE	5	PO
	56	261	J	NONE	5	PO
	35	40	J	CPY	5	PO
	21	26	OC	STN	4	PO
	46	94	OC	QZ	8	PO
	65	132	OC	QZ	8	PO
	23	253	J	QZ	4	PO
	17	24	J	NONE	4	PO
	25	308	J	NONE	5	PO
	24	311	J	Clay stn	6	PO
	30	0	J	CPY stn	4	PO
	43	103	J	NONE	8	PO
	35	280	J	NONE	5	PO
	32	296	J	NONE	5	PO
	29	2	OC	QZ	4	PO
	46	126	J	NONE	5	PO
	17	66	OC	QZ	4	PO
	8	74	J	NONE	5	PO

	29	326	J		5	PO
	55	320	J	NONE	5	PO
	32	328	J	NONE	5	PO
	47	275	J	NONE	5	PO
	18	50	J	STN	7	SC
	55	146	J	CAL stn	5	SC
	22	322	J	STN	4	SC
	55	3	J	CPY stn	5	SC
	50	100	J	NONE	5	PO
	21	255	OC	QZ	8	PO
	35	326	OC	CAL	8	SC
	18	34	OC	QZ	4	SC
	12	51	OC	CPY	7	SC
	16	278	OC	QZ	7	SC
	29	268	OC	QZ	7	SC
	7	300	OC	QZ	7	SC
	80	110	OC	CAL	7	SC
	10	305	OC	QZ	7	SC
	50	160	OC	CAL	8	SC
	35	100	J	NONE	5	SC
	30	95	OC	CAL	5	PO
	25	0	OC	CPY	7	PO
	60	230	J	NONE	5	PO
	35	70	J	NONE	5	PO
	15	0	OC	CPY stn	8	PO
	25	25	OC	PY	8	PO
	25	300	OC	QZ	7	PO
	40	122	J	CAL stn	7	SC
	40	125	J	Clay stn	7	PO
	25	25	OC	QZ	8	PO
	35	80	J	CAL	5	PO
	45	25	J	NONE	5	PO
	50	160	OC	QZ	7	PO
	45	90	J	NONE	7	PO
	65	90	J	CPY stn	7	PO
	30	320	OC	PY	5	PO
	65	110	OC	PY stn	7	PO
	65	140	OC	QZ	7	PO
	65	105	OC	QZ	5	PO
	65	90	OC	NONE	7	PO
	40	50	OC	QZ	5	PO
	35	330	OC	PY	7	PO
	25	-	OC	QZ	7	PO
	22	68	OC	CPY	5	PO

	17	64	OC	CPY	5	PO
	25	145	OC	CPY	8	PO
	20	210	OC	CPY	5	PO
	25	62	OC	QZ	7	PO
	45	210	OC	QZ	7	PO
	20	54	OC	QZ	8	PO
	27	52	OC	QZ	8	PO
	23	6	OC	CPY	7	PO
	21	352	J	CPY	7	PO
	20	55	J	Clay	5	PO
	10	280	OC	QZ	7	PO
	55	285	OC	PY	7	PO
	45	150	J	QZ	5	PO
	75	120	J	QZ	7	PO
	70	130	J	PY stn	7	PO
	25	35	OC	CPY	5	PO
	25	10	OC	CPY	7	PO
	22	6	OC	CPY	5	PO
	30	10	OC	CPY	7	PO
	27	356	OC	QZ	7	PO
	26	355	OC	CPY	7	PO
	21	30	OC	CPY	7	PO
	30	40	OC	CPY	7	PO
	22	44	OC	QZ	7	PO
	16	13	OC	CPY	5	PO
	22	38	OC	QZ	7	PO
	65	150	J	QZ stn	7	PO
	10	285	OC	Mgt	5	PO
	18	312	OC	QZ stn	8	PO
	40	310	OC	CPY stn	4	PO
	25	230	J	STN	4	PO
	35	280	J	STN	8	PO
	25	340	OC	CPY stn	4	PO
	82	332	J	NONE	5	PO
	21	3	J	STN	5	PO
	15	0	J	CAL	5	PO
	33	307	J	PY	8	PO
	56	121	OC	CAL	5	PO
	42	288	J	PY stn	4	PO
	56	51	J	STN	4	PO
	32	257	J	STN	5	PO
	58	172	J	STN	4	PO
	70	160	J	NONE	4	PO
	25	141	J	CAL stn	5	PO

	60	120	J	CAL stn	5	PO
	58	122	J	NONE	8	PO
	22	207	OC	CAL	8	PO
	20	210	OC	CAL	8	PO
	32	47	J	PY	5	PO
	40	142	J	CAL stn	7	PO
	65	49	J	CAL	7	PO
	5	82	J	CAL stn	5	PO
	30	104	J	CAL stn	5	PO
	5	162	OC	CAL	5	PO
	12	182	OC	CAL	7	PO
	52	70	J	CAL	7	PO
	70	62	J	CAL stn	7	PO
	70	93	J	CAL	5	PO
	60	40	J	CAL stn	7	PO
	55	65	J	CAL stn	7	PO
	38	53	J	CAL	5	PO
	56	102	OC	CAL stn	5	PO
	35	75	J	CAL stn	5	PO
	15	55	J	CAL	7	PO
	25	220	J	NONE	7	PO
	20	45	J	NONE	7	PO
	15	60	J	NONE	5	PO
	78	38	OC	NONE	5	PO
	55	50	OC	CAL	7	PO
	37	142	OC	CAL	5	PO
	33	140	OC	CAL stn	5	PO
	44	170	J	CAL	5	PO
	72	100	J	CAL stn	4	PO
	57	122	OC	QZ	4	PO
	33	27	J	NONE	5	PO
	9	232	OC	CAL	4	PO
	26	344	J	CAL	4	PO
	22	12	J	CPY stn	4	PO
	20	43	OC	CAL	7	PO
	44	310	OC	CAL	7	PO
	25	45	OC	QZ	7	PO

Πίνακας 2: Δεδομένα ασυνεχειών που εισήχθησαν στο dips για τη γεώτρηση Slos04

Dip	Dip direction	joint type	filling material	roughness	rock type
45	90	J	Clay	5	SC
38	100	FT	Clay	8	SC
34	340	J	Clay	7	SC
58	290	J	Clay	5	SC
70	220	OC	CAL	5	SC
45	210	J	PY stn	1	SC
60	220	FJ	Clay stn	5	SC
56	200	FJ	Clay stn	5	SC
20	240	J	Clay	5	SC
33	120	J	Clay	5	SC
36	305	J	Clay	5	SC
42	140	J	Clay	8	SC
65	200	J	Clay	8	SC
59	200	J	Clay	5	SC
22	60	J	Clay	7	SC
62	300	J	Clay stn	8	SC
61	340	J	Clay	5	SC
35	140	J	Clay	8	SC
55	340	FJ	Clay	8	SC
25	320	J	Clay	6	SC
40	180	J	Clay	2	SC
18	340	J	Clay	8	SC
38	120	J	Clay	8	SC
50	280	J	Clay	8	SC
76	240	J	Clay	8	SC
70	80	J	Clay stn	6	SC
20	70	J	Clay	8	SC
48	80	J	Clay stn	2	SC
25	40	J	Clay stn	5	SC
60	240	J	Clay	5	SC
13	340	J	Clay	8	SC
58	80	J	Clay	7	SC
42	120	OC	QZ	7	SC
13	240	J	Clay	5	SC
8	120	J	Clay stn	7	SC
10	120	J	Clay stn	7	SC
26	260	J	Clay stn	2	SC
15	140	J	Clay stn	7	SC
10	160	J	Clay	8	SC
33	50	J	Clay	8	SC
25	60	J	Clay stn	5	SC
44	210	J	Clay stn	8	SC

38	220	J	Clay stn	4	SC
48	40	J	Clay stn	8	SC
69	220	FJ	Clay stn	8	SC
10	260	J	Clay	2	SC
14	310	J	Clay	7	SC
36	80	J	Clay	6	SC
59	120	OC	CAL stn	8	SC
53	160	OC	CAL stn	8	SC
22	120	OC	CAL	4	SC
45	220	OC	CAL stn	8	SC
70	160	OC	CAL	4	SC
43	100	J	Clay stn	8	SC
8	100	J	Clay	4	SC
69	160	OC	CAL	8	SC
49	80	J	Clay	5	SC
70	130	OC	CAL	8	SC
69	40	OC	CAL	4	SC
40	220	J	Clay stn	5	SC
45	260	J	Clay	4	SC
28	55	OC	CAL	5	SC
70	160	OC	CAL stn	5	SC
50	150	FT	Clay	5	SC
35	20	OC	CAL	6	SC
42	180	J	Clay stn	5	SC
31	70	FT	Clay	5	SC
70	260	OC	CAL	5	SC
46	100	FJ	Clay stn	5	SC
35	280	J	Clay	7	SC
40	280	J	Clay	7	SC
55	280	OC	CAL	7	SC
38	90	FJ	Clay stn	8	SC
63	200	J	Clay stn	8	SC
51	240	OC	CAL	7	SC
24	180	J	Clay	5	SC
36	220	J	Clay	5	SC
33	0	OC	CAL stn	5	SC
49	120	J	Clay	5	SC
52	210	J	Clay	8	SC
78	230	OC	CAL	4	SC
85	160	OC	CAL	5	SC
80	160	OC	CAL	8	SC
65	140	J	Clay	2	SC
22	120	FT	Clay	8	SC
34	0	OC	CAL	7	SC

56	220	FJ	CAL stn	8	SC
69	190	J	Clay stn	5	SC
31	220	J	Clay	5	SC
60	260	J	Clay	5	SC
21	30	OC	CAL	6	SC
31	100	J	Clay	8	SC
59	180	J	Clay	6	SC
39	240	FJ	Clay	6	SC
35	40	OC	CAL	8	SC
45	220	J	Clay	8	SC
30	240	J	Clay	5	SC
30	0	OC	CAL	4	SC
47	190	OC	CAL	4	SC
54	220	FJ	NONE	6	SC
66	220	OC	CAL stn	6	SC
66	220	OC	CAL	7	SC
65	180	OC	CAL stn	6	SC
18	340	J	Clay	8	SC
61	100	OC	CAL	5	SC
55	0	OC	CAL	5	SC
73	200	OC	CAL stn	5	SC
63	80	OC	CAL stn	5	SC
57	30	OC	CAL	8	SC
60	160	OC	CAL stn	5	SC
53	140	FJ	Clay stn	8	SC
55	140	FJ	Clay stn	6	SC
60	180	J	Clay stn	5	SC
38	10	J	Clay stn	7	SC
39	240	OC	CAL stn	7	SC
46	255	J	CAL stn	5	SC
20	20	OC	CAL	7	SC
45	280	J	CAL	7	SC
65	260	J	CAL stn	5	SC
35	80	OC	CAL stn	8	SC
65	60	J	CAL stn	7	SC
60	245	J	Clay stn	8	SC
73	100	OC	CAL stn	5	SC
57	250	OC	CAL stn	4	SC
20	70	OC	CAL	7	SC
63	240	OC	CAL stn	7	SC
50	120	OC	CAL stn	6	SC
64	140	OC	CAL stn	8	SC
54	340	J	CAL stn	7	SC
63	60	J	Clay stn	5	SC

58	140	OC	CAL stn	7	SC
15	335	OC	CAL stn	5	SC
72	220	OC	CAL	5	SC
35	30	J	Clay	4	SC
54	5	J	Clay	5	SC
39	40	J	Clay	8	SC
5	220	OC	CAL	7	SC
47	220	OC	CAL	5	SC
28	90	OC	CAL	7	SC
45	290	OC	CAL	4	SC
42	60	OC	CAL	5	SC
45	240	OC	CAL	5	SC
70	240	OC	CAL	8	SC
20	15	OC	CAL	7	SC
64	220	OC	CAL	7	SC
30	20	OC	CAL	5	SC
64	320	OC	QZ	7	SC
5	240	J	CAL stn	5	SC
24	150	OC	CAL	7	SC
60	230	FJ	CAL stn	4	SC
48	230	OC	CAL	5	SC
62	220	OC	CAL	5	SC
35	25	OC	CAL	7	SC
55	120	J	Clay stn	5	SC
59	90	OC	Clay stn	7	SC
48	20	OC	QZ	7	SC
33	310	OC	QZ	7	SC
10	160	J	Clay	1	SC
65	180	OC	CAL	5	SC
20	35	J	Clay stn	7	SC
40	130	OC	QZ	7	SC
52	140	OC	QZ	4	SC
12	80	OC	QZ	7	SC
24	80	OC	QZ	7	SC
18	0	J	CAL stn	7	SC
5	115	J	Clay	5	SC
54	350	J	Clay stn	8	SC
64	60	J	Clay stn	8	SC
18	20	OC	PY stn	8	SC
74	260	OC	CAL stn	8	SC
26	10	OC	CAL stn	8	SC
66	180	OC	QZ	8	SC
30	20	J	CAL stn	5	SC
45	260	J	Clay stn	5	SC

35	280	OC	CAL	1	SC
30	0	J	Clay stn	5	SC
55	170	FJ	Clay stn	8	SC
35	70	J	Clay stn	5	SC
40	190	J	Clay stn	5	SC
65	210	FJ	Clay stn	8	SC
15	75	OC	CAL stn	5	SC
15	240	OC	CAL stn	8	SC
55	190	FJ	Clay stn	8	SC
55	220	FJ	Clay stn	5	SC
10	120	OC	CAL	4	SC
10	300	OC	CAL	4	SC
55	200	J	Clay stn	5	SC
25	20	OC	CAL	5	SC
55	210	FJ	Clay stn	5	SC
35	90	OC	QZ	4	SC
60	100	J	Clay stn	8	SC
30	290	J	Clay stn	5	SC
15	160	J	Clay stn	7	SC
55	280	J	Clay stn	5	SC
40	340	J	CAL	8	SC
70	320	J	STN	5	SC
60	120	J	PY stn	8	SC
35	80	OC	CAL stn	5	SC
60	190	FJ	CAL stn	5	SC
70	160	FJ	Clay stn	5	SC
60	165	FJ	Clay stn	5	SC
35	10	J	Clay stn	2	SC
30	70	OC	QZ	7	SC
35	280	J	Clay stn	7	SC
10	290	J	Clay	4	SC
20	45	OC	Mgt	4	SC
65	90	J	STN	5	SC
25	10	J	CAL stn	8	SC
40	90	J	CAL stn	5	SC
25	0	J	STN	4	SC
50	90	J	STN	5	SC
20	40	J	Clay stn	5	SC
60	100	J	Clay stn	8	SC
5	300	OC	CAL	7	SC
5	280	OC	CAL	5	SC
60	90	FJ	NONE	8	SC
70	85	FJ	CAL stn	5	SC
55	90	FJ	CAL	7	SC

70	165	OC	CAL	5	SC
75	170	FJ	STN	7	SC
15	120	OC	CAL	5	SC
30	10	OC	CAL	8	SC
30	190	OC	CAL stn	5	SC
20	320	FT	CAL	4	SC
20	330	FT	Clay	4	SC
44	180	J	CAL stn	5	SC
60	240	J	CAL stn	5	SC
48	250	OC	CAL	4	SC
26	60	J	CAL	7	SC
65	225	OC	QZ	4	SC
45	250	J	CAL	4	SC
54	205	OC	QZ	8	SC
43	220	J	CAL stn	2	SC
75	130	FJ	Clay stn	6	SC
35	65	J	Clay stn	4	SC
15	15	J	Clay	7	SC
12	300	OC	QZ	4	SC
34	270	J	NONE	4	SC
30	20	J	Clay stn	8	SC
20	300	OC	CAL stn	5	SC
55	125	FJ	Clay stn	5	SC
25	250	J	Clay stn	7	SC
25	250	J	Clay stn	8	SC
5	300	J	Clay	8	SC
40	120	J	Clay	8	SC
52	90	J	Clay	4	SC
25	10	OC	CAL	8	SC
80	160	FJ	Clay stn	7	SC
26	10	J	PY stn	7	SC
50	300	OC	CAL stn	5	SC
42	210	J	CAL stn	4	SC
85	60	OC	CAL stn	5	SC
35	20	FT	Clay	1	SC
22	20	OC	PY	4	SC
28	220	J	CAL stn	4	SC
30	80	J	CAL	2	SC
35	80	J	Clay stn	5	SC
10	20	OC	CAL stn	8	SC
54	90	OC	CAL	7	SC
12	300	J	Clay	7	SC
30	40	J	Clay stn	8	SC
35	80	OC	CAL	7	SC

5	320	OC	CAL	7	SC
66	100	FJ	Clay stn	6	SC
34	100	OC	CAL	8	SC
15	270	OC	CAL	7	SC
15	270	OC	CAL	7	SC
61	160	J	Clay	6	SC
15	70	J	Clay stn	6	SC
70	200	J	Clay	6	SC
8	320	J	Clay stn	7	SC
26	100	J	Clay stn	5	SC
33	60	J	Clay stn	8	SC
20	65	J	Clay stn	8	SC
70	20	J	Clay stn	7	SC
56	20	OC	QZ	8	SC
55	70	FJ	NONE	5	SC
58	80	FJ	NONE	5	SC
76	90	FJ	NONE	6	SC
12	340	OC	QZ	5	SC
59	260	FJ	Clay stn	7	SC
23	250	OC	QZ	6	SC
35	160	OC	QZ	7	SC
74	145	J	Clay	6	SC
63	180	J	Clay	5	SC
69	140	OC	CAL	8	SC
73	180	FJ	Clay stn	6	SC
76	180	OC	CAL	5	SC
79	0	OC	CAL	4	SC
50	185	J	Clay stn	5	SC
70	325	OC	Clay	5	SC
45	55	OC	CAL	7	SC
15	20	J	CAL stn	7	SC
75	35	OC	Clay	7	SC
45	285	OC	CAL	7	SC
10	40	J	CPY	7	SC
55	275	OC	Clay	7	SC
70	165	OC	Clay	7	SC
60	185	J	Clay	5	SC
80	155	OC	CAL	7	SC
75	165	J	Clay stn	7	SC
70	225	OC	Clay	7	SC
80	145	OC	CAL	8	SC
70	65	OC	CAL	7	SC
75	180	OC	CPY	7	SC
45	255	J	CAL	7	SC

40	285	J	CAL	5	SC
80	170	OC	NONE	7	SC
55	55	OC	CPY stn	7	SC
70	135	FJ	NONE	8	SC
65	100	FJ	CAL	4	SC
50	110	OC	Clay	7	SC
80	310	OC	NONE	7	SC
35	56	OC	CAL	7	SC
65	140	J	NONE	4	SC
70	0	OC	CAL	7	SC
70	180	OC	CAL	7	SC
50	80	FJ	Clay stn	8	SC
65	145	OC	CAL	7	SC
75	225	OC	CAL	7	SC
65	105	OC	CAL	7	SC
65	175	OC	CAL	7	SC
85	170	OC	CAL	7	SC
30	110	OC	CAL stn	8	SC
40	255	OC	CAL	5	SC
75	105	OC	CAL	7	SC
65	75	OC	CAL	8	SC
70	170	OC	CAL	5	SC
25	110	OC	CAL	7	SC
70	220	OC	CAL	5	SC
30	265	OC	CAL	7	SC
70	190	OC	CAL	7	SC
65	215	OC	CAL	7	SC
40	260	OC	CAL	5	SC
15	85	OC	CAL	7	SC
20	80	OC	CAL	7	SC
70	220	OC	CAL	5	SC
40	285	OC	CAL	5	SC
5	285	OC	CAL	5	SC
25	230	OC	CAL	5	SC
65	100	OC	CAL	7	SC
75	225	OC	CAL	7	SC
55	85	OC	CAL	7	SC
65	240	OC	CAL	7	SC
70	65	FJ	CAL stn	7	SC
55	60	OC	CAL stn	7	SC
75	140	OC	CAL stn	5	SC
15	270	OC	CAL	7	SC
15	100	J	CAL	7	SC
30	0	J	Clay	5	SC

20	350	OC	CAL	8	SC
24	162	FT	Clay	4	SC
25	151	J	Clay	7	SC
55	280	OC	CAL	6	SC
67	220	OC	CAL	5	SC
66	280	OC	CAL	4	SC
73	0	OC	CAL	7	SC
70	280	OC	CAL	4	SC
10	280	OC	CAL	7	SC
16	124	J	Clay	4	SC
48	274	J	Clay stn	5	SC
42	252	OC	CAL	7	SC
22	78	OC	CAL	6	SC
66	294	OC	CAL	7	SC
58	93	FJ	CAL stn	8	SC
35	63	OC	CAL	7	SC
56	104	FJ	CAL stn	7	SC
29	69	OC	CAL	7	SC
61	239	OC	CAL	8	SC
67	183	OC	CAL	5	SC
64	21	OC	CAL	7	SC
26	117	OC	CAL	7	SC
43	72	OC	CAL	5	SC
80	195	OC	CAL stn	5	SC
67	178	OC	CAL	7	SC
38	99	OC	CAL	7	SC
70	92	FJc			SC
17	5	FT	Clay	2	SC
68	118	OC	CAL	5	SC
80	260	OC	CAL	4	SC
67	188	OC	CAL	7	SC
61	128	FJ	Clay stn	6	SC
42	262	OC	CAL	5	SC
77	165	FJ	NONE	7	SC
62	130	FJc			SC
41	260	OC	CAL	7	SC
20	264	OC	CAL	8	SC
46	63	OC	CAL	8	SC
29	83	OC	CAL	7	SC
49	100	OC	CAL	7	SC
70	138	FJc			SC
10	73	OC	CAL	4	SC
20	109	OC	CAL	5	SC
41	37	OC	CAL stn	7	SC

57	71	FJc			SC
33	48	J	Clay stn	4	SC
54	76	OC	CAL	5	SC
19	95	OC	CAL stn	4	PO
63	40	J	CAL	4	PO
39	7	OC	CAL stn	4	PO
55	45	OC	CAL	7	SC
26	94	J	Clay	5	SC
42	3	J	Clay stn	8	SC
7	88	OC	CAL	5	SC
67	70	OC	CAL	4	SC
25	23	OC	CAL	8	SC
18	285	J	Clay	8	SC
46	40	OC	CAL stn	8	SC
41	89	J	Clay	5	SC
30	343	OC	CAL	4	SC
55	142	OC	CAL	5	SC
32	227	OC	CAL	5	SC
70	8	OC	CAL	5	SC
65	187	FJ	NONE	8	SC
59	198	OC	CAL	7	SC
55	218	FJ	NONE	8	SC
52	201	J	Clay stn	5	SC
43	72	OC	CAL	8	SC
66	203	OC	CAL	6	SC
68	196	J	Clay	4	SC
50	330	OC	CAL	6	SC
13	56	J	CAL stn	4	SC
67	151	OC	CAL	5	SC
37	42	OC	CAL	7	SC
70	183	OC	CAL stn	5	SC
72	220	FJ	NONE	6	SC
73	136	J	CAL stn	7	SC
20	308	J	Clay	6	SC
40	110	J	CAL stn	8	SC
36	101	J	Clay	8	SC
54	206	FJ	CAL stn	5	SC
62	157	FJc			SC
5	320	OC	CAL	5	SC
15	125	J	CAL	4	PO
53	152	FJc			SC
50	146	J	Clay	8	SC
24	96	J	Clay	8	SC
49	162	J	Clay	5	SC

44	160	J	Clay	5	SC
5	320	OC	CAL	8	SC
35	165	J	CAL	5	SC
12	322	OC	CAL	5	SC
43	82	J	Clay	5	SC
18	33	OC	CAL	8	SC
21	255	OC	CAL	8	SC
64	238	FT	Clay	9	SC
42	18	J	Clay	2	SC
66	350	J	Clay	2	SC
54	68	FT	Clay	3	SC
68	111	FT	Clay	3	SC
35	297	OC	CAL	8	SC
37	90	J	Clay	8	SC
68	150	FT	Clay	8	SC
8	293	FT	Clay	1	PO
23	326	J	Clay	8	PO
23	320	OC	CAL	5	PO
16	130	J	Clay	7	PO
25	315	J	Clay	7	PO
22	310	J	Clay	7	PO
16	80	J	Clay	7	PO
18	316	FT	Clay	4	PO
59	155	J	Clay	5	PO
53	150	J	Clay	4	PO
32	64	J	Clay	7	PO
62	4	OC	CAL	7	PO
9	60	J	Clay	5	PO
24	0	OC	Clay	5	PO
35	68	J	Clay	5	PO
37	58	J	Clay	8	PO
34	352	J	Clay	5	PO
17	70	OC	CAL	5	PO
38	10	J	Clay	8	PO
65	109	J	CAL stn	5	PO
28	7	J	Clay	8	PO
14	0	J	Clay	5	PO
70	116	OC	CAL	7	PO
29	19	J	Clay	5	PO
20	92	J	Clay	4	PO
29	38	J	Clay	5	PO
31	247	J	CAL	5	PO
22	26	J	CAL	8	PO
27	55	J	Clay	4	PO

37	19	J	Clay stn	7	PO
60	104	J	Clay	5	PO
9	88	J	Clay	4	PO
41	273	J	Clay	4	PO
45	298	J	Clay stn	8	PO
44	58	J	Clay	7	PO
71	140	J	Clay stn	7	PO
19	277	J	CAL stn	4	PO
50	80	J	CAL stn	7	PO
46	64	J	CAL stn	7	PO
18	32	J	Clay	4	PO
36	84	J	CAL	4	PO
42	93	J	CAL stn	8	PO
34	30	J	CAL stn	8	PO
21	10	J	CAL stn	5	PO
23	344	J	Clay stn	7	PO
18	351	J	CAL stn	7	SC
15	355	J	CAL	4	SC
14	3	J	CAL stn	4	SC
25	340	J	CAL stn	8	SC
30	22	OC	CAL stn	8	PO
19	37	J	Clay	7	PO
46	7	J	Clay	7	PO
28	338	OC	CPY stn	7	PO
62	75	J	Clay	4	PO
22	343	OC	PY stn	8	PO
26	147	J	Clay	8	PO
27	356	J	Clay stn	5	PO
25	120	OC	CAL	7	PO
47	204	J	Clay stn	4	PO
22	352	OC	PY	7	PO
59	32	J	Clay	5	PO
34	148	J	Clay	4	PO
41	7	J	Clay	5	PO
50	144	J	Clay	5	PO
64	64	J	Clay stn	5	PO
45	57	OC	CAL	8	PO
63	75	J	Clay	5	PO
45	75	J	Clay	7	PO
27	25	J	Clay	5	PO
44	37	J	Clay	5	PO
24	37	OC	CAL	8	PO
26	35	J	Clay	8	PO
38	260	J	Clay	5	PO

10	277	J	Clay	5	PO
15	240	J	Clay	8	PO
37	88	J	Clay	8	PO
19	340	J	Clay stn	7	PO
54	131	J	Clay	8	PO
24	282	J	Clay	8	PO
20	333	J	Clay stn	7	PO
26	347	J	Clay stn	8	PO
25	350	J	Clay stn	7	PO
72	147	J	CAL stn	7	PO
15	65	J	Clay	8	PO
23	19	J	Clay	4	PO
13	353	J	Clay	5	PO
26	53	J	Clay stn	7	PO
31	90	J	Clay	5	PO
30	12	J	Clay	7	PO
32	267	OC	CAL	8	PO
18	0	OC	CAL	4	PO
25	352	J	Clay	8	PO
10	328	J	Clay	5	PO
13	330	J	CAL	5	PO
20	37	J	Clay	5	PO
63	68	OC	CAL	8	PO
12	299	J	Clay	4	PO
16	344	J	Clay	7	PO
38	22	J	Clay	4	PO
27	120	OC	CPY stn	8	PO
4	265	J	Clay	7	PO
37	131	OC	CAL	7	PO
24	3	J	Clay	7	PO
8	350	J	Clay	7	PO
6	218	OC	CAL	7	PO
23	4	J	Clay stn	8	PO
20	25	J	Clay stn	7	PO
39	39	J	CAL stn	7	PO
52	41	J	CAL stn	7	PO
16	347	J	CAL stn	7	PO
58	170	J	Clay	7	PO
20	2	J	Clay stn	7	PO
46	208	J	Clay stn	7	PO
35	29	J	Clay stn	7	PO
52	89	J	CAL stn	7	PO
11	287	J	Clay stn	8	PO
61	180	J	Clay stn	4	PO

21	343	J	Clay stn	7	PO
58	210	J	Clay stn	7	PO
5	132	J	Clay stn	7	PO
48	100	J	Clay stn	4	PO
26	2	J	Clay	7	PO
21	346	J	Clay	8	PO
24	340	J	Clay	5	PO
29	350	J	Clay stn	7	PO
31	355	J	CAL stn	7	PO
14	345	J	Clay	8	PO
25	342	J	Clay	8	PO
23	85	J	Clay	8	PO
56	154	J	Clay	7	PO
18	271	J	Clay	8	PO
27	92	J	Clay	5	PO
41	43	J	NONE	8	PO
19	350	J	STN	7	PO
46	254	J	Clay	4	PO
47	294	J	Clay	4	PO
21	112	J	Clay	4	PO
51	230	J	STN	2	PO
31	12	J	STN	4	PO
43	65	J	Clay stn	5	PO
31	11	J	STN	1	PO
22	55	J	CAL	4	PO
18	270	J	Clay	8	PO
38	10	J	Clay	5	PO
39	250	J	Clay	4	PO
16	323	J	Clay stn	8	PO
15	323	J	Clay	8	PO
38	78	J	Clay	4	PO
56	253	J	Clay	5	PO
21	332	OC	QZ	5	PO
26	57	J	Clay	4	PO
33	243	J	Clay	4	PO
36	120	J	Clay	7	PO
44	348	J	CAL	4	PO
18	355	J	CAL	7	PO
26	335	J	CAL	5	PO
29	68	J	CAL	7	PO
15	350	J	STN	4	PO
36	102	OC	QZ	7	PO
27	13	J	Clay	4	PO
63	288	J	Clay stn	8	PO

47	48	J	CAL stn	8	PO
33	346	J	STN	8	PO
49	232	J	Clay	8	PO
23	69	J	CAL stn	7	PO
18	140	J	CAL stn	8	PO
68	96	J	CAL stn	5	PO
27	0	OC	QZ	4	PO
23	321	OC	QZ	7	PO
21	337	OC	CAL	8	PO
41	0	J	CAL stn	8	PO
25	52	J	Clay stn	4	PO
28	358	J	Clay	8	PO
23	349	J	Clay	5	PO
30	5	J	CAL stn	5	PO
31	357	J	Clay	7	PO
11	320	OC	CAL	8	PO
29	15	OC	CAL	8	PO

Πίνακας 3 :Δεδομένα ασυνεχειών που εισήχθησαν στο dips για τη γεωτρηση slos06

Dip	Dip direction	joint type	filling material	roughness	rock type
35	200	J	Clay	7	SC
40	180	J	Clay	7	SC
45	170	J	OX	7	SC
65	160	J			SC
60	160	J	Clay	7	SC
40	190	J	Clay	8	SC
20	130	J	OX	8	SC
		OC			SC
20	200	J	OX	4	SC
60	310	J	OX	7	SC
35	40	J	OX	7	SC
30	80	J	Clay	7	SC
50	220	J	OX	7	SC
58	260	J	OX	7	SC
35	260	J	OX	7	SC
60	210	FJ	OX	7	SC
45	250	J	OX	7	SC
48	180	J	OX	7	SC
50	240	J	OX	7	SC
35	240	J	OX	5	SC
40	180	J	OX	7	SC
65	250	J	OX	7	SC

35	260	J	OX	7	SC
10	95	OC	OX	4	SC
85	310	J	OX	7	SC
35	240	J	OX	7	SC
10	280	J	OX	4	SC
35	140	J	OX	7	SC
70	310	J	OX	7	SC
40	200	J	OX	7	SC
70	170	J	OX	7	SC
50	200	J	Clay stn	8	SC
60	70	J	OX	8	SC
65	140	FJ	CAL stn	8	SC
65	315	J	OX	7	SC
50	240	J	OX	7	SC
20	40	J	OX	4	SC
20	10	J	CAL	7	SC
30	0	J	OX	7	SC
35	310	J	OX	7	SC
55	100	J	OX	7	SC
60	180	FJ	OX	7	SC
45	110	J	CAL	8	SC
15	330	J	CAL	7	SC
40	90	J	OX stn	8	SC
45	320	OC	CAL	8	SC
55	70	J	CAL	8	SC
15	190	J	CAL	7	SC
80	280	FJ	CAL	7	SC
25	55	J	CAL	7	SC
30	25	J	CAL	7	SC
50	40	J	CAL	7	SC
60	25	J	CAL	7	SC
55	50	J	CAL	7	SC
55	40	FJ	Clay stn	8	SC
25	165	J	CAL	7	SC
70	10	FJ	CAL	8	SC
5	25	J	CAL	7	SC
35	270	J	Clay	7	SC
80	60	FJ	CAL	7	SC
55	315	OC	CAL	8	SC
50	210	J	Clay stn	7	SC
30	220	FJ	CAL stn	3	SC
20	30	J	Clay stn	7	SC
30	340	J	CPY	8	SC
35	275	OC	CAL	7	SC

30	260	J	Clay stn	8	SC
35	90	J	PY	7	SC
65	295	J	STN	7	SC
10	190	OC	CAL stn	7	SC
65	280	FJ	CAL stn	7	SC
80	150	J	CAL stn	8	SC
80	180	OC	QZ	7	SC
30	180	OC	QZ	7	SC
45	130	J	Clay	7	SC
20	0	OC	QZ	7	SC
60	120	J	Clay	7	SC
50	180	FJ	CAL	8	SC
30	60	J	CAL stn	8	SC
45	180	FJ	Clay	7	SC
45	170	J	Clay	7	SC
15	330	J	Clay	7	SC
30	350	J	QZ	7	SC
20	60	J	Clay	4	SC
85	40	OC	CAL stn	5	SC
45	340	OC	QZ	5	SC
70	20	J	Clay	5	SC
20	100	OC	CAL stn	4	SC
40	260	J	Clay	1	SC
15	260	J	Clay	1	SC
15	80	J	Clay	5	SC
60	150	OC	QZ	4	SC
25	300	OC	QZ	5	SC
30	0	OC	QZ	5	SC
70	160	FJ	Clay stn	8	SC
60	300	OC	QZ	7	SC
20	60	OC	QZ	4	SC
20	60	OC	QZ	4	SC
20	320	J	Clay stn	1	SC
15	60	OC	QZ	4	SC
18	60	OC	QZ	4	SC
50	0	FJ	NONE	7	SC
10	80	OC	Clay stn	5	SC
35	340	J	QZ	4	SC
20	80	J	Clay stn	4	SC
65	240	OC	QZ	7	SC
40	100	OC	QZ	4	SC
20	60	OC	QZ	5	SC
15	170	J	OX	4	SC
45	60	OC	QZ	1	SC

20	310	OC	QZ	4	SC
60	190	OC	QZ	5	SC
25	300	OC	QZ	1	SC
85	260	OC	QZ	4	SC
25	320	OC	QZ	1	SC
25	310	OC	QZ	1	SC
30	340	OC	QZ	5	SC
20	40	J	Clay	4	SC
30	260	J	OX stn	4	SC
18	120	OC	QZ	4	SC
65	190	FJ	QZ	4	SC
10	90	J	QZ	4	SC
20	280	OC	QZ	5	SC
60	200	J	OX	8	SC
20	240	J	OX	4	SC
65	200	FJ	OX	5	SC
15	350	OC	QZ	5	SC
75	180	FJ	OX	8	SC
30	20	OC	QZ	5	SC
60	190	FJ	Clay stn	5	SC
10	100	OC	QZ	5	SC
15	60	J	QZ	5	SC
65	270	J	Clay stn	5	SC
60	270	J	Clay stn	5	SC
25	320	J	NONE	4	SC
4	260	J	Clay	5	SC
15	100	J	CPY	4	SC
15	110	J	CPY	4	SC
15	110	J	PY	5	SC
90	240	OC	PY	5	SC
90	140	J	Clay	7	SC
10	240	J	Clay	6	SC
15	240	J	Clay	6	SC
40	20	OC	QZ	5	SC
20	90	OC	QZ	4	SC
10	40	J	Clay	8	SC
15	80	J	QZ	7	SC
2	0	J	QZ	5	SC
75	120	J	Clay	8	SC
15	110	J	Clay stn	5	SC
10	60	J	Clay	6	SC
90	160	J	Clay	7	SC
25	70	J	Clay	7	SC
20	40	J	Clay	5	SC

25	70	J	NONE	5	SC
90	200	OC	CAL	7	SC
30	340	J	Clay stn	5	SC
20	10	J	STN	4	SC
10	220	OC	CAL	4	SC
25	200	J	NONE	5	SC
35	0	J	OX	6	SC
80	240	OC	QZ	7	SC
45	310	J	NONE	2	SC
25	70	OC	QZ	7	SC
30	70	OC	QZ	7	SC
5	70	J	NONE	8	SC
35	220	J	NONE	4	SC
45	320	J	PY	7	SC
25	70	OC	QZ stn	7	SC
45	310	OC	QZ	7	SC
25	220	J	NONE	5	SC
20	50	J	CPY	7	SC
25	215	J	NONE	4	SC
35	345	OC	QZ	4	SC
70	260	J	Clay stn	4	SC
2	70	J	STN	7	SC
55	0	OC	QZ	7	SC
30	50	J	Mgt	4	SC
70	230	OC	QZ	7	SC
25	220	OC	QZ	7	SC
55	70	J	NONE	4	SC
10	75	J	QZ	4	SC
35	295	J	STN	4	SC
20	90	J	QZ	4	SC
65	125	OC	QZ	7	SC
30	135	J	NONE	5	SC
57	285	OC	CAL	7	SC
21	330	J	STN	8	SC
36	350	J	NONE	8	SC
20	35	OC	CAL	5	SC
46	240	OC	Clay	8	SC
55	180	OC	CAL	4	SC
55	180	OC	Clay stn	6	SC
58	190	J	STN	8	SC
25	170	OC	QZ	7	SC
62	50	J	CAL	8	SC
27	290	OC	QZ	7	SC
72	60	OC	STN	7	SC

65	270	OC	QZ	7	SC
40	170	OC	QZ	5	SC
30	85	J	STN	7	SC
55	350	J	QZ	7	SC
35	235	OC	QZ	7	SC
55	340	J	STN	8	SC
65	10	J	LIM	8	SC
75	180	OC	QZ	7	SC
35	80	J	QZ	4	SC
50	355	OC	QZ	7	SC
70	170	OC	QZ	4	SC
75	270	OC	QZ	7	SC
30	90	OC	NONE	8	SC
45	20	J	NONE	8	SC
40	130	J	STN	7	SC
28	280	OC	STN	7	SC
20	45	J	Clay stn	5	SC
40	35	J	Clay stn	8	SC
60	190	OC	STN	4	SC
40	190	OC	QZ	7	SC
35	250	OC	QZ	7	SC
65	180	FJ	QZ	7	SC
55	80	J	QZ	8	SC
35	190	J	LIM	8	SC
25	340	OC	QZ	2	SC
70	330	OC	QZ	7	SC
25	110	J	Clay	5	SC
25	355	J	Clay	5	SC
30	150	J	CPY	5	SC
15	50	OC	QZ	7	SC
25	270	J	QZ	7	SC
40	150	J	NONE	5	SC
45	160	J	QZ	8	SC
30	260	OC	NONE	7	SC
40	90	J	QZ	7	SC
25	310	J	QZ	4	SC
5	20	J	Clay stn	3	SC
35	70	J	Clay	5	SC
50	270	OC	QZ	7	SC
35	60	J	Clay stn	8	SC
40	55	J	QZ	7	SC
20	260	J	Clay stn	8	SC
30	50	J	QZ	4	SC
40	30	OC	QZ	4	SC

30	100	J	STN	7	SC
25	200	J	NONE	7	SC
35	70	J	Clay stn	6	SC
35	70	J	Clay stn	6	SC
35	270	J	CPY	8	SC
25	180	OC	QZ	7	SC
45	95	J	Clay stn	8	SC
35	100	J	Clay	8	SC
70	40	OC	QZ	7	SC
65	220	OC	QZ	7	SC
40	50	J	OX	8	SC
35	220	J	Clay stn	7	SC
55	200	OC	QZ	7	SC
75	60	J	Clay stn	8	SC
30	220	J	Clay stn	5	SC
70	345	OC	CAL stn	7	SC
20	60	OC	Mgt	7	SC
15	90	OC	CPY	5	SC
25	105	OC	PY	4	SC
60	205	OC	Mgt stn	8	SC
25	85	OC	CAL	8	SC
60	285	OC	CAL	8	SC
40	75	J	QZ	7	SC
15	105	J	QZ	3	SC
45	250	OC	CPY	7	SC
25	320	OC	QZ	8	SC
60	95	OC	Mgt	8	SC
35	150	OC	QZ	7	SC
45	350	OC	QZ	8	SC
25	95	OC	QZ	8	SC
15	110	OC	QZ	8	SC
35	80	J	STN	5	SC
55	10	OC	QZ	8	SC
45	5	OC	Mgt	8	SC
20	95	OC	Mgt	8	SC
23	45	OC	Mgt	8	SC
75	145	OC	QZ	7	SC
30	215	J	CAL stn	5	SC
20	225	J	CAL stn	7	SC
15	110	J	CAL stn	7	SC
10	90	J	STN	4	SC
15	100	J	Mgt	7	SC
30	80	J	Mgt	7	SC
70	315	FJ	QZ	8	SC

20	280	OC	QZ	8	SC
25	60	J	STN	7	SC
25	110	OC	QZ	7	SC
65	330	OC	QZ	8	SC
35	85	J	Mgt	7	SC
20	70	J	Mgt	5	SC
45	45	J	NONE	7	SC
40	335	J	CPY	8	SC
5	105	J	NONE	5	SC
25	95	J	STN	4	SC
55	230	J	NONE	7	SC
20	30	OC	QZ	7	SC
45	315	FJ	Mgt	7	SC
30	175	J	Clay stn	7	SC
45	175	OC	QZ	8	SC
5	80	OC	Mgt	8	SC
65	340	FJ	NONE	8	SC
20	70	J	CPY	4	SC
40	350	OC	QZ	7	SC
30	30	J	QZ	8	SC
30	30	OC	QZ	8	SC
55	315	FJ	QZ	4	SC
25	50	OC	QZ	5	SC
25	40	OC	QZ	5	SC
55	60	OC	QZ	6	SC
45	320	J	NONE	4	SC
10	50	OC	CPY	7	SC
25	190	J	NONE	5	SC
50	190	J	STN	5	SC
25	100	OC	CPY	5	SC
45	220	OC	STN	5	SC
50	240	J	Clay	5	SC
40	200	OC	Clay	6	SC
25	100	OC	Clay	7	SC
60	190	OC	Clay stn	5	SC
45	180	FJ	Clay stn	4	SC
72	160	FJ	Clay stn	6	SC
65	250	OC	NONE	6	SC
65	160	OC	Clay stn	5	SC
65	20	J	NONE	4	SC
30	25	OC	NONE	5	SC
45	50	FJ	NONE	4	SC
45	120	OC	NONE	4	SC
15	140	OC	QZ	6	SC

55	70	FJ	NONE	5	SC
15	340	J	QZ stn	5	SC
45	160	OC	NONE	5	SC
20	25	OC	NONE	5	SC
5	270	OC	QZ	4	SC
5	270	OC	QZ	4	SC
5	100	OC	QZ	4	SC
30	20	J	Clay stn	5	SC
45	355	J	Clay stn	5	SC
5	350	OC	Clay stn	4	SC
50	250	J	Clay stn	5	SC
30	70	OC	QZ	4	SC
60	230	J	Clay stn	5	SC
35	245	OC	QZ	4	SC
25	60	J	Clay stn	5	SC
65	50	J	Clay stn	7	SC
60	40	J	Clay stn	5	SC
55	230	OC	Clay stn	5	SC
60	60	J	Clay stn	7	SC
17	340	OC	Clay	7	SC
75	60	J	Clay stn	5	SC
45	100	J	Clay stn	5	SC
27	120	J	Clay stn	5	SC
35	70	OC	PY stn	4	SC
50	250	J	Clay stn	5	SC
35	100	J	Clay stn	4	SC
15	190	J	Clay stn	5	SC
40	330	J	Clay stn	5	SC
25	180	J	Clay stn	5	SC
35	290	J	QZ stn	4	SC
55	10	J	Clay stn	4	SC
50	320	J	NONE	7	SC
45	180	J	Clay stn	2	SC
10	70	J	Clay stn	5	SC
35	340	J	NONE	5	SC
30	180	J	NONE	5	SC
55	40	J	Clay stn	4	SC
50	80	J	NONE	7	SC
55	355	J	Clay	5	SC
5	300	OC	PY	4	SC
43	330	J	NONE	4	SC
5	90	OC	NONE	4	SC
15	220	J	Clay stn	5	SC
15	260	J	Clay stn	5	SC

45	70	J	NONE	5	SC
20	80	J	NONE	5	SC
50	30	J	NONE	5	SC
8	70	J	NONE	5	SC
25	200	J	Clay stn	4	SC
30	280	J	NONE	5	SC
45	30	J	NONE	2	SC
50	40	J	CPY	2	SC
70	260	J	Clay	5	SC
40	270	J	NONE	2	SC
40	320	J	QZ stn	4	SC
88	40	J	NONE	5	SC
35	40	J	NONE	2	SC
30	330	J	NONE	5	SC
20	60	J	NONE	5	SC
25	90	J	QZ	5	SC
5	90	J	QZ	5	SC
45	20	OC	QZ stn	4	SC
30	290	OC	CAL	5	SC
90	30	J	NONE	7	SC
60	225	J	NONE	7	SC
60	200	J	CAL stn	7	SC
75	290	J	NONE	5	SC
35	40	J	CAL	4	SC
35	280	FT	Clay	6	SC
40	270	J	Clay	6	SC
20	20	J	CAL	5	SC
50	200	OC	CAL	5	SC
40	190	OC	CAL	5	SC
45	20	OC	CAL stn	4	SC
70	125	J	CAL	5	SC
65	310	J	CAL	7	SC
40	320	J	CAL	4	SC
40	340	J	CAL	1	SC
15	100	J	QZ	7	SC
30	100	J	NONE	7	SC
50	80	J	CAL	7	SC
25	240	J	CAL	7	SC
60	10	OC	CAL	7	SC
5	110	J	CAL stn	7	SC
15	30	OC	CAL	5	SC
60	310	J	Clay stn	7	SC
65	340	OC	CAL	7	SC
65	350	J	CAL stn	5	SC

					SC
50	10	OC	CAL	5	SC
75	0	J	STN	5	SC
20	90	J	CAL stn	4	SC
60	330	J	Clay stn	5	SC
15	300	OC	CAL	4	SC
35	200	OC	CAL	5	SC
15	120	OC	CAL	5	SC
85	260	J	STN	5	SC
15	220	OC	CAL	5	SC
50	100	OC	CAL	5	SC
50	120	OC	CAL	5	SC
75	70	OC	CAL	5	SC
45	10	OC	CAL	5	SC
75	180	OC	CAL	8	SC
75	110	OC	CAL	5	SC
90	0	J	CAL	4	SC
20	80	OC	CAL	4	SC
55	230	J	CAL stn	5	SC
30	100	J	CAL stn	5	SC
30	90	J	CAL stn	5	SC
70	190	J	CAL	4	SC
50	60	J	CAL	5	SC
30	280	OC	CAL	5	SC
55	220	J	CAL	4	SC
60	40	OC	CAL stn	4	SC
90	340	OC	CAL stn	5	SC
50	40	J	CAL	5	SC
45	50	J	NONE	5	SC
65	300	OC	CAL	4	SC
55	210	J	OX stn	8	SC
5	100	J	CAL	1	SC
55	210	J	CAL stn	5	SC
50	230	OC	CAL stn	5	SC
55	320	OC	CAL stn	5	SC
60	220	OC	CAL	8	SC
40	30	J	CAL	4	SC
50	20	J	CAL	5	SC
70	270	J	CAL	7	SC
35	290	J	NONE	4	SC
50	105	OC	CAL	8	SC
35	320	J	NONE	5	SC
70	260	OC	CAL stn	8	SC
60	145	OC	QZ	4	SC

15	270	OC	CAL stn	5	SC
50	110	J	CAL stn	4	SC
20	150	OC	Clay	9	SC
65	130	FJ	Clay	7	SC
40	355	J	Clay	7	SC
38	250	OC	QZ	8	SC
80	80	OC	Clay	7	SC
30	80	J	Clay stn	8	SC
40	350	OC	Clay	5	SC
75	110	OC	CAL	7	SC
78	70	OC	CAL	4	SC
45	320	J	NONE	5	SC
60	210	OC	Clay	7	SC
35	310	J	Clay	8	SC
35	180	OC	Clay	9	SC
60	70	OC	Clay	7	SC
60	350	J	CAL	8	SC
50	50	J	CAL	8	SC
48	30	J	CAL	5	SC
90	0	OC	NONE	1	SC
63	170	J	Clay stn	8	SC
45	170	J	NONE	8	SC
90	0	OC	Clay stn	8	SC
60	270	J	CAL	7	SC
25	230	J	Clay	9	SC
75	120	J	STN	5	SC
0	90	J	STN	7	SC
65	270	J	CAL	9	SC
30	10	FJ	CAL	9	SC
35	5	FJ	Clay	2	SC
55	100	OC	CAL	5	SC
25	60	OC	Clay	8	SC
35	300	OC	CAL	7	SC
75	280	OC	STN	2	SC
30	250	OC	CAL	7	SC
45	30	J	STN	8	SC
5	80	OC	NONE	8	SC
5	60	FJ	STN	8	SC
55	355	OC	STN	8	SC
45	160	J	STN	9	SC
65	50	J	STN	9	SC
25	330	OC	Clay	8	SC
55	180	FJ	NONE	9	SC
65	130	J	CAL	7	SC

60	220	J	STN	8	SC
60	330	J	STN	7	SC
40	120	OC	CAL	5	SC
35	320	J	QZ	1	SC
60	200	FJ	NONE	9	SC
25	80	OC	NONE	9	SC
45	180	OC	STN	6	SC
55	230	OC	CAL	5	SC
65	280	J	NONE	3	SC
55	150	J	NONE	6	SC
55	290	J	NONE	9	SC
40	350	J	STN	3	SC
65	110	OC	CAL	8	SC
40	10	OC	CAL	7	SC
45	310	OC	CAL	8	SC
55	200	FJ	Clay	7	SC
55	350	J	CAL stn	6	SC
75	260	J	STN	6	SC
45	340	J	CAL stn	3	SC
75	80	J	STN	7	SC
35	100	J	PY stn	5	SC
20	100	OC	PY stn	2	SC
45	10	J	STN	8	SC
70	80	OC	Clay	8	SC
30	310	OC	CAL	7	SC
30	310	OC	CAL	8	SC
45	310	OC	Clay	4	SC
25	150	OC	CAL	7	SC
40	300	OC	CAL	7	SC
65	310	OC	CAL	7	SC
40	150	OC	CAL	7	SC
50	350	OC	CAL	7	SC
50	280	OC	CAL	7	SC
5	60	J	CAL	6	SC
20	130	J	Clay	5	SC
40	100	OC	CAL	5	SC
40	70	J	Clay	5	SC
50	130	OC	CAL	8	SC
45	65	OC	Clay	5	SC
45	145	J	Clay	8	SC
80	0	OC	CAL stn	5	SC
45	50	OC	CAL	8	SC
25	90	OC	CAL	4	SC
55	150	OC	CAL	7	SC

35	80	OC	CAL	5	SC
45	350	OC	CAL	8	SC
45	310	J	CAL stn	5	SC
20	295	OC	CAL stn	4	SC
45	40	OC	CAL	4	SC
40	40	OC	CAL	4	SC
35	325	J	CAL	8	SC
45	80	OC	CAL	5	SC
60	20	OC	CAL	7	SC
65	100	J	Clay	2	SC
35	20	J	Clay	5	SC
45	220	OC	CAL stn	5	SC
30	80	OC	Clay	5	SC
45	90	OC	CAL	4	SC
50	0	J	NONE	7	SC
30	350	J	NONE	7	SC
45	100	OC	QZ	4	SC
40	350	J	NONE	7	SC
65	340	OC	QZ	5	SC
65	55	OC	CAL stn	5	SC
40	300	J	CAL	8	SC
50	250	J	CAL	8	SC
40	200	J	CAL	8	SC
30	310	J	CAL	5	SC
70	350	J	CAL stn	8	SC
65	330	J	CAL	5	SC
55	170	J	QZ	5	SC
50	315	OC	QZ	5	SC
70	235	J	NONE	4	SC
60	355	J	NONE	4	SC
80	5	J	NONE	4	SC
40	245	OC	CAL stn	5	SC
45	80	OC	CAL	6	SC
20	250	OC	CAL	7	SC
65	10	OC	CAL	6	SC
55	335	OC	CAL	7	SC
75	230	FJ	NONE	5	SC
50	275	J	CAL stn	5	SC
75	340	OC	CAL	4	SC
60	50	J	CAL	4	SC
70	210	FJ	CAL	5	SC
65	200	FJ	NONE	5	SC
75	110	FJ	CAL	7	SC
80	340	OC	CAL	4	SC

75	245	OC	CAL stn	6	SC
35	175	OC	CAL	6	SC
80	105	OC	CAL stn	6	SC
80	280	OC	AN	6	SC
15	45	OC	CAL	5	SC
75	300	OC	CAL	6	SC
70	140	OC	QZ	6	SC
30	315	OC	CAL	7	SC
30	210	OC	CAL	5	SC
30	110	OC	CAL	4	SC
55	220	OC	CAL	4	SC
55	220	OC	CAL	4	SC
65	300	OC	CAL	5	SC
50	290	OC	CAL	7	SC
35	20	OC	CAL	7	SC
85	330	OC	CAL	5	SC
60	210	FJ	CAL	5	SC
65	255	FJ	NONE	5	SC
45	35	OC	CAL stn	7	SC
65	220	FJ	NONE	4	SC
80	250	FJ	NONE	4	PO
60	75	J	CAL stn	5	PO
55	190	FJ	NONE	4	PO
45	320	J	NONE	4	PO
35	190	OC	CAL	4	PO
20	350	OC	CAL	4	PO
55	215	J	CAL stn	4	PO
40	260	J	CAL stn	5	PO
45	240	J	CAL stn	4	PO
65	125	J	CAL stn	8	SC
75	200	OC	CAL stn	5	SC
70	320	OC	QZ	7	SC
55	340	J	CAL stn	5	SC
25	50	OC	CAL stn	7	SC
80	290	OC	CAL stn	5	SC
60	310	OC	CAL stn	5	SC
90	35	OC	CAL stn	5	SC
65	270	OC	CAL stn	8	SC
60	315	OC	CAL	4	SC
70	260	OC	Clay	5	SC
65	180	FJ	Mgt	7	SC
20	325	OC	QZ	5	SC
35	75	OC	QZ	5	SC
85	25	OC	CAL	4	SC

65	335	J	CAL stn	4	SC
65	185	FJ	NONE	5	SC
60	165	FJ	NONE	7	SC
35	350	J	NONE	5	SC
20	180	J	CAL	4	SC
45	200	J	CAL	1	SC
55	190	FJ	CAL	4	SC
70	20	OC	CAL	7	SC
60	350	FJ	NONE	7	SC
80	70	OC	CAL	5	SC
65	190	FJ	Clay stn	7	SC
45	295	OC	CAL	5	SC
45	285	OC	CAL	7	SC
65	95	OC	CAL	7	SC
55	330	J	NONE	4	SC
65	275	J	CAL	5	PO
55	320	J	QZ	7	PO
75	310	J	QZ	5	PO
70	110	J	QZ	7	PO
65	245	J	QZ	7	PO
50	35	OC	QZ	7	PO
65	305	OC	Clay	7	SC
40	320	J	NONE	4	SC
45	290	OC	CAL	7	SC
45	320	J	NONE	7	SC
70	55	OC	QZ stn	7	SC
35	290	OC	CAL	4	SC
40	45	OC	CAL	4	SC
60	335	OC	CAL	5	SC
60	25	J	PY	5	SC
65	30	J	QZ	4	SC
55	315	OC	QZ	5	SC

Πίνακας 5: Δεδομένα ασυνεχειών που εισήχθησαν στο dips για τη γεώτρηση sorg147

M -Micro/Small scale Joint Expression	
Code	Description
1	Rough/Stepped/Irregular
2	Smooth Stepped
3	Slickensided Stepped
4	Rough Undulating
5	Smooth Undulating
6	Slickensided Undulating
7	Rough Planar
8	Smooth Plannar
9	Polished

Πίνακας 6:Ταξινόμηση τραχύτητας

Code	Structure Type
OC	Open Cemented
J	Joint
FJ	Foliation Joint
FJc	Foliation Joint core
FT	Fault
Con	Contact
CCon	Mod cemented Contact
CJ	Mod Cemented Joint
CFT	Mod Cemented Fault

Πίνακας 7 : Ταξινόμηση ασυνεχειών

Fill Type	
Code	Description
OX	Oxide
OX stn	Oxide stainings
Clay	Clay
Clay stn	Clay stainings
CAL	Calcite
CAL stn	Calcite stainings
QZ	Quartz

QZ stn	Quartz stainings
PY	Pyrite
PY stn	Pyrite stainings
CPY	Chalcopyrite
CPY stn	Chalcopyrite stainings
NONE	Clean/No Fill
BORN	Bornite
BORN stn	Bornite stainings
CHL	Chlorite
CHL stn	Chlorite stainings
Mgt	Magnetite
Mgt stn	Magnetite stainings
GGT	Gouge > Thickness
GLT	Gouge < Thickness
HEM	Hematite
LIM	Limonite
MOL	Molybdenite
MOL stn	Molybdenite stainings
AN	Anhydrite
SER	Sericite
STN	Staining
CV	Covelina
O	Other
BI	Biotite
BI stn	Biotite stainings

Πίνακας 8: Υλικό πλήρωσης των ασυνεχειών

Lithology Codes	
Rock Codes	Description
GN	Gneiss
BGN	Biotite Gneiss
SC	Schist
CHL SC	Chloritic Schist
BSC	Biotite schist
Amph Sc	Amphibolite schist

PO	Porphyry
PPO	Pink Porphyry
BPO	Black Porphyry
FPO	Fine Porphyry
BX	Breccia
TS	Top Soil
GPO	Grey Porphyry
QZ	Quartzite

Πίνακας 9 :Ταξινόμηση Πετρωμάτων

Βάθος (m)	Q
37	0.172
42	0.158
47	0.140
52	0.167
57	0.165
62	0.260
67	0.161
72	0.246
77	0.182
82	0.164
87	0.151
92	0.495
97	0.180
102	0.186
107	0.125
112	0.123
117	0.165
122	1.5
127	0.248
132	0.124
137	0.167
142	0.083
147	0.167
152	0.167
157	1
162	1.5
167	0.167
172	0.167

177	0.375
182	0.125
187	0.125
192	0.25
197	1.5
202	1.5
207	1
212	1
217	1
222	0.167
227	0.083
232	0.125
237	0.125
242	2
247	0.167
252	1.5

Πίνακας 10 : Υπολογισμός συστήματος Q για την Slos04

Βάθος (m)	Q
36	0.120
41	0.120
46	0.119
51	0.250
56	0.241
61	0.123
66	0.122
71	0.124
76	0.240
81	0.124
86	0.366
91	0.243
96	0.250
101	0.375
106	0.083
111	0.375
116	0.121
121	0.125
126	0.184
131	0.124
136	0.185
141	0.186
146	0.083
151	0.247
156	1.5

161	1.5
166	0.186
171	0.375
176	0.5
181	1.5
186	1
191	0.739
196	0.123
201	0.083
206	0.120
211	0.124
216	0.125
221	0.125
226	0.125
231	0.186
236	0.184
241	0.121
246	0.120
251	0.124
256	0.178
261	0.125
266	0.083
271	0.125
276	0.125
281	0.124
286	0.125

Πίνακας 11 : Υπολογισμός συστήματος Q για την Slos06

Βάθος (m)	Q
21	0.231
26	0.483
31	1.187
36	1.477
41	2.321
46	0.309
51	0,370
56	0.397
61	0.739
66	0.283
71	0.259
76	0.680

81	0.192
86	0.390
91	1.327
96	0.287
101	0.257
106	0.372
111	0.299
116	0.218
121	0.144
126	0.556
131	1.1
136	0.330
141	0.132
146	0.117
151	0.313
156	0.101
161	0.206
166	0.6
171	0.248
176	0.309
181	0.250
186	0.625
191	0.625
196	0.417
201	1.667
206	0.417
211	0.833
216	0.309
221	0.309
226	3.960

Πίνακας 12 : Υπολογισμός συστήματος Q για την Sorg147

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Εξαδάκτυλος Γ. (2011), Ευστάθεια Υπαίθριων και υπόγειων Έργων Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- Μανούτσογλου Ε. (2006), Εισαγωγή στη Γεωλογία, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- Στειακάκης Ε. (2012), Τεχνική Γεωλογία – Εδαφομηχανική Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- Ράζος Δ. (2007), Τεχνική Γεωλογία II, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις ΕΜΠ Αθήνα
- Χρηστάρας Β. & Μαρίνος Β. Διαλέξεις του μαθήματος Τεχνική Γεωλογία.
- Κούκης Γ. & Σαμπατακάκης Ν. (2002) Τεχνική Γεωλογία, Εκδοτικός Όμιλος Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Κούκης Γ. & Σαμπατακάκης Ν. (2007) Γεωλογία Τεχνικών Έργων Εκδοτικός Όμιλος Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Στουρνάρας Γ. & Σταυροπούλου Μ. (2011) Τεχνική Γεωλογία Εκδοτικός Όμιλος Τζιόλα, Αθήνα.
- Κελεσιδής Β. (2011) Αβαθείς και ειδικές Γεωτρήσεις Εκδοτικός Όμιλος Τζιόλα, Αθήνα.
- Αναγνωστόπουλος Α. & Κωστόπουλος Σπ., (1988), Πρακτικά Πρώτου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Ελληνική Επιστημονική Εταιρία Εδαφομηχανικής & Θεμελιώσεων, Αθήνα.
- Γαμβρούδης Χ. (2006), Διερεύνηση Υδραυλικής συμπεριφοράς και ευστάθεια πρηνών φράγματος Γαδούρα Ρόδου, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- Γρηγοριάδου Α. (2014) Παραμετρική ανάλυση της ευστάθειας των πρηνών εκμετάλλευσης του ορυχείου Αμυνταίου ως προς τους σχηματισμούς υποβάθρου, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης Χανιά.
- Λούκος Ι. (2012) Διερεύνηση της δυνατότητας εμπλουτισμού χαλκούχου κοιτάσματος της περιοχής "Σκουριές" Χαλκιδικής, Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μαυρομάτης Δ. ,Βαγκλί Ε. & Μπόγας Δ. (2015), Προσωπική Επικοινωνία.

ΔΙΕΘΝΗΣ

- Wyllie D. & Mah C, (2004) Rock Slope Engineering (Civil and Mining) 4th edition, Spon Press
- Kliche C. (1999) Rock Slope Stability Published by the Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- Giani P.G. (1988), Rock Slope Stability Analysis, A.A.Balkema
- Goodman R. And Shi G-S,Block(1985) treory and its application to rock engineering,Prentice-Hall
- Barton N. and Choubey V., The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice, Rock Mechanics 10, 1--54 (1977)].
- Barton N. Estimation of in situ shear strength from back analysis of failed rock slopes.Proc.Int.Syrup.Rock Mech.Rock Fracture,Nancy, Paper II-27 (1971)
- Barton, N. 1974. Rock slope performance as revealed by a physical joint model. Proc. of 3rd Congr. Int. Soc. Rock Mech. Advances in rock mechanics. Denver, Vol. IIB: 765-773.
- BANDIS S, A.C.LUMSDEN, N.R BARTON, Experimental Studies of Scale Effects on the Shear Behaviour of Rock Joints, Int J Rock Mech Vol 18.pp.1 to 21
- (Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8), Toronto: John Wiley, pp 254-287

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- <http://www.auth.gr/>
- <http://www.ntua.gr/>
- <https://www.wikipedia.org/>
- <http://www.hellas-gold.com/>
- <https://www.upatras.gr/el>

- <http://www.iitbhu.ac.in/faculty/min/rajesh-rai/NMEICT-Slope/lecture/intro.html>
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StereoprojectStructuralgeol.jpg>

