

**Α.Δ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.**

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ GIS 150kV/MT ΣΤΗ ΣΥΡΟ

## **ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ**

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2013



**ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ**

**γεωτεχνικές μελέτες και έρευνες**

**Γραφεία:** Γούναρη 62, Αγ. Παρασκευή 153 43, Τηλ.: 210 6004741, Τηλ./Fax: 210 6013044  
e-mail: [geoconsult@geoconsult.gr](mailto:geoconsult@geoconsult.gr), web: [www.geoconsult.gr](http://www.geoconsult.gr)

**Εργαστήριο:** Καπετανάκη 18, Γλυκά Νερά 153 54, Τηλ.: 210 663 5215, e-mail: [lab@geoconsult.gr](mailto:lab@geoconsult.gr)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 1
1.1. Σκοπός της έρευνας και της έκθεσης	σελ. 1
1.2. Ανάθεση	σελ. 1
1.3. Ομάδα εκπόνησης μελέτης	σελ. 1
1.4. Θέση και περιγραφή του έργου	σελ. 2
1.5. Εκτελεσθείσες εργασίες	σελ. 2
2. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	σελ. 3
3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	σελ. 4
4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ & ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	σελ. 5
4.1. Γενικές γεωλογικές πληροφορίες	σελ. 5
4.2. Βασικοί σχηματισμοί	σελ. 5
4.3. Υπόγεια νερά	σελ. 7
4.4. Σεισμολογικά στοιχεία	σελ. 7
4.5. Παράμετροι σχεδιασμού	σελ. 8
5. ΕΚΣΚΑΨΙΜΟΤΗΤΑ	σελ. 9
6. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ	σελ. 10
7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ	σελ. 11
7.1. Πρανή εκσκαφών	σελ. 11
7.2. Πρανή επιχωμάτων	σελ. 12
7.3. Ανάλυση δυνητικών τροχιών βραχοπτώσεων	σελ. 13
8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	σελ. 14
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 16
ΣΧΗΜΑΤΑ	σχημ. 1-10
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	φωτ. 1-10
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' - Μητρώα γεωτρήσεων	σελ. Α1-Α5
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β' - Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών	σελ. Β1-Β3
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ' - Δελτία γεωτρήσεων	σελ. Γ1-Γ5
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ' - Ταξινόμηση βραχομάζας	σελ. Δ1-Δ8
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε' - Εδαφοτεχνικοί υπολογισμοί	σελ. Ε1-Ε31

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

### Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

#### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

##### 1.1 Σκοπός της έρευνας και της έκθεσης

Σκοπός της έκθεσης είναι η παρουσίαση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας που εκτελέστηκε από την εταιρεία γεωτεχνικών μελετών ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε. στο χώρο κατασκευής του Υποσταθμού (Υ/Σ) GIS 150 kV/MT στη Σύρο (βλ. σχήμα 1 και φωτογραφία 1).

Σκοπός της έρευνας είναι η απόκτηση στοιχείων του υπεδάφους προκειμένου να γίνει εκτίμηση της ανεκτής τάσης έδρασης τόσο από άποψη φέρουσας ικανότητας όσο και καθιζήσεων και να γίνουν προτάσεις θεμελίωσης του κτιρίου και διαμόρφωσης και προστασίας των πρανών εκσκαφών και επιχώσεων.

##### 1.2 Ανάθεση

Η γεωτεχνική έρευνα (γεωτρήσεις, επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές και η παρουσίαση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων) ανατέθηκε στην εταιρεία γεωτεχνικών μελετών ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε. από τον Α.Δ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.

##### 1.3 Ομάδα εκπόνησης μελέτης

Για την εκπόνηση της γεωτεχνικής έρευνας και μελέτης συνεργάστηκαν οι ακόλουθοι:

- Αθαν. Πλατής, Πολιτικός Μηχανικός, Γεωτεχνικός
- Γ. Ανδρεάδης, Γεωλόγος
- Νεον. Τζανέτος, Γεωλόγος
- Μ. Παγουλάτου, Γεωλόγος
- Ν. Ζαβιτσάνος, Γεωλόγος.

#### 1.4 Θέση και περιγραφή του έργου

Ο χώρος του έργου βρίσκεται στη Νήσο Σύρο, σε απόσταση 1,8 km περίπου νοτιοανατολικά της Ερμούπολης και 2,2 km περίπου βορειοδυτικά του Αζόλιμνου και συνορεύει προς τα δυτικά με τον αερολιμένα της Σύρου, προς βορρά με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων της Σύρου και προς τα ανατολικά με την επαρχιακή οδό Σύρου-Αζόλιμνου (βλ. σχήμα 1). Η περιοχή του έργου παρουσιάζει κλίση προς τα ανατολικά (προς τη θάλασσα), με κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 1:1,5 έως 1:3 (κατ:οριζ) και μέγιστη υψομετρική διαφορά στα όρια του οικοπέδου 38,00 m περίπου. Υψομετρικά ο χώρος του οικοπέδου βρίσκεται 27,00–66,00 m πάνω από τη μέση στάθμη θάλασσας.

Στο χώρο του έργου προβλέπεται η κατασκευή Υ/Σ GIS 150 kV/MT, η διάταξη του οποίου φαίνεται στο συνημμένο ενδεικτικό σχέδιο κάτοψης (βλ. σχήμα 2). Η στάθμη ισοπέδωσης των εγκαταστάσεων προβλέπεται στο στάθμη +38,10 m, ενώ για τη διαμόρφωση του χώρου προβλέπεται η διαμόρφωση πράνων εκσκαφών ύψους έως 25,0 m περίπου και επιχωμάτων ύψους έως 13,0 m περίπου.

#### 1.5 Εκτελεσθείσες εργασίες

Οι ερευνητικές εργασίες υπαίθρου εκτελέστηκαν στο διάστημα από 22/7/2013 μέχρι 23/7/2013.

Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελέστηκαν στο διάστημα από 29/7/2013 μέχρι 13/8/2013.

## 2. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Η έρευνα περιελάμβανε την εκτέλεση 2 περιστροφικών γεωτρήσεων πυρηνοληψίας Γ1 και Γ2 βάθους 16,00 m και 14,20 m αντίστοιχα, διατεταγμένων στην περιοχή όπου πρόκειται να διαμορφωθούν τα υψηλά πρηνή εκσκαφής. Οι θέσεις των γεωτρήσεων φαίνονται στο συνημμένο τοπογραφικό διάγραμμα (σχήμα 2) και στις φωτογραφίες 2 και 3.

Οι γεωτρήσεις εκτελέστηκαν με περιστροφικό γεωτρύπανο τύπου BOYLES-17. Η διάμετρος της οπής ήταν 117 mm αρχικά, μειούμενη βαθύτερα σε 101 mm. Απαιτήθηκε συνεχής σωλήνωση των γεωτρήσεων Γ1 και Γ2, με σωλήνα διαμέτρου 117 mm μέχρι βάθους 7,00-4,30 m. Από τις γεωτρήσεις ελήφθησαν ημιδιαταραγμένα δείγματα εδάφους και πυρήνες του βραχώδους υποβάθρου. Λόγω της φύσης του εδάφους (σχιστολιθικοί χάλικες επιφανειακά και σχιστολιθικό υπόβαθρο βαθύτερα) δεν ήταν δυνατό να ληφθούν αδιατάρακτα δείγματα (σύμφωνα με τις «Τεχνικές Προδιαγραφές Δειγματοληπτικών Γεωτρήσεων Ξηράς για Γεωτεχνικές Έρευνες» του ΥΠΕΧΩΔΕ – ΦΕΚ 363 Β'/24-6-83 – αδιατάρακτα δείγματα λαμβάνονται σε μαλακά συνεκτικά εδάφη). Λόγω της παρουσίας στρωμάτων σκληρών σχιστολίθων απαιτήθηκε κατά θέσεις η χρήση δειγματολήπτη διπλού τοιχώματος διαμέτρου 101 mm με σπαστήρα (καροττοπαγίδα) για καλύτερη δειγματοληψία και συγκράτηση των βραχωδών πυρήνων. Επίσης απαιτήθηκε η χρήση δειγματολήπτη διπλού τοιχώματος βραδείας προχώρησης με διαιρούμενο εσωτερικό πουκάμισο, διαμέτρου 101 mm, για καλύτερη δειγματοληψία του σχετικά μαλακού και εύθριπτου βραχώδους υποβάθρου. Ο δειγματολήπτης αυτός χρησιμοποιήθηκε για να γίνει η μέγιστη δυνατή σε ποσοστό και ποιότητα πυρηνοληψία με ελάχιστη απόπλυση των ιδιαίτερα ευαίσθητων σχηματισμών, δεδομένου ότι η χρήση δειγματολήπτη διπλού τοιχώματος απεδείχθη ανεπαρκής για την καλή δειγματοληψία του συγκεκριμένου πετρώματος. Η περιγραφή των εδαφικών και βραχωδών δειγμάτων, των επί τόπου δοκιμών και των επί τόπου μετρήσεων και παρατηρήσεων των γεωτρήσεων δίνονται συνοπτικά στο Παράρτημα Α' και αναλυτικά στα δελτία γεωτρήσεων στο Παράρτημα Γ'.

Τα ημιδιαταραγμένα δείγματα ελήφθησαν από την πυρηνοληψία για την προχώρηση της γεώτρησης με τη μέθοδο του φραγμού (διακοπή κυκλοφορίας νερού). Η συσκευασία και φύλαξη των δειγμάτων έγινε σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τις προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 363 Β'/24-6-83). Πιο συγκεκριμένα, οι εξωτερικές επιφάνειες των δειγμάτων συνεκτικού εδάφους που προορίζονται για εργαστηριακές δοκιμές, καθαρίστηκαν από την ελεύθερη υγρασία και καλύφθηκαν αεροστεγώς με διπλή πλαστική μεμβράνη. Στη συνέχεια αυτά τα εδαφικά δείγματα φυλάχθηκαν σε δύο πλαστικές σακούλες δεμένες η κάθε μία χωριστά, αφού προηγουμένως απομακρύνθηκε ο πλεονάζων αέρας για να διατηρηθεί η φυσική υγρασία του εδάφους. Όλα τα δείγματα (συσκευασμένα και μη)

φυλάχθηκαν σε ξύλινα κυψελωτά κιβώτια, φωτογραφήθηκαν (βλ. φωτογραφίες 4 και 5) και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο.

Οι τομές των γεωτρήσεων Γ1-Γ2, με τη λεπτομερή περιγραφή των εδαφικών στρωμάτων και τα αποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών, φαίνονται στη γεωτεχνική τομή του σχήματος 3.

### 3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελέστηκαν σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές και τις σημερινές επιστημονικές κατευθύνσεις. Ακολουθούν τις προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ (Ε 105-86 - ΦΕΚ 955 Β'/31-12-86), που γενικά συμφωνούν με τις αντίστοιχες Αμερικάνικες προδιαγραφές του AASHTO και του ASTM.

Το είδος των δοκιμών προσαρμόστηκε προς τη φύση του εδάφους, τη δειγματοληψία και το σκοπό της έρευνας. Σε χαρακτηριστικά δείγματα από τις γεωτρήσεις έγιναν δοκιμές κατάταξης, φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών.

Συνολικά εκτελέστηκαν οι παρακάτω εργαστηριακές δοκιμές:

- Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας 1
- Προσδιορισμός ορίων Atterberg 1
- Κοκκομέτρηση με κόσκινα 1
- Προσδιορισμός πυκνότητας βραχωδών πυρήνων 7
- Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης σε βραχώδη δείγματα 7

Τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών δίνονται συνοπτικά μεν στα μητρώα γεωτρήσεων (Παράρτημα Α'), αναλυτικά δε στο φύλλο κάθε δοκιμής (Παράρτημα Β').

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

### Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

#### 4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### 4.1 Γενικές γεωλογικές πληροφορίες

Ο χώρος του έργου βρίσκεται στη Νήσο Σύρο, σε απόσταση 1,8 km περίπου νοτιοανατολικά της Ερμούπολης και 2,2 km περίπου βορειοδυτικά του Αζόλιμνου και συνορεύει προς τα δυτικά με τον αερολιμένα της Σύρου, προς βορρά με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων της Σύρου και προς τα ανατολικά με την επαρχιακή οδό Σύρου-Αζόλιμνου (βλ. σχήμα 1). Η περιοχή του έργου παρουσιάζει κλίση προς τα ανατολικά (προς τη θάλασσα), με κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 1:1,5 έως 1:3 (κατ:οριζ) και μέγιστη υψομετρική διαφορά στα όρια του οικοπέδου 38,00 m περίπου. Υψομετρικά ο χώρος του οικοπέδου βρίσκεται 27,00–66,00 m πάνω από τη μέση στάθμη θάλασσας.

Στην ευρύτερη περιοχή της θέσης του έργου εμφανίζονται μεταμορφωμένα οφιολιθικά πετρώματα, αποτελούμενα από κυανοσχιστολίθους και μεταβασίτες (βλ. γεωλογικό χάρτη στο σχήμα 4). Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται έντονα καταπονημένοι και εξαλλοιωμένοι (βλ. φωτογραφία 6). Οι επικρατούσες γωνίες κλίσης κυμαίνονται μεταξύ 0°-30° και 60°-80° με επικρατούσα διεύθυνση κλίσης προς τα δυτικά (βλ. φωτογραφίες 7, 8 και 9). Επιφανειακά επικρατούν μικρού βάθους υλικά του μανδύα αποσάθρωσης.

##### 4.2 Βασικοί σχηματισμοί

Στο βάθος που διερευνήθηκε, μέχρι τα 16,00 m (κατώτερο υψόμετρο +46,40 m), απαντήθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί (βλ. και γεωτεχνική τομή στο σχήμα 3). Τα βάρη αναφέρονται από τη στάθμη φυσικού εδάφους στη θέση κάθε γεώτρησης, τα δε υψόμετρα είναι απόλυτα.

[1] Επιφανειακά και μέχρι βάθους 0,50-1,00 m (αντίστοιχο υψόμετρο +61,90 m έως +60,50 m) απαντάται αργιλώδες ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ έως σχιστολιθικοί ΧΑΛΙΚΕΣ (αποσαθρωμένος ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ).

[2] Κάτω από τον επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης και μέχρι το μέγιστο βάθος που διερευνήθηκε (16,00 m - υψόμετρο +46,40 m) απαντάται ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ κατακερματισμένος ως κερματισμένος γενικά, συμπαγής κατά θέσεις, τεφροπράσινου, κυανότεφρου ως καστανοκίτρινου χρώματος, με πολλές ποικίλες ανοικτές τραχείες διακλάσεις, με αργιλικά ίχνη κατά θέσεις επί αυτών και αποσαθρωμένος τοπικά [2α] υπό μορφή πολύ πυκνού αργιλώδους ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟΥ (SC-GC). Οι παράμετροι ενός αποσαθρωμένου δείγματος και η διακύμανση των παραμέτρων των βραχωδών δειγμάτων του στρώματος αυτού δίνονται στους πίνακες 1 και 2 αντίστοιχα.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

#### Παράμετροι ενός εδαφικού δείγματος στρώματος [2] (υποενότητα [2α])

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	min	max	M.O.	Σύνολο τιμών
Όρια Atterberg:				
• Όριο υδαρότητας (LL)	43,3%	43,3%	43,3%	1
• Όριο πλαστικότητας (PL)	22,1%	22,1%	22,1%	1
• Δείκτης πλαστικότητας (PI)	21,2%	21,2%	21,2%	1
Φυσική υγρασία (w)	16,5%	16,5%	16,5%	1
Χαλίκια (συγκρατούμενο #4)	35%	35%	35%	1
Άμμος (διερχόμενο #4-#200)	31%	31%	31%	1
Λεπτόκοκκα (διερχόμενο #200)	34%	34%	34%	1

### ΠΙΝΑΚΑΣ 2

#### Διακύμανση παραμέτρων βραχωδών δειγμάτων στρώματος [2]

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	min	max	M.O.	Σύνολο τιμών
Μονοαξονική θλίψη ( $q_u$ - MPa)	2,8	99,2	23,0	7
Φαινόμενο βάρος ( $\gamma$ - kN/m <sup>3</sup> )	20,9	33,1	27,3	7
Πυρηνοληψία (A - %)	50	100	96	-
R.Q.D. (%)	0	87	32	-

### 4.3 Υπόγεια νερά

Οι μετρήσεις στάθμης που έγιναν τόσο κατά τη διάρκεια των γεωτρήσεων με καθημερινές μετρήσεις στάθμης, πριν την έναρξη και μετά το πέρας της ημερήσιας εργασίας, όσο και μετά την αποπεράτωση αυτών, φαίνονται στον πίνακα 3 που ακολουθεί.

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ 3**

#### **Στάθμες ΥΥΟ στις γεωτρήσεις**

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ (m)
Γ1	22.7.2013	20:30	1,60	+60,80
	23.7.2013	07:00	4,10	+58,30
	23.7.2013	09:30	0,20	+62,20
	23.7.2013	11:00	0,40	+62,00
	23.7.2013	17:00	1,00	+61,40
Γ2	23.7.2013	18:40	1,70	+59,30

Όπως προκύπτει από τις μετρήσεις στάθμης του νερού στις γεωτρήσεις τόσο κατά τη διάρκεια των γεωτρήσεων όσο και μετέπειτα (βλ. πίνακα 3), αυτή εμφανίζει συνεχή πτώση. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η στάθμη αυτή οφείλεται στη χρήση υδάτων κατά τη διάρκεια της διάτρησης και όχι σε υφιστάμενη στάθμη υπογείων υδάτων. Κατά συνέπεια εκτιμάται ότι η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου οριζοντα (Υ.Υ.Ο.) βρισκόταν κατά το μήνα Ιούλιο 2013 σε βάθος μεγαλύτερο των 16,00 m (κατώτερο υψόμετρο +46,40 m).

### 4.4 Σεισμολογικά στοιχεία

Η περιοχή του έργου ανήκει στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ-2000), όπως τροποποιήθηκε με την υπ' αριθμ. Δ17α/12.8.2003 (ΦΕΚ 1154 Β') απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ, το δε έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας [Α] (βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση).

Για τη σεισμική ανάλυση των κατασκευών, η σεισμική επιτάχυνση εδάφους για τη ζώνη Ι είναι κατά ΕΑΚ: **A = 0,16g**,

οι δε χαρακτηριστικές περίοδοι για την κατηγορία εδάφους [A] είναι:

**T<sub>1</sub> = 0,10 sec** και **T<sub>2</sub> = 0,40 sec**.

#### 4.5 Παράμετροι σχεδιασμού

Στον πίνακα 4 που ακολουθεί φαίνονται οι παράμετροι σχεδιασμού που έχουν υιοθετηθεί για τους εδαφοτεχνικούς υπολογισμούς της μελέτης.

Η επιλογή των  $c$ ,  $\varphi$  και  $E_s$  για το στρώμα [2] (βραχώδες υπόβαθρο) έχει βασιστεί:

- α) αφενός σε αξιολόγηση της βραχομάζας βάσει του GSI (Geological Strength Index) και του RMR (Rock Mass Rating) και παρουσιάζεται στο Παράρτημα Δ',
- β) αφετέρου δε σε ανάστροφη ανάλυση ευστάθειας του υφιστάμενου βραχώδους πρσανούς, μεγίστου ύψους 17 m περίπου και κλίσης 3:1 (κατ:οριζ) περίπου, θεωρώντας συντηρητικά ότι ο υπάρχων συντελεστής ασφαλείας είναι οριακά πάνω από 1,0 (FS = 1,05 – βλ. σχήμα 5).

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4

##### Παράμετροι σχεδιασμού

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Στρώμα [2]
<i>Υγρό φαινόμενο βάρος (kN/m<sup>3</sup>)</i>	27,5
<i>Μέτρο συμπίεσης (Es – MN/m<sup>2</sup>)</i>	5.000
<b>Παράμετροι αντοχής</b>	
Γωνία εσωτερικής τριβής ( $\varphi'$ )	28°
Συνοχή ( $c'$ – kN/m <sup>2</sup> )	50
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη ( $q_u$ – MN/m <sup>2</sup> )	5,0

## 5. ΕΚΣΚΑΨΙΜΟΤΗΤΑ

Η εκσκαψιμότητα του εδάφους χαρακτηρίζεται γενικά από την ευκολία που αυτό σκάβεται με μηχανικό εκσκαφέα (τσάπα). Τα είδη των εκσκαφών βάσει της ΠΤΠ Χ1 είναι:

### Γαιώδεις εκσκαφές:

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πάσης φύσης εδάφη, των οποίων η εκσκαφή είναι δυνατή μόνο με τη χρήση της σκαπάνης (π.χ. άργιλος, μάργα, πηλός, αμμοχάλικα, χάλικες, κροκάλες, λατύπες, λίθοι, μεμονωμένοι ογκόλιθοι όγκου μικρότερου των 0,20 m<sup>3</sup>, κλπ.).

### Ημιβραχώδεις εκσκαφές:

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πάσης φύσης εδάφη και πετρώματα, τα οποία δεν περιλαμβάνονται στην κατηγορία των γαιών και δύνανται να εκσκαφούν ή εξορυχθούν και χωρίς τη χρησιμοποίηση εκρηκτικών υλών.

Στην κατηγορία «ημιβράχος» περιλαμβάνονται, τα είδη πετρωμάτων τα οποία είναι εντόνως διερρηγμένα ή κατακερματισμένα, τα εύθρυπτα, τα εύθραυστα, τα αποφλοιούμενα ή αποσαθρούμενα, οι σταθεροποιημένες λόγω χημικών αντιδράσεων στρώσεις άμμου ή χαλικών, οι στρώσεις μάργας, οι οποίες έχουν αρκούντως συγκολληθεί με λίθους διαμέτρου μεγαλύτερης των 200 mm, οι συμπαγείς και σκληρές άργιλοι, κλπ.

Γενικά στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα είδη των εδαφών τα οποία είναι αρκούντως συνδεδεμένα ή συγκολλημένα, αλλά λόγω της δομής αυτών λύνονται και χωρίς εκρήξεις.

### Βραχώδεις εκσκαφές:

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα πάσης φύσης μεγάλης ανθεκτικότητας πετρώματα, των οποίων η εξόρυξη μπορεί να γίνει μόνο με τη χρήση εκρηκτικών υλών. Έτσι ενδεικτικά ως βράχος χαρακτηρίζονται όλα τα μη αποσαθρωμένα συμπαγή πετρώματα, τα οποία υφίστανται σε μεγάλους όγκους, κατά στρώματα, τα ισχυρά συσσωρευμένα κροκαλοπαγή πετρώματα, καθώς και οι μεμονωμένοι βράχοι όγκου τουλάχιστον 0,50 m<sup>3</sup>. Σε ειδικές περιπτώσεις, όπου δεν επιτρέπεται η χρήση εκρηκτικών υλών, η εξόρυξη του βράχου γίνεται με ειδικές επιτρεπόμενες μεθόδους (π.χ. με μηχανική αερόσφουρα).

Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των σχηματισμών που απαντήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας γεωτεχνικής έρευνας, τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου καθώς και τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν από γειτονικές εκσκαφές, οι απαντώμενοι σχηματισμοί μπορούν να καταταχθούν από πλευράς εκσκαψιμότητας σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 5.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5****Εκσκαψιμότητα σχηματισμών**

Σχηματισμός	Χαρακτηρισμός		
	Γαιώδεις	Ημιβραχώδεις	Βραχώδεις
Αργιλώδη αμμοχάλικα [1]	0%	100%	-
Σχιστόλιθος [2]	-	20%-40%	60%-80%

Λαμβάνοντας υπόψη την αναλογία μεταξύ των σχηματισμών που απαντήθηκαν στην περιοχή του έργου, τα εκτιμώμενα ποσοστά εκσκαφών, είναι κατά περίπτωση:

- Γαιώδεις ως ημιβραχώδεις εκσκαφές: 20%-40%
- Βραχώδεις εκσκαφές: 60%-80%.

Οι βραχώδεις εκσκαφές μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με εκρηκτικά είτε με μηχανική αερόσφουρα. Στην περίπτωση εκσκαφής με εκρηκτικά, προτείνεται να γίνει αυτή με ελεγχόμενες εκρήξεις, λόγω της γειτνίασης του χώρου του έργου με το διάδρομο του αεροδρομίου της Σύρου (βλ. φωτογραφία 10).

**6. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ**

Τα προϊόντα εκσκαφής του σχιστολιθικού υποβάθρου θεωρούνται κατάλληλα για την κατασκευή των επιχωμάτων διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου και της οδοποιίας του Υ/Σ, καθώς και για τις τυχόν απαιτηθείσόμενες στραγγιστικές στρώσεις.

## 7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

### 7.1 Πρανή εκσκαφών

Στο Παράρτημα Ε' ελέγχεται η ευστάθεια πρανούς εκσκαφής ύψους  $H = 25,50$  m, το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 5:1 (κατ:οριζ) με ενδιάμεσους αναβαθμούς πλάτους 4,00 m ανά 5,00 m ύψους, που βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του Υ/Σ, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη πρανών. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρανούς έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000 για την περίπτωση πρανών εκσκαφής με:

- οριζόντιο σεισμικό συντελεστή ίσο προς  $\alpha_h = \alpha/2$  και
- κατακόρυφο σεισμικό συντελεστή σχεδιασμού  $\alpha_v = \pm \alpha_h/2$

όπου:  $\alpha$  = σεισμικός συντελεστής περιοχής έργου = 0,16 (ζώνη Ι).

Επίσης στο Παράρτημα Ε' έχει γίνει ανάστροφη ανάλυση ευστάθειας του υφιστάμενου βραχώδους πρανούς στην περιοχή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (βλ. φωτογραφία 10), μεγίστου ύψους 17 m περίπου και κλίσης 3:1 (κατ:οριζ) περίπου, θεωρώντας συντηρητικά ότι ο υπάρχων συντελεστής ασφαλείας είναι οριακά πάνω από 1,00 ( $FS = 1,05$  – βλ. σχήμα 5).

Στον παρακάτω πίνακα 6 και στα σχήματα 6 και 7 συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του δυτικού πρανούς. Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι με την προτεινόμενη παραπάνω διαμόρφωση των πρανών εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση αποδεκτός συντελεστής ασφαλείας έναντι γενικής ευστάθειας. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να αφαιρεθούν τα χαλαρά υλικά και αποφευχθεί η συγκέντρωση μεγάλων φορτίων στη στέψη της εκσκαφής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6****Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων ευστάθειας πρηνών εκσκαφής**

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,31 > 1,30	Slide1
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,15 > 1,00	Slide1_seismic

(\*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα βραχύδη πρηνή:  $FS_{\min} = 1,30$  (ΟΣΜΕΟ)

Σεισμική φόρτιση:  $FS_{\min} = 1,00$  (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)

**7.2 Πρηνή επιχωμάτων**

Στο Παράρτημα Ε' ελέγχεται η ευστάθεια επιχώματος μεγίστου ύψους  $H = 13,00$  m, το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 2:3 (κατ:οριζ) και το οποίο βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Υ/Σ, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη επίχωσης. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρηνούς έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος Η/Υ Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας των επιχωμάτων υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000, λαμβάνοντας υπόψη πρόσθετες οριζόντιες ενεργές επιταχύνσεις της μάζας τους, που μεταβάλλονται από  $\alpha_B = 0,5 \cdot \alpha$  στη βάση, μέχρι  $\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T)$  στην κορυφή (άρθρο 5.4.2 [1] του ΕΑΚ-2000), όπου:

$\alpha$  = η ανηγμένη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους = 0,16g (Ζώνη Ι, ΕΑΚ-2000)

$\beta(T)$  = η φασματική μεγέθυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο  $T$  του έργου  $\leq 2,5$

Λαμβάνοντας συντηρητικά  $\beta(T) = 2,50$  έχουμε:

$$\alpha_B = \alpha/2 = 0,16g/2 = 0,08g$$

$$\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T) = 2,5 \cdot 0,08g = 0,20g$$

οπότε μετά από αντικατάσταση:

$$\alpha_h = (\alpha_B + \alpha_K)/2 = (0,08 + 0,20) \cdot g/2 = 0,14g$$

$$\alpha_v = \pm 0,50 \cdot \alpha_h = \pm 0,07g.$$

Στον παρακάτω πίνακα 7 και στα σχήματα 8 και 9 συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του επιχώματος. Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι με την προτεινόμενη παραπάνω διαμόρφωση του επιχώματος εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση αποδεκτός συντελεστής ασφαλείας έναντι γενικής ευστάθειας. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να αφαιρεθούν τα χαλαρά υλικά και αποφευχθεί η συγκέντρωση μεγάλων φορτίων στη στέψη της εκσκαφής.

### **ΠΙΝΑΚΑΣ 7**

#### **Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων ευστάθειας επιχωμάτων**

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,39 > 1,38	embankment
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,17 > 1,00	embankment_ seismic

(\*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα πρηνή:  $FS_{\min} = 1,38$  (Ευρωκώδικας EC-7)

Σεισμική φόρτιση:  $FS_{\min} = 1,00$  (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)

### **7.3 Ανάλυση δυνητικών τροχιών βραχοπτώσεων**

Στο Παράρτημα Ε' πραγματοποιείται στατιστική επεξεργασία των δυνητικών τροχιών βραχωδών τεμαχών που αποκολλώνται από ένα σημείο του πρηνούς εκσκαφής και εξετάζεται η απόσταση όπου αυτά μπορεί να φτάσουν από τον πόδα του πρηνούς καθώς και η κινητική τους ενέργεια. Σημειώνεται ότι η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για αποκόλληση βραχωδών τεμαχών από οποιοδήποτε σημείο του πρηνούς. Επίσης στην ανάλυση έχει ληφθεί υπόψη η χρήση αμμοχαλικώδους υλικού τόσο στους αναβαθμούς όσο και στο χώρο μεταξύ ποδός του πρηνούς και του περιμετρικού τοίχου του Υ/Σ. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό RocFall της ROCKSCIENCE.

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι, εφόσον αφεθεί μία απόσταση ασφαλείας 4,00 m από τον πόδα του πρηνούς μέχρι τον περιμετρικό τοίχο του Υ/Σ και διαστρωθεί τόσο στο χώρο αυτό όσο και στους ενδιάμεσους αναβαθμούς αμμοχαλικώδες υλικό πάχους τουλάχιστον 0,30 m, δεν υπάρχει κίνδυνος από βραχοπτώσεις στο χώρο του Υ/Σ.

## 8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την εκτελεσθείσα γεωτεχνική έρευνα στη θέση κατασκευής του Υ/Σ Σύρου, προκύπτει ότι τα ανώτερα εδαφικά στρώματα αποτελούνται κατακερματισμένο ως κερματισμένο σχιστόλιθο, αποσαθρωμένο τοπικά υπό μορφή αργιλώδους αμμοχάλικου, καλυπτόμενο από μικρού πάχους (0,50-1,00 m) μανδύα αποσάθρωσης αμμοχαλικώδους σύστασης.

Η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (Υ.Υ.Ο.) βρισκόταν κατά το μήνα Ιούλιο 2013 σε βάθος μεγαλύτερο των 16,00 m (κατώτερο υψόμετρο +46,40 m).

Από πλευράς σεισμικής επικινδυνότητας η περιοχή του έργου ανήκει στη Ζώνη Ι του τροποποιημένου ΕΑΚ (απόφαση υπ' αριθμ. Δ17α/12.8.2003 του ΥΠΕΧΩΔΕ), το δε έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας [Α].

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, προτείνεται να ληφθούν υπόψη τα εξής για τη διαστασιολόγηση και τον τρόπο θεμελίωσης των διαφόρων κατασκευών:

- Είδος θεμελίωσης: **Οποιαδήποτε μορφή επιφανειακής θεμελίωσης (μεμονωμένα πέδιλα, πεδιλοδοκοί ή γενική κοιτόστρωση)**
- Στάθμη θεμελίωσης: **Εντός του βραχώδους υποβάθρου**
- Βάθος θεμελίωσης:  **$\geq 0,80$  m κάτω από τη στάθμη περιβάλλοντος χώρου**
- Επιτρεπόμενη τάση έδρασης:
  - Στατική φόρτιση:  **$\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 400$  kPa (μέση τάση)**
  - $\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 520$  kPa (τάση ακμής)**
  - Σεισμική φόρτιση:  **$\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 600$  kPa (μέση τάση)**
  - $\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = 780$  kPa (τάση ακμής)**
- Δείκτης εδάφους λαμβανομένης υπόψη της γεωμετρίας της θεμελίωσης:
  - Στατική φόρτιση:  **$ks = 20-100$  MN/m<sup>3</sup>**
  - Σεισμική φόρτιση:  **$ks = 40-100$  MN/m<sup>3</sup>**

Όσον αφορά την εκσκαψιμότητα του εδάφους, τα εκτιμώμενα ποσοστά γαιωδών, ημιβραχωδών και βραχωδών εκσκαφών είναι:

- Γαιώδεις ως ημιβραχώδεις εκσκαφές: 20%-40%
- Βραχώδεις εκσκαφές: 60%-80%.

Οι βραχώδεις εκσκαφές μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με εκρηκτικά είτε με μηχανική αερόσφουρα. Στην περίπτωση εκσκαφής με εκρηκτικά, προτείνεται να γίνει αυτή με ελεγχόμενες εκρήξεις, λόγω της γειννίας του χώρου του έργου με το διάδρομο του αεροδρομίου της Σύρου.

Τα προϊόντα εκσκαφής του σχιστολιθικού υποβάθρου θεωρούνται κατάλληλα για την κατασκευή των επιχωμάτων διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου και της οδοποιίας του Υ/Σ, καθώς και για τις τυχόν απαιτηθείσόμενες στραγγιστικές στρώσεις.

Όσον αφορά τα υψηλά πρανή εκσκαφής που θα δημιουργηθούν για τη διαμόρφωση του χώρου του Υ/Σ (μεγίστου ύψους 25,00 m περίπου), αυτά μπορούν να διαμορφωθούν με κλίση 5:1 (κατ:οριζ) με ενδιάμεσους αναβαθμούς πλάτους 4,00 m ανά 5,00 m ύψους. Για την αποφυγή πτώσης λίθων ή βραχωδών τεμαχίων, που τυχόν αποκολληθούν από τα πρανή εκσκαφών, εντός του Υ/Σ, θα απαιτηθεί να αφεθεί μία απόσταση ασφαλείας 4,00 m από τον πόδα του πρανούς μέχρι τον περιμετρικό τοίχο του Υ/Σ και να διαστρωθεί τόσο στο χώρο αυτό όσο και στους ενδιάμεσους αναβαθμούς χαλαρό αμμοχαλικώδες υλικό πάχους τουλάχιστον 0,30 m.

Όσον αφορά τα επιχώματα που θα δημιουργηθούν για τη διαμόρφωση του χώρου του Υ/Σ (μεγίστου ύψους 13,00 m περίπου), αυτά μπορούν να διαμορφωθούν με κλίση 2:3 (κατ:οριζ). Επίσης, για την αντιδιαβρωτική προστασία των πρανών από τα απορρέοντα όμβρια, προτείνεται η κάλυψη του μετώπου των πρανών με λιθορριπή βάρους 20-100 kg, πάχους τουλάχιστον 1,00 m. Τέλος προτείνεται για λόγους ασφαλείας να αφεθεί μία ελάχιστη απόσταση 4,00 m από το φρύδι του πρανούς μέχρι τον τοίχο της περιφραξης του Υ/Σ.

Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών τα πρανή θα πρέπει να επιθεωρούνται από γεωτεχνικό μηχανικό, ώστε να επαληθεύεται η εικόνα που σχηματίστηκε από τα στοιχεία της παρούσας γεωτεχνικής έρευνας και σε αντίθετη περίπτωση να τροποποιείται η μελέτη και να λαμβάνονται τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα. Ιδιαίτερως επισημαίνεται ότι θα πρέπει να καταγράφονται οι κλίσεις και διευθύνσεις κλίσεων των ασυνχειών των βραχωδών σχηματισμών που εκσκάπτονται έτσι ώστε να επιβεβαιώνεται η ασφάλεια των προτεινομένων στην παρούσα κλίσεων που έχει βασιστεί κυρίως σε επιφανειακά τεκτονικά στοιχεία.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2013

Για τη ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε.

ΑΘΑΝ. ΠΛΑΤΗΣ  
Πολιτικός Μηχανικός  
Γεωτεχνικός

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **32<sup>nd</sup> US ROCK MECHANICS SYMPOSIUM (1991)**

Hands-on Workshop on Rock Mass Classifications.

### **A.S.C.E. (1976)**

"Rock Engineering for Foundations & Slopes", Vol. I & II, Proceedings of a Specialty Conference, University of Colorado, Boulder, Colorado, August 15-18, 1976.

### **BIENIAWSKI Z.T. (1974)**

"Geomechanics Classification of Rock Masses and its Application in Tunnelling", Proc. 3rd Int. Congr. Rock Mechanics, Denver, Vol. 2, Part 2, pp. 27-32.

### **BETON KALENDER (1984)**

Ελληνική Μετάφραση του Γερμανικού πρωτοτύπου "Beton Kalender 1983", από τον εκδοτικό οίκο Μ. ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ, Τόμοι 1,2,3.

### **BOWLES J.E. (1996)**

"Foundation Analysis & Design", 5<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, U.S.A.

### **CIRIA (1984)**

"Design of Retaining Walls Embedded in Stiff Clay", CIRIA Report 104, by C.J. Padfield and R.J. Mair, London.

### **CUR (CENTRE FOR CIVIL ENGINEERING RESEARCH & CODES) (1996)**

"Building on Soft Soils - Design & Construction of Earthstructures both on and into Highly Compressible Subsoils of Low Bearing Capacity", A manual based on CUR Report 162, Published by A.A.BALKEMA, Rotterdam.

### **ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ Υ.Δ.Ε. (1983)**

"Τεχνικές Προδιαγραφές Γεωτρήσεων Ξηράς για Γεωτεχνικές Έρευνες", (Ε 101-83 – ΦΕΚ 363 Β'/24-6-83).

### **ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ Υ.Δ.Ε. (1984)**

"Προδιαγραφές Εργαστηριακών και επί τόπου Δοκιμών Βραχομηχανικής" (Ε 102-84 και Ε 103-84 - ΦΕΚ 70 Β'/8-2-85).

**ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ Υ.Δ.Ε. (1986)**

"Προδιαγραφές Εργαστηριακών και επί τόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής" (Ε 105-86 και Ε 106-86 - ΦΕΚ 955 Β'/31-12-86).

**DIN 4084 (1974)**

"Υπολογισμός της Ασφάλειας Πρανών για τον Εμποδισμό της Θραύσης Πρανούς", Μέρος 2, Προκαταρκτικός Κανονισμός, Έκδοση Φεβρουαρίου 1974.

**DUNCAN J.M. (1996)**

"State of the Art: Limit Equilibrium and Finite-Element Analysis of Slopes", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.122, No.7, pp. 577-596.

**DUNCAN J.M., BUCHIGNANI A.L. (1975)**

"An Engineering Manual for Slope Stability Studies", Department of Civil Engineering, U.C. Berkeley.

**ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. (1998)**

Οδηγίες Σύνταξης Μελετών Έργων Οδοποιίας (ΟΣΜΕΟ), Αναθεώρηση Α2, 1.10.1998

**FAIRHURST C., CROUCH S.L. (1977)**

"Design Methods in Rock Mechanics", Proceedings 16th Symposium on Rock Mechanics, Sept. 22-24, 1975, University of Minnesota, Minneapolis, U.S.A., Published by ASCE, N.Y.

**GOODMAN R.E. (1976)**

"Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks", West Publishing Company.

**HOEK E., BRAY J.W. (1977)**

"Rock Slope Engineering", The Institution of Mining & Metallurgy, London, 2nd edition.

**HOEK E., BROWN E.T. (1980)**

"Underground Excavations in Rock", The Institution of Mining & Metallurgy, London.

**HOEK E., MARINOS P., BENISSI M. (1998)**

"Applicability of the Geological Strength Index (GSI) Classification for Very Weak and Sheared Rock Masses. The Case of the Athens Schist Formation", Bulletin Eng. Geol. Env., 57, pp 151-160.

**HVORSLEV M.J. (1949)**

"Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes", Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U.S. Army.

**LAMBE T.W. (1951)**

"Soil Testing for Engineers", John Wiley & Sons, New York.

**LAMBE T.W., WHITMAN R.V. (1969)**

"Soil Mechanics", John Wiley & Sons, New York.

**MITCHELL J.K., GUZIKOWSKI F., VILLET W.C.B. (1978)**

"The Measurement of Soil Properties In Situ", Department of Civil Engineering, U.C. Berkeley.

**NAVFAC DM-7.02 (1986)**

"Foundations and Earth Structures", Design Manual, Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, U.S.A.

**PECK R.B., HANSON W.E., THORNBURN T.H. (1974)**

"Foundation Engineering", John Wiley & Sons, New York, 2nd edition.

**PLATIS A.D. (1980)**

"The Stability of Cuts in the Friars Formation - An Investigation of the Long-Term Stability of Slopes in Stiff Fissured Clays and Shales", M.Eng. Thesis, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley.

**ΠΛΑΤΗΣ Α.Δ. (1985)**

"Ευστάθεια Φυσικών Πρανών", Εισήγηση στη 2η Ημερίδα Γεωτεχνικής "Παράμετροι Σχεδιασμού Θεμελιώσεων", σελ. 185-212, ΕΜΠ, Ζωγράφου, Έκδοση ΠΛΑΙΣΙΟ.

**ΤΑΣΙΟΣ Θ.Π. (1964)**

"Μνημόνιο Θεμελιώσεων".

**TERZAGHI K., PECK R.B. (1967)**

"Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley & Sons, New York, 2nd edition.

**WINTERKORN H.F., FANG H.Y. (1975)**

"Foundation Engineering Handbook", Van Nostrand Reinhold, New York.

**WYLLIE D.C. (1992)**

"Foundations on Rock", E & FN SPON.

**Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (1999)**

"Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός", Απόφαση Δ17α/141/3/Φ.Ν. 275/15.12/20.12.1999 (ΦΕΚ 2184 Β'), όπως διορθώθηκε με το ΦΕΚ 423 Β'/12.4.2001 και όπως τροποποιήθηκε με την υπ' αριθμ. Δ17α/115/9/ΦΝ 275/7/12.8.2003 (ΦΕΚ 1154 Β') απόφαση.

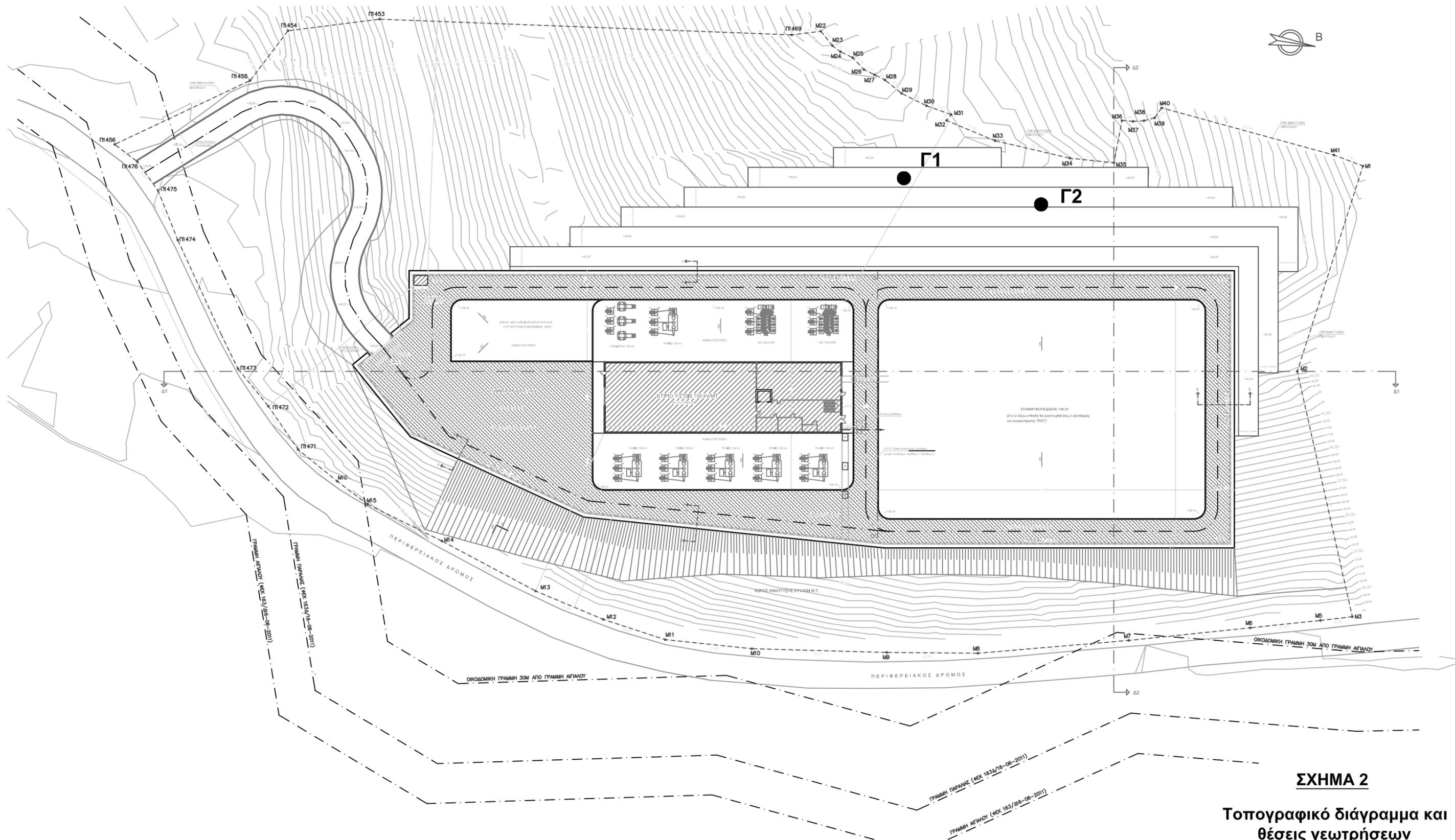
**Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (2005)**

"Έγκριση Κανονισμού Προεκτιμωμένων Αμοιβών Μελετών και Υπηρεσιών κατά τη Διαδικασία της παρ. 7 του άρθρου 4 του Ν.3316/2005", Απόφαση ΔΜΕΟ/α/ο/1257/ 9.8.2005 (ΦΕΚ 1221 Β').

## **ΣΧΗΜΑΤΑ**



**ΣΧΗΜΑ 1**  
Θέση έργου

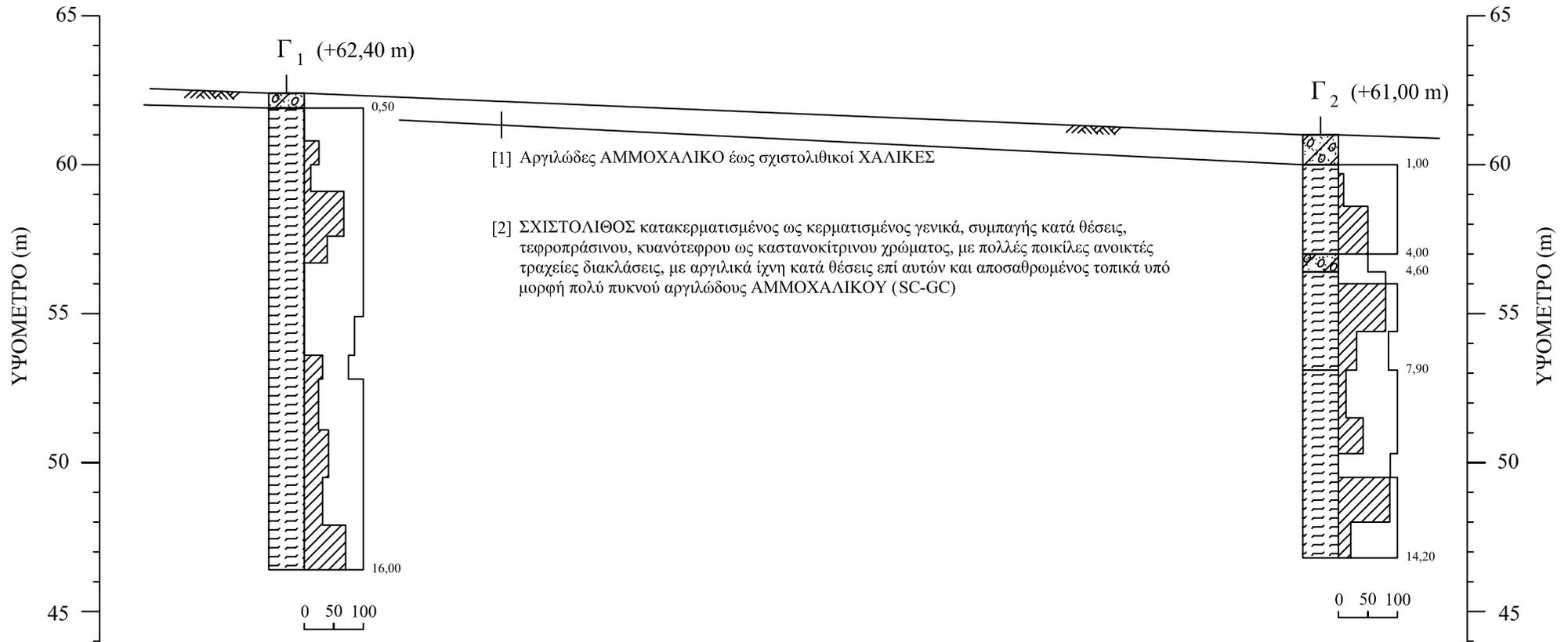


**ΣΧΗΜΑ 2**

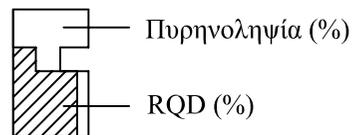
**Τοπογραφικό διάγραμμα και θέσεις γεωτρήσεων**

**Κλίμακα 1:1.000**

## ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ Γ1-Γ2



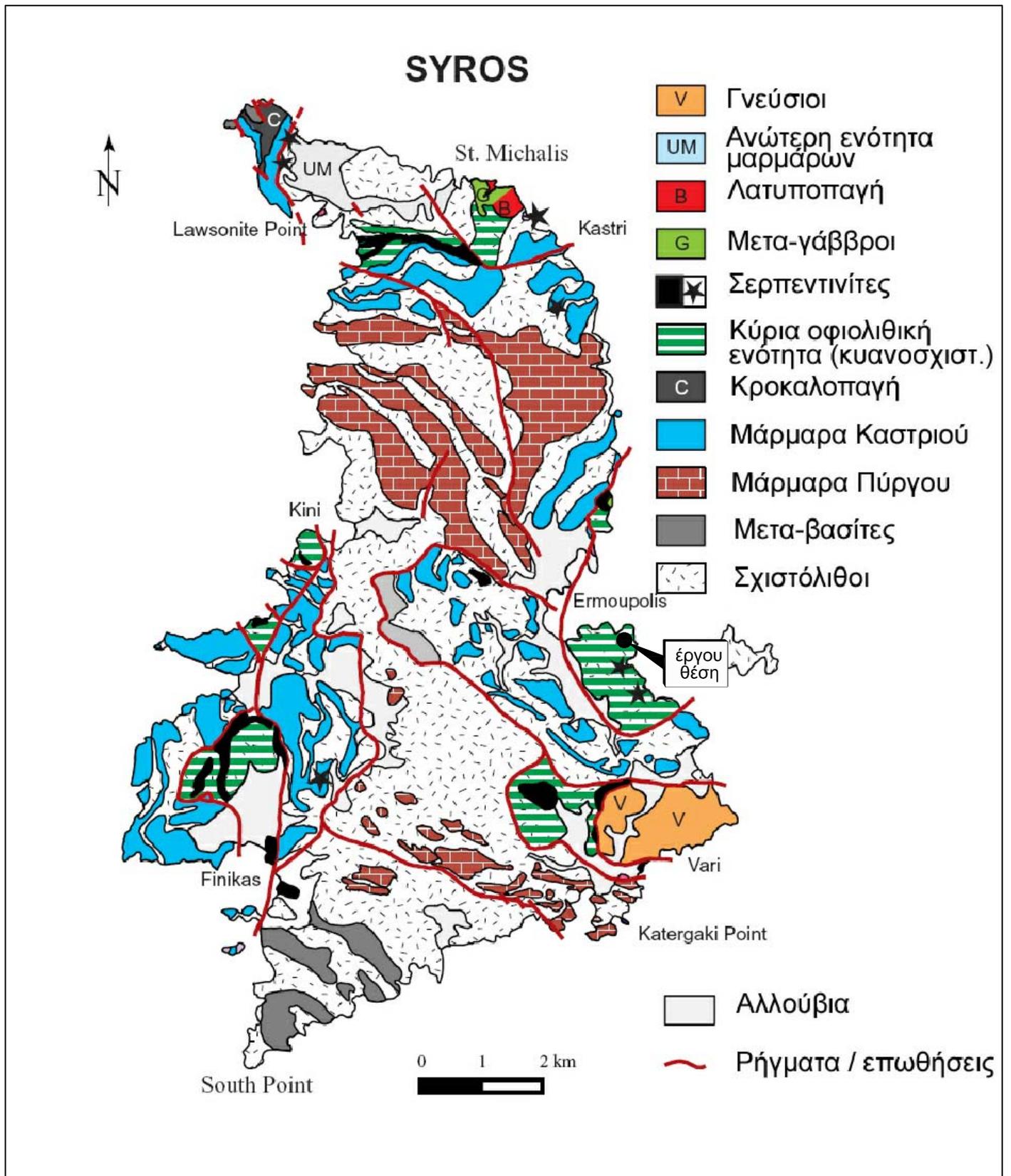
### ΥΠΟΜΝΗΜΑ



### ΚΛΙΜΑΚΕΣ

Οριζόντια 1:200  
 Κατακόρυφη 1:200

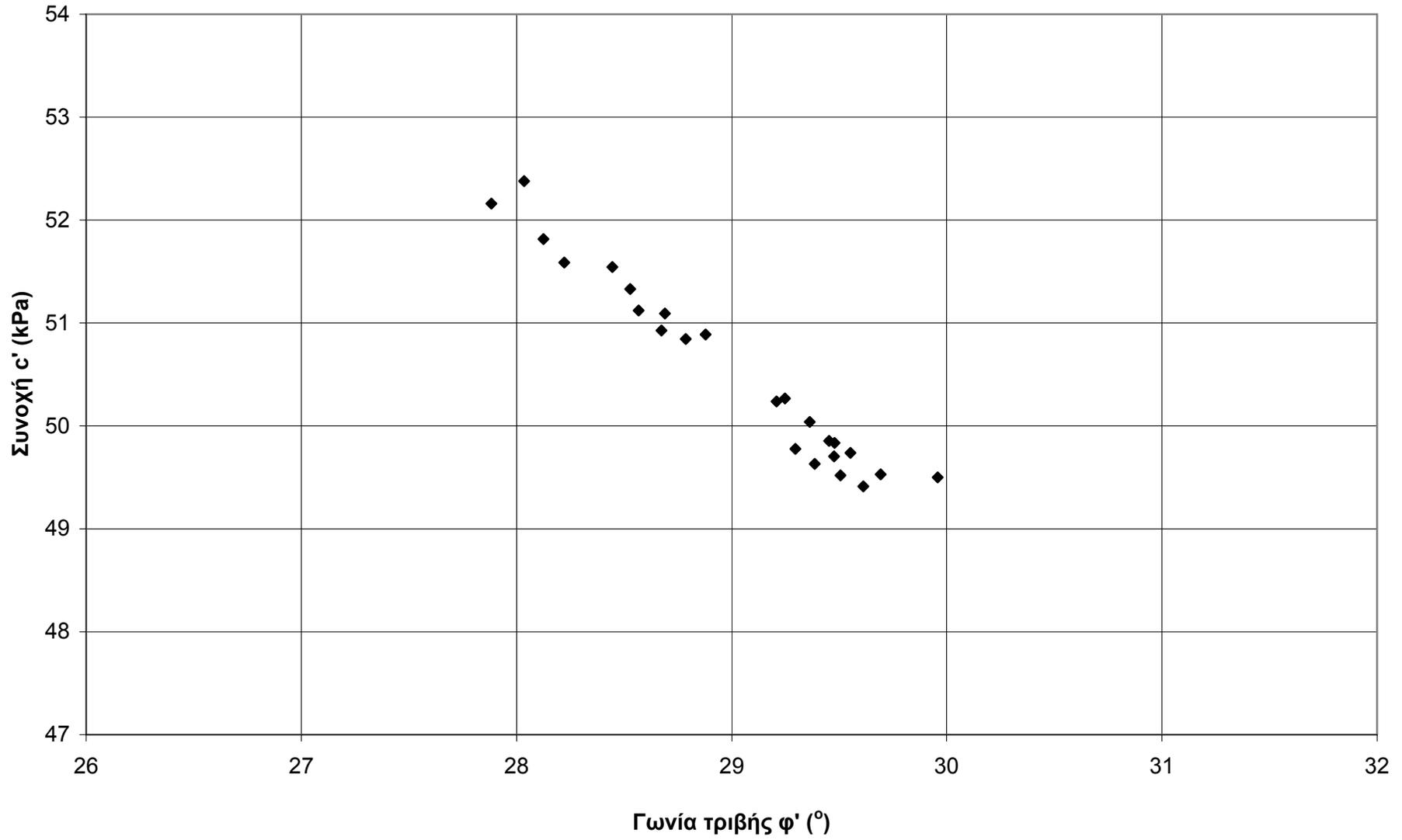
**ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ  
 ΣΥΡΟΥ  
 ΣΧΗΜΑ 3**



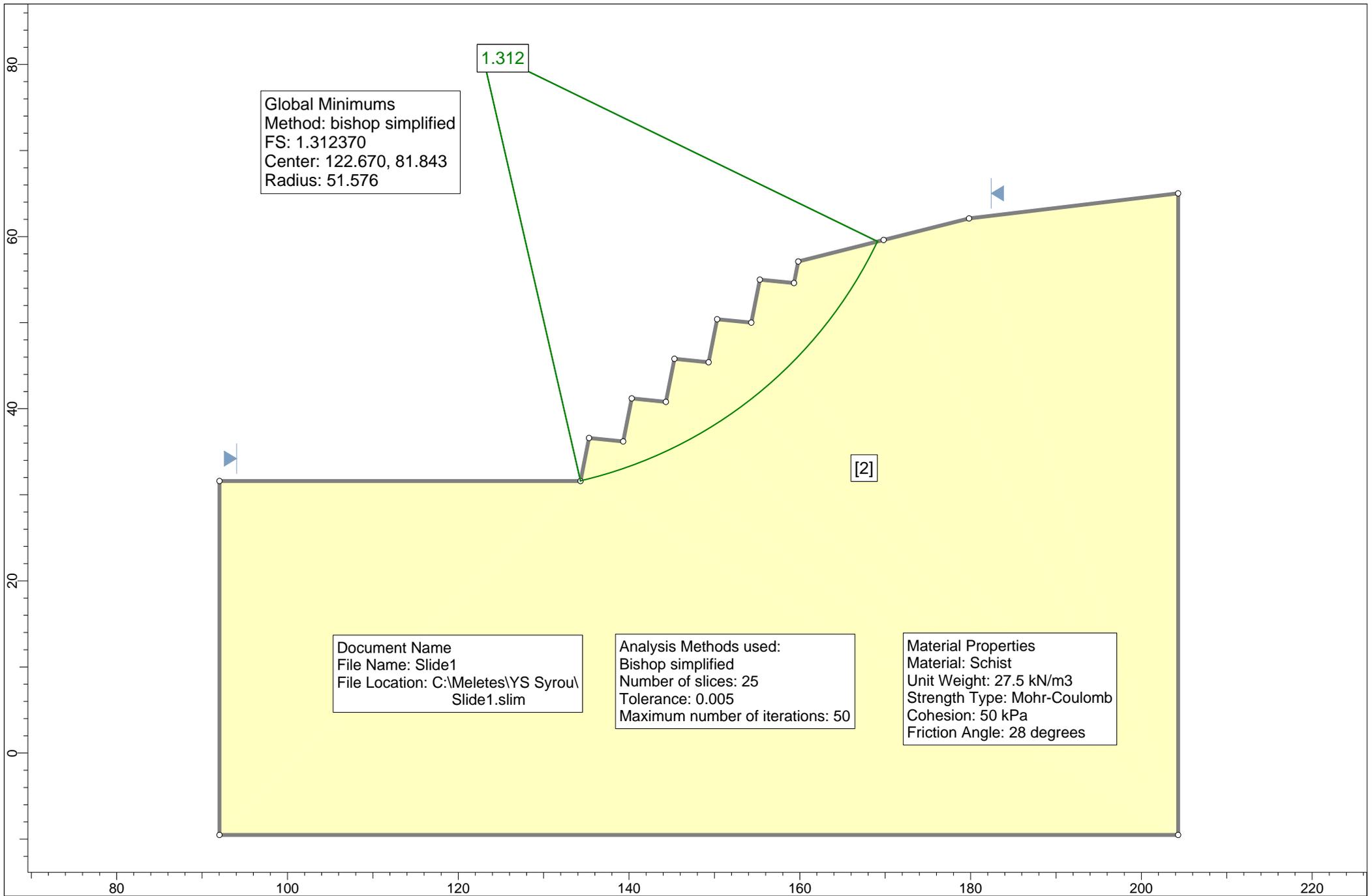
**ΣΧΗΜΑ 4**

Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη

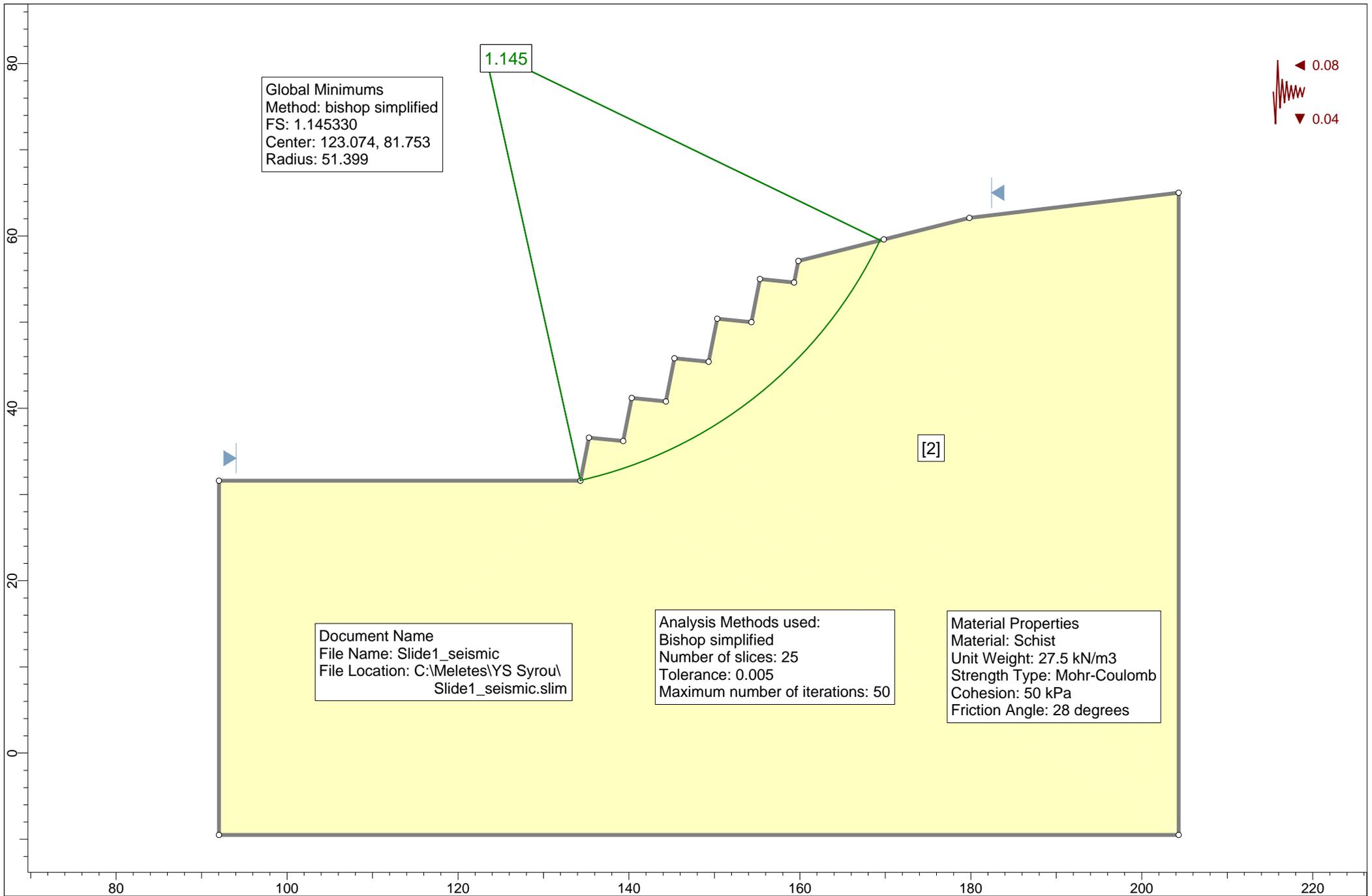
**ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ**  
Αποτελέσματα ανάστροφης ανάλυσης ευστάθειας

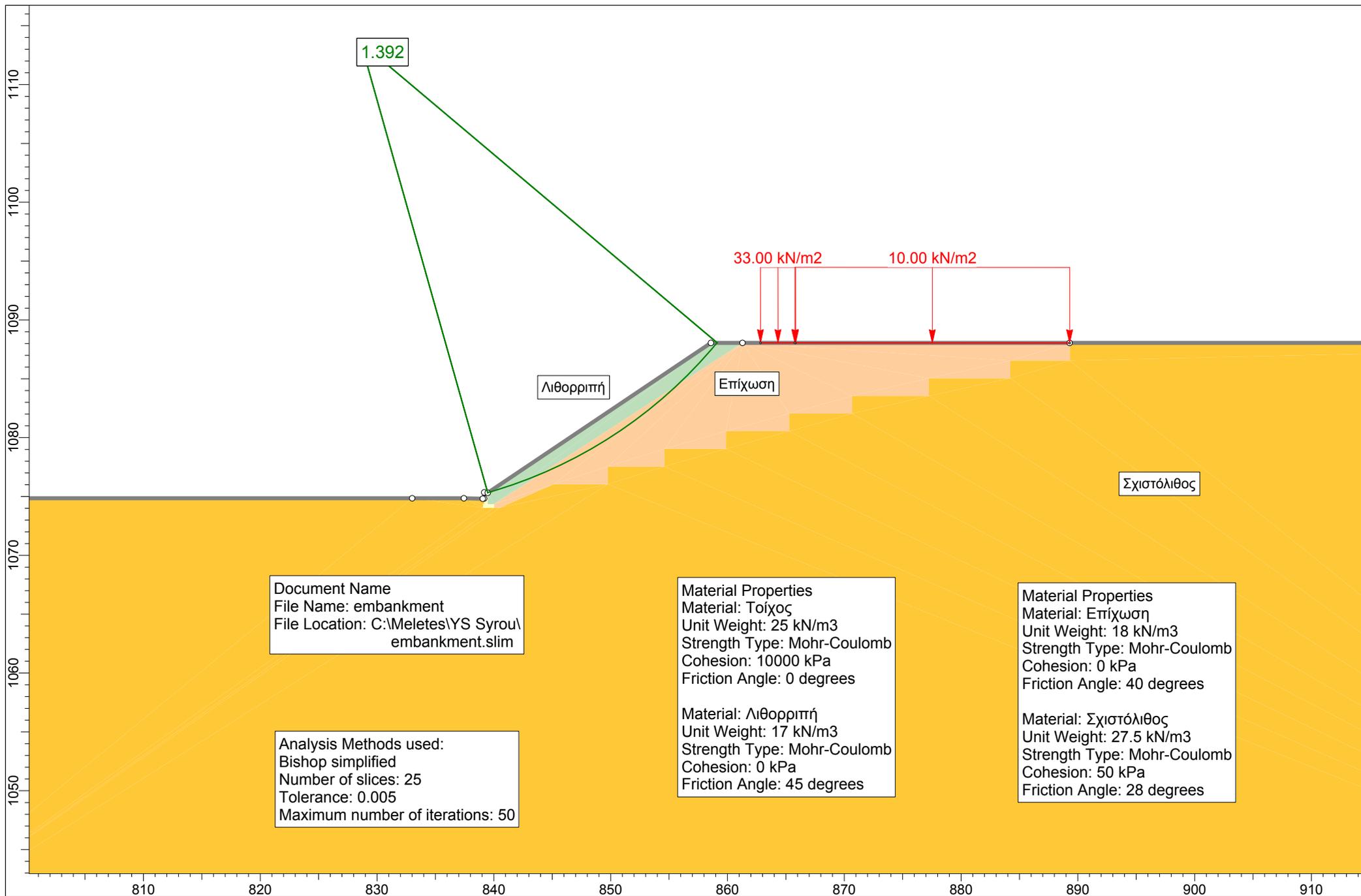


**ΣΧΗΜΑ 5**

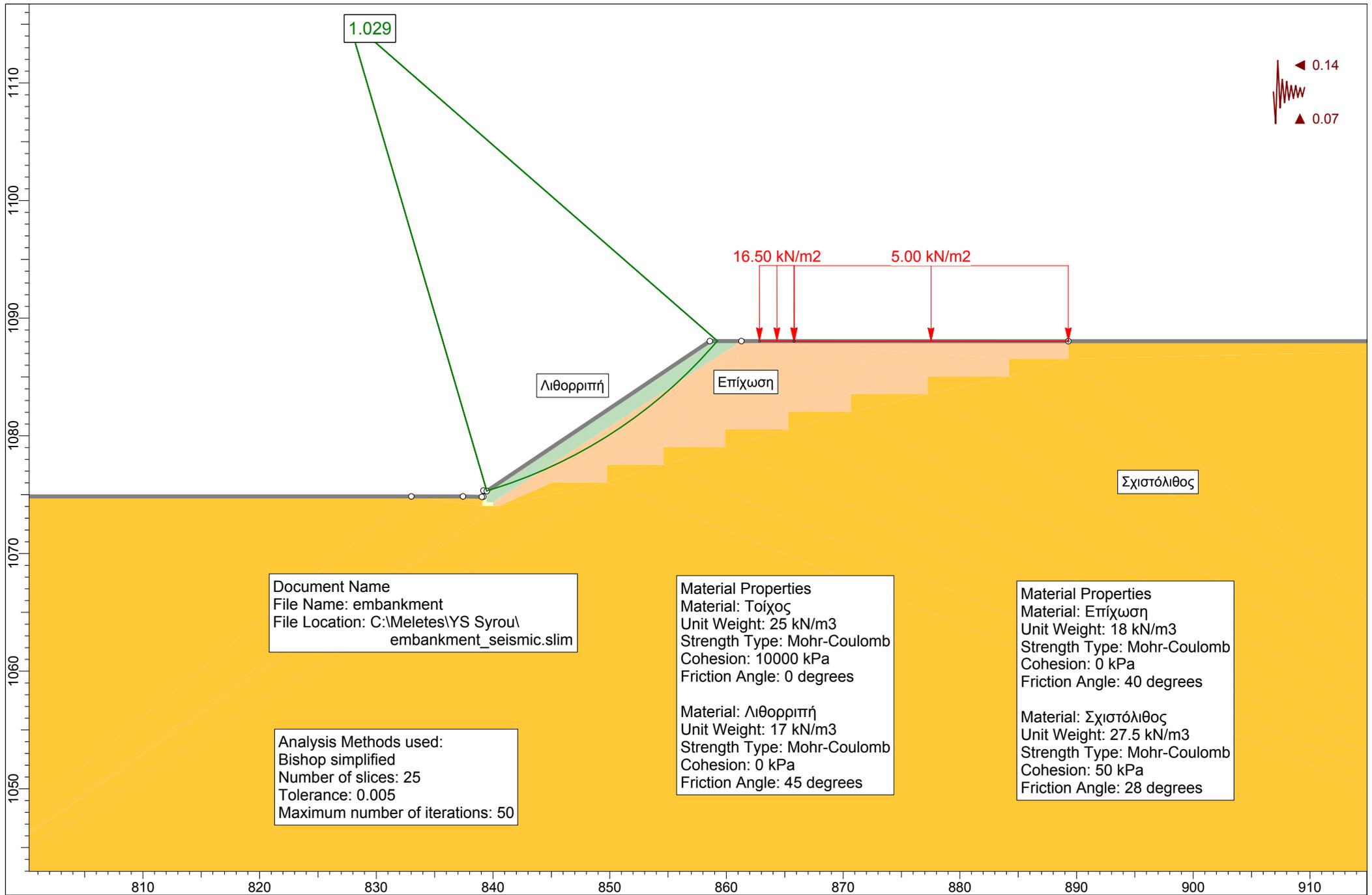


ΣΧΗΜΑ 6

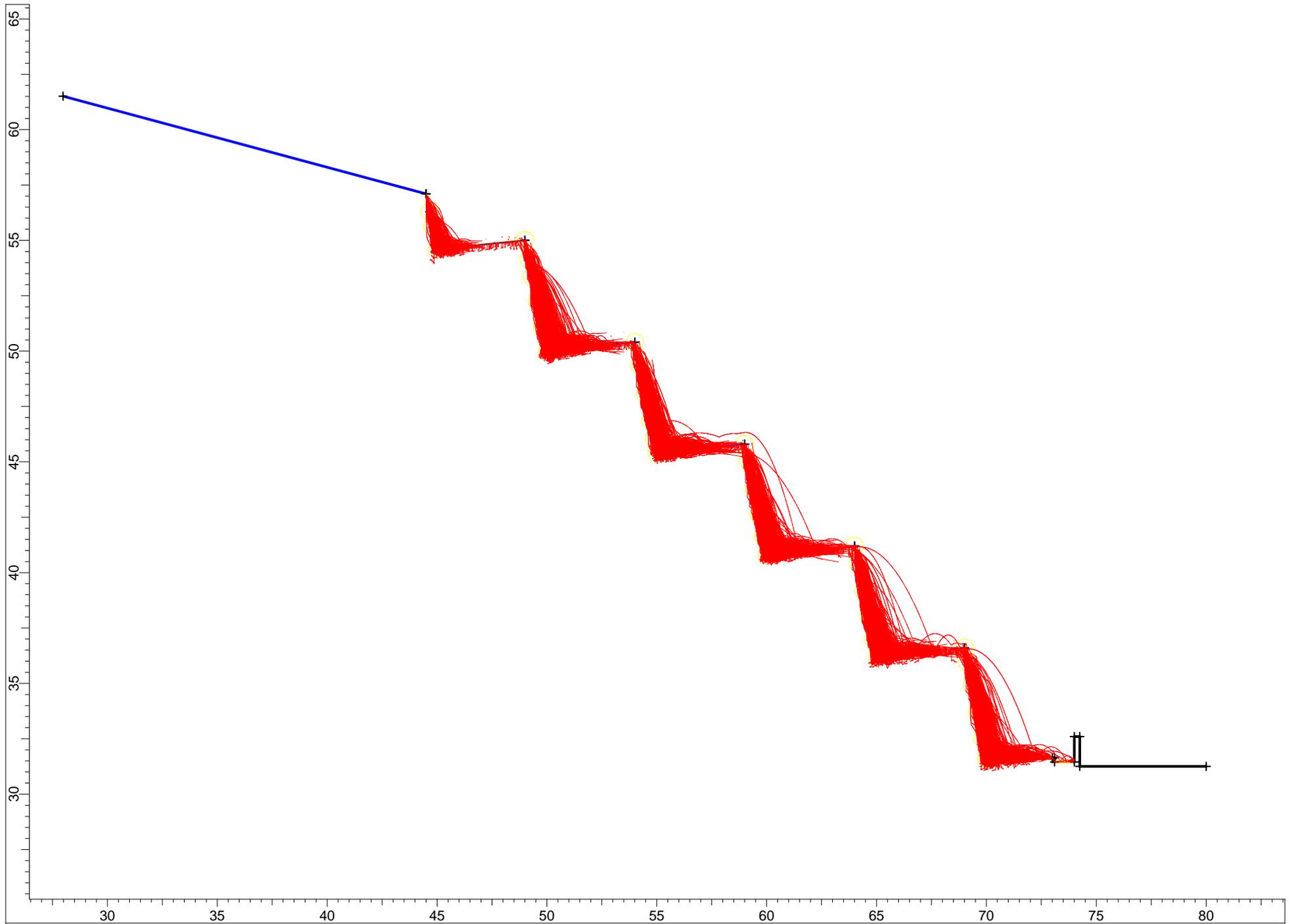




**ΣΧΗΜΑ 8**



**ΣΧΗΜΑ 9**



**ΣΧΗΜΑ 10**

# **ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ**



**ΦΩΤ. 1α** Γενική άποψη του χώρου του έργου από δυτικά



**ΦΩΤ. 1β** Γενική άποψη του χώρου του έργου από ΒΔ



**ΦΩΤ. 2** Γεωτρύπανο στη θέση Γ1



**ΦΩΤ. 3** Γεωτρύπανο στη θέση Γ2



ΦΩΤ. 4

Δειγματοληψία γεώτρησης Γ1



ΦΩΤ. 5

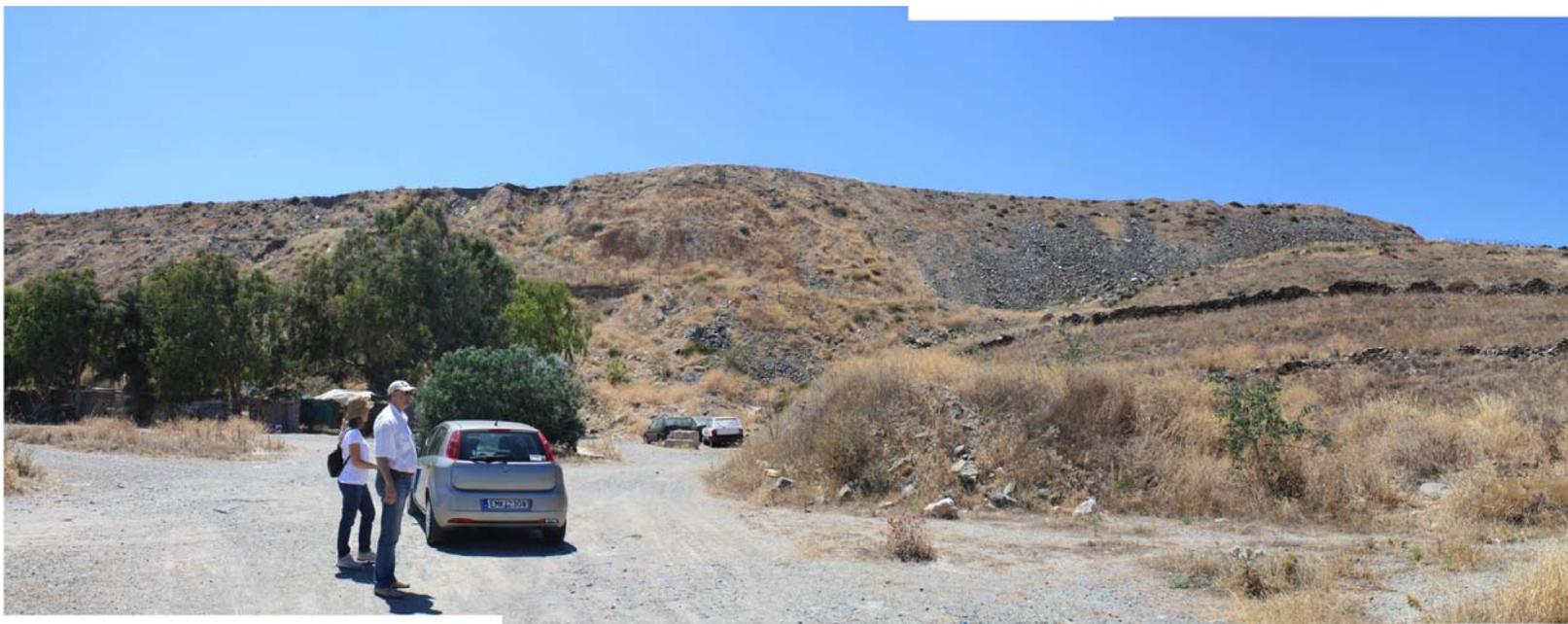
Δειγματοληψία γεώτρησης Γ2



**ΦΩΤ. 6** Άποψη υψηλών πρανών εκσκαφής στο χώρο των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων ΒΑ του οικοπέδου



**ΦΩΤ. 7-9** Κοντινές απόψεις του επικρατούντος συστήματος διακλάσεων του σχιστολίθου απ' όπου παρατηρείται η υποκατακόρυφη κλίση του



**ΦΩΤ. 10** Άποψη του επιχώματος του διαδρόμου του αεροδρομίου από ανατολικά

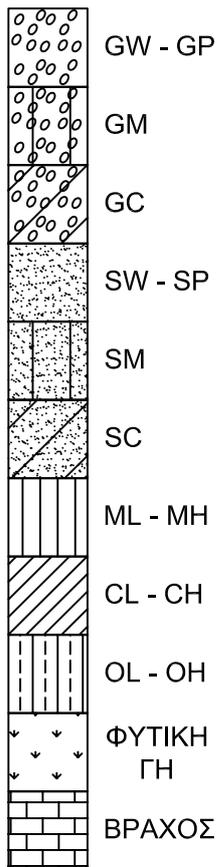
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄**

- α. Σύστημα Κατάταξης A.U.S.C.S. και Χάρτης  
Πλαστικότητας Casagrande**
- β. Μητρώα Γεωτρήσεων**

**ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΟΡΩΝ**  
**ΣΤΑ ΜΗΤΡΩΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ**

**1. ΑΠΑΡΤΙΖΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

λίγη 0 έως 10%  
 με 10 έως 20%  
 ώδης 20 έως 35%  
 και 35 έως 50%



**2. ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΚΚΩΝ**

χ = χονδρόκοκκο  
 μ = μεσόκοκκο  
 λ = λεπτόκοκκο

Υπογράμμιση ενός εκ των συμβόλων  
 σημαίνει μεγαλύτερη αναλογία

**3. ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ**

 Δείγμα ημιδιαταραγμένο

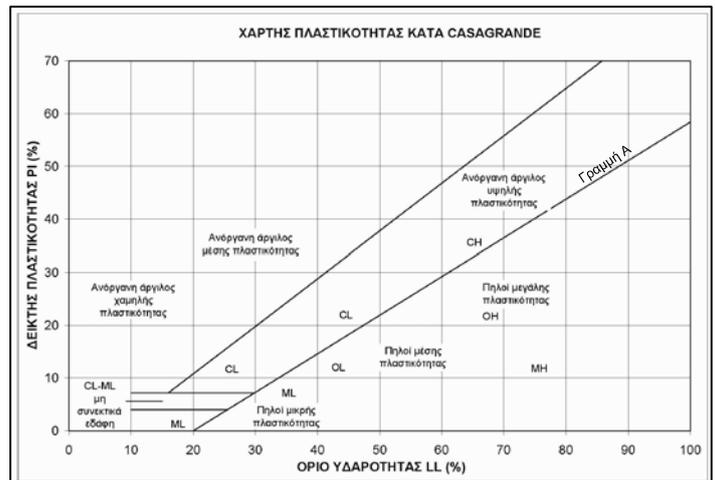
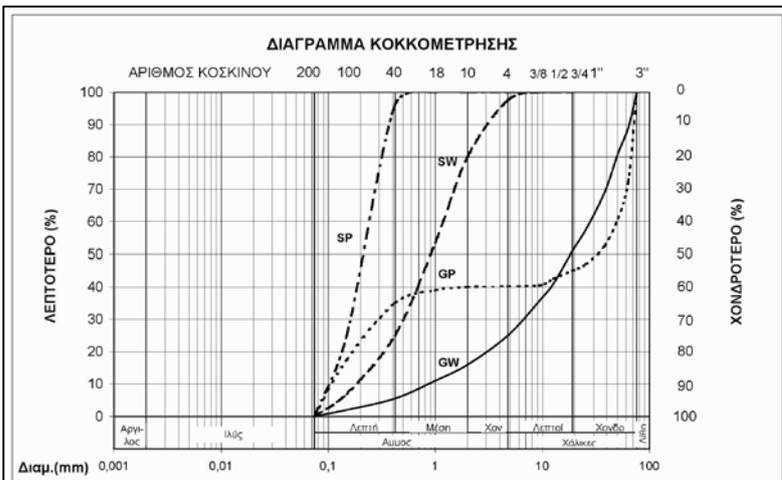
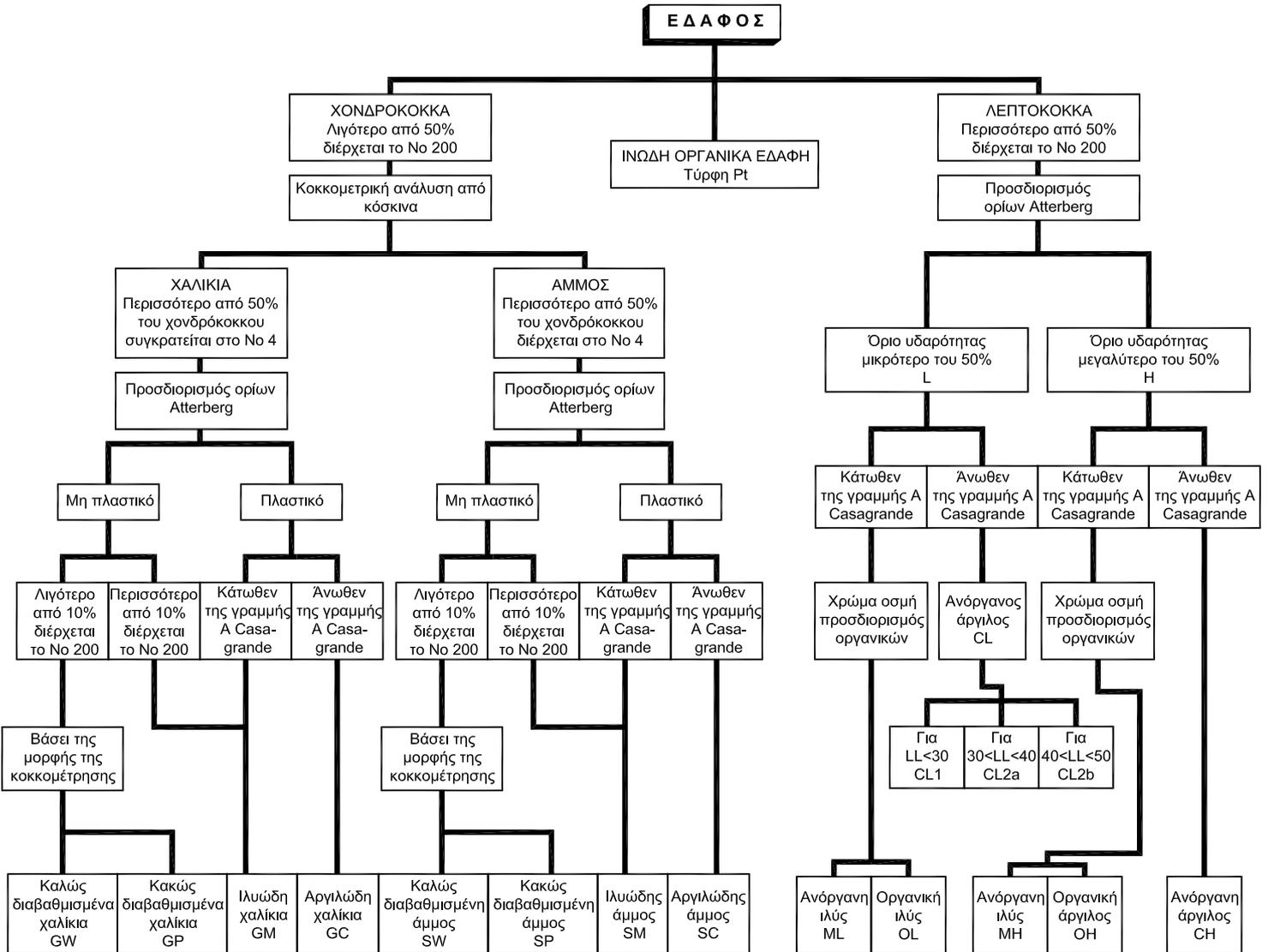
 Δείγμα αδιατάρακτο

 Δοκιμή τυποποιημένης διείδυσης χωρίς δειγματοληψία ή ανεπιτυχής προσπάθεια αδιατάρακτου δείγματος

 Δείγμα πυρήνα βράχου

A Άρνηση σε δοκιμή τυποποιημένης διείδυσης

**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΤΑ  
AMERICAN UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM  
(A.U.S.C.S.)**



**ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΤΑ ΜΗΤΡΩΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ  
ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

1. Αποσάθρωση

- I: Μη αποσαθρωμένο  
 II: ελαφρά  
 III: μέση  
 IV: ισχυρή  
 V: τελείως αποσαθρωμένο

2. Ασυνέχειες

Τύπος

- J: Διάρρηξη  
 L: Στρώση  
 F: Ρήγμα

Επιφάνεια Ασυνέχειας

- S: Λεία  
 R: Τραχεία

Διάστημα μεταξύ Ασυνεχειών

- VC: Πολύ μικρό (<6 mm)  
 C: Μικρό (6 – 20 mm)  
 M: Μέσο (20 – 200 mm)  
 W: Μεγάλο (200 – 600 mm)  
 VW: Πολύ μεγάλο (600 mm - 2 m)

Χρωματισμός Επιφάνειας

- W: Λευκόφαια  
 B: Καστανή  
 BI: Μελανή-Φαία  
 G: Τεφρή

Υλικό πλήρωσης

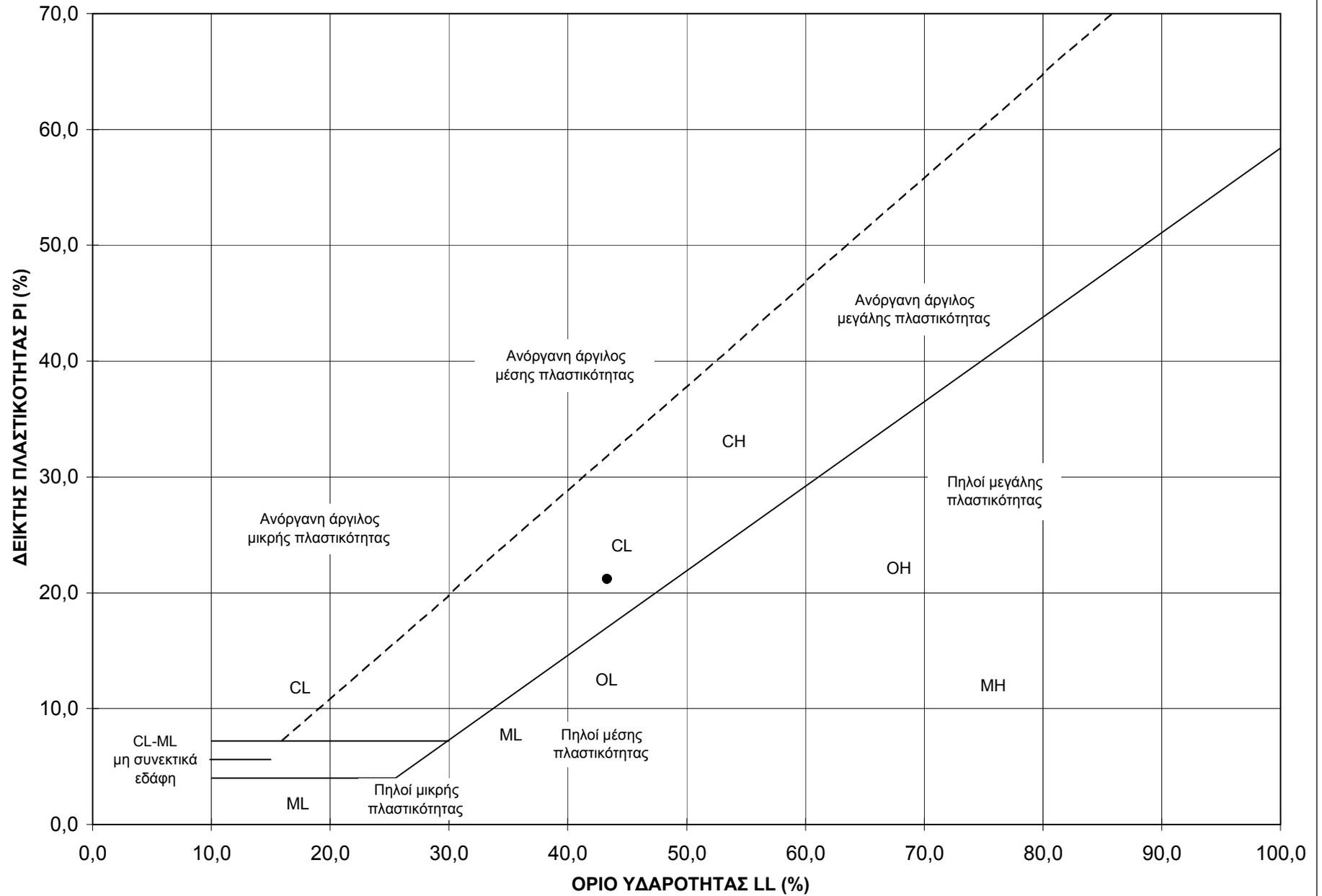
- C: Αργιλικό  
 Ca: Ασβεσπιτικό  
 Fe: Οξειδία Fe, Mn  
 Q: Χαλαζιακό

Άνοιγμα Ασυνεχειών

- W: Ευρύ (>200 mm)  
 M: Μέτριο (20-200 mm)  
 N: Μικρό (6-20 mm)  
 VN: Πολύ Μικρό (2-6 mm)  
 EN: Εξαιρ. Μικρό (0-2 mm)  
 C: Κλειστό (0 mm)

# ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ

ΧΑΡΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ CASAGRANDE







## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄**

**Αναλυτικά φύλλα αποτελεσμάτων  
εργαστηριακών δοκιμών**

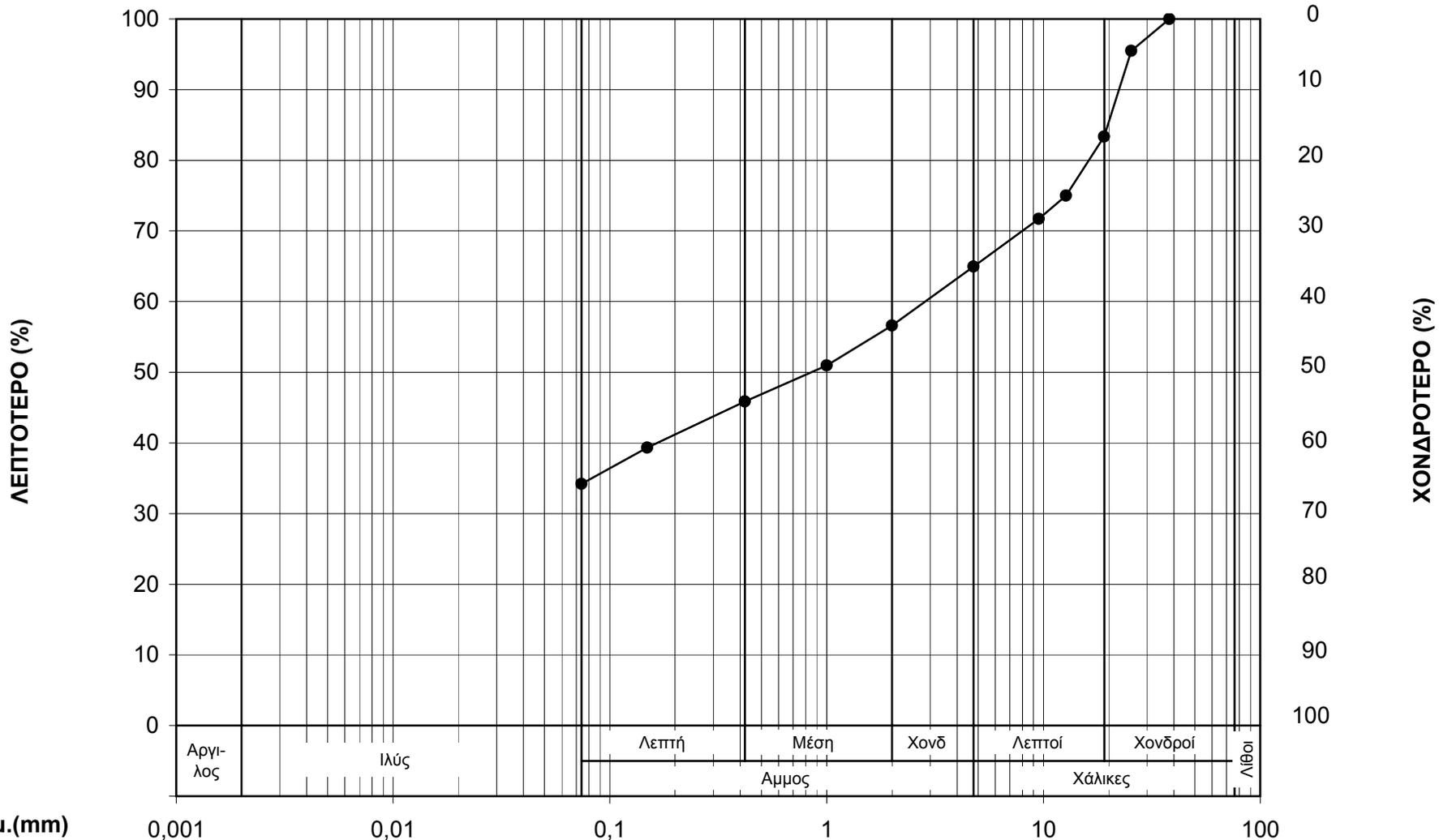
## ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ

(E105-86/2,4,5,6,7,8,9, ASTM D2216, D854, D4318, D422, D1140, AASHTO T88, BS1377-2)

υπό την εποπτεία του Υ.ΥΠΟ.ΜΕ.Δ.Ι.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ

200 100 40 18 10 4 3/8 1/2 3/4 1" 3"



<b>ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε.</b> γεωτεχνικές μελέτες και έρευνες	ΕΡΓΟ: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΣΥΜΒΟΛ.	ΚΑΤΑΤΑΞΗ A.U.S.C.S.	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΑ ATTERBERG		ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΟΥ B-1
		Γ1/Δ1	13,60-14,50		GC/SC	16,5	LL (%)	PI (%)	-	

Ο αναπλ. προϊστάμενος του εργαστηρίου: Γ. Ανδρεάδης - Γεωλόγος

Η προϊσταμένη του εργαστηρίου: Μ. Παγουλάτου - Γεωλόγος

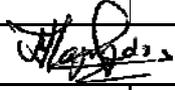
**ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ  
(E103-84/4,1, ASTM D2938, ASTM D3148, ASTM D2216)**

υπό την εποπτεία του Υ.ΥΠΟ.ΜΕ.ΔΙ.

A/A ΔΟΚΙΜΗΣ	I	II	III	IV	V
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ1	Γ1	Γ1	Γ2	Γ2
ΔΕΙΓΜΑ	-	-	-	-	-
ΒΑΘΟΣ (m)	3,90-4,30	12,20-12,40	15,40-15,60	3,40-3,70	6,00-6,20
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	71,20	71,60	71,27	71,70	71,23
ΜΗΚΟΣ (mm)	157,00	158,50	166,38	143,15	147,33
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A (mm <sup>2</sup> )	3981,53	4026,39	3988,99	4037,65	3985,26
ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ P (kN)	394,80	26,08	31,61	35,28	11,35
ΑΝΤΟΧΗ σ (MPa)	99,2	6,5	7,9	8,7	2,8
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ σ <sub>c</sub> (MPa)	-	-	-	8,8	-
ΥΓΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ (kN/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	22,65
ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ <sub>d</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	33,07	27,73	25,13	27,84	20,88
ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%)	-	-	-	-	8,50
ΠΟΡΩΔΕΣ n (%)					
ΥΔΑΤΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ A (%)					
ΣΧΗΜΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΡΑΥΣΗ					
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:	Σχιστόλιθος τεφροπράσινος	Σχιστόλιθος τεφροπράσινος (η θραύση έγινε σε διάκλαση)	Σχιστόλιθος καστανοκίτρινος τεφροπράσινος	Σχιστόλιθος τεφροπράσινος	Σχιστόλιθος καστανοκίτρινος αποσαθρω- μένος
Ο αναπλ. προϊστάμενος του εργαστηρίου Γ. Ανδρεάδης - Γεωλόγος	Η προϊσταμένη του εργαστηρίου Μ. Παγουλάτου - Γεωλόγος				
<b>ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε.</b> γεωτεχνικές μελέτες & έρευνες	ΕΡΓΟ: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ			ΦΥΛΛΟ B-2	

**ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ  
(E103-84/4,1, ASTM D2938, ASTM D3148, ASTM D2216)**

ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΟΠΤΕΙΑ ΤΟΥ Υ.ΥΠΟ.ΜΕ.ΔΙ.

A/A ΔΟΚΙΜΗΣ	I	II	III	IV	V
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ2	Γ2			
ΔΕΙΓΜΑ	-	-			
ΒΑΘΟΣ (m)	10,00-10,20	12,50-12,70			
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	71,07	71,50			
ΜΗΚΟΣ (mm)	135,65	157,63			
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A (mm <sup>2</sup> )	3966,63	4015,15			
ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ P (kN)	12,80	130,82			
ΑΝΤΟΧΗ σ (MPa)	3,2	32,6			
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ σ <sub>c</sub> (MPa)	3,2				
ΥΓΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ (kN/m <sup>3</sup> )	-	-			
ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ <sub>d</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	28,47	28,20			
ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%)	-	-			
ΠΟΡΩΔΕΣ n (%)					
ΥΔΑΤΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ A (%)					
ΣΧΗΜΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΡΑΥΣΗ					
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:	Σχιστόλιθος τεφροπράσινος (η θραύση έγινε σε διάκλαση)	Σχιστόλιθος τεφροπράσινος			
Ο αναπλ. προϊστάμενος του εργαστηρίου Γ. Ανδρεάδης - Γεωλόγος	Η προϊσταμένη του εργαστηρίου Μ. Παγουλάτου - Γεωλόγος				
<b>ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε.</b> γεωτεχνικές μελέτες & έρευνες	ΕΡΓΟ: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ			ΦΥΛΛΟ B-3	

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄**

**Δελτία γεωτρήσεων**

ΕΡΓΟ: Υ/Σ ΣΥΡΟΥ

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ: ΑΔΜΗΕ Α.Ε. / ΔΝΕΜ

ΑΝΑΔΟΧΟΣ: ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ

X: 534.043 m  
Y: 4142.437 m

**ΗΜΕΡΗΣΙΟ**

**ΔΕΛΤΙΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ1**

Διάμετρος γεώτρησης: φ117-φ10      Γεωτρήσανο: Boxles-17      Ημερομηνία: 22/7/2013      α/α δελτίου: 1  
 Διάμετρος σωλήνωσης: φ17      Υψ. εδάφους: +62.40 m      Καιρός: ΑΠΘΑ      α/α ανά γεώτρηση: 1

Συλήψεις		Βάθος από αρχή γεώτρησης	Διάτρηση		Αριθμός δειγμάτων	Είδος δειγμάτων			Περιγραφή δειγμάτων	Μήτρηση στάθμης νερού		Παρατηρήσεις
Διάμετρος	Βάθος		Από	Μέχρι		Διατμ.	Αθροτ.	S.P.T. Αρ. κρούσεων		Ώρα	Στάθμη	
φ117	0.00-2.00	0.00	0.50	-	Φ				Από το 0.50 μέχρι 1.00 m με 25/30/R και 25/80/R			Διατήρηση W17: 0.00-0.50 W17: 0.50-3.30 F17: 3.30-16.00 > Α: 100% FAD: 0% > Α: 100% FAD: 20/80
		1.00	0.50	1.60	-	Υ			Από το 1.00 μέχρι 1.60 m με 25/30/R και 25/80/R			
		2.00	1.60	2.40	-	Υ			Από το 1.60 μέχρι 2.40 m με 25/30/R και 25/80/R			
		3.00	2.40	3.30	-	Υ			Από το 2.40 μέχρι 3.30 m με 25/30/R και 25/80/R			
		4.00	3.30	4.80	-	Υ			Από το 3.30 μέχρι 4.80 m με 25/30/R και 25/80/R			
		5.00	4.80	5.70	-	Υ			Από το 4.80 μέχρι 5.70 m με 25/30/R και 25/80/R			
		6.00	5.70	7.00	-	Υ			Από το 5.70 μέχρι 7.00 m με 25/30/R και 25/80/R			
φ17	0.00-7.00							Από το 0.00 μέχρι 7.00 m με 25/30/R και 25/80/R				

1.00  
0.50

ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΔΟΧΟ  
*[Signature]*  
ΤΖΑΝΝΕΤΟΣ ΝΕΟΝΕΛΛΗΣ  
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΡΓΟΔΟΤΗ

- Διαταραγμένο δείγμα
- Αθροιστικό δείγμα
- Δείγμα με φραγμό
- Δείγμα με νερό
- Δείγμα μη αναρτητέο

T-1







**ΗΜΕΡΗΣΙΟ  
ΔΕΛΤΙΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ 2**

Διάμετρος γεώτρησης: φ100  
 Διάμετρος σωλήνωσης:                       
 Γεωτρύπανο: Boyles-17  
 Υψ.μ. εδάφους: +61.00m  
 Ημερομηνία: 23/7/2013  
 Καιρός: Απ. Θάλασσα  
 α/α δελτίου: 5  
 α/α ανά γεώτρηση: 2

Σωλήνωση		Βάθος από αρχή γεώτρησης	Απόσταση		Αριθμός Βολιγματος	Είδος Βολιγματος			Περιγραφή βολιγματος	Μήτρηση στάθμης νερού		Παρατηρήσεις
Διάμετρος	Βάθος		Από	Μέχρι		Διατ.	Αθωτ.	S.P.T. Αρ. κρούσεων		Θρα	Ιτάθμ	
		8.00	660	790	-	Υ			Εξω βολιγματος κενω ηθρως αχι αδιουσ στην κησ τμηκε κερνησθων ω κερνησθων			→ γμκ- Α: 110/130 ΡΘ: 40/130
		9.00	790	940	-	Υ			εξ κω γ κερνησθων γμκ κερνησθων και εξω βολιγματος στην κησ τμηκε Α: 100% ΡΘ: 20/150			→ γμκ κερνησθων Α: 100% ΡΘ: 55/130
		10.00	940	1090	-	Υ			εξ κω κερνησθων γ τερνησθων με 75/30-50/R αθωτες και αθωτ κερνησθων			
		11.00	1090	1150	-	Υ			εξ κω γμκ κερνησθων και εξω βολιγματος Α: 70/80 ΡΘ: 0%			
		12.00	1190	1300	-	Υ			εξ κω γμκ κερνησθων στην κησ με 85/10-30/R Α: 100% ΡΘ: 130/150			
		13.00	1300	1420	-	Υ			εξ κω γμκ κερνησθων με >105/0-80/R Α: 100% ΡΘ: 25/120			

7.90

14.20

ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΔΟΧΟ

*[Signature]*  
**ΤΖΑΝΝΕΤΟΣ ΝΕΟΝΕΛΛΗΣ**  
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΤΕΛΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ2  
 Συνολικό βάθος: 14.20m  
 Βάθος οδών φ117: 4.30m

ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΡΓΟΔΟΤΗ

- Διαταραγμένο βολιγμα
- Αθωτάκτο βολιγμα
- Βολιγμα με φραγή
- Βολιγμα με νερό
- Βολιγμα μη συμπρακτικό

LS

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄**

**Ταξινόμηση Βραχομάζας**

1 ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (ΒΙΕΝΙΑWSKI, 1989)  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

1	Αντοχή βραχώδους υλικού	$I_s(50)$ (MPa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Προτιμάται η δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης		
		$\sigma_c$ (MPa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5- 25	1 - 5	<1

A     B     Γ     Δ     E     Z     H

2 RQD (%)

90 - 100     75 - 90     50 - 75     25 - 50     <25

3 Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών (m)

>2 m     2 - 0.6 m     0.6 - 0.2 m     0.2 - 0.06 m     <60 mm

Προσαρμογή Αύξηση 30 %

4	Κατάσταση ασυνεχειών	Πολύ τραχείες επιφάνειες. Ασυνεχείς. Χωρίς διαχωρισμό. Σκληρά τοιχώματα.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Ελαφρά αποσάθρωση τοιχωμάτων.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Πολύ αποσάθρωμένα τοιχώματα.	ολίσθησης (slickensided) ή υλικό πλήρωσης <5mm ή διακλάσεις ανοιχτές 1 - 5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.	Μαλακό υλικό πλήρωσης πάχους >5 mm ή διακλάσεις ανοιχτές >5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.
---	----------------------	--	---	--	---	--

Συνέχεια

< 1m     1 - 3 m     3 - 10 m     10 - 20 m     > 20 m

Διαχωρισμός - Ανοιγμα Ασυνέχειας

Κανένας     < 0.1 mm     0.1 - 1 mm     1 - 5 mm     >5 mm

Τραχύτητα Ασυνέχειας

Πολύ τραχείες     Τραχείες     Ελαφρά τραχείες     Ομαλές     Ολισθηρές

Υλικό πλήρωσης Ασυνέχειας

Κανένα     Σκληρό <5 mm     Σκληρό >5mm     Μαλακό <5mm     Μαλακό >5 mm

Αποσάθρωση Ασυνέχειας

Υγιές     Ελαφρά     Μέτρια     Πολύ     Αποσυνθεμένο

5	Εισροή για 10 m μήκους σήραγγας. (lt/m)	Καμία	<10	10 - 25	25 - 125	>125
	Τιμή κλάσματος (πίεσεως νερού διακλάσεων / μέγιστης κυρίας τάσης)	0	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5
	Γενικές συνθήκες	Εντελώς στεγνό	Μέτρια υγρό	Υγρό μόνο	Νερό σε μέτρια πίεση	Ροή νερού

A     B     Γ     Δ     E

Βαθμός

2

8

8

1

4

3

2

3

15

RMR<sub>bas</sub>

46

Συνολική Βαθμολογία παραμέτρων 1 - 5: RMR<sub>bas</sub> ( RMR βασικό)

**ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ  
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Βαθμός

Διεύθυνση και κλίση  
ασυνεχειών

Σήραγγες

Θεμελιώσεις

Πρανή

Πολύ  
ευνοϊκή

Ευνοϊκή

Μέτρια

Δυσμενής

Πολύ  
Δυσμενής [Help](#)

Α

Β

Γ

Δ

Ε

-5

<b>Τελική βαθμολογία RMR</b>	$RMR_{bas}$ -	Βαθμός προσαρμογής λόγω ασυνεχειών
<b>41</b>	46	-5

<b>Ταξινόμηση Βραχομάζας με βάση συνολική Βαθμολογία RMR</b>	Κατηγορία III. Χαρακτηρισμός βραχομάζας Μέτρια. Συνοχή Βραχομάζας (kPa) 200 - 300. Γωνία τριβής Βραχομάζας 25 - 35 μοίρες.
--	--

1 ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

1	Αντοχή βραχώδους υλικού	$I_s(50)$ (MPa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Προτιμάται η δοκιμή ανεμπόδιαστης θλίψης								
		$\sigma_c$ (MPa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5- 25	1 - 5	<1						
		<input type="radio"/> Α		<input type="radio"/> Β		<input type="radio"/> Γ		<input checked="" type="radio"/> Δ		<input checked="" type="radio"/> Ε		<input type="radio"/> Ζ		<input type="radio"/> Η	

2	RQD (%)	<input type="radio"/> 90 - 100	<input type="radio"/> 75 - 90	<input type="radio"/> 50 - 75	<input checked="" type="radio"/> 25 - 50	<input type="radio"/> <25
---	---------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--	---------------------------

3	Απόσταση μεταξύ των ασυνχειών (m)	<input type="radio"/> >2 m	<input type="radio"/> 2 - 0.6 m	<input checked="" type="radio"/> 0.6 - 0.2 m	<input type="radio"/> 0.2 - 0.06 m	<input type="radio"/> <0.06 m
Προσαρμογή Αύξηση 30 % <input type="checkbox"/>						

4	Κατάσταση ασυνχειών	Πολύ τραχείες επιφάνειες. Ασυνχείς. Χωρίς διαχωρισμό. Σκληρά τοιχώματα.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Ελαφρά αποσάθρωση τοιχωμάτων.	Ελαφρά τραχείες επιφάνειες. Διαχωρισμός <1mm. Πολύ αποσάθρωμένα τοιχώματα.	ολίσθησης (slickensided) ή υλικό πλήρωσης <5mm ή διακλάσεις ανοιχτές 1 - 5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.	Μαλακό υλικό πλήρωσης πάχους >5 mm ή διακλάσεις ανοιχτές >5 mm. Συνεχείς διακλάσεις.
---	---------------------	---	---	--	---	--

Συνέχεια	<input type="radio"/> < 1m	<input type="radio"/> 1 - 3 m	<input checked="" type="radio"/> 3 - 10 m	<input type="radio"/> 10 - 20 m	<input type="radio"/> > 20 m
----------	----------------------------	-------------------------------	---	---------------------------------	------------------------------

Διαχωρισμός - Ανοιγμα Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Κανένας	<input checked="" type="radio"/> < 0.1 mm	<input type="radio"/> 0.1 - 1 mm	<input type="radio"/> 1 - 5 mm	<input type="radio"/> >5 mm
----------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

Τραχύτητα Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Πολύ τραχείες	<input checked="" type="radio"/> Τραχείες	<input type="radio"/> Ελαφρά τραχείες	<input type="radio"/> Ομαλές	<input type="radio"/> Ολισθηρές
----------------------	-------------------------------------	---	---------------------------------------	------------------------------	---------------------------------

Υλικό πλήρωσης Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Κανένα	<input checked="" type="radio"/> Σκληρό <5 mm	<input type="radio"/> Σκληρό >5mm	<input type="radio"/> Μαλακό <5mm	<input type="radio"/> Μαλακό >5 mm
---------------------------	------------------------------	---	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

Αποσάθρωση Ασυνέχειας	<input type="radio"/> Υγιές	<input checked="" type="radio"/> Ελαφρά	<input type="radio"/> Μέτρια	<input type="radio"/> Πολύ	<input type="radio"/> Αποσυνθεμένο
-----------------------	-----------------------------	---	------------------------------	----------------------------	------------------------------------

5	Υπόγειο νερό	Εισροή για 10 m μήκους σήραγγας, (l/m)	Καμία	<10	10 - 25	25 - 125	>125				
		Τιμή κλάσματος (πίεσεως νερού διακλάσεων / μέγιστης κυρίας τάσης)	0	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5				
		Γενικές συνθήκες	Εντελώς στεγνό	Μέτρια υγρό	Υγρό μόνο	Νερό σε μέτρια πίεση	Ροή νερού				
		<input checked="" type="radio"/> Α		<input type="radio"/> Β		<input type="radio"/> Γ		<input type="radio"/> Δ		<input type="radio"/> Ε	

Συνολική Βαθμολογία παραμέτρων 1 - 5: RMR<sub>bas</sub> ( RMR βασικό)

Βαθμός

2

8

10

2

5

5

4

5

15

RMR<sub>bas</sub>

56

**ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ (BIENIAWSKI, 1989)**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ  
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Βαθμός

Διεύθυνση και κλίση  
ασυνεχειών

Σήραγγες

Θεμελιώσεις

Πρανή

Πολύ  
ευνοϊκή

Ευνοϊκή

Μέτρια

Δυσμενής

Πολύ  
Δυσμενής [Help](#)

Α

Β

Γ

Δ

Ε

-5

<b>Τελική βαθμολογία RMR</b>	$RMR_{bas}$ -	Βαθμός προσαρμογής λόγω ασυνεχειών
<b>51</b>	56	-5

<b>Ταξινόμηση Βραχομάζας με βάση συνολική Βαθμολογία RMR</b>	Κατηγορία III. Χαρακτηρισμός βραχομάζας Μέτρια. Συνοχή Βραχομάζας (kPa) 200 - 300. Γωνία τριβής Βραχομάζας 25 - 35 μοίρες.
--	--



**Geological Strength Index**

From the description of structure and surface conditions of the rock mass, pick an appropriate box in this chart. Estimate the average value to the Geological Strength Index (GSI) from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range of GSI from 36 to 42 is more realistic than stating that GSI = 38. It is also important to recognize that the Hoek-Brown criterion should only be applied to rock masses where the size of individual blocks is small compared with the size of the excavation under consideration.

Structure

Surface conditions

Very good  
Very rough and fresh unweathered surfaces

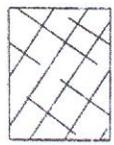
Good  
Rough, slightly weathered, iron stained surfaces

Fair  
Smooth, moderately weathered and altered surfaces

Poor  
Slackensided or highly weathered surfaces with compact coatings or fillings of angular fragments

Very poor  
Slackensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings

Decreasing surface quality →



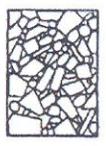
**Blocky** – very well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three orthogonal discontinuity sets



**Very Blocky** – interlocked, partially disturbed rock mass with multifaceted angular blocks formed by four or more discontinuity sets



**Blocky/disturbed** – folded and/or faulted with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets

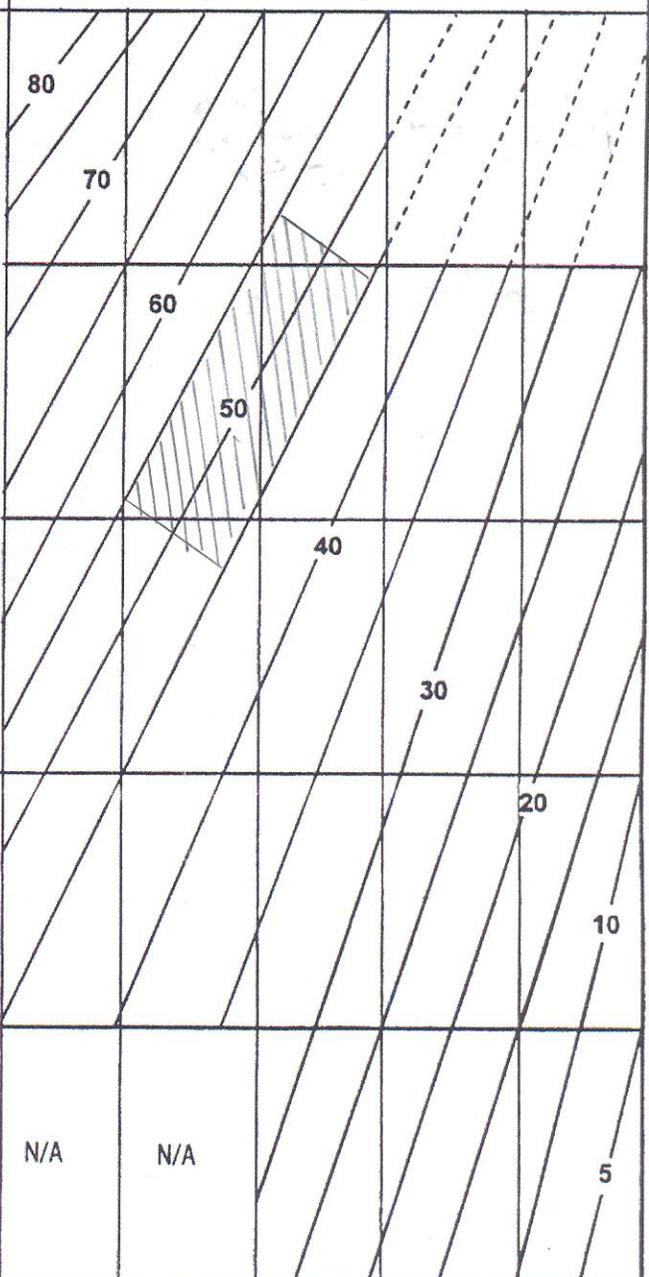


**Disintegrated** – poorly interlocked, heavily broken rock mass with a mixture of angular and rounded rock pieces



**Foliated/laminated/sheared** – thinly laminated or foliated, tectonically sheared weak rocks; closely spaced schistosity prevails over any other discontinuity set, resulting in complete lack of blockiness

Decreasing interlocking of rock pieces ↓



### Analysis of Rock Strength using RocLab

#### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 7 MPa  
 GSI = 45 mi = 15 Disturbance factor (D) = 1  
 intact modulus (Ei) = 4725 MPa  
 modulus ratio (MR) = 675

#### Hoek-Brown Criterion

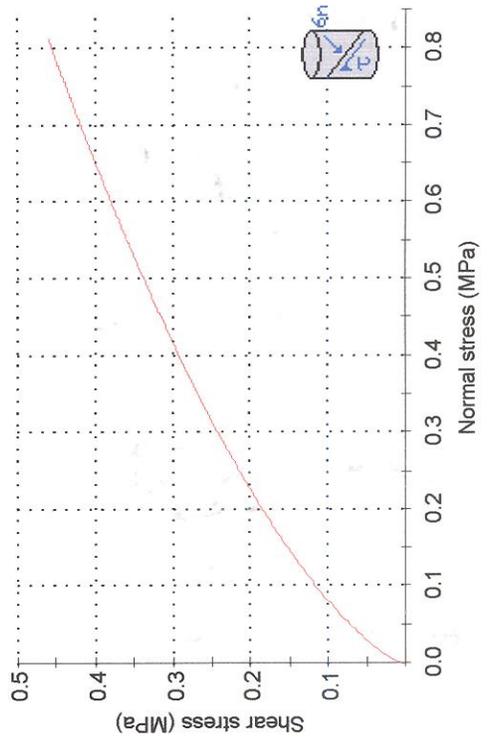
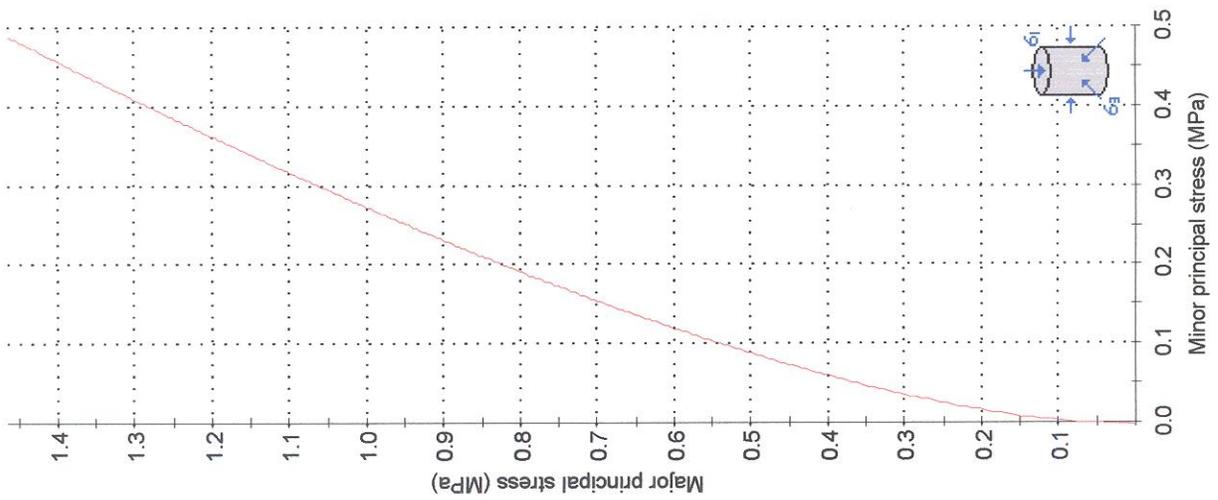
mb = 0.295 s = 0.0001 a = 0.508

#### Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.080 MPa friction angle = 26.41 deg

#### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.002 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.066 MPa  
 global strength = 0.487 MPa  
 deformation modulus = 239.52 MPa



### Analysis of Rock Strength using RocLab

#### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 7 MPa  
 GSI = 55 mi = 15 Disturbance factor (D) = 1  
 intact modulus (Ei) = 4725 MPa  
 modulus ratio (MR) = 675

#### Hoek-Brown Criterion

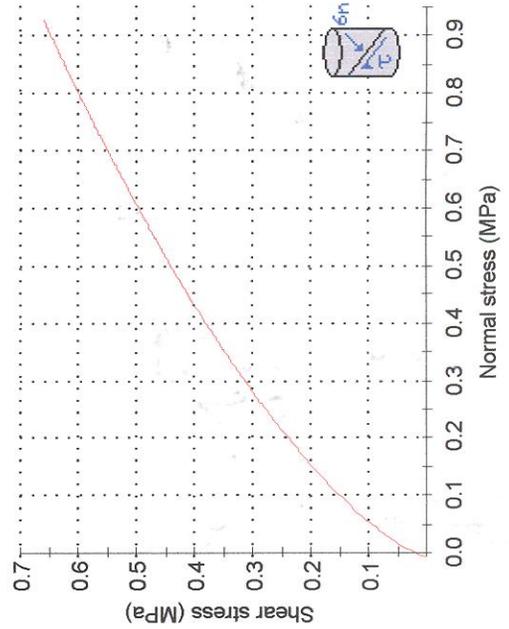
mb = 0.603 s = 0.0006 a = 0.504

#### Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.110 MPa friction angle = 32.15 deg

#### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.006 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.160 MPa  
 global strength = 0.719 MPa  
 deformation modulus = 424.43 MPa



# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε΄**

**Εδαφοτεχνικοί υπολογισμοί**



## Calculation sheet

Job No.	Sheet No.	Rev.
SI/620	E-1	
Member/Location		
Job Title ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ		
Drg. Ref.		
Made by ΓΙΑ	Date ΣΕΠΤ 2013	Chd ΑΔΠ

### 1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Ελέγχεται παρακάτω η ευστάθεια πρανούς εκσκαφής ύψους  $H = 25,50$  m, το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 5:1 (κατ:οριζ) με ενδιάμεσους αναβαθμούς πλάτους 4,00 m ανά 5,00 m ύψος που βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του υποσταθμού, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη πρανών. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρανούς έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000 για την περίπτωση πρανών εκσκαφής με:

- οριζόντιο σεισμικό συντελεστή ίσο προς  $\alpha_h = a/2$  και
- κατακόρυφο σεισμικό συντελεστή σχεδιασμού  $\alpha_v = \pm \alpha_h/2$

όπου:  $a$  = σεισμικός συντελεστής περιοχής έργου = 0,16 (ζώνη I).

Επίσης ελέγχεται η ανάστροφη ανάλυση ευστάθειας του υφιστάμενου βραχώδους πρανούς, μεγίστου ύψους 17 m περίπου και κλίσης 3:1 (κατ:οριζ) περίπου, θεωρώντας συντηρητικά ότι ο υπάρχων συντελεστής ασφαλείας είναι οριακά πάνω από 1,0 (FS = 1,01 – βλ. σχήμα 5).

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του δυτικού πρανούς.

#### **Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων γενικής ευστάθειας**

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,31 > 1,30	Slide1
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,15 > 1,00	Slide1_seismic

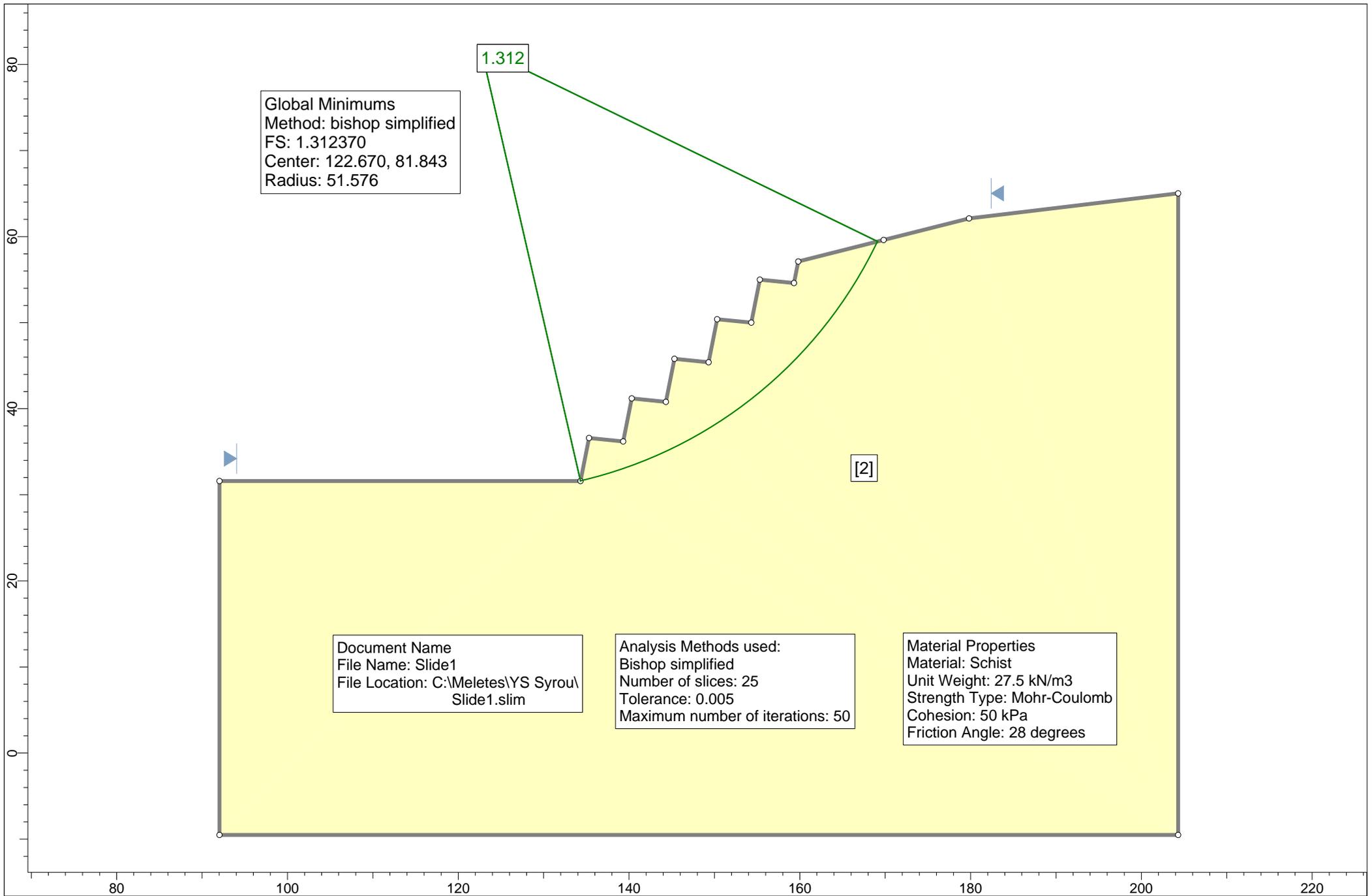
(\*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα βραχώδη πρανή:

$FS_{\min} = 1,30$  (ΟΣΜΕΟ)

Σεισμική φόρτιση:

$FS_{\min} = 1,00$  (ΕΑΚ - ΟΣΜΕΟ)



Global Minimums  
Method: bishop simplified  
FS: 1.312370  
Center: 122.670, 81.843  
Radius: 51.576

1.312

[2]

Document Name  
File Name: Slide1  
File Location: C:\Meletes\YS Syrou\  
Slide1.slim

Analysis Methods used:  
Bishop simplified  
Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50

Material Properties  
Material: Schist  
Unit Weight: 27.5 kN/m3  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 28 degrees

# **Slide Analysis Information**

## **SLIDE - An Interactive Slope Stability Program**

### **Project Summary**

---

File Name: Slide1  
Slide Modeler Version: 6.005  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

### **General Settings**

---

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: seconds  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Right to Left  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

### **Analysis Options**

---

#### **Analysis Methods Used**

Bishop simplified

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50  
Check malpha < 0.2: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen Iteration: Yes

### **Groundwater Analysis**

---

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### **Random Numbers**

---

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### **Surface Options**

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 20  
Number of iterations: 20  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

## Material Properties

Property	Schist
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	27.5
Cohesion [kPa]	50
Friction Angle [deg]	28
Water Surface	None
Ru Value	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.312370  
 Center: 122.670, 81.843  
 Radius: 51.576  
 Left Slip Surface Endpoint: 134.322, 31.600  
 Right Slip Surface Endpoint: 169.119, 59.424  
 Resisting Moment=284927 kN-m  
 Driving Moment=217109 kN-m

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 38293  
 Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

### Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.31237

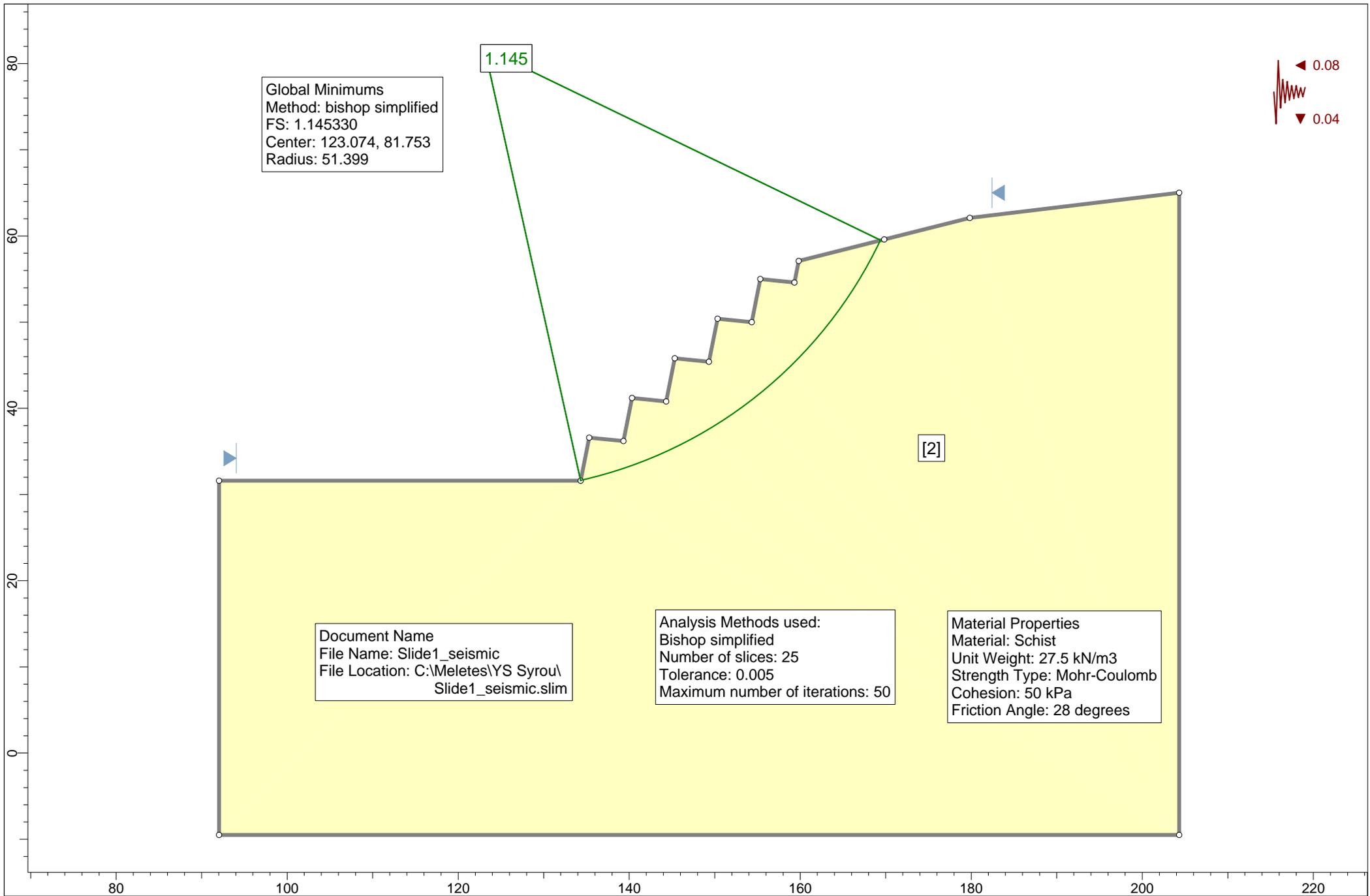
Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.39189	115.854	Schist	50	28	65.3032	85.702	67.1456	0	67.1456
2	1.39189	166.719	Schist	50	28	77.9106	102.248	98.2631	0	98.2631
3	1.39189	145.852	Schist	50	28	71.652	94.034	82.8162	0	82.8162
4	1.39189	145.927	Schist	50	28	70.8724	93.0108	80.8915	0	80.8915
5	1.39189	281.23	Schist	50	28	104.317	136.902	163.439	0	163.439
6	1.39189	268.392	Schist	50	28	99.897	131.102	152.53	0	152.53
7	1.39189	240.636	Schist	50	28	91.8507	120.542	132.67	0	132.67
8	1.39189	300.08	Schist	50	28	105.25	138.127	165.743	0	165.743
9	1.39189	374.638	Schist	50	28	121.91	159.991	206.863	0	206.863
10	1.39189	341.017	Schist	50	28	112.326	147.414	183.209	0	183.209
11	1.39189	312.027	Schist	50	28	104.007	136.495	162.674	0	162.674
12	1.39189	429.133	Schist	50	28	129.66	170.162	225.992	0	225.992
13	1.39189	422.027	Schist	50	28	126.133	165.533	217.286	0	217.286
14	1.39189	379.055	Schist	50	28	114.529	150.305	188.647	0	188.647
15	1.39189	387.441	Schist	50	28	114.506	150.274	188.588	0	188.588
16	1.39189	478.842	Schist	50	28	132.347	173.688	232.623	0	232.623
17	1.39189	427.982	Schist	50	28	119.035	156.218	199.767	0	199.767

18	1.39189	372.743	Schist	50	28	105.096	137.925	165.362	0	165.362
19	1.39189	401.119	Schist	50	28	108.559	142.47	173.911	0	173.911
20	1.39189	368.944	Schist	50	28	99.4991	130.58	151.548	0	151.548
21	1.39189	318.712	Schist	50	28	87.0477	114.239	120.816	0	120.816
22	1.39189	262.583	Schist	50	28	73.8032	96.8571	88.1254	0	88.1254
23	1.39189	199.419	Schist	50	28	59.7063	78.3567	53.3312	0	53.3312
24	1.39189	127.596	Schist	50	28	44.6943	58.6555	16.2786	0	16.2786
25	1.39189	44.6394	Schist	50	28	28.7119	37.6806	-23.1694	0	-23.1694

## List Of Coordinates

### External Boundary

X	Y
92.032	-9.51027
204.313	-9.51027
204.313	65.0234
179.822	62.1
169.822	59.6
159.822	57.1
159.322	54.6
155.322	55
154.322	50
150.322	50.4
149.322	45.4
145.322	45.8
144.322	40.8
140.322	41.2
139.322	36.2
135.322	36.6
134.322	31.6
92.032	31.6



# **Slide Analysis Information**

## **SLIDE - An Interactive Slope Stability Program**

### **Project Summary**

---

File Name: Slide1\_seismic  
Slide Modeler Version: 6.005  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

### **General Settings**

---

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: seconds  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Right to Left  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

### **Analysis Options**

---

#### **Analysis Methods Used**

Bishop simplified

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50  
Check malpha < 0.2: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen Iteration: Yes

### **Groundwater Analysis**

---

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### **Random Numbers**

---

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### **Surface Options**

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 20  
Number of iterations: 20  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

## Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08  
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

## Material Properties

Property	Schist
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	27.5
Cohesion [kPa]	50
Friction Angle [deg]	28
Water Surface	None
Ru Value	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.145330  
 Center: 123.074, 81.753  
 Radius: 51.399  
 Left Slip Surface Endpoint: 134.322, 31.600  
 Right Slip Surface Endpoint: 169.403, 59.495  
 Resisting Moment=287267 kN-m  
 Driving Moment=250815 kN-m

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 47733  
 Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

### Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.14533

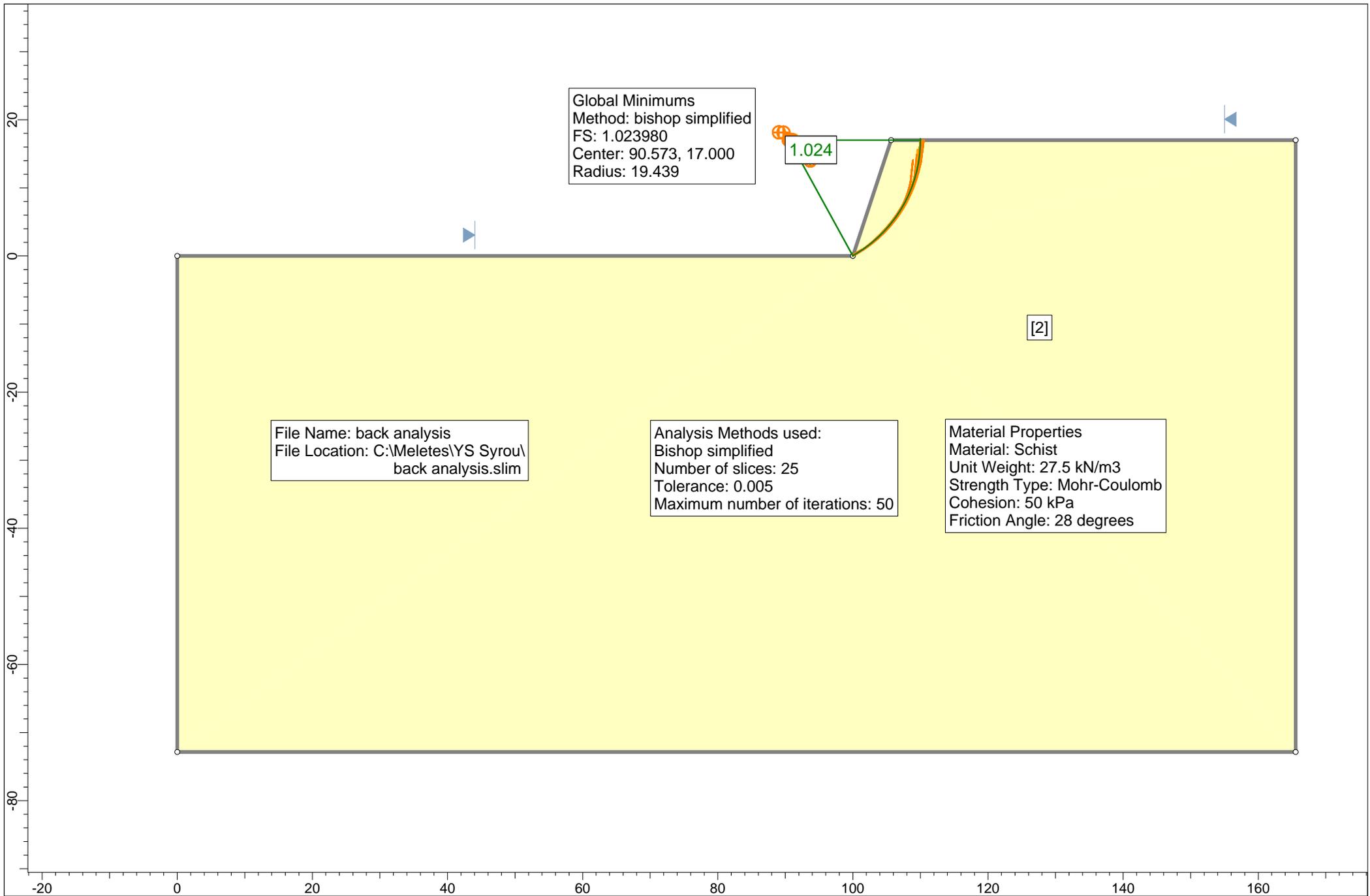
Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.40325	117.501	Schist	50	28	75.6912	86.6914	69.0066	0	69.0066
2	1.40325	168.453	Schist	50	28	90.3411	103.47	100.563	0	100.563
3	1.40325	147.637	Schist	50	28	82.9246	94.976	84.5873	0	84.5873
4	1.40325	151.49	Schist	50	28	83.0241	95.09	84.8022	0	84.8022
5	1.40325	287.214	Schist	50	28	121.916	139.634	168.576	0	168.576
6	1.40325	271.705	Schist	50	28	115.813	132.644	155.43	0	155.43
7	1.40325	243.851	Schist	50	28	106.278	121.723	134.891	0	134.891
8	1.40325	315.909	Schist	50	28	125.193	143.388	175.637	0	175.637
9	1.40325	379.132	Schist	50	28	141.05	161.549	209.794	0	209.794
10	1.40325	345.293	Schist	50	28	129.701	148.55	185.345	0	185.345
11	1.40325	322.585	Schist	50	28	121.599	139.271	167.895	0	167.895

12	1.40325	445.419	Schist	50	28	152.399	174.547	234.24	0	234.24
13	1.40325	426.968	Schist	50	28	145.064	166.146	218.438	0	218.438
14	1.40325	383.586	Schist	50	28	131.394	150.489	188.992	0	188.992
15	1.40325	414.377	Schist	50	28	136.778	156.656	200.591	0	200.591
16	1.40325	485.015	Schist	50	28	151.63	173.666	232.581	0	232.581
17	1.40325	432.522	Schist	50	28	135.742	155.469	198.358	0	198.358
18	1.40325	381.098	Schist	50	28	120.497	138.009	165.52	0	165.52
19	1.40325	417.085	Schist	50	28	125.876	144.17	177.107	0	177.107
20	1.40325	375.177	Schist	50	28	113.043	129.471	149.464	0	149.464
21	1.40325	324.279	Schist	50	28	98.5179	112.836	118.177	0	118.177
22	1.40325	267.338	Schist	50	28	83.1311	95.2126	85.0327	0	85.0327
23	1.40325	203.178	Schist	50	28	66.8287	76.5409	49.9163	0	49.9163
24	1.40325	130.11	Schist	50	28	49.5587	56.761	12.7157	0	12.7157
25	1.40325	45.5493	Schist	50	28	31.288	35.8351	-26.6403	0	-26.6403

## List Of Coordinates

### External Boundary

X	Y
92.032	-9.51027
204.313	-9.51027
204.313	65.0234
179.822	62.1
169.822	59.6
159.822	57.1
159.322	54.6
155.322	55
154.322	50
150.322	50.4
149.322	45.4
145.322	45.8
144.322	40.8
140.322	41.2
139.322	36.2
135.322	36.6
134.322	31.6
92.032	31.6



Global Minimums  
Method: bishop simplified  
FS: 1.023980  
Center: 90.573, 17.000  
Radius: 19.439

1.024

File Name: back analysis  
File Location: C:\Meletes\YS Syrou\  
back analysis.slim

Analysis Methods used:  
Bishop simplified  
Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50

Material Properties  
Material: Schist  
Unit Weight: 27.5 kN/m3  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 28 degrees

[2]

# Slide Analysis Information

## Y/S Syrou

### Project Summary

---

File Name: back analysis  
Slide Modeler Version: 6.005  
Project Title: Y/S Syrou  
Analysis: Back Analysis  
Author: GIA  
Company: GEOCONSULT Ltd  
Date Created: 5/9/2013, 1:38:03 μμ

### General Settings

---

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Right to Left  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

### Analysis Options

---

#### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50  
Check malpha < 0.2: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen Iteration: Yes

### Groundwater Analysis

---

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

---

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 20  
Number of iterations: 20  
Divisions to use in next iteration: 50%

Composite Surfaces: Disabled  
 Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: Not Defined

### Material Properties

Property	Schist
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	27.5
Cohesion [kPa]	50
Friction Angle [deg]	28
Water Surface	None
Ru Value	0

### Probabilistic Analysis Input

#### General Settings

Sensitivity Analysis: Off  
 Probabilistic Analysis: On  
 Sampling Method: Monte-Carlo  
 Number of Samples: 500  
 Analysis Type: Overall Slope

#### Variables

Material	Property	Distribution	Mean	Min	Max	Standard Deviation
Schist	Cohesion	Normal	50	40	60	1
Schist	Phi	Normal	28	18	38	1

### Global Minimums

#### Method: bishop simplified

FS: 1.023980  
 Center: 90.573, 17.000  
 Radius: 19.439  
 Left Slip Surface Endpoint: 100.000, 0.000  
 Right Slip Surface Endpoint: 110.012, 17.000  
 Resisting Moment=30597.1 kN-m  
 Driving Moment=29880.5 kN-m

### Valid / Invalid Surfaces

#### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 34349  
 Number of Invalid Surfaces: 0

### Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.02398

Slice	Width	Weight	Base	Base	Base Friction	Shear	Shear	Base Normal	Pore	Effective Normal
-------	-------	--------	------	------	---------------	-------	-------	-------------	------	------------------

Number	[m]	[kN]	Material	[kPa]	Angle [degrees]	[kPa]	[kPa]	Stress [kPa]	[kPa]	Stress [kPa]
1	0.400478	5.35852	Schist	50	28	43.0369	44.069	-11.1547	0	-11.1547
2	0.400478	16.0048	Schist	50	28	53.0065	54.2776	8.04494	0	8.04494
3	0.400478	26.5064	Schist	50	28	62.5501	64.0501	26.4244	0	26.4244
4	0.400478	36.8567	Schist	50	28	71.6576	73.3759	43.9636	0	43.9636
5	0.400478	47.0481	Schist	50	28	80.3162	82.2422	60.6387	0	60.6387
6	0.400478	57.0722	Schist	50	28	88.5117	90.6342	76.4219	0	76.4219
7	0.400478	66.9194	Schist	50	28	96.2268	98.5343	91.2797	0	91.2797
8	0.400478	76.5789	Schist	50	28	103.441	105.922	105.174	0	105.174
9	0.400478	86.0379	Schist	50	28	110.132	112.773	118.058	0	118.058
10	0.400478	95.2822	Schist	50	28	116.27	119.058	129.879	0	129.879
11	0.400478	104.295	Schist	50	28	121.822	124.744	140.572	0	140.572
12	0.400478	113.056	Schist	50	28	126.75	129.789	150.062	0	150.062
13	0.400478	121.541	Schist	50	28	131.005	134.147	158.257	0	158.257
14	0.400478	129.724	Schist	50	28	134.531	137.757	165.046	0	165.046
15	0.400478	132.785	Schist	50	28	133.508	136.71	163.077	0	163.077
16	0.400478	127.164	Schist	50	28	125.487	128.496	147.629	0	147.629
17	0.400478	120.958	Schist	50	28	116.984	119.789	131.255	0	131.255
18	0.400478	114.245	Schist	50	28	108.063	110.654	114.073	0	114.073
19	0.400478	106.927	Schist	50	28	98.6504	101.016	95.9472	0	95.9472
20	0.400478	98.8692	Schist	50	28	88.6489	90.7747	76.6861	0	76.6861
21	0.400478	89.8689	Schist	50	28	77.9152	79.7836	56.0149	0	56.0149
22	0.400478	79.5993	Schist	50	28	66.225	67.8131	33.5015	0	33.5015
23	0.400478	67.4578	Schist	50	28	53.1791	54.4544	8.37747	0	8.37747
24	0.400478	52.0257	Schist	50	28	37.8711	38.7792	-21.1032	0	-21.1032
25	0.400478	21.6158	Schist	50	28	12.6212	12.9239	-69.7301	0	-69.7301

### Probabilistic Analysis Results (Overall Slope)

Method: bishop simplified  
 Factor of Safety, mean: 1.024798  
 Factor of Safety, standard deviation: 0.023055  
 Factor of Safety, minimum: 0.949340  
 Factor of Safety, maximum: 1.098690  
 Probability of Failure: 12.600% (= 63 failed surfaces / 500 valid surfaces)  
 Reliability index: 1.07557 (assuming normal distribution)  
 Reliability index: 1.07768 (assuming lognormal distribution)  
 \* best fit = Beta

### List Of Coordinates

#### External Boundary

X	Y
105.667	17
100	0
0	0
0	-72.8613
165.533	-72.8613
165.533	17



## Calculation sheet

Job No.	Sheet No.	Rev.
SI/620	E-14	
Member/Location		
Drg. Ref.		
Made by	Date	Chd

Job Title ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ

ΓΙΑ ΣΕΠΤ 2013 ΑΔΠ

### 2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

Ελέγχεται παρακάτω η ευστάθεια επιχώματος ύψους  $H = 13,00 \text{ m}$ , το οποίο διαμορφώνεται με κλίση 2:3 (κατ:οριζ) και το οποίο βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του υποσταθμού, όπου αναμένονται και τα μεγαλύτερα ύψη επίχωσης. Η ανάλυση ευστάθειας έχει γίνει τόσο υπό στατικές συνθήκες (κατάσταση λειτουργίας) όσο και υπό σεισμικές. Η ανάλυση γενικής ευστάθειας του πρανούς έχει γίνει με την απλοποιημένη μέθοδο λωρίδων του Bishop για κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης με τη βοήθεια του προγράμματος H/Y Slide v.5.0 της Rocscience. Το έδαφος χωρίζεται σε λωρίδες και στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός κυκλικών τόξων διαφορετικού μήκους χορδής, για κάθε ένα από τα οποία εξετάζονται όλες οι πιθανές ακτίνες και βρίσκεται ο ελάχιστος συντελεστής.

Οι αναλύσεις ευστάθειας υπό σεισμική φόρτιση γίνονται κατά ΕΑΚ-2000, λαμβάνοντας υπόψη πρόσθετες οριζόντιες ενεργές επιταχύνσεις της μάζας τους, που μεταβάλλονται από  $\alpha_B = 0,5 \cdot \alpha$  στη βάση, μέχρι  $\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T)$  στην κορυφή (άρθρο 5.4.2 [1] του ΕΑΚ-2000), όπου:

$\alpha =$  η ανηγμένη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους  $= 0,16g$  (Ζώνη I, ΕΑΚ-2000)

$\beta(T) =$  η φασματική μεγέθυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο  $T$  του έργου  $\leq 2,5$

Λαμβάνοντας συντηρητικά  $\beta(T) = 2,50$  έχουμε:

$$\alpha_B = \alpha/2 = 0,16g/2 = 0,08g$$

$$\alpha_K = \alpha_B \cdot \beta(T) = 2,5 \cdot 0,08g = 0,20g$$

οπότε μετά από αντικατάσταση:

$$\alpha_h = (\alpha_B + \alpha_K)/2 = (0,08 + 0,20) \cdot g/2 = 0,14g$$

$$\alpha_v = \pm 0,50 \cdot \alpha_h = \pm 0,07g.$$

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων γενικής ευστάθειας για κάθε μια από τις εξετασθείσες περιπτώσεις στην περιοχή του επιχώματος.

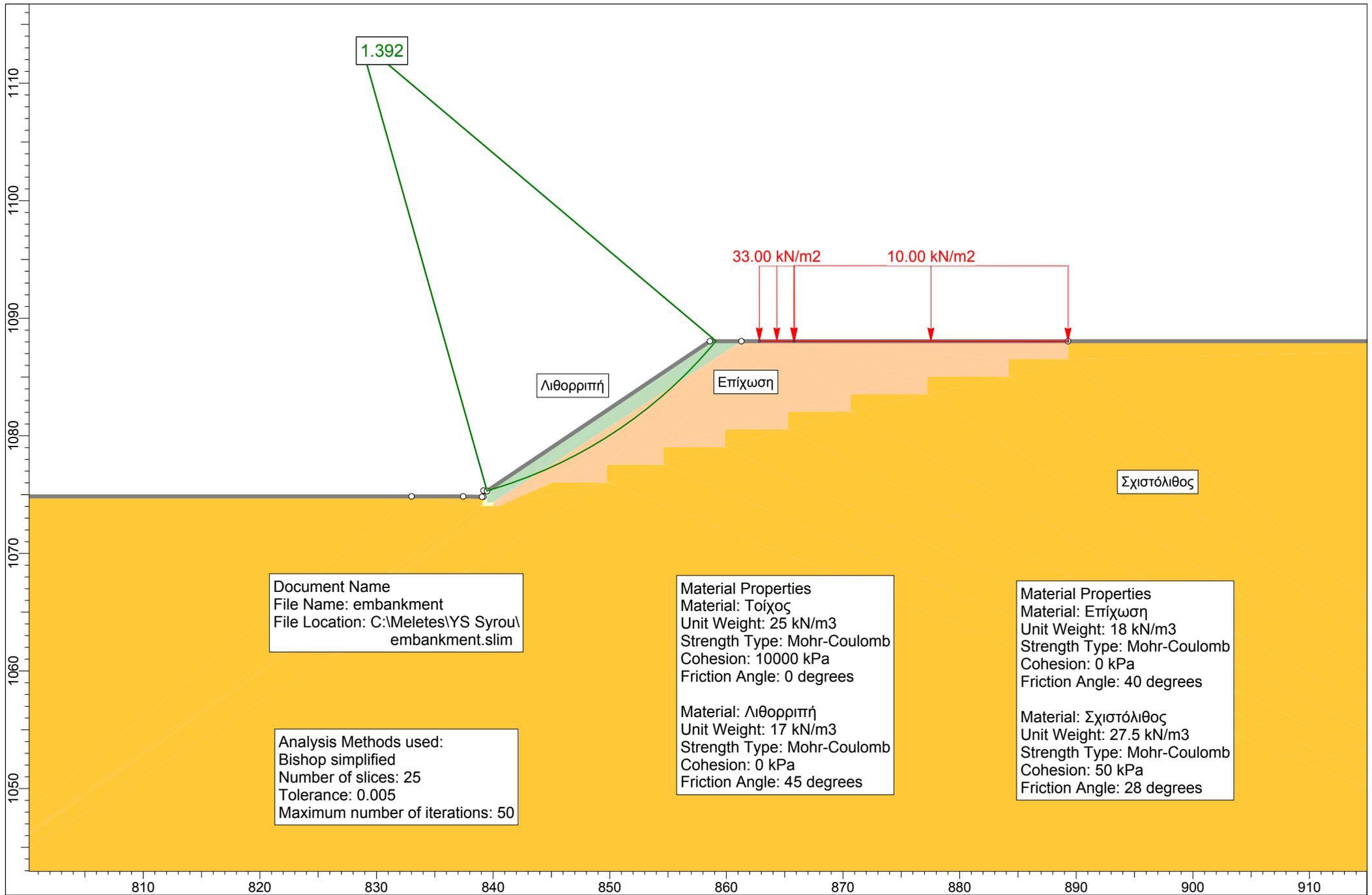
#### **Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων αναλύσεων ευστάθειας επιχώματος**

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ FS (*)	ΑΡΧΕΙΟ Η/Υ
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Στατική	1,39 > 1,38	embankment
Bishop (κυκλική επιφάνεια)	Σεισμική	1,17 > 1,00	embankment_seismic

(\*) Ελάχιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ασφαλείας:

Στατική φόρτιση – Μόνιμα πρανή:  $FS_{\min} = 1,38$  (Ευρωκώδικας EC-7)

Σεισμική φόρτιση:  $FS_{\min} = 1,00$  (ΕΑΚ – ΟΣΜΕΟ – EC-8)



1.392

33.00 kN/m<sup>2</sup>

10.00 kN/m<sup>2</sup>

Λιθορριπή

Επίχωση

Σχιστόλιθος

Document Name  
 File Name: embankment  
 File Location: C:\Meletes\YS Syrou\  
 embankment.slim

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

Material Properties  
 Material: Τοίχος  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 10000 kPa  
 Friction Angle: 0 degrees

Material: Λιθορριπή  
 Unit Weight: 17 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 0 kPa  
 Friction Angle: 45 degrees

Material Properties  
 Material: Επίχωση  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 0 kPa  
 Friction Angle: 40 degrees

Material: Σχιστόλιθος  
 Unit Weight: 27.5 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 50 kPa  
 Friction Angle: 28 degrees

# **Slide Analysis Information**

## **Y/S Syrou**

### **Project Summary**

---

File Name: embankment  
Slide Modeler Version: 6.005  
Project Title: Y/S Syrou  
Analysis: Embankment Analysis  
Author: GIA  
Company: GEOCONSULT Ltd  
Date Created: 5/9/2013, 4:30:00 μμ

### **General Settings**

---

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Right to Left  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

### **Analysis Options**

---

#### **Analysis Methods Used**

Bishop simplified

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50  
Check malpha < 0.2: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen Iteration: Yes

### **Groundwater Analysis**

---

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### **Random Numbers**

---

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### **Surface Options**

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 20  
Number of iterations: 20  
Divisions to use in next iteration: 20%  
Composite Surfaces: Disabled

Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: 0

## Loading

2 Distributed Loads present

### Distributed Load 1

Distribution: Constant  
 Magnitude [kN/m2]: 33  
 Orientation: Normal to boundary

### Distributed Load 2

Distribution: Constant  
 Magnitude [kN/m2]: 10  
 Orientation: Normal to boundary

## Material Properties

Property	Τοίχος	Λιθορριπή	Επίχωση	Σχιστόλιθος
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	25	17	18	27.5
Cohesion [kPa]	10000	0	0	50
Friction Angle [deg]	0	45	40	28
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.391960  
 Center: 828.609, 1113.590  
 Radius: 39.795  
 Left Slip Surface Endpoint: 839.470, 1075.306  
 Right Slip Surface Endpoint: 859.123, 1088.046  
 Resisting Moment=15875.9 kN-m  
 Driving Moment=11405.4 kN-m

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 34110  
 Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.39196

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.741597	1.74105	Λιθορριπή	0	45	1.39294	1.93891	1.93891	0	1.93891

2	0.741597	5.12361	Λιθορριπή	0	45	4.04814	5.63485	5.63485	0	5.63485
3	0.741597	8.30522	Λιθορριπή	0	45	6.47976	9.01957	9.01957	0	9.01957
4	0.741597	11.282	Λιθορριπή	0	45	8.6912	12.0978	12.0979	0	12.0979
5	0.741597	14.0496	Λιθορριπή	0	45	10.6857	14.874	14.874	0	14.874
6	0.741597	16.6034	Λιθορριπή	0	45	12.4658	17.3519	17.3519	0	17.3519
7	0.787165	20.2371	Επίχωση	0	40	12.3167	17.1444	20.432	0	20.432
8	0.787165	22.7239	Επίχωση	0	40	13.6615	19.0162	22.6626	0	22.6626
9	0.787165	24.9179	Επίχωση	0	40	14.7943	20.5931	24.5419	0	24.5419
10	0.787165	26.8099	Επίχωση	0	40	15.7161	21.8762	26.071	0	26.071
11	0.787165	28.3897	Επίχωση	0	40	16.4271	22.8658	27.2503	0	27.2503
12	0.787165	29.6463	Επίχωση	0	40	16.9271	23.5619	28.0801	0	28.0801
13	0.787165	30.5672	Επίχωση	0	40	17.2162	23.9643	28.5595	0	28.5595
14	0.787165	31.1388	Επίχωση	0	40	17.2937	24.0721	28.6879	0	28.6879
15	0.787165	31.3457	Επίχωση	0	40	17.1585	23.884	28.4638	0	28.4638
16	0.787165	31.1708	Επίχωση	0	40	16.8097	23.3984	27.8851	0	27.8851
17	0.787165	30.595	Επίχωση	0	40	16.2456	22.6132	26.9494	0	26.9494
18	0.787165	29.5967	Επίχωση	0	40	15.4646	21.5261	25.6538	0	25.6538
19	0.787165	28.1514	Επίχωση	0	40	14.4646	20.1342	23.9951	0	23.9951
20	0.787165	26.2312	Επίχωση	0	40	13.2434	18.4343	21.9692	0	21.9692
21	0.787165	23.8042	Επίχωση	0	40	11.7985	16.423	19.5721	0	19.5721
22	0.849033	22.4331	Λιθορριπή	0	45	11.2499	15.6594	15.6594	0	15.6594
23	0.849033	18.4857	Λιθορριπή	0	45	9.04243	12.5867	12.5867	0	12.5867
24	0.849033	13.7756	Λιθορριπή	0	45	6.56142	9.13323	9.1332	0	9.1332
25	0.849033	6.552	Λιθορριπή	0	45	3.03247	4.22107	4.22107	0	4.22107

## List Of Coordinates

### Line Load

X	Y
865.83	1088.05
862.83	1088.05

### Line Load

X	Y
889.295	1088.04
865.772	1088.05

### External Boundary

X	Y
839.17	1075.35
839.169	1074.83
839.041	1074.81
837.425	1074.85
833.005	1074.85
783.005	1074.85
783.005	1034.12
954.896	1034.12
954.896	1088.04
889.295	1088.04
861.284	1088.05
858.58	1088.05
839.47	1075.31

**Material Boundary**

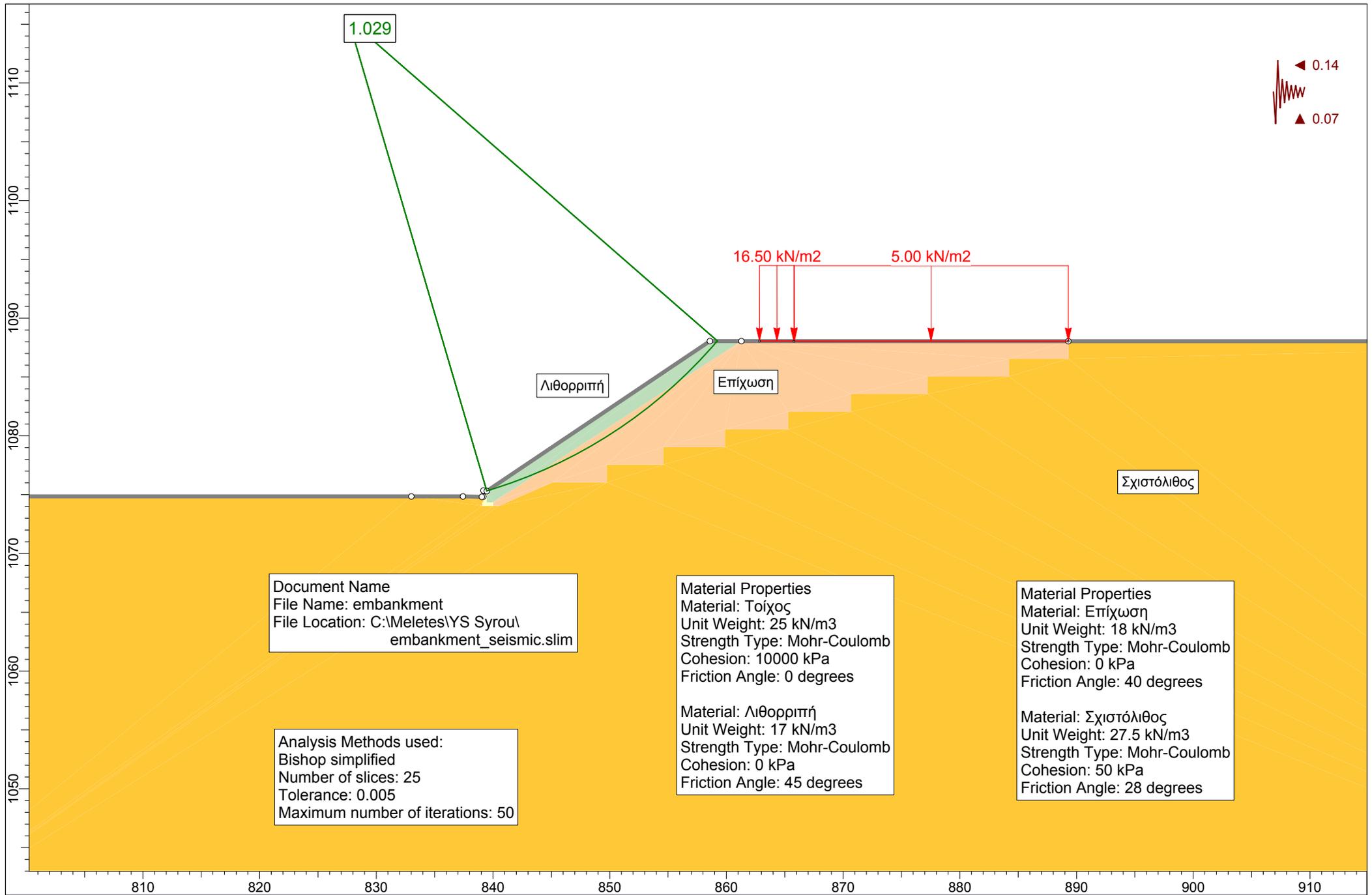
X	Y
839.169	1074.83
839.169	1074.35
839.069	1074.35
839.069	1074.05
840.02	1074.05
840.507	1074.05
845.095	1076.04
849.757	1076.04
849.757	1077.54
854.601	1077.54
854.601	1079.04
859.868	1079.04
859.868	1080.54
865.281	1080.54
865.281	1082.04
870.669	1082.04
870.669	1083.54
877.241	1083.54
877.241	1085.04
884.206	1085.04
884.206	1086.54
889.295	1086.54
889.295	1088.04

**Material Boundary**

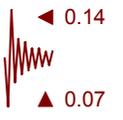
X	Y
839.47	1075.31
839.47	1074.35
840.02	1074.35
861.284	1088.05

**Material Boundary**

X	Y
840.02	1074.05
840.02	1074.35



1.029



16.50 kN/m<sup>2</sup>

5.00 kN/m<sup>2</sup>

Λιθορριπή

Επίχωση

Σχιστόλιθος

Document Name  
 File Name: embankment  
 File Location: C:\Meletes\YS Syrou\  
 embankment\_seismic.slim

Material Properties  
 Material: Τοίχος  
 Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 10000 kPa  
 Friction Angle: 0 degrees

Material: Λιθορριπή  
 Unit Weight: 17 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 0 kPa  
 Friction Angle: 45 degrees

Material Properties  
 Material: Επίχωση  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 0 kPa  
 Friction Angle: 40 degrees

Material: Σχιστόλιθος  
 Unit Weight: 27.5 kN/m<sup>3</sup>  
 Strength Type: Mohr-Coulomb  
 Cohesion: 50 kPa  
 Friction Angle: 28 degrees

Analysis Methods used:  
 Bishop simplified  
 Number of slices: 25  
 Tolerance: 0.005  
 Maximum number of iterations: 50

810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910

1110  
1100  
1090  
1080  
1070  
1060  
1050

# **Slide Analysis Information**

## **Y/S Syrou**

### **Project Summary**

---

File Name: embankment\_seismic  
Slide Modeler Version: 6.005  
Project Title: Y/S Syrou  
Analysis: Embankment Analysis  
Author: GIA  
Company: GEOCONSULT Ltd  
Date Created: 5/9/2013, 4:30:00 μμ

### **General Settings**

---

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Right to Left  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

### **Analysis Options**

---

#### **Analysis Methods Used**

Bishop simplified

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50  
Check malpha < 0.2: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen Iteration: Yes

### **Groundwater Analysis**

---

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### **Random Numbers**

---

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### **Surface Options**

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 20  
Number of iterations: 20  
Divisions to use in next iteration: 20%  
Composite Surfaces: Disabled

Minimum Elevation: Not Defined  
 Minimum Depth: 0

## Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.14  
 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.07  
 2 Distributed Loads present

### Distributed Load 1

Distribution: Constant  
 Magnitude [kN/m<sup>2</sup>]: 16.5  
 Orientation: Normal to boundary

### Distributed Load 2

Distribution: Constant  
 Magnitude [kN/m<sup>2</sup>]: 5  
 Orientation: Normal to boundary

## Material Properties

Property	Τοίχος	Λιθορριπή	Επίχωση	Σχιστόλιθος
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	25	17	18	27.5
Cohesion [kPa]	10000	0	0	50
Friction Angle [deg]	0	45	40	28
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.028890  
 Center: 827.591, 1115.451  
 Radius: 41.865  
 Left Slip Surface Endpoint: 839.470, 1075.306  
 Right Slip Surface Endpoint: 859.240, 1088.046  
 Resisting Moment=13932.5 kN-m  
 Driving Moment=13541.3 kN-m

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 38253  
 Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.02889

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion	Base Friction Angle	Shear Stress	Shear Strength	Base Normal Stress	Pore Pressure	Effective Normal Stress
--------------	-----------	-------------	---------------	---------------	---------------------	--------------	----------------	--------------------	---------------	-------------------------

					[degrees]			[kPa]		[kPa]
1	0.774105	1.83482	Λιθορριπή	0	45	1.65081	1.6985	1.69849	0	1.69849
2	0.774105	5.39572	Λιθορριπή	0	45	4.77818	4.91622	4.91621	0	4.91621
3	0.774105	8.73702	Λιθορριπή	0	45	7.61492	7.83491	7.83491	0	7.83491
4	0.774105	11.8543	Λιθορριπή	0	45	10.1679	10.4617	10.4617	0	10.4617
5	0.774105	14.7428	Λιθορριπή	0	45	12.4438	12.8033	12.8033	0	12.8033
6	0.774105	17.3972	Λιθορριπή	0	45	14.4483	14.8657	14.8656	0	14.8656
7	0.778254	19.9851	Επίχωση	0	40	14.3194	14.7331	17.5583	0	17.5583
8	0.778254	22.2906	Επίχωση	0	40	15.739	16.1937	19.2989	0	19.2989
9	0.778254	24.3238	Επίχωση	0	40	16.9212	17.4101	20.7486	0	20.7486
10	0.778254	26.0764	Επίχωση	0	40	17.8687	18.3849	21.9103	0	21.9103
11	0.778254	27.5394	Επίχωση	0	40	18.5836	19.1205	22.7868	0	22.7868
12	0.778254	28.703	Επίχωση	0	40	19.0679	19.6188	23.3807	0	23.3807
13	0.778254	29.5562	Επίχωση	0	40	19.3233	19.8815	23.6938	0	23.6938
14	0.778254	30.087	Επίχωση	0	40	19.3511	19.9102	23.728	0	23.728
15	0.778254	30.2822	Επίχωση	0	40	19.1526	19.7059	23.4846	0	23.4846
16	0.778254	30.1268	Επίχωση	0	40	18.7286	19.2697	22.9647	0	22.9647
17	0.778254	29.6045	Επίχωση	0	40	18.0799	18.6022	22.1692	0	22.1692
18	0.778254	28.6967	Επίχωση	0	40	17.2068	17.7039	21.0987	0	21.0987
19	0.778254	27.3829	Επίχωση	0	40	16.1099	16.5753	19.7536	0	19.7536
20	0.778254	25.6398	Επίχωση	0	40	14.7893	15.2166	18.1344	0	18.1344
21	0.778254	23.4407	Επίχωση	0	40	13.2452	13.6279	16.2411	0	16.2411
22	0.863053	22.9311	Λιθορριπή	0	45	12.5672	12.9303	12.9303	0	12.9303
23	0.863053	19.1527	Λιθορριπή	0	45	10.2093	10.5042	10.5042	0	10.5042
24	0.863053	14.642	Λιθορριπή	0	45	7.57857	7.79752	7.79751	0	7.79751
25	0.863053	6.85556	Λιθορριπή	0	45	3.4388	3.53815	3.53815	0	3.53815

## List Of Coordinates

### Line Load

X	Y
865.83	1088.05
862.83	1088.05

### Line Load

X	Y
889.295	1088.04
865.772	1088.05

### External Boundary

X	Y
839.17	1075.35
839.169	1074.83
839.041	1074.81
837.425	1074.85
833.005	1074.85
783.005	1074.85
783.005	1034.12
954.896	1034.12
954.896	1088.04
889.295	1088.04
861.284	1088.05
858.58	1088.05

839.47	1075.31
--------	---------

**Material Boundary**

X	Y
839.169	1074.83
839.169	1074.35
839.069	1074.35
839.069	1074.05
840.02	1074.05
840.507	1074.05
845.095	1076.04
849.757	1076.04
849.757	1077.54
854.601	1077.54
854.601	1079.04
859.868	1079.04
859.868	1080.54
865.281	1080.54
865.281	1082.04
870.669	1082.04
870.669	1083.54
877.241	1083.54
877.241	1085.04
884.206	1085.04
884.206	1086.54
889.295	1086.54
889.295	1088.04

**Material Boundary**

X	Y
839.47	1075.31
839.47	1074.35
840.02	1074.35
861.284	1088.05

**Material Boundary**

X	Y
840.02	1074.05
840.02	1074.35



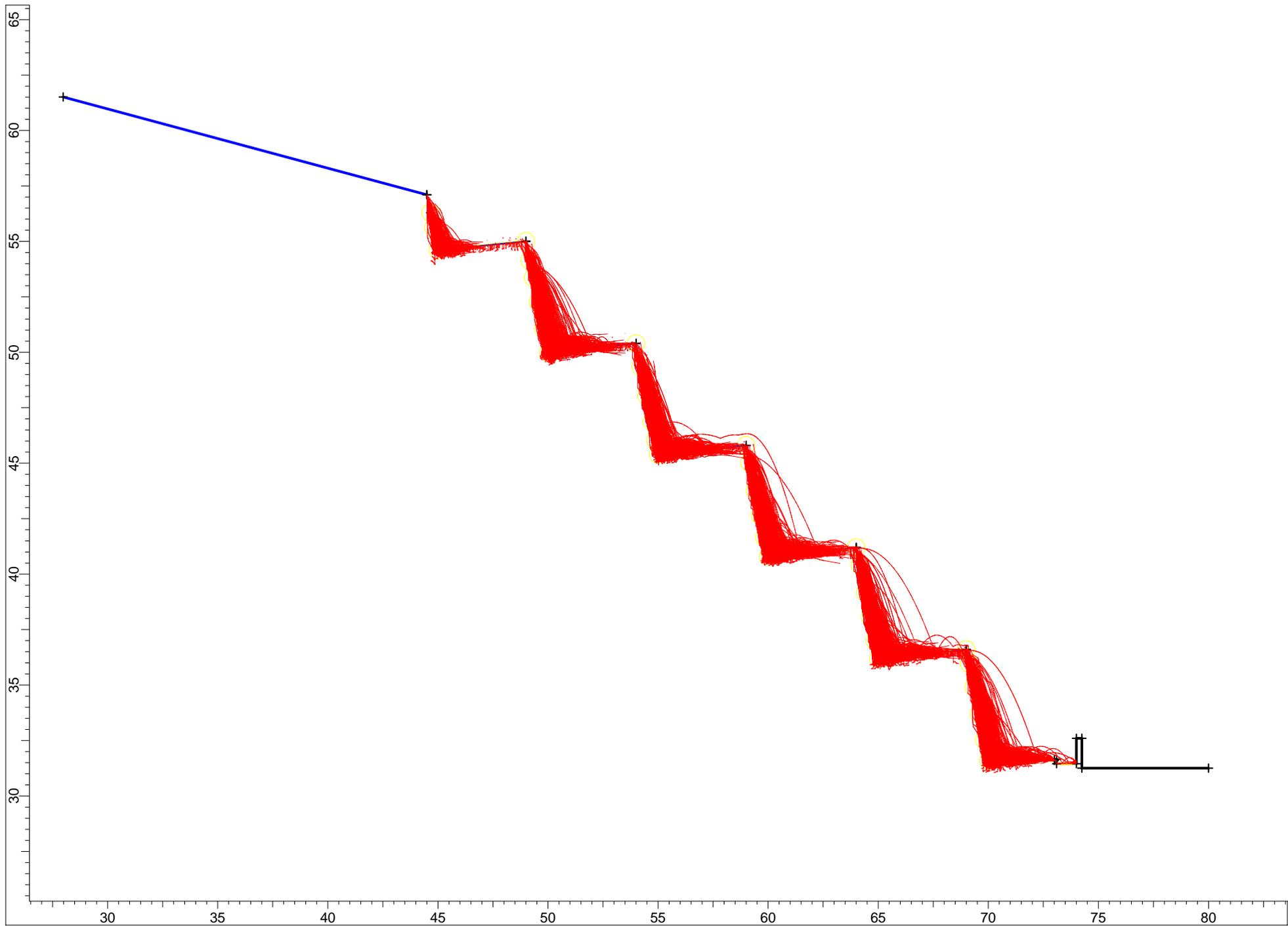
## Calculation sheet

Job No.	Sheet No.	Rev.
SI/620	E-25	
Member/Location		
Drg. Ref.		
Made by	ΓΙΑ	Date ΣΕΠΤ 2013 Chd ΑΔΠ

Job Title ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΡΟΥ

### **3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΒΡΑΧΟΠΤΩΞΕΩΝ**

Πραγματοποιείται παρακάτω στατιστική επεξεργασία των δυνητικών τροχιών βραχωδών τεμαχών που αποκολλώνται από ένα σημείο του πρανούς και εξετάζεται η απόσταση όπου αυτά μπορεί να φτάσουν από τον πόδα του πρανούς καθώς και η κινητική τους ενέργεια. Σημειώνεται ότι η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για αποκόλληση βραχωδών τεμαχών από οποιοδήποτε σημείο του πρανούς. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση αμμοχαλικώδους υλικού στους αναβαθμούς και στον πόδα του πρανούς και με τοίχο ανασχεσης στον πόδα του πρανούς. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό RocFall της ROCKSCIENCE.



# ***RocFall Analysis Information***

## **Document Name**

Rock\_FINAL

## **Project Settings**

Units: Metric

Friction angle: Use friction angle specified in material editor

Minimum Velocity=0.1

Angular Velocity of the rocks CONSIDERED

Standard Deviations USED when generating slope vertices

Random-number generation: Random

## **Slope**

### Segment 1, Material: Bedrock outcrops [default]

Start Point: X mean=27.9815 std dev=0 Y mean=61.5073 std dev=0

End Point: X mean=44.5 std dev=0 Y mean=57.1 std dev=0

### Segment 2, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=44.5 std dev=0 Y mean=57.1 std dev=0

End Point: X mean=44.663 std dev=0.2 Y mean=56.2851 std dev=0.2

### Segment 3, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=44.663 std dev=0.2 Y mean=56.2851 std dev=0.2

End Point: X mean=44.7992 std dev=0.2 Y mean=55.6042 std dev=0.2

### Segment 4, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=44.7992 std dev=0.2 Y mean=55.6042 std dev=0.2

End Point: X mean=45 std dev=0.2 Y mean=54.6 std dev=0.2

### Segment 5, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=45 std dev=0.2 Y mean=54.6 std dev=0.2

End Point: X mean=49 std dev=0.2 Y mean=55 std dev=0.2

### Segment 6, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=49 std dev=0.2 Y mean=55 std dev=0.2

End Point: X mean=49.1714 std dev=0.2 Y mean=54.143 std dev=0.2

### Segment 7, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=49.1714 std dev=0.2 Y mean=54.143 std dev=0.2

End Point: X mean=49.3283 std dev=0.2 Y mean=53.3584 std dev=0.2

### Segment 8, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=49.3283 std dev=0.2 Y mean=53.3584 std dev=0.2

End Point: X mean=49.5475 std dev=0.2 Y mean=52.2625 std dev=0.2

### Segment 9, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=49.5475 std dev=0.2 Y mean=52.2625 std dev=0.2

End Point: X mean=49.7847 std dev=0.2 Y mean=51.0765 std dev=0.2

### Segment 10, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=49.7847 std dev=0.2 Y mean=51.0765 std dev=0.2

End Point: X mean=50 std dev=0.2 Y mean=50 std dev=0.2

Segment 11, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=50 std dev=0.2 Y mean=50 std dev=0.2

End Point: X mean=54 std dev=0.2 Y mean=50.4 std dev=0.2

Segment 12, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54 std dev=0.2 Y mean=50.4 std dev=0.2

End Point: X mean=54.2119 std dev=0.2 Y mean=49.3403 std dev=0.2

Segment 13, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54.2119 std dev=0.2 Y mean=49.3403 std dev=0.2

End Point: X mean=54.4726 std dev=0.2 Y mean=48.037 std dev=0.2

Segment 14, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54.4726 std dev=0.2 Y mean=48.037 std dev=0.2

End Point: X mean=54.7044 std dev=0.2 Y mean=46.8781 std dev=0.2

Segment 15, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54.7044 std dev=0.2 Y mean=46.8781 std dev=0.2

End Point: X mean=54.873 std dev=0.2 Y mean=46.0348 std dev=0.2

Segment 16, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=54.873 std dev=0.2 Y mean=46.0348 std dev=0.2

End Point: X mean=55 std dev=0.2 Y mean=45.4 std dev=0.2

Segment 17, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=55 std dev=0.2 Y mean=45.4 std dev=0.2

End Point: X mean=59 std dev=0.2 Y mean=45.8 std dev=0.2

Segment 18, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=59 std dev=0.2 Y mean=45.8 std dev=0.2

End Point: X mean=59.156 std dev=0.2 Y mean=45.0201 std dev=0.2

Segment 19, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=59.156 std dev=0.2 Y mean=45.0201 std dev=0.2

End Point: X mean=59.4031 std dev=0.2 Y mean=43.7844 std dev=0.2

Segment 20, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=59.4031 std dev=0.2 Y mean=43.7844 std dev=0.2

End Point: X mean=59.6313 std dev=0.2 Y mean=42.6435 std dev=0.2

Segment 21, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=59.6313 std dev=0.2 Y mean=42.6435 std dev=0.2

End Point: X mean=59.8306 std dev=0.2 Y mean=41.6469 std dev=0.2

Segment 22, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=59.8306 std dev=0.2 Y mean=41.6469 std dev=0.2

End Point: X mean=60 std dev=0.2 Y mean=40.8 std dev=0.2

Segment 23, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=60 std dev=0.2 Y mean=40.8 std dev=0.2

End Point: X mean=64 std dev=0.2 Y mean=41.2 std dev=0.2

Segment 24, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=64 std dev=0.2 Y mean=41.2 std dev=0.2

End Point: X mean=64.1532 std dev=0.2 Y mean=40.4338 std dev=0.2

Segment 25, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=64.1532 std dev=0.2 Y mean=40.4338 std dev=0.2

End Point: X mean=64.4058 std dev=0.2 Y mean=39.1711 std dev=0.2

Segment 26, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=64.4058 std dev=0.2 Y mean=39.1711 std dev=0.2

End Point: X mean=64.6231 std dev=0.2 Y mean=38.0843 std dev=0.2

Segment 27, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=64.6231 std dev=0.2 Y mean=38.0843 std dev=0.2

End Point: X mean=64.8396 std dev=0.2 Y mean=37.002 std dev=0.2

Segment 28, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=64.8396 std dev=0.2 Y mean=37.002 std dev=0.2

End Point: X mean=65 std dev=0.2 Y mean=36.2 std dev=0.2

Segment 29, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=65 std dev=0.2 Y mean=36.2 std dev=0.2

End Point: X mean=69 std dev=0.2 Y mean=36.6 std dev=0.2

Segment 30, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=69 std dev=0.2 Y mean=36.6 std dev=0.2

End Point: X mean=69.1271 std dev=0.2 Y mean=35.9647 std dev=0.2

Segment 31, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=69.1271 std dev=0.2 Y mean=35.9647 std dev=0.2

End Point: X mean=69.3408 std dev=0.2 Y mean=34.896 std dev=0.2

Segment 32, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=69.3408 std dev=0.2 Y mean=34.896 std dev=0.2

End Point: X mean=69.5816 std dev=0.2 Y mean=33.6919 std dev=0.2

Segment 33, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=69.5816 std dev=0.2 Y mean=33.6919 std dev=0.2

End Point: X mean=69.8143 std dev=0.2 Y mean=32.5284 std dev=0.2

Segment 34, Material: Clean hard bedrock [default]

Start Point: X mean=69.8143 std dev=0.2 Y mean=32.5284 std dev=0.2

End Point: X mean=70 std dev=0.2 Y mean=31.6 std dev=0.2

Segment 35, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=70 std dev=0.2 Y mean=31.6 std dev=0.2

End Point: X mean=73 std dev=0 Y mean=31.6 std dev=0

Segment 36, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=73 std dev=0 Y mean=31.6 std dev=0

End Point: X mean=73 std dev=0 Y mean=31.65 std dev=0

Segment 37, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=73 std dev=0 Y mean=31.65 std dev=0

End Point: X mean=73.1 std dev=0 Y mean=31.65 std dev=0

Segment 38, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=73.1 std dev=0 Y mean=31.65 std dev=0

End Point: X mean=73.1 std dev=0 Y mean=31.45 std dev=0

Segment 39, Material: Talus Cover [default]

Start Point: X mean=73.1 std dev=0 Y mean=31.45 std dev=0

End Point: X mean=74 std dev=0 Y mean=31.45 std dev=0

Segment 40, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=74 std dev=0 Y mean=31.45 std dev=0

End Point: X mean=74 std dev=0 Y mean=32.6 std dev=0

Segment 41, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=74 std dev=0 Y mean=32.6 std dev=0

End Point: X mean=74.25 std dev=0 Y mean=32.6 std dev=0

Segment 42, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=74.25 std dev=0 Y mean=32.6 std dev=0

End Point: X mean=74.25 std dev=0 Y mean=31.25 std dev=0

Segment 43, Material: Asphalt [default]

Start Point: X mean=74.25 std dev=0 Y mean=31.25 std dev=0

End Point: X mean=80 std dev=0 Y mean=31.25 std dev=0

## **Materials**

Material name: Clean hard bedrock [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.53 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.99 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Material name: Asphalt [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.4 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.9 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Material name: Bedrock outcrops [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.35 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.85 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Material name: Talus Cover [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.32 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.82 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

## **Seeders**

Line Seeder

Horizontal Velocity: mean=0, std dev=0

Vertical Velocity: mean=0, std dev=0

Mass: mean=1000, std dev=0

Angular Velocity: mean=0, std dev=0

Location (Vertex 1): 44.5, 57.1

Location (Vertex 2): 45, 54.6

Location (Vertex 3): 49, 55

Location (Vertex 4): 50, 50  
Location (Vertex 5): 54, 50.4  
Location (Vertex 6): 55, 45.4  
Location (Vertex 7): 59, 45.8  
Location (Vertex 8): 60, 40.8  
Location (Vertex 9): 64, 41.2  
Location (Vertex 10): 65, 36.2  
Location (Vertex 11): 69, 36.6  
Location (Vertex 12): 70, 31.6