



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΓΓΡΑΣΙΑ

ΦΩΤΗΣ ΜΗΤΣΙΟΣ 4020

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΑΣΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΧΡΗΣΤΑΡΑΣ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ
2008-2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΡΑΣΙΑΣ.....	4
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ.....	4
1.3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΝΛΟΓΩ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	5
1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΡΓΟΥ.....	6
1.4.1 ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΚΟΛΟΥΘΩΝ ΔΙΟΡΔΩΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΙΩΝ.....	7
1.5 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	8
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	9
2.2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	10
2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	13
2.3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	15
2.4 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	15
2.4.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	16
2.5 ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	17
2.6 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	18
2.7 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	18
2.7.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ.....	19
2.8 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	20



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ:ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΟΓΡΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΣΗΣΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	28
3.2 ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	28
3.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΩΝ-ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟΚΛΙΣΙΟΜΕΤΡΩΝ.....	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ:ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΓΕΩΥΛΙΚΩΝ

4.1 ΓΕΩΤΕΧΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ.....	34
---------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ:ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΝΟΓΡΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

5.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΙΟΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΩΝ.....	40
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ:ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΣΙΑΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

6.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ.....	44
6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ.....	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54

1.1 ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το θέμα της διπλωματικής αφορά τη διερεύνηση των συνθηκών του επιχώματος Ασωμάτων της εγνατίας οδού, στα πλαίσια που μπορεί να γίνει σε μια διπλωματική εργασία .

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

Επίχωμα γενικά ονομάζουμε κάθε υπερυψωμένη κατασκευή από εδαφικό ή βραχώδες υλικό και αδρανή υλικά ή λίθους .Το εδαφικό ή βραχώδες υλικό πάνω στο οποίο εδράζεται το επίχωμα ονομάζεται έδραση του επιχώματος .

Τα επιχώματα εξασφαλίζουν την κατασκευή της οδοστρωσίας στο προβλεπόμενο από τη μελέτη χάραξης επίπεδο, έτσι ώστε να καλύπτονται τόσο οι μορφολογικές μεταβολές του ανάγλυφου, όσο και οι απαιτήσεις αποστράγγισης του οδοστρώματος. Γενικά με βάση το συνολικό ύψος διακρίνουμε τα επιχώματα σε υψηλά (ύψος > 10 m) και χαμηλά (ύψος < 10 m) και με βάση τα υλικά κατασκευής τους σε γαιώδη και βραχώδη .

Σχήμα.1: Φωτογραφία ενός επιχώματος



www.anglesey.info/rhonddatoday.htm

1.3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΝ ΛΟΓΩ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το ανάγλυφο στην περιοχή Ασωμάτων (τμήμα 5.2 της Ε.Ο.) χαρακτηρίζεται από λοφώδες στα ανάντη έως πεδινό στα κατόντη του επιχώματος, με υψόμετρα που κυμαίνονται γενικώς από το +150 έως το +210m περίπου και με ήπια διακύμανση των μορφολογικών κλίσεων. Το σχετικά ήπιο ανάγλυφο στην περιοχή του έργου και ειδικότερα στην κατόντη περιοχή ενδεχομένως οφείλεται στην λιθολογική σύσταση των σχηματισμών που δομούν την περιοχή αυτή (περιδοτίτες - τραβερτίνες), οι οποίοι αποσαθρώνονται εύκολα και δημιουργούν μανδύες αποσάθρωσης σημαντικού πάχους και δευτερευόντως, σε ανθρωπογενείς επεμβάσεις (εκσκαφές, επιχώσεις, κ.λπ.). Στην περιοχή του έργου κυριαρχούν κατά κανόνα οι ακόλουθοι γεωλογικοί σχηματισμοί:

- Τεχνητές αποθέσεις (Te): Πρόκειται για υλικά κατασκευής του επιχώματος, του αντιβάρου, και τοπικές αποθέσεις στις οδούς προσπέλασης.
- Σύγχρονες ολοκαινικές, ιζηματογενείς αποθέσεις (ol.c): Πρόκειται για εδαφικά ιζηματογενή γεωϋλικά, αργιλώδους ή αργιλοκοκκώδους σύστασης, προϊόντα αποσάθρωσης, τα οποία υπέρκεινται των τραβερτινών στις ομαλού αναγλύφου χαμηλές περιοχές κατόντη των έργων.
- Τραβερτίνες (Tr): Διαθέτουν ανοιχτό υποκίτρινο χρώμα και εμφανίζονται τοπικά μόνον συμπαγείς και συνηθέστερα υπό μορφή τραβερτινιακής άμμου (wTr).
- Καστανέρυθρες άργιλοι (Pl(cl)): Πρόκειται για καστανέρυθρες πλαστικές άργιλους με κυμαινόμενο ποσοστό χαλίκων, πλειοπλειστοκαινικής ηλικίας, εμφανιζόμενες ως υποκείμενες των τραβερτινών στα περιθώρια του βραχώδους υποβάθρου, καλύπτοντας τα γεωμορφολογικά πλατώ σε σχετικώς μεγαλύτερο υψόμετρο.
- Υπόβαθρο οφειολιθικό εξαλλοιωμένο (οφ(π+σ)εξ): Υπόβαθρο οφειολιθικό (περιδοτίτες - σερπεντινίτες), ισχυρά εξαλλοιωμένο και αργιλοποιημένο (υπό μορφή εδαφικού γεωϋλικού, χωρίς δομή και ιστό) προς αργιλοπυριτικά ορυκτά (τάλκη - μοντμοριλοντίτη), υψηλής πλαστικότητας.
- Υπόβαθρο οφειολιθικό (οφ(π+σ)): Υπόβαθρο οφειολιθικό (περιδοτίτες - σερπεντινίτες), ελαφρώς κερματισμένοι και

αποσαθρωμένοι ή ισχυρά κερματισμένοι, με σαφή όμως βραχύδη δομή και με διεπιφάνειες ασυνεχειών με προτιμησιακές διευθύνσεις προσανατολισμού, λείες και στιλπνές λόγω σερπεντινίωσης.

- Ασβεστολιθικοί σχιστόλιθοι (sch-k): Πρόκειται για φακούς (εγκλείσματα) ασβεστολιθικών σχιστολίθων μέσα στην οφειολιθική βραχώμαζα.

1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΡΓΟΥ

Στην περιοχή των Ασωμάτων, λοιπόν, και από τη Χ.Θ. 11+485 έως τη Χ.Θ. 11+900 περίπου προβλέπονταν βάσει των εγκεκριμένων οριστικών μελετών του έργου η κατασκευή άοπλου επιχώματος καθώς και επιχώματος οπλισμένης γης, σύμφωνα με την παραλλαγή της χάραξης που επιβλήθηκε για περιβαλλοντικούς λόγους.

Το τμήμα του επιχώματος με οπλισμένη γη (απότομα παρακατακόρυφα πρανή) ήταν μεταξύ των Χ.Θ. 11+590 και Χ.Θ. 11+740 περίπου, το δε υπόλοιπο τμήμα του επιχώματος προβλέπονταν εξαρχής να κατασκευασθεί με συμβατικό τρόπο (χωρίς δηλαδή εσωτερικό οπλισμό, με ήπιες κλίσεις πρανών). Το μέγιστο (προβλεπόμενο) ύψος επιχώματος ήταν της τάξης των 25÷26m περί τη διατομή Δ107 (Χ.Θ. 11+780).

Κατά την πορεία κατασκευής του επιχώματος (περί την Άνοιξη του 2002) και ενώ αυτό είχε ανεγερθεί στην μεν περιοχή από Χ.Θ. 11+760 (διατομή Δ106) έως Χ.Θ. 11+815 (διατομή Δ109), μέχρι ύψος 19m περίπου (υπολείπονταν δηλαδή 6m ακόμα), στη δε περιοχή πέραν του οχετού 11.2 από τη Χ.Θ. 11+815 (διατομή Δ109) έως τη Χ.Θ. 11+995 (διατομή Δ118) περίπου είχε κατασκευασθεί πλήρως, εκδηλώθηκε αστοχία υπό μορφή συνεχούς διαγώνιας ρηγμάτωσης, η οποία εντοπίσθηκε στην προσωρινή στέψη χωματουργικών του επιχώματος (σε ύψος 19m δηλαδή). Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα την άμεση διακοπή των εργασιών κατασκευής του επιχώματος και ακολούθως, τη μελέτη και εφαρμογή ορισμένων σταθεροποιητικών μέτρων για την αποκατάσταση της αστοχίας.

Παρά τα σταθεροποιητικά μέτρα, ωστόσο, που ελήφθησαν, η επιδιωκόμενη ισορροπία γαιών δεν φαίνεται να επήλθε, δεδομένου ότι υφίστανται ακόμα και σήμερα σαφείς ενδείξεις αστάθειας-διατμητικών μετακινήσεων στα εγκατεστημένα αποκλισιόμετρα στην περιοχή του επιχώματος των Ασωμάτων και κυρίως στην περιοχή κατάντη του



επιχώματος και μάλιστα σε αρκετά μεγάλη απόσταση από τον άξονα, γεγονός που προβληματίζει ιδιαίτερα.

1.4.1 ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΚΟΛΟΥΘΩΝ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ

Στο υποτμήμα Ασωμάτων του τμήματος Λευκόπετρα - Κουλούρα (5.2-5.3) της Εγνατίας Οδού, ο αυτοκινητόδρομος διέρχεται σε επίχωμα, μέρος του οποίου έχει κατασκευασθεί με συμβατικό τρόπο (με ήπιες κλίσεις πρανών χωρίς εσωτερικό οπλισμό), το δε υπόλοιπο τμήμα αποτελεί επίχωμα οπλισμένης γης.

Την οριστική μελέτη του άοπλου τμήματος του επιχώματος (από Χ.Θ. 11+760 έως Χ.Θ. 11+900 περίπου) εκπόνησε η εταιρία GEOPLAN Ε.Π.Ε. το έτος 2000 και την κατασκευή του έργου από την ανάδοχο Κ/Ξ: “ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. - ΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. - ΜΟΧΛΟΣ Α.Ε. - ΑΛΤΕ Α.Ε.” περί τα τέλη του 2001. Κατά την πρόοδο των εργασιών (Μάιος 2002) και ενώ το επίχωμα ήταν ακόμα υπό κατασκευή, έχοντας φτάσει μέχρι μέγιστο ύψος 19m από τη διατομή Δ106 έως τη Δ109 περίπου (με προβλεπόμενη στέψη χωματουργικών σε ύψος 25m) και έχοντας ολοκληρωθεί μετά τον οχετό 11.2 (δηλαδή από τη διατομή Δ109 έως τη διατομή Δ118), εκδηλώθηκε αστοχία στην περιοχή από τη Χ.Θ. 11+740

(Δ105) έως τη Χ.Θ. 11+830 ($\cong$ Δ110) περίπου. Το ζήτημα κρίθηκε από την

Ε.Ο.Α.Ε. εξαρχής ως αρκετά σοβαρό και ζητήθηκε από την ανάδοχο Κ/Ξ μέσω του μελετητή της (Όμικρον Κάπα Μελετητική Ε.Π.Ε.) να προχωρήσει άμεσα σε εργασίες διερεύνησης και αξιολόγησης των συνθηκών αστοχίας του επιχώματος και να προτείνει τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης. Στη συνέχεια υποβλήθηκαν μελέτες αντιμετώπισης της αστοχίας και λόγο της σοβαρότητας του προβλήματος ζητήθηκε (δια της παρούσας Συμφωνίας - Πλαίσιο Νο 2236) από τη σύμπραξη γραφείων μελετών ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε.-ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ Α.Ε.-ΚΩΝ/ΝΟΣ ΔΗΜΑΡΑΣ - ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΣΑΤΣΟΣ, η περαιτέρω διερεύνηση και η αντιμετώπιση του θέματος.

1.5 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της διπλωματικής έρευνας είναι να διερευνηθεί με τεχνικογεωλογικά –γεωλογικά κριτήρια, αλλά και με μεθόδους ανάλυσης ευστάθειας πρανών, ο μηχανισμός αστοχίας του επιχώματος των Ασωμάτων.

Με βάσει τα στοιχεία τα οποία είναι διαθέσιμα και το γεγονός ότι η έρευνα κινείται στα πλαίσια μια διπλωματικής έρευνας.

2.ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

Η περιοχή δεξιά του άξονα, κατά τη χλιομέτρηση της αρτηρίας στο τμήμα αυτό, χαρακτηρίζεται από το λοφώδες έως ημιορεινό γεωμορφολογικό ανάγλυφο, κύρια χαρακτηριστικά του οποίου είναι οι έντονες μεταβολές των εγκάρσιων κλίσεων (τοπικά ήπιες έως έντονες ή και ισχυρές της τάξης του 30% έως 35% κατά θέσεις), η χαμηλή έως θαμνώδης αραιά ή τοπικά πολύ πυκνή βλάστηση και οι βαθιές κοίτες των κύριων ρεμάτων.

Το συγκεκριμένο ανάγλυφο επεκτείνεται και προς τα κατάντη, συμπεριλαμβάνει δε και την περιοχή των έργων (κατάντη έως οριακά στον πόδα του αντίβαρου) κατά μήκος του άξονα που διέρχεται από τις γεωτρήσεις ΣΓ3 - 106ΚΛΟ και ΣΓ4, με προσανατολισμό επέκτασης τόσο προς τα ΒΒΑ/κα όσο και προς τα ΝΑ/κα του παραπάνω άξονα.

Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο ανατολικά του παραπάνω άξονα χαρακτηρίζεται ως ομαλό - πεδινό, διαθέτει ήπιες έως πολύ ήπιες εγκάρσιες κλίσεις, της τάξης του 10%, συνιστά δε καλλιεργούμενη έκταση ιδιοκτησιών, οι οποίες και αποτελούν το όριο μεταξύ των δύο γεωμορφολογικών ανάγλυφων που προαναφέρθηκαν.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην κατάντη περιοχή του ήπιου γεωμορφολογικού ανάγλυφου εντοπίζονται υφιστάμενα διαδοχικά κλιμακωτά steps (μικρές αναβαθμίδες) κυμαινόμενου ύψους της τάξης των 3m έως 5m περίπου και τοπικές "τύποις" αναθολώσεις και σε αποστάσεις μεταξύ τους της τάξης των 55m έως 75m.

Η επιφανειακή αποστράγγιση της πλευρικά εγγύς περιοχής των έργων γίνεται τόσο μέσω της υφιστάμενης μισγάγγειας (νότια των έργων) όσο και μέσω των τεχνικών έργων που έχουν κατασκευασθεί βάσει της

υδραυλικής μελέτης και τα οποία συνίστανται τόσο σε κυβοειδείς οχετούς και αγωγούς, οι οποίοι διέρχονται υπό το ολοκληρωμένο επίχωμα, όσο και σε υπενδεδυμένους ή ανεπίδοτους τραπεζοειδούς ή τριγωνικούς διατομής τάφρους, οι οποίοι καταλήγουν στους αγωγούς (ανάντη) ή και εκτός των έργων (κατάντη).

Στην κατάντη των έργων περιοχή, υφίστανται τάφροι (μορφές καβαλέτων) μέσω των οποίων γίνεται τόσο η αποστράγγιση των προερχόμενων από τα ανάντη νερών αλλά και τον ποτισμό των καλλιεργειών μέσω τυπικών θυροφραγμάτων.

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Τα Ασώματα βρίσκονται στις εξωτερικές Ελληνίδες και συγκεκριμένα στην Πελαγονική ζώνη . Στην Πελαγονική ζώνη , βρίσκονται κοντά στα ανατολικά όριά της με τη ζώνη Αλμωπίας (που ανήκει στη ζώνης Αξιού) .

ΖΩΝΗ ΑΛΜΩΠΙΑΣ

Με την σημερινή αντίληψη της γεωλογίας της Ελλάδος η Αλμωπία αντιπροσωπεύει το πιο δυτικό (εξωτερικό) τμήμα της παλιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος (ωκεάνια θάλασσα) , νοούμενης με την ευρύτερη έννοια της ζώνης Αξιού . Εντούτοις είναι πολύ πιθανόν ότι η Αλμωπία αντιπροσωπεύει το Ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο του ηπειρωτικού τεμάχους της Πελαγονικής πάνω στο οποίο επωθήθηκαν από τα Ανατολικά οι οφειόλιθοι και τα ιζήματα βαθιάς θάλασσας του ωκεανού της Τηθύος .

Η ζώνη Αλμωπίας κατέχεται κυρίως από οφειόλιθους και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας , από τα Άνω κρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα , καθώς και από μεταμορφωμένα πετρώματα προ - οφειολιθικά που πιθανόν αποτελούσαν πετρώματα του ηπειρωτικού περιθωρίου .

Όλοι οι παραπάνω σχηματισμοί της ζώνης βρίσκονται υπό τη μορφή τεκτονικών λεπίων τα οποία από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά εφιππεύουν ή επωθούνται το ένα πάνω στο άλλο και στο σύνολο τους επωθούνται προς Δυσμάς πάνω στην Πελαγονική ζώνη , λόγω τεκτοορογενετικής εξέλιξης .

Αποτέλεσμα των εφιππεύσεων και γενικότερα της τεκτονικής είναι τα Αλμωπικά λείπια (λεπιοειδής τεκτονικής) . Τα Αλμωπικά λείπια κατά την τελική πτύχωση προωθήθηκαν προς Δυσμάς και εφίππευσαν ή και επωθήθηκαν πάνω στην Πελαγονική ζώνη . Η επώθηση γίνεται άλλοτε μεν πάνω στα Άνω κρητιδικά στρώματα της Πελαγονικής και άλλοτε

πάνω στα τριαδικοϊουρασικά μάρμαρα . Φυσικά λόγο της λεπίωσης των Αλμωπικών στρωμάτων , ως πρώτος εφιπτεύων ή επωθημένος σχηματισμός της Αλμωπίας εμφανίζεται άλλοτε μεν το Άνω κρητιδικό κάλυμμα , άλλοτε οι οφειόλιθοι και άλλοτε τα προ – οφειολιθικά μεταμορφωμένα πετρώματα .

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Οι σύγχρονες απόψεις θεωρούν την Πελαγονική ένα μεγάλο ηπειρωτικό τέμαχος τμήμα της Κιμμερικής ηπείρου που αποσπάσθηκε από την GONDWANA και εκατέρωθεν του οποίου αναπτύχθηκαν δυο ωκεάνιες περιοχές της Παλαιο – Τηθύος (ζώνη Αξιού) και Νέο – Τηθύος (Υποπελαγονικής – Πίνδου) από τις οποίες προήλθαν με επώθηση οι οφειόλιθοι .

Η Πελαγονική ζώνη συγκροτείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο , τους γνευσιωμένους γρανίτες , τα ημιμεταμορφωμένα Περμο – Τριαδικά πετρώματα , τα δύο ανθρακικά Τριαδικού – Ιουρασικού , τους οφειόλιθους και τα Άνω κρητιδικά επικλυσιγενή ιζήματα .

2.2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην ευρύτερη περιοχή του έργου εντοπίζονται τραβερτίνες, οι οποίοι συνιστούν χημικά ιζήματα και οι οποίοι εμφανίζονται με διάφορες μορφές, όπως συμπαγής “τύποις” βραχώμαζα με έγκοιλα και υψηλό πρωτογενές πορώδες ή και ως τραβερτινιώδεις άμμοι με χαρακτηριστικά ανοικτά καφέ ή υποκίτρινα χρώματα.

Οι τραβερτίνες υπέρκεινται είτε του βραχώδους οφειολιθικού κατά βάση υποβάθρου, είτε των παλαιών εδαφικών γεωϋλικών τα οποία καλύπτουν τις εμφανιζόμενες μορφολογικές επιπεδώσεις των μεγαλύτερων υψομέτρων.

Οι οφειόλιθοι και τα συνοδά ιζήματά τους στην ευρύτερη περιοχή του έργου, εντάσσονται στη ζώνη Αξιού και οριοθετούν το ανατολικό περιθώριο του Πελαγονικού καλύμματος. Συχνά αναμειγνύονται με Ιουρασικής ηλικίας ελαφρώς μεταμορφωμένα ή μεταμορφωμένα

ιζήματα, τα οποία συνίστανται από ασβεστολίθους, ασβεστιτικούς μεταψαμμίτες, χαλαζίτες, οφειτασβεσίτες, φακοειδείς ενστρώσεις λεπτοστρωματωδών μαρμάρων, φυλλίτες, σχιστολίθους με λεπτές κερατολιθικές παρεμβολές . Οι αμιγείς οφειόλιθοι συνίστανται συνήθως από περιδοτίτες, ελαιοπράσινου -μαύρου χρώματος και χαρτσβουργίτες ανοικτού υποπράσινου χρώματος. Αμφότεροι έχουν υποστεί ισχυρή σερπεντινίωση και ισχυρότερη εξαλλοίωση πιθανώς από τη δράση τόσο των ισχυρών τεκτονικών τάσεων όσο και της δράσης υδροθερμικών ρευστών.

Το σύνολο των οφειολίθων και των συνοδών ιζημάτων επωθείται με φορά από $A \rightarrow \Delta$ ή από $BA \rightarrow N\Delta$ επί των τριαδικοιουρασικής ηλικίας μαρμάρων του ανατολικού περιθωρίου του Πελαγονικού καλύμματος ή σχηματίζουν αλληπάλληλα τεκτονικά λέπια με τους Κρητιδικής - Παλαιοκαινικής ηλικίας σχηματισμούς της Αλμωπίας. Εντούτοις πέραν των παραπάνω, δεν λείπουν και οι περιπτώσεις που τα οφειολιθικά πετρώματα εμφανίζονται επωθημένα με τη μορφή καλυμμάτων ή και λεπίων απευθείας πάνω στις κρυσταλλοσχιστώδεις σειρές του Πελαγονικού καλύμματος.

Τα χαρακτηριστικότερα ίσως γνωρίσματα των οφειολιθικών εμφανίσεων της ζώνης Αξιού, είναι αφενός οι μορφές των "οφειολιθικών μειγμάτων" οι οποίες αναγνωρίζονται στις ζώνες επώθησης ή στις θέσεις των τεκτονικών λεπίων και οι οποίες έχουν προκαλέσει τις εκτεταμένες εξαλλοιώσεις - αργιλοποιήσεις (εδαφοποιήσεις) της ισχυρής κατά τα άλλα οφειολιθικής βραχώμαζας και αφετέρου οι σύμφωνα με τις εκτιμήσεις υποκείμενοι των οφειολίθων, εκτεταμένοι ορίζοντες μαρμάρων (ανθρακικοί σχηματισμοί), το βάθος ανάπτυξης και η καρστικότητα των οποίων παραμένουν άγνωστοι παράμετροι .

Σχήμα.2: Τοπογραφικός χάρτης ευρύτερης περιοχής έργου



2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

Η επιφανειακή διάταξη των γεωλογικών - λιθολογικών σχηματισμών στην περιοχή του έργου έχει ως ακολούθως:

- Δεξιά του άξονα και ανάντη του πόδα του ολοκληρωμένου επιχώματος και των υδραυλικών έργων, επικρατούν οι τραβερτινιακές αποθέσεις (Tr) και οι οφειολιθικές βραχώμαζες (οφ), στις μη διαχωριζόμενες μορφές τους οφ(π+σ) εξ. Και οφ(π+σ). Οι τραβερτίνες εκτείνονται από την Δ97 έως και την Δ107 περίπου, ενώ οι οφειόλιθοι από την Δ108 περίπου έως και το τέλος (Δ110), χωρίς βεβαίως να εκλείπουν τα τοπικά τραβερτινιακά καλύμματα μικρού πάχους. Από την διατομή Δ102 έως και την Δ104, στο υφιστάμενο απότομο φυσικό πρηνές ανάντη του εργοταξιακού δρόμου, διακρίνεται ευκρινώς η στρωματογραφική διάρθρωση, η οποία περιλαμβάνει τα υπερκείμενα τραβερτινιακά καλύμματα (Tr) και στην βάση το υποκείμενο οφειολιθικό βραχώδες υπόβαθρο (οφ).
- Η περιοχή των έργων περιλαμβάνει τις τεχνητές επιχώσεις (TE) του ολοκληρωμένου επιχώματος, του σταθεροποιητικού αντιβάρου και τις κατάντη του πόδα του αντιβάρου επιχώσεις που εκτείνονται από την Δ105 περίπου έως και νοτιότερα της Δ110, οι οποίες και αποτελούν τον πόδα του υφιστάμενου εργοταξιακού δρόμου.
- Αριστερά του άξονα και κατάντη του πόδα της οπλισμένης γης (από την Δ100 έως και την Δ104 περίπου) παρατηρούνται τα τραβερτινιακά καλύμματα (Tr), ενώ από την Δ111 περίπου και νοτιότερα επικρατούν στους μεν ανώτερους ορίζοντες και εγγύς της αρτηρίας τα τραβερτινιακά καλύμματα, στους δε κατώτερους οι οφειολιθικές βραχώμαζες (οφ).

- Ανατολικά του πόδα των τεχνητών επιχώσεων του υφιστάμενου εργοταξιακού δρόμου και κατάντη αυτού, και στο σύνολο της ομαλού γεωμορφολογικού αναγλύφου καλλιεργούμενης και υπό ιδιοκτησιακό καθεστώς περιοχής, επικρατούν οι σύγχρονες ολοκαινικές ιζηματογενείς αποθέσεις (ol.c) περιορισμένου πάχους.

Στους βαθύτερους ορίζοντες τόσο ανάντη όσο και κατάντη, υπό του ολοκληρωμένου επιχώματος επικρατούν αποκλειστικά τα τραβερτινικά καλύμματα (Tr) στις διάφορες μορφές τους, οι οφειόλιθοι (of) στις μορφές της ελαφρώς κερματισμένης και αποσαθρωμένης βραχώμαζας [of(π+σ)] και της πλήρους εξαλλοιωμένης και αποσαθρωμένης βραχώμαζας, η οποία εμφανίζεται ως εδαφικό υλικό [of(π+σ)εξ]. Στην περιοχή υπό το υφιστάμενο αντίβαρο, εντοπίζονται οι τραβερτίνες (Tr), τα πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα, εδαφικής κυρίως σύστασης [PL(CL), CL-CH] και οι υποκείμενοι οφειόλιθοι τόσο στην εδαφοποιημένη όσο και στην τύποις "βραχώδη" μορφή τους.

Στα κατάντη του αντιβάρου η ομαλή κατά το πλείστον περιοχή στρωματογραφικά από τους νεότερους προς τους παλαιότερους σχηματισμούς διαρθρώνεται ως εξής:

- Επιφανειακά επικρατούν οι σύγχρονες ολοκαινικές ιζηματογενείς εδαφικές αποθέσεις [ol.c] περιορισμένου πάχους, οι τραβερτινικές αποθέσεις στις διάφορες μορφές τους, (Tr, WTr), οι πλειοπλειστοκαινικές - ιζηματογενείς εδαφικές αποθέσεις ικανού πάχους [PL(CL), CL-CH], το εξαλλοιωμένο - εδαφοποιημένο οφειολιθικό υπόβαθρο [of(π+σ)εξ.] και οι φακοειδούς μορφής και ακανόνιστης διάταξης ενστρώσεις των ασβεστοκτικών σχιστολίθων ή ασβεστολίθων [sch-k].

Η επιφανειακή διάταξη των εδαφικών και των βραχωδών λιθολογικών σχηματισμών δίνεται στο συνημμένο σχήμα 3 της γεωλογικής - γεωτεχνικής οριζοντιογραφίας (κλ. 1:500).



2.3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ

ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ

(ΚΛ. 1:500)



2.4 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

Η στρωματογραφία έχει γίνει πάνω στην τομή που περιέχει τις τρεις γεωτρήσεις ,οι οποίες βρίσκονται κατά μήκος του ερπυσμού όπως διακρίνεται στην οριζοντιογραφία . Η τομή επιλεκτικέ στα πλαίσια της ενλόγο διπλωματικής για το λόγο που προαναφέραμε. Οι γεωτρήσεις είναι οι ΑΣ-ΟΓ2 , ΑΣ-4 ,ΑΣ-5 όπως αναφέρονται στη συνέχεια στη παράγραφο 2.7 .

ΣΧΗΜΑ.4: Στρωματογραφία περιοχής έργου

2.4.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

2.5 ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

Από την επισταμένη γεωλογική και τεκτονική παρατήρηση στις οφειολιθικές βραχώμαζες που δομούν τις όμορες στο έργο περιοχές των υφιστάμενων ορυγμάτων, προέκυψε η προσομοίωση για τις αναμενόμενες γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες τόσο στην ανάντη και υπό το ολοκληρωμένο επίχωμα, όσο και στην κατάντη περιοχή, οι οποίες αναλυτικά έχουν όπως παρακάτω:

- οι διεπιφάνειες των επαφών μεταξύ των εξαλλοιωμένων εδαφοποιημένων οφειολίθων [οφ(π+σ)εξ] και των βραχωδών οφειολίθων [οφ(π+σ)] είναι διατεταγμένες με προσανατολισμό παράλληλο έως σχεδόν παράλληλο ή υπό μικρή κλίση προς τον άξονα της χάραξης, και έχουν μέγιστη κλίση συνήθως ομόρροπη ή ελαφρώς διαγώνια προς την εγκάρσια κλίση του φυσικού εδάφους.
- στους οφειολίθους (οφ), η στρωματογραφική διαφοροποίηση της ποιότητας της οφειολιθικής βραχώμαζας συνοδεύεται από την χρωματική μεταβολή, των επιμέρους λιθολογικών ενοτήτων, δηλ. από τα ελαιοπράσινα και σκούρα πράσινα χρώματα της τυπικής βραχώμαζας στα ανοικτά τεφρά έως υπόλευκα τοπικά της εξαλλοιωμένης - αποσαθρωμένης οφειολιθικής βραχώμαζας.
- Οι μεταβολές στην παρακάτω γενική διάταξη, που αφορούν κυρίως στις πλευρικές εγκάρσιες ή υπό έντονη γωνία τοποθετήσεις μεταξύ των επιμέρους οφειολιθικών και των ανθρακικών σχηματισμών συνιστούν διαφοροποιήσεις, οι οποίες οφείλονται σε τεκτονικές αιτίες.

- Οι παραπάνω διατάξεις των επιμέρους οφειολιθικών κυρίως ενοτήτων, οφείλονται στις ασκηθείσες δυνάμεις, η διεύθυνση των οποίων ήταν από Α προς Δ και οι οποίες προκάλεσαν τις επωθήσεις ή εφιπτεύσεις και κατ' επέκταση τις εσωτερικές λεπιώσεις της οφειολιθικής βραχόμαζας με μέγιστη κλίση των διεπιφανειών των λεπιώσεων Α/κή ή κατά περίπτωση ΝΑ/κή.
- Στην οφειολιθική βραχόμαζα της υπόψη περιοχής αναμένονται ρηξιγενείς δομές, όπως διατμητικές ζώνες, ανάστροφα, κανονικά και οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα (πέραν των διεπιφανειών των λεπιώσεων), ανάλογα με αυτά που παρατηρήθηκαν στις όμορες περιοχές των υφιστάμενων ορυγμάτων.
- Τα κανονικά κυρίως ρήγματα τόσο στις όμορες θέσεις των ορυγμάτων όσο και σ' αυτά που κατ' εκτίμηση αναμένονται στην υπόψη περιοχή, εμφανίζονται τόσο με χιαστί διατάξεις όσο και Listric μορφές, οι οποίες παρουσιάζουν ικανό αριθμό κλαδιών (branches), χωρίς βέβαια να απουσιάζουν και οι εγκάρσιες διατάξεις (κατακόρυφα έως παρακατακόρυφα), με προσανατολισμό κυρίως Α-Δ έως ΔΝΔ-ΑΒΑ και ΔΒΔ-ΑΝΑ.
- Οι χιαστί και οι Listric διατάξεις των κανονικών ρηγμάτων έχουν διευθύνσεις προσανατολισμού ΝΔ-ΒΑ και ΒΔ-ΝΑ με μέγιστες κλίσεις ΒΔ/κές και ΒΑ/κές αντίστοιχα, και ως εκ τούτου αναμένεται να έχουν διαγώνια διάταξη στην οφειολιθική βραχόμαζα και αντίρροπη κλίση όσον αφορά στην εγκάρσια κλίση της υπόψη περιοχής, εν αντιθέσει με τα κατακόρυφα ρήγματα προσανατολισμού Α-Δ, τα οποία στην υπόψη περιοχή θα έχουν εγκάρσια τοποθέτηση.

2.6 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

Σύμφωνα με τις ισχύουσες τροποποιήσεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ, 2000), η περιοχή του έργου κατατάσσεται στη ζώνη Ι μικρής – μέσης σεισμικής επικινδυνότητας. Κατά συνέπεια, η σεισμική επιτάχυνση εδάφους στην περιοχή πρέπει να ληφθεί ίσως προς $A=0,16g$ (g : επιτάχυνση βαρύτητας).

Από πλευράς σεισμικής επικινδυνότητας, οι βραχώδεις σχηματισμοί (με ελαφρά εξαλλοίωση που διατηρούν τη δομή και τα χαρακτηριστικά τους) μπορούν ως προς το δυσμενέστερο να καταταχθούν στην κατηγορία Β, ενώ αντιθέτως τα εξαλλοιωμένα ή και εδαφοποιημένα βραχώδη γεωϋλικά, τυχόν βραχώδη εδαφικά μίγματα οφειολίθων, καθώς και το σύνολο των γαιωδών γεωϋλικών (με την επιφύλαξη των

τεχνητών επιχώσεων και των τυχόν ολισθημένων ζωνών) κατατάσσονται στην κατηγορία Γ κατά ΕΑΚ.

Τέλος, οι επιφανειακές (τεχνητές) αποθέσεις καθώς και οι τυχόν ολισθημένες ζώνες, ζώνες αδυναμίας, κ.λπ. κατατάσσονται στην κατηγορία Χ.

2.7 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

Τα οφειολιθικά πετρώματα χαρακτηρίζονται ως ρωγμώδη πετρώματα . έχουν δευτερογενώς σχηματιστεί ρωγμές ή έγκοιλα λόγο της έντονης τεκτονικής που παρουσιάζεται στην ενλόγω περιοχή, με αποτέλεσμα τα πετρώματα να είναι μακροπερατά . Ο ταβερτίνης χαρακτηρίζεται ως πορώδης πέτρωμα , με αποτέλεσμα το πέτρωμα να είναι μικροπερατό. Με βάση τα στοιχεία τα πετρώματα επιτρέπουν την κίνηση του νερού προς τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα .

Με βάση τις μελέτες που έχουν γίνει για τον βαθμό περατότητας , όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται ως ημιπερατοί με εξαίρεση του τραβερτίνη όπου χαρακτηρίζεται ως περατός, κυρίως με βάση τις επιτόπου δοκιμές υδροπερατότητας MAAG. Με βάση την (υψηλή) στάθμη των υπογείων υδάτων στις γεωτρήσεις της σειράς ΑΣ-ι, τεκμαίρεται ότι *“οι σχηματισμοί στην περιοχή του επιχώματος είναι κορεσμένοι με νερό”*.

Ο υπόγειος υδάτινος ορίζοντας εκτιμάται στη μελέτη ότι βρίσκεται στη διεπιφάνεια του υδροπερατού τραβερτίνη και του υποκείμενου σερπεντινίτη - περιδοτίτη. Η κίνηση του υπόγειου υδάτινου ορίζοντα έχει γενική διεύθυνση από δυτικά - νοτιοδυτικά προς τα ανατολικά-βορειοανατολικά, αντίστοιχη δηλαδή με τη διεύθυνση ροής των επιφανειακών νερών.

2.7.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ

Στους πίνακες 1 και 2 δίνονται τα βάθη της στάθμης του ελεύθερου υπόγειου υδάτινου ορίζοντα από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους καθώς και τα απόλυτα υψόμετρα, όπως αυτά προέκυψαν από τα διαθέσιμα στοιχεία, τόσο για τις αποκλισημετρικές όσο και για τις πιεζομετρικές γεωτρήσεις.

Στα πιεζόμετρα των γεωτρήσεων 102ΠΖ1 και 105ΠΖ1 (σελίδες Α4 και Α5, Παράρτημα Ζ), βάθους της τάξης των 12,50m, τα οποία δεν αναφέρονται ως θέσεις στην γεωλογική οριζοντιογραφία, δεν παρατηρήθηκε στάθμη υπόγειων νερών (ξερά). Στα πιεζόμετρα των

γεωτρήσεων 105ΠΖ5, βάθους 14m και 18m αντίστοιχα, η στάθμη του ελεύθερου υπόγειου υδάτινου ορίζοντα ήταν της τάξης των 4,0 έως 5,0m και 4,80 έως 5,1m αντίστοιχα, παρουσιάζοντας σχετική άνοδο της στάθμης των υπογείων νερών της τάξης του 1,0m μεταξύ εαρινής και χειμερινής περιόδου.

Ομοίως και στο πιεζόμετρο 107ΠΖ1 το βάθος της στάθμης ήταν της τάξης των 14,0 έως 15,0m, με σχετική διακύμανση της στάθμης της τάξης του 1,0m.

Από τα παραπάνω και από τις γεωλογικές διατομές - τομές των Σχεδίων 2 και 3 (κλ. 1:500), προκύπτει ότι η στάθμη των υπογείων υδάτων στην ανάντη και στην περιοχή του ολοκληρωμένου επιχώματος παλαιότερα κινούνταν στη διεπιφάνεια επαφής μεταξύ των τραβερτινών και του οφειολιθικού υποβάθρου και σε βάθη της τάξης των 3,0 έως 5,0m κατά περίπτωση. Μετά τα έργα και τις προηγηθείσες εκσκαφές των αναβαθμών αγκύρωσης, τα υπόγεια νερά κινούνται στην επικλινή περιοχή των αναβαθμών αγκύρωσης (στραγγιστική στρώση) και σε βάθη της τάξης των 12,0 έως 25,0m από την ερυθρά της οδού.

Επισημαίνεται ότι οι υφιστάμενες πηγαίες αποφορτίσεις στην ανάντη περιοχή ακολουθούν την διεπιφάνεια επαφής μεταξύ των ισχυρά διαπερατών τραβερτινών και του αδιαπέρατου (ιδίως του εξαλλοιωμένου και εδαφοποιημένου) υποκείμενου οφειολιθικού υποβάθρου.

Στην περιοχή του πόδα του ολοκληρωμένου επιχώματος και του σταθεροποιητικού αντιβάρου (Δ106 έως Δ109), τα υπόγεια νερά αναμένονται τόσο στο βάθος των 12,0m (106KL0) έως 14,0m (107KL1) από το σημερινό φυσικό έδαφος, δηλαδή εντός της αποσαθρωμένης και ιδιάζουσας μορφής τραβερτινιακής απόθεσης, όσο και περί την διεπιφάνεια επαφής των τραβερτινών με τους εδαφικούς σχηματισμούς και το βραχώδες υπόβαθρο αντιστοίχως (δηλαδή σε βάθη 14,70 και 18,50m αντιστοίχως).

Στην ομαλού ανάγλυφου περιοχή, ανατολικά και κατάντη της γεώτρησης 106KL0, η στάθμη του ελεύθερου υπόγειου υδάτινου ορίζοντα, κινείται αφενός σε βάθη της τάξης των 6,50 έως 12,50m κατά περίπτωση (επικρατέστερο το βάθος των 10,0 έως 10,50m) και αφετέρου στην ζώνη των εδαφικών πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων.

Η κλίση της πιεζομετρικής διεπιφάνειας και η υδραυλική κλίση της στάθμης των υπογείων νερών στην περιοχή υπό το ολοκληρωμένο επίχωμα έως και την περιοχή του πόδα των έργων, είναι σχετικά έντονη με τοπικές διαφοροποιήσεις, ομαλοποιείται δε (μικρή κλίση

διεπιφάνειας και υδραυλικής κλίσης για ικανό μήκος) στην κατάντη και την ομαλού γεωμορφολογικού ανάγλυφου περιοχή.

Τέλος, αναφέρεται ότι οι πηγαίες αποφορτίσεις στην περιοχή αυτή, είναι ιδιαίτερα εκτεταμένες όσον αφορά στο εύρος της ζώνης αποφόρτισης και ιδιαίτερα έντονες κυρίως όσον αφορά στις μεγάλες παροχές, οι οποίες όπως είναι φυσικό επηρεάζονται κατά το μάλλον ή ήττον από την εποχιακή διακύμανση των κατακρημνισμάτων.

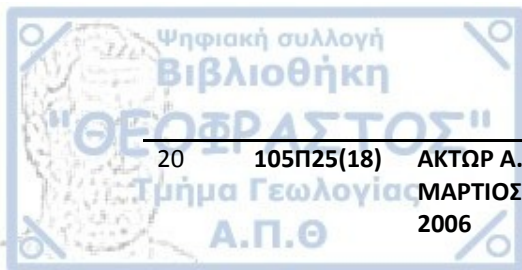
2.8 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Στα πλαίσια προγενέστερων γεωτεχνικών ερευνών εκτελέσθηκαν πλήθος γεωτρήσεων, τόσο για λόγους διερεύνησης των συνθηκών υπεδάφους, όσο και για λόγους εγκατάστασης αποκλισιομέτρων και πιεζομέτρων. Όλα τα διαθέσιμα μητρώα των υφιστάμενων (παλαιότερων) γεωτρήσεων μέχρι και την εποχή διενέργειας της συμπληρωματικής γεωτεχνικής έρευνας (Ιούνιος, 2007) παρουσιάζονται με χρονολογική σειρά στο Παράρτημα Α του τεύχους. Στον ακόλουθο πίνακα 1 παρατίθενται, επίσης, τα κυριότερα χαρακτηριστικά των εν λόγω γεωτρήσεων. Τέλος, οι θέσεις του συνόλου των γεωτρήσεων σε σχέση με το υπό μελέτη επίχωμα και τον άξονα του αυτοκινητόδρομου δείχνονται χαρακτηριστικά στο επισυναπτόμενο σχέδιο 2 του Φακέλου.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά στοιχεία γεωτρήσεων

Α/Α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΚΤΕΛΕΣΤΗΚΕ ΑΠΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣ ΗΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ (m)	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ
			X	Y	Z			
1	EFG-21	ΙΣΤΡΙΑ Ε.Π.Ε. 1998	≈22588,5	≈26122,6	+178,68	15,0	8,70	-
2*	ΑΣ-ΟΓ2	ΓΕΩΔΟΜΗΣΗ Ε.Π.Ε.,2000	22614,99	26032,04	+174,96	27,5	9,80	Πιεζόμετρο
3	ΑΣ-1	ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ Ε.Π.Ε.,2002	22649,83	25998,36	+165,20	30,5	2,60	Πιεζόμετρο
4	ΑΣ-2	ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ Ε.Π.Ε.,2002	22610,96	25997,22	+184,50	40,0	10,60	Αποκλισιόμετρο
5	ΑΣ-3	ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ	22598,64	26029,27	+185,50	50,0	2,0	Αποκλισιόμετρο

Ε.Π.Ε.,2002								
6*	ΑΣ-4	ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ Ε.Π.Ε.,2002	22595,23	25981,45	+183,30	40,0	6,90	Αποκλισιόμετρο
7*	ΑΣ-5	ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ Ε.Π.Ε.,2002	22558,83	26013,36	+193,50	30,0	-	Πιεζόμετρο
8	ΑΣ-6	ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΠΑ Ε.Π.Ε.,2002	22576,86	26060,33	+188,50	40,0	3,50	Πιεζόμετρο
9	102ΚΛ1	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΟΚΤΩΜΒΡΙΟ2 004	22639,60	26110,45	+165,07	20,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
10	102ΚΛ4	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΟΚΤΩΜΒΡΙΟ2 004	22617,72	26123,46	+185,09	26,20	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
11	105ΚΛ1	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΟΚΤΩΜΒΡΙΟ2 004	22628,04	26049,90	+176,51	26,20	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
12	105ΚΛ5	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΟΚΤΩΜΒΡΙΟ2 004	22595,55	26057,55	+187,42	26,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
13	107ΚΛ1	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΟΚΤΩΜΒΡΙΟ2 004	22643,16	26006,28	+173,26	35,50	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
14	109ΚΛ1	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΟΚΤΩΜΒΡΙΟ2 004	22635,33	25967,04	+175,66	35,50	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
15	106ΚΛ0	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΜΑΡΤΙΟΣ 2006	22685,08	26015,01	+163,74	42,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
16	106ΚΛ6	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΜΑΡΤΙΟΣ 2006	22570,98	26048,91	+185,32	30,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
17	109ΚΛ6	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΜΑΡΤΙΟΣ 2006	22543,29	25992,75	+193,75	36,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
18	110ΚΛ5	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΜΑΡΤΙΟΣ 2006	22564,02	25972,62	+187,99	30,5	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Αποκλισιόμετρο
19	105Π25(14)	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΜΑΡΤΙΟΣ 2006	22580,17	26063,14	+184,09	14,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Πιεζόμετρο



20	105Π25(18)	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΜΑΡΤΙΟΣ 2006	22578,52	26066,11	+184,28	18,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Πιεζόμετρο
21	107Π21	ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., ΜΑΡΤΙΟΣ 2006	22643,70	26002,60	+173,25	25,0	ΝΑΙ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΗΣ	Πιεζόμετρο

*Στην εν λόγω διπλωματική εργασία χρησιμοποιούνται κυρίως οι τρείς γεωτρήσεις διότι βρίσκονται κατά μήκος του ερπυσμού (όπως φαίνεται στην οριζοντιογραφία) .

Στη συνέχεια ακολουθούν αναλυτικά οι γεωτρήσεις **ΑΣ-ΟΓ2** ,**ΑΣ-4** και **ΑΣ-5** .









3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΟΓΡΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η παράγραφος αυτή περιλαμβάνει την συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα από την ομάδα παρακολούθησης οργάνων της Ε.Ο. Α.Ε. στα εγκατεστημένα αποκλισιόμετρα , πιεζόμετρα και βροχόμετρα της περιοχής.

Σημειώνεται, ότι παρ' ότι στο υποβληθέν πρόγραμμα συμπληρωματικής γεωτεχνικής έρευνας προβλέπονταν εξ αρχής η λήψη τοπογραφικών μετρήσεων επί επιφανειακών μαρτύρων κατάλληλα διατεταγμένων στην κατάντη τάφρο της αρτηρίας αλλά και επί των κεφαλών των παλαιότερων αλλά και των συμπληρωματικών γεωτρήσεων, τούτο δεν κατέστη τελικά εφικτό, και ως εκ τούτου το θέμα των μετρήσεων επιφανειακών μαρτύρων (στόχων) δεν υπεισέρχεται στη θεματολογία της παρούσας μελέτης.

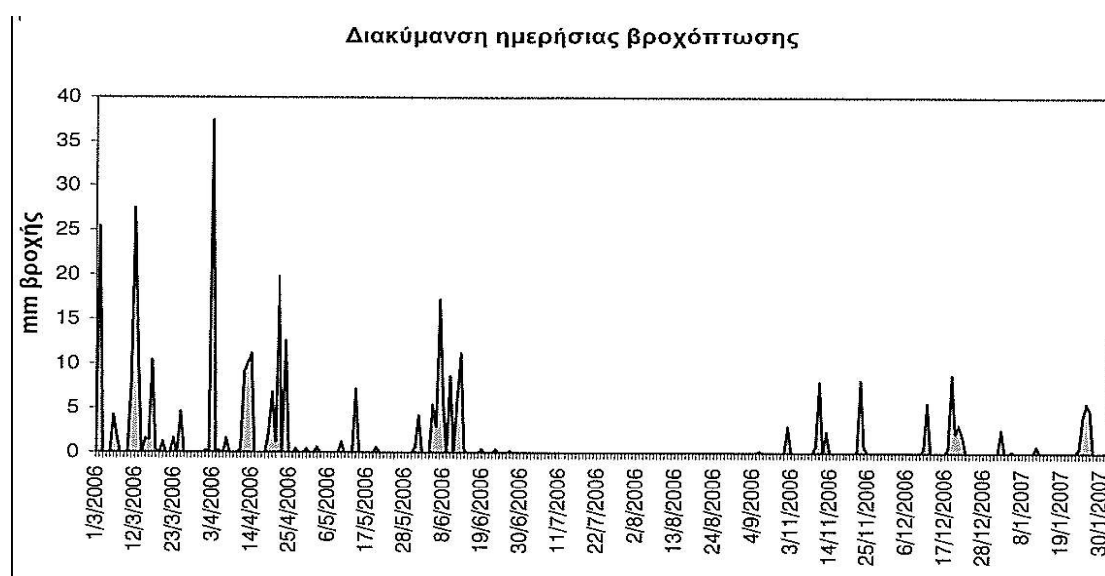
3.2 ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όσο αναφορά τα διαθέσιμα βροχομετρικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής, έτσι όπως μας δόθηκαν από την Ε.Ο. Α.Ε. με βάση τα στοιχεία του βροχομετρικού σταθμού πλησίον της σήραγγας Σ3 του τμήματος 5.2, προκύπτουν τα εξής (περίοδος μετρήσεων Μάρτιος, 2006 ÷ Φεβρουάριος, 2007) :

- α. Κατά την περίοδο του Καλοκαιριού και του Φθινοπώρου δεν υφίστανται βροχοπτώσεις (ή είναι αμελητέες).
- β. Έναρξη βροχοπτώσεων έχουμε κατά κανόνα από τον Νοέμβριο και μετά, δηλαδή τέλη Φθινοπώρου και αρχές Χειμώνα.
- γ. Καθόλη τη διάρκεια του Χειμώνα, τόσο η ένταση όσο και η συχνότητα των βροχοπτώσεων είναι ήπιου χαρακτήρα.
- δ. Αντιθέτως, καθ' όλη τη διάρκεια της Άνοιξης και μέχρι τις αρχές Καλοκαιριού (και συγκεκριμένα περί τα μέσα Ιουνίου), η ένταση και η συχνότητα των βροχοπτώσεων είναι ιδιαίτερα έντονες.

Τα ανωτέρω αποτυπώνονται χαρακτηριστικά στο διάγραμμα του σχήματος 5:

Σχήμα 5: Βροχομετρικά δεδομένα

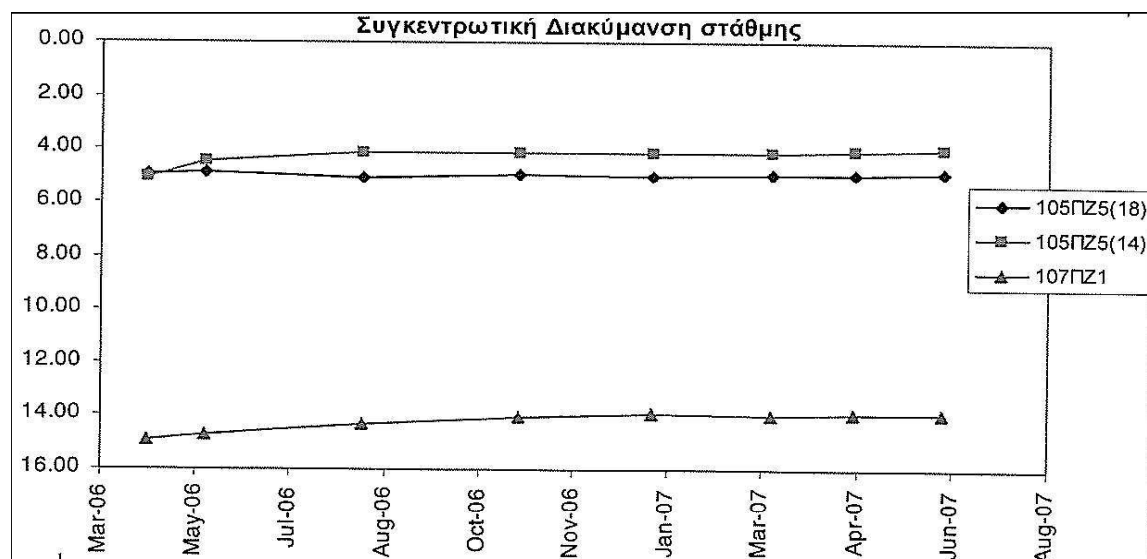


3.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΩΝ-ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στην περιοχή (ανάντη και κατάντη) του (επανακατασκευασμένου) επιχώματος Ασωμάτων έχουν εγκατασταθεί βάσει προγενέστερων αλλά και συμπληρωματικών γεωτεχνικών ερευνών (από το 2004 και έπειτα) τα ακόλουθα πιεζόμετρα: 102ΠΖ1, 105ΠΖ1, 105ΠΖ5-18, 105ΠΖ5-14 και 107ΠΖ1.

Εξ αυτών, υπόγεια υδάτινη στάθμη έχει παρατηρηθεί μόνο στα πιεζόμετρα 105ΠΖ5-18, 105ΠΖ5-14 στα ανάντη (πάνω από την άνω πασσαλοσυστοιχία) και 107ΠΖ1 στα κατάντη, σε μέσο βάθος 5,0, 4,5, και 14,0m περίπου αντιστοίχως. Οι θέσεις των εγκατεστημένων πιεζόμετρων φαίνονται χαρακτηριστικά στο συνημμένο σχέδιο 1 της γεωλογικής - γεωτεχνικής οριζοντιογραφίας. Η συγκεντρωτική διακύμανση της υπόγειας υδάτινης στάθμης κατά το διάστημα Μαρτίου 2006 έως Αυγούστου 2007 δείχνεται στο ακόλουθο σχήμα 6.

Σχήμα 6: Μετρήσεις πιεζομέτρων



Παρατηρώντας το γράφημα του σχήματος 1 ειδικά όσο αναφορά τα ανάντη πιεζόμετρα 105ΠΖ5 διαπιστώνουμε ότι η υπόγεια υδάτινη στάθμη παρέμεινε πρακτικά αμετάβλητη από το καλοκαίρι 2006 και

έπειτα, ενώ την άνοιξη 2006 και μόνο στο ένα από τα δύο πιεζόμετρα υφίσταται μία πολύ μικρή αύξηση της στάθμης της τάξης των λίγων δεκάδων εκατοστών.

Αντιθέτως, στο κατάντη πιεζόμετρο 107ΠΖ1 υφίσταται ελαφρά γραμμική άνοδος της υδάτινης στάθμης της τάξης του 1,0m συνολικά καθ' όλο το διάστημα της άνοιξης- καλοκαιριού και φθινοπώρου 2006 και μάλιστα με μεγαλύτερο ρυθμό ανόδου κατά την περίοδο του καλοκαιριού και του φθινοπώρου, μία περίοδο δηλαδή πρακτικώς χωρίς βροχοπτώσεις. Η άνοδος της υδάτινης στάθμης φαίνεται να σταματάει περί τον Νοέμβριο έως και Δεκέμβριο 2006, οπότε η υπόγεια υδάτινη στάθμη σταθεροποιήθηκε σε βάθος 13,5÷14,0m περίπου, και παραμένει αμετάβλητη μέχρι και σήμερα. Η περίοδος Νοεμβρίου - Δεκεμβρίου 2006 συμπίπτει επίσης με την έναρξη (ή την επιτάχυνση) των μετακινήσεων στα αποκλισιόμετρα στα κατάντη.

3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟΚΛΙΣΙΟΜΕΤΡΩΝ

Στη περιοχή (ανάντη και κατάντη) του (επανακατασκευασμένου) επιχώματος Ασωμάτων έχουν εγκατασταθεί βάσει προγενέστερων αλλά και συμπληρωματικών γεωτεχνικών ερευνών (από το 2004 και έπειτα), τα ακόλουθα αποκλισιόμετρα :

102ΚΛ1, 102ΚΛ4, 105ΚΛ1, 105ΚΛ5, 106ΚΛ0, 106ΛΚΛ6, 107ΚΛ1, 109ΚΛ1, 109ΚΛ6, 110ΚΛ5, ΣΓ-1, ΣΓ-2, ΣΓ-3, ΣΓ-4 και ΣΓ-5.

Οι θέσεις των εγκατεστημένων αποκλισιομέτρων φαίνεται χαρακτηριστικά στο συνημμένο σχέδιο 1 της γεωλογικής - γεωτεχνικής οριζοντιογραφίας. Εξ αυτών, συστηματικές ενδείξεις αστάθειας - μετακινήσεις εντοπίσθηκαν μόνον στα αποκλισιόμετρα 107ΚΛ1, 109ΚΛ1, 105ΚΛ5 και 106ΚΛ0, έτσι όπως αναλυτικότερα περιγράφεται στη συνέχεια.

- **Αποκλισιόμετρο 107ΚΛ1** (υψόμετρο κεφαλής στο : +173,26m)

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 06/12/2004 και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Φαίνεται ότι υφίσταται μετακίνηση ελαστικής μορφής με σχετικά σταθερή εξέλιξη στη ζώνη του υπεδάφους από βάθος 9,0 έως και 24,0m περίπου. Ιδιαίτερες εντάσεις φαίνεται να έχουν αναπτυχθεί δευτερευόντως και στο επίπεδο σε βάθος μεταξύ των 22÷24m από την επιφάνεια. Η διεύθυνση της μετακίνησης υπολογίσθηκε ότι διαθέτει αζιμούθιο 64° περίπου.

Η συνολική απ' αρχής ($\cong 2,5$ έτη) μετακίνηση είναι της τάξης των

$17 \div 17,5\text{mm}$, οπότε ο μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά έτος εκτιμάται της τάξης των $6,5 \div 7,0\text{mm}/\text{έτος}$. Ειδικότερα, ο μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά μήνα για κάθε συγκεκριμένο ημερολογιακό έτος του αποκλισιομέτρου 107ΚΛ1 έχει περίπου ως ακολούθως :

- έτος 2005 : $\cong 0,50\text{mm}/\text{μήνα}$
- έτος 2006 : $\cong 0,40 \div 0,45\text{mm}/\text{μήνα}$
- έτος 2007 : $\cong 1,0\text{mm}/\text{μήνα}$ (έως και $1,2\text{mm}/\text{μήνα}$ μέχρι το καλοκαίρι).

Τέλος, η εποχιακή διακύμανση των μετακινήσεων (εξέλιξη μέσου μηνιαίου ρυθμού μετακίνησης) στα τρία έτη των μετρήσεων έχει ως ακολούθως :

- έτος 2005

- Χειμώνας + Άνοιξη + Καλοκαίρι 2005 : $\cong 0,55 \div 0,60\text{mm}/\text{μήνα}$

- Φθινόπωρο 2005 : $\cong 0,10 \div 0,15\text{mm}/\text{μήνα}$

- έτος 2006



- Χειμώνας + Άνοιξη 2006 : $\cong 0,70\text{mm}/\mu\eta\eta\alpha$

- Καλοκαίρι 2006 : $\cong 0,10\text{mm}/\mu\eta\eta\alpha$

- Φθινόπωρο 2006 : $\cong 0,25\text{mm}/\mu\eta\eta\alpha$

• έτος 2007

- Χειμώνας + Άνοιξη 2007 : $\cong 1,1\div 1,2\text{mm}/\mu\eta\eta\alpha$

- Καλοκαίρι 2007 : $\cong 0,25\text{mm}/\mu\eta\eta\alpha$

- **Αποκλισιόμετρο 109ΚΛ1** (υψόμετρο κεφαλής στο : $+175,66\text{m}$)

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 06/12/2004 και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Παραμόρφωση διατμητικής μορφής εμφανίζεται στο επίπεδο σε βάθος $12,5\div 13,0\text{m}$ περίπου. Η διεύθυνση της μετακίνησης υπολογίσθηκε ότι διαθέτει αζιμούθιο 70° περίπου. Η συνολική απ'

αρχής ($\cong 2,5$ έτη) μετακίνηση είναι της τάξης των $13,0\div 13,5\text{mm}$, οπότε ο

μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά έτος εκτιμάται της τάξης των $5,4\text{mm}/\epsilon\tau\omicron\varsigma$.

Ειδικότερα, ο μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά μήνα για κάθε συγκεκριμένο ημερολογιακό έτος του αποκλισιομέτρου 109ΚΛ1 έχει περίπου ως ακολούθως :



- έτος 2005 : $\cong 0,3 \div 0,35 \text{mm/μήνα}$

- έτος 2006 : $\cong 0,25 \text{mm/μήνα}$

- έτος 2007 : $\cong 0,6 \div 0,7 \text{mm/μήνα}$ (με κορύφωση των μετακινήσεων τον

Ιανουάριο- Φεβρουάριο, με μέγιστο ρυθμό $\cong 1,0 \text{mm/μήνα}$).

Τέλος, η εποχιακή διακύμανση των μετακινήσεων (εξέλιξη μέσου μηνιαίου ρυθμού μετακίνησης) στα τρία έτη των μετρήσεων έχει ως ακολούθως :

- έτος 2005

- Χειμώνας 2005 : $\cong 0,45 \text{mm/μήνα}$

- Άνοιξη + Καλοκαίρι + Φθινόπωρο 2005 : $\cong 0,25 \text{mm/μήνα}$

- έτος 2006

- Χειμώνας + Άνοιξη 2006 : $\cong 0,25 \div 0,30 \text{mm/μήνα}$



- Καλοκαίρι + Φθινόπωρο 2006 : $\cong 0,15 \div 0,20 \text{mm/μήνα}$

- έτος 2007

- Χειμώνας 2007 : $\cong 0,8 \div 0,9 \text{mm/μήνα}$

- Άνοιξη 2007 : $\cong 0,3 \text{mm/μήνα}$

- Καλοκαίρι 2007 : $\cong 0,20 \div 0,25 \text{mm/μήνα}$

- **Αποκλισίόμετρο 105ΚΛ5** (υψόμετρο κεφαλής στο : +187,42m)

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 06/12/2004 και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Διατμητική μετακίνηση εντοπίσθηκε σε βάθη $13,5 \div 17,5 \text{m}$ και κυρίως στο επίπεδο σε βάθος $16,0 \div 17,5 \text{m}$ περίπου. Η διεύθυνση της μετακίνησης υπολογίσθηκε ότι διαθέτει αζιμούθιο 60° περίπου. Η

συνολική απ' αρχής ($\cong 2,5$ έτη) μετακίνηση είναι της τάξης των

$19,0 \div 19,5 \text{mm}$, οπότε ο μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά έτος εκτιμάται της τάξης των $7,8 \text{mm/έτος}$.

Ειδικότερα, ο μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά μήνα για κάθε συγκεκριμένο ημερολογιακό έτος του αποκλισιομέτρου 105ΚΛ5 έχει περίπου ως ακολούθως :

- έτος 2005 : $\cong 0,5 \text{mm/μήνα}$



- έτος 2006 : $\cong 0,30\text{mm}/\mu\text{ήνα}$

- έτος 2007 : $\cong 1,1\text{mm}/\mu\text{ήνα}$ (ή $1,8\text{mm}/\mu\text{ήνα}$ μέχρι και την άνοιξη).

Τέλος, η εποχιακή διακύμανση των μετακινήσεων (εξέλιξη του μέσου μηνιαίου ρυθμού μετακίνησης) στα τρία έτη των μετρήσεων έχει ως ακολούθως :

- έτος 2005

- Χειμώνας 2005 : $\cong 0,65 \div 0,70\text{mm}/\mu\text{ήνα}$

- Άνοιξη + Καλοκαίρι + Φθινόπωρο 2005 : $\cong 0,20\text{mm}/\mu\text{ήνα}$

- έτος 2006

- Χειμώνας 2006 : $\cong 0,55\text{mm}/\mu\text{ήνα}$

- Άνοιξη + Καλοκαίρι + Φθινόπωρο 2006 : $\cong 0,21 / \mu\text{ήνα}$

- έτος 2007

- Χειμώνας 2007 : $\cong 1,8 \div 1,9\text{mm}/\mu\text{ήνα}$



- Άνοιξη 2007 : $\cong 1,0\text{mm}/\text{μήνα}$

- Καλοκαίρι 2007 : $\cong 0,15\text{mm}/\text{μήνα}$

Αποκλισιόμετρο 106ΚΛ0 (υψόμετρο κεφαλής στο : +163,74m)

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 02/03/2006 και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Στο αποκλισιόμετρο 106ΚΛ0 εμφανίζεται διατμητική μετακίνηση στο επίπεδο σε βάθος $30\div 31\text{m}$ από την επιφάνεια. Η

διεύθυνση της μετακίνησης υπολογίσθηκε ότι διαθέτει αζιμούθιο $\cong 56^\circ$

περίπου. Χαρακτηριστικό των μετρήσεων στο όργανο αυτό είναι ότι δεν παρουσιάσθηκε καμία ένδειξη διατμητικής μετακίνησης στο υπέδαφος κατά τους πρώτους μήνες των μετρήσεων, σχεδόν μέχρι και τον Νοέμβριο - Δεκέμβριο 2006. Από τον Ιανουάριο του 2007 και έπειτα, όμως, εμφανίσθηκε ισχυρή κάμψη στο υπέδαφος στο προαναφερθέν βάθος, η οποία μάλιστα εμφάνισε ικανή ανάπτυξη με τον χρόνο, μέχρι όμως το καλοκαίρι, όπου ουσιαστικά σταμάτησαν οι όποιες ενδείξεις διατμητικής μετακίνησης.

Η συνολική απ' αρχής ($\cong 1,4$ έτη) μετακίνηση είναι της τάξης των

$10\div 11\text{mm}$, οπότε ο μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά έτος εκτιμάται της τάξης των $7,8\text{mm}/\text{έτος}$.

Ειδικότερα, ο μέσος ρυθμός μετακίνησης ανά μήνα για κάθε συγκεκριμένο ημερολογιακό έτος του αποκλισιομέτρου 106ΚΛ0 έχει περίπου ως ακολούθως :

- έτος 2006 : Πρακτικά μηδέν, χωρίς όμως μετρήσεις στη διάρκεια του χειμώνα και τους πρώτους μήνες της άνοιξης.

- έτος 2007 : $\cong 1,5 \div 2,0 \text{mm/μήνα}$ (με μέγιστο ρυθμό $2,5 \div 3,0 \text{mm/μήνα}$

τον χειμώνα 2007).

Τέλος, η εποχιακή διακύμανση των μετακινήσεων (εξέλιξη του μέσου μηνιαίου ρυθμού μετακίνησης) στα δύο έτη των μετρήσεων έχει ως ακολούθως :

- έτος 2006

- Άνοιξη + Καλοκαίρι + Φθινόπωρο 2006 : $\cong$ Μηδενικές μετακινήσεις

- έτος 2007

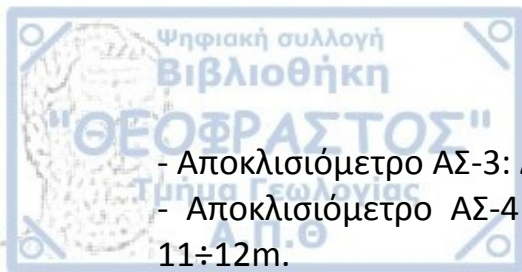
- Χειμώνας 2007 : $\cong 2,5 \div 3,0 \text{mm/μήνα}$

- Άνοιξη 2007 : $\cong 0,5 \div 1,0 \text{mm/μήνα}$

- Καλοκαίρι 2007 : $\cong$ Μηδενικές μετακινήσεις

Πέρα από τα προαναφερθέντα αποκλισιόμετρα, στην περιοχή είχαν εγκατασταθεί παλαιότερα (Οκτ. 2002) και άλλα τρία αποκλισιόμετρα (ΑΣ-2, ΑΣ-3 και ΑΣ-4), αμέσως μετά την αρχική αστοχία και πριν από την καθαίρεση του αρχικού επιχώματος και την επακόλουθη επανακατασκευή του, και τα οποία λειτούργησαν για μια περίοδο $2 \div 3$ μηνών μόνον, δεδομένου ότι τον Ιανουάριο 2003 βρέθηκαν κατεστραμμένα. Παρ' όλα αυτά κατέστη εξαρχής δυνατόν να βρεθούν ενδείξεις για την ύπαρξη πιθανών ζωνών αδυναμίας - ολίσθησης στα εν λόγω αποκλισιόμετρα, ως εξής:

- Αποκλισιόμετρο ΑΣ-2: Ένδειξη πιθανής ζώνης αδυναμίας σε βάθος $16 \div 18 \text{m}$.



- Αποκλισιόμετρο ΑΣ-3: Δεν υφίσταται ξεκάθαρη ζώνη αδυναμίας.
- Αποκλισιόμετρο ΑΣ-4: Ένδειξη πιθανής ζώνης αδυναμίας σε βάθος 11÷12m.

4. ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΩΥΛΙΚΩΝ

4.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ

Με βάση τη σύνθεση και επεξεργασία του συνόλου των υφιστάμενων και των συμπληρωματικών γεωτεχνικών - γεωλογικών δεδομένων αλλά και της επιτόπου παρατήρησης, κατέστη δυνατή η ικανοποιητική προσέγγιση της στρωματογραφίας του υπεδάφους, η οποία περιγράφηκε αναλυτικά στις παραγράφους 4.3.4 και 5.1 του τεύχους και απεικονίζεται στα συνημμένα σχέδια οριζοντιογραφίας και διατομών 1, 2 και 3 του Φακέλου.

Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των διαθέσιμων στοιχείων (επιτόπου δοκιμές αλλά και το σύνολο των εργαστηριακών αποτελεσμάτων στα δείγματα των γεωτρήσεων) και με βάση γεωτεχνικά κυρίως αλλά και γεωλογικά κριτήρια ταξινόμησης -διαχωρισμού διαφορετικών σχηματισμών (από άποψη κυρίως μηχανικής συμπεριφοράς) κατέστη δυνατή η διάκριση των ακόλουθων τύπων γεωϋλικών της περιοχής και ο προσδιορισμός των τιμών των χαρακτηριστικών και των παραμέτρων σχεδιασμού τους :

Στρώση T.E.: Πρόκειται για υλικά κατασκευής του επιχώματος και του αντιβάρου καθώς και για τοπικές αποθέσεις στις οδούς προσπέλασης.

Βάσει της στατιστικής επεξεργασίας των σχετικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα των γεωτρήσεων που αφορούν την στρώση T.E., προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές φυσικής κατάστασης και μηχανικών χαρακτηριστικών:

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση T.E.

Κατάταξη κατά USCS : SM, GM

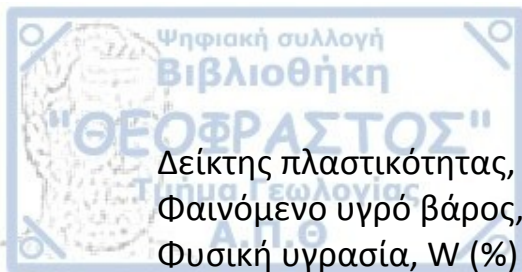
Ποσοστό χαλίκων (%) : 29,3 (±6,4)

Ποσοστό άμμου (%) : 48,8 (±3,7)

Ποσοστό λεπτόκοκκων <#200(%) : 21,9 (±4,4)

Όριο υδαρότητας, WL : 32,3 (±3,8)

Όριο πλαστικότητας, WP : 23,2 (±2,0)



Δείκτης πλαστικότητας, $PI : 9,2 (\pm 3,3)$
Φαινόμενο υγρό βάρος, $\gamma(kN/m^3) : 21,1 (\pm 2,2)$
Φυσική υγρασία, $W (\%) : 20,2 (\pm 4,2)$

Δείκτης κενών, $e : \cong 0,789$

Αριθμός κρούσεων NSPT (κρούσεις/30cm) : $>36 (7 \div >50, \min NSPT > 27)$

Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής, $\phi' (Deg) : \geq 35$

Αντίστοιχη ενεργός συνοχή, $c' (kN/m^2) : \geq 5$

Στρώση Ol.c: Πρόκειται για εδαφικά ιζηματογενή γεωϋλικά, αργιλώδους ή αργιλοκοκκώδους σύστασης, προϊόντα αποσάθρωσης, τα οποία υπέρκεινται των τραβερτινών στις ομαλού αναγλύφου χαμηλές περιοχές κατάντη των έργων.

Βάσει της στατιστικής επεξεργασίας των σχετικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα των γεωτρήσεων που αφορούν την στρώση Ol.c, προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές φυσικής κατάστασης και μηχανικών χαρακτηριστικών:

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση Ol.c

Κατάταξη κατά USCS : CH

Ποσοστά χαλίκων (%) : $\cong 3,5$

Ποσοστά άμμου (%) : $\cong 28,5$

Ποσοστά λεπτόκοκκων $< \#200(\%) : \cong 68,0$



Όριο υδαρότητας, $W_L : \cong 60,0$

Όριο πλαστικότητας, $W_P : \cong 19,0$

Δείκτης πλαστικότητας, $PI : \cong 41,0$

Φαινόμενο υγρό βάρος, $\gamma(kN/m^3) : \cong 18,3$

Φυσική υγρασία, $W (\%) : \cong 30,5$

Αριθμός κρούσεων NSPT (κρούσεις/30cm) : 27 (± 10)

Οριακή πλευρική πίεση $PL(PMT) (MPa) : (1,93)$

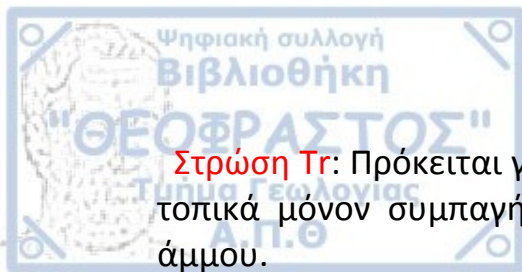
Πρεσσιομετρικό μέτρο ελαστικότητας $E_m (PMT) (MPa) : (15,13)$

Αστράγγιστη συνοχή, $C_u : \geq 80$

Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής, $\phi' (Deg) : \cong 23$

Αντίστοιχη ενεργός συνοχή, $c' (kN/m^2) : \geq 10$

Παραμένουσα γωνία εσωτερικής τριβής, $\phi_{r'} (Deg) : (\cong 13)$



Στρώση Tr: Πρόκειται για τραβερτίνη, ανοιχτού υποκίτρινου χρώματος, τοπικά μόνον συμπαγή και συνηθέστερα υπό μορφή τραβερτινιακής άμμου.

Βάσει της στατιστικής επεξεργασίας των σχετικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα των γεωτρήσεων που αφορούν την στρώση Tr, προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές φυσικής κατάστασης και μηχανικών χαρακτηριστικών:

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση Tr

Κατάταξη κατά USCS : SC, SM, MH

Ποσοστό χαλίκων (%) : 11,4 ($\pm 4,6$)

Ποσοστό άμμου (%) : 48,3 ($\pm 6,7$)

Ποσοστό λεπτόκοκκων <#200(%) : 40,3 ($\pm 7,8$)

Όριο υδαρότητας, WL : 43,6 ($\pm 6,2$)

Όριο πλαστικότητας, WP : 26,2 ($\pm 2,5$)

Δείκτης πλαστικότητας, PI : 17,4 ($\pm 5,0$)

Φαινόμενο υγρό βάρος, γ (kN/m³) : 21,6 ($\pm 1,5$)

Φυσική υγρασία, W (%) : 25,3 ($\pm 3,2$)

Δείκτης κενών, e : 0,790 ($\pm 0,059$)

Αριθμός κρούσεων NSPT (κρούσεις/30cm) : 22 (± 6)

Οριακή πλευρική πίεση PL(PMT) (MPa) : ($\cong 2,50$)

Πρεσσιομετρικό μέτρο ελαστικότητας Em (PMT) (MPa) : ($\cong 24,1$)

Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ' (Deg) : 25,1 (min ϕ' k=20)

Αντίστοιχη ενεργός συνοχή, c' (kN/m²) : 18

Παραμένουσα γωνία εσωτερικής τριβής, $\phi_{r'}$ (Deg) : $\cong 20$

Στρώση PI(cl): Πρόκειται για καστανέρυθρες πλαστικές αργίλους με κυμαινόμενο ποσοστό χαλίκων, πλειοστοκαινικής ηλικίας, εμφανιζόμενες ως υποκείμενες των τραβερτινών στα περιθώρια του βραχώδους υποβάθρου.

Βάσει της στατιστικής επεξεργασίας των σχετικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα των γεωτρήσεων που αφορούν την στρώση PI(cl), προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές φυσικής κατάστασης και μηχανικών χαρακτηριστικών:

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση PI(cl)

Κατάταξη κατά USCS : CH, CL

Ποσοστό χαλίκων (%) : 4,1 ($\pm 1,4$)

Ποσοστό άμμου (%) : 22,2 ($\pm 4,6$)

Ποσοστό λεπτόκοκκων <#200(%) : 73,7 ($\pm 5,6$)

Όριο υδαρότητας, WL : 68,3 ($\pm 6,7$)

Όριο πλαστικότητας, WP : 23,3 ($\pm 2,0$)

Δείκτης πλαστικότητας, PI : 45,1 ($\pm 5,3$)

Φαινόμενο υγρό βάρος, γ (kN/m³) : 17,7 ($\pm 0,3$)

Φυσική υγρασία, W (%) : 34,7 ($\pm 2,7$)

Δείκτης κενών, e : 0,957 ($\pm 0,067$)

Αριθμός κρούσεων NSPT (κρούσεις/30cm) : >22 (>19÷>25)

Οριακή πλευρική πίεση PL(PMT) (MPa) : 1,42 ($\pm 0,51$)

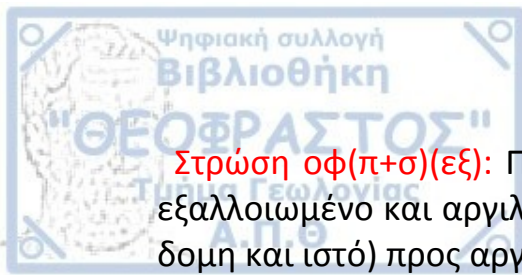
Πρεσσιομετρικό μέτρο ελαστικότητας Em (PMT) (MPa) : 15,13 ($\pm 9,0$)

Αστράγγιστη συνοχή, Cu : $\cong 110$ (>70÷132)

Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ' (Deg) : 25,6 (min $\phi' \cong 19,5$)

Αντίστοιχη ενεργός συνοχή, c' (kN/m²) : 38 (min $c' \cong 22,0$)

Παραμένουσα γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ_r' (Deg) : $\cong 13$ (9÷>17)



Στρώση οφ(π+σ)(εξ): Πρόκειται για το οφειολιθικό υπόβαθρο, ισχυρά εξαλλοιωμένο και αργιλοποιημένο (υπό μορφή εδαφικού υλικού, χωρίς δομή και ιστό) προς αργιλοπυριτικά ορυκτά υψηλής πλαστικότητας.

Βάσει της στατιστικής επεξεργασίας των σχετικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα των γεωτρήσεων που αφορούν την στρώση οφ(π+σ)(εξ), προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές φυσικής κατάστασης και μηχανικών χαρακτηριστικών:

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση οφ(π+σ)(εξ)

Κατάταξη κατά USCS : CH, CL, MH, SC

Ποσοστό χαλίκων (%) : 11,1 ($\pm 3,7$)

Ποσοστό άμμου (%) : 49,6 ($\pm 6,0$)

Ποσοστό λεπτόκοκκων <#200(%) : 39,3 ($\pm 7,0$)

Όριο υδαρότητας, WL : 41,7 ($\pm 4,5$)

Όριο πλαστικότητας, WP : 24,6 ($\pm 1,5$)

Δείκτης πλαστικότητας, PI : 17,0 ($\pm 4,3$)

Φαινόμενο υγρό βάρος, γ (kN/m³) : 21,9 ($\pm 0,7$)

Φυσική υγρασία, W (%) : 16,9 ($\pm 2,3$)

Δείκτης κενών, e : 0,525 ($\pm 0,081$)

Αριθμός κρούσεων NSPT (κρούσεις/30cm) : >47 (>43÷>50)

Οριακή πλευρική πίεση PL(PMT) (MPa) : >4,76 (>2,04÷7,50)

Πρεσσιομετρικό μέτρο ελαστικότητας E_m (PMT) (MPa) : $\cong 154,0$

(62÷240)

Αστράγγιστη συνοχή, C_u : (≥ 125)

Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ' (Deg) : 28,5 ($\min \phi' \geq 17,5$ γενι-

κώς και $\min \phi' \cong 15$ στην

διεπιφάνεια οροφής)

Αντίστοιχη ενεργός συνοχή, c' (kN/m²) : 34,0 ($\min c' \geq 8$ γενικώς και $\min c' \geq 0$ στην διεπιφάνεια οροφής)

Παραμένουσα γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ_r' (Deg) : 20,5 (<16,0÷23,0)

Στρώση οφ(π+σ): Πρόκειται για το οφειολιθικό υπόβαθρο, ελαφρά ή ισχυρά κερματισμένο, αποσαθρωμένο, με σαφή όμως βραχώδη δομή και με λείες και στιλπνές διεπιφάνειες ασυνέχειες.

Βάσει της στατιστικής επεξεργασίας των σχετικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα των γεωτρήσεων που αφορούν την στρώση οφ(π+σ), προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές φυσικής κατάστασης και μηχανικών χαρακτηριστικών:

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση οφ(π+σ) (εδαφικά γεωϋλικά)

Κατάταξη κατά USCS : SC, SM, CH,

Ποσοστό χαλίκων (%) : 13,3 ($\pm 6,3$)

Ποσοστό άμμου (%) : 51,8 ($\pm 9,5$)

Ποσοστό λεπτόκοκκων <#200(%) : 35,0 ($\pm 11,3$)

Όριο υδαρότητας, WL : 37,6 ($\pm 3,8$)

Όριο πλαστικότητας, WP : 24,8 ($\pm 1,5$)

Δείκτης πλαστικότητας, PI : 12,9 ($\pm 4,8$)

Φαινόμενο υγρό βάρος, γ (kN/m³) : 23,6 ($\pm 0,6$)

Φυσική υγρασία, W (%) : 12,3 ($\pm 2,3$)

Δείκτης κενών, e : 0,342 ($\pm 0,036$)

Αριθμός κρούσεων NSPT (κρούσεις/30cm) : >47 (>42÷>53)

Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ' (Deg) : >35

Αντίστοιχη ενεργός συνοχή, c' (kN/m²) : >20

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση οφ(π+σ) (βραχώδη υλικά)

Δείκτης ποιότητας βραχόμαζας, RQD : ≥ 0 (0÷50)

Βαθμονόμηση βραχόμαζας RMR89 : 20÷36

Δείκτης γεωλογικής αντοχής GSI : 26÷39

Παράμετρος m_i (Hoek) : 25 $\pm$ 5

Αντοχή βραχωδών δειγμάτων σε θλίψη, σ_c (MPa) : 12,71 ($\pm 3,98$)

Σημειακή αντοχή (Point load) I550 (MPa) : 0,55 ($\pm 0,17$)

Φαινόμενο βάρος, γ (kN/m³) : $\cong 24,5$

Αντοχή βραχόμαζας σε θλίψη σ_{cm} κατά Hoek (MPa) : 0,104 ($\pm 0,08$)

Ενεργή γωνία τριβής βραχόμαζας, ϕ' (Deg) : ≥ 35

Αντίστοιχη φαινόμενη ενεργή συνοχή, c' (kPa) : ≥ 40

Μέτρο Ελαστικότητας Βραχόμαζας (κατά Serafim) (MPa) : 937,5 ($\pm 485,5$)

Στρώση Sch-K: Πρόκειται για φακούς (εγκλείσματα) ασβεστολιθικών σχιστολίθων μέσα στην οφειολιθική βραχόμαζα

Βάσει της στατιστικής επεξεργασίας των σχετικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα των γεωτρήσεων που αφορούν την στρώση Sch-K, προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές φυσικής κατάστασης και μηχανικών χαρακτηριστικών:

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση Sch-K (εδαφικά υλικά)

Κατάταξη κατά USCS : CL, SC

Ποσοστά χαλίκων (%) : 19,3 ($\pm 11,3$)

Ποσοστά άμμου (%) : 39,3 ($\pm 9,6$)

Ποσοστά λεπτόκοκκων $< \#200$ (%) : 41,3 ($\pm 16,5$)

Όριο υδαρότητας, WL : 39,3 ($\pm 3,4$)

Όριο πλαστικότητας, WP : 17,3 ($\pm 0,6$)

Δείκτης πλαστικότητας, PI : 22,0 ($\pm 4,1$)

Φαινόμενο υγρό βάρος, γ (kN/m³) : 21,0 ($\pm 1,0$)

Φυσική υγρασία, W (%) : 17,6 ($\pm 5,9$)

Δείκτης κενών, e : 0,487 ($\pm 0,176$)

Αριθμός κρούσεων NSPT (κρούσεις/30cm) : > 50

Αστράγγιστη συνοχή, C_u : (> 125)

Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ' (Deg) : > 25 ($25 \div 40$)

Αντίστοιχη ενεργός συνοχή, c' (kN/m²) : > 20 ($\cong 48$)

Ονομασία - συμβολισμός : Στρώση Sch-K (βραχώδη υλικά)

Δείκτης ποιότητας βραχώμαζας, RQD : $\cong 12$

Βαθμονόμηση βραχώμαζας RMR89 : $23 \div 38$

Δείκτης γεωλογικής αντοχής GSI : $29 \div 41$

Παράμετρος m_i (Hoek) : 12 ± 3

Αντοχή βραχωδών δειγμάτων σε θλίψη, σ_c (MPa) : 14,59 ($\pm 5,65$)

Σημειακή αντοχή (Point load) I550 (MPa) : 0,63 ($\pm 0,24$)

Φαινόμενο βάρος, γ (kN/m³) : $\cong 25,0$

Αντοχή βραχώμαζας σε θλίψη σ_{cm} κατά Hoek (MPa) : 0,143 ($\pm 0,111$)

Ενεργή γωνία τριβής βραχώμαζας, ϕ' (Deg) : $>20 (\cong 30)$

Αντίστοιχη φαινόμενη ενεργή συνοχή, c' (kPa) : ≥ 40

Μέτρο Ελαστικότητας Βραχώμαζας (κατά Serafim) (MPa) : 1134,5
($\pm 597,5$)

5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

5.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΙΟΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΩΝ

Στην παράγραφο αυτή αξιολογούνται τα αποτελέσματα των μετρήσεων στα εγκατεστημένα αποκλισιόμετρα και πιεζόμετρα της περιοχής του επιχώματος Ασωμάτων και συσχετίζονται με την εκδηλωθέντα ολισθητικά φαινόμενα.

α. Αποκλισιόμετρα

α.1 Όπως προαναφέρθηκε, διατμητικές κινήσεις στο υπέδαφος εντοπίστηκαν αποκλειστικά στα αποκλισιόμετρα 105ΚΛ5, 106ΚΛ0, 107ΚΛ1 και 109ΚΛ1 (με την επιφύλαξη των νέων αποκλισιομέτρων ΣΓ-1 έως ΣΓ-5, όπου οι μετρήσεις μόλις προσφάτως άρχισαν).

Εξ αυτών, το πρώτο αποκλισιόμετρο (105ΚΛ5) βρίσκεται στο ανάντη έρεισμα της αρτηρίας και μεταξύ των δύο πασσαλοσυστοιχιών, ενώ τα υπόλοιπα τρία (109ΚΛ1, 107ΚΛ1 και 106ΚΛ0) βρίσκονται κατάντη της κάτω πασσαλοσυστοιχίας.

Με βάση τα παραπάνω, είναι προφανές, λοιπόν, ότι, μέχρι και σήμερα δεν ανιχνεύθηκε κίνηση στο υπέδαφος στις περιοχές ανάντη της άνω πασσαλοσυστοιχίας προς τη μεριά του λόφου, βορειότερα του τεχνικού 11.1 μεταξύ των διατομών 104 και 105 καθώς και νοτιότερα του τεχνικού 11.2 περί τη διατομή 110 (ή και νοτιότερα της διατομής 109 ακριβέστερα).

Τα παραπάνω δεδομένα καθορίζουν σε τρεις (από τις τέσσερις) κατευθύνσεις την έκταση της ολισθαίνουσας μάζας, η οποία φαίνεται να ορίζεται μεταξύ της διατομής 105 (από βορρά) και 109 (προς νότο)

και μεταξύ της θέσης της αρχικής θραύσης (ρωγμής) και της ανάντη πασσαλοστοιχίας προς τα δυτικά.

Αντιθέτως, προς τα ανατολικά, δεν υφίσταται σαφής ένδειξη για το κατάντη όριο της κατολίσθησης, παρά μόνον γνωρίζουμε ότι η περιοχή ολισθαίνει και κατάντη του αντιβάρου και μάλιστα σε μεγάλο βάθος στο υπέδαφος, χωρίς ωστόσο να είναι γνωστό που εντέλει βρίσκεται το ίχνος (ποδός) της ολίσθησης, το οποίο όμως αναμένεται να καθορισθεί επακριβώς με βάση τις επόμενες μετρήσεις στα νέα αποκλισιόμετρα της σειράς ΣΓ, τα οποία είναι στρατηγικά διατεταγμένα σ' όλη την κατάντη έκταση του επιχώματος, ακριβώς για τον σκοπό αυτό.

α.2 Η διεύθυνση της μετακίνησης είναι περίπου ενιαία σ' όλα τα αποκλισιόμετρα όπου ανιχνεύθηκε κίνηση και συγκεκριμένα νοτιοδυτική - βορειοανατολική (ΝΔ -ΒΑ), με φορά προς ΒΑ (αζιμούθιο

$\cong 60^\circ \div 65^\circ$, με διακύμανση από 56° έως 70° γενικώς). Η διεύθυνση αυτή

είναι κάθετη στην αρχική θραύση (ρωγμή) του (παλιού) επιχώματος (η διεύθυνση της οποίας τότε συνδυάσθηκε με τον τρόπο κατά τον οποίο έγινε η κατασκευή) και αντιστοιχεί επακριβώς στη διεύθυνση κίνησης των επιφανειακών (και υπογείων) υδάτων, τα οποία παρακολουθούν εν γένει το φυσικό ανάγλυφο.

α.3 Ο μέσος ετήσιος ρυθμός των μετακινήσεων στα κρίσιμα αποκλισιόμετρα είναι σχετικά παρόμοιος, εξελισσόμενος από 5,4mm/έτος στα ΝΔ (αρχή ολίσθησης) μέχρι 7,8mm/έτος στα ΒΑ (μέσον ή τέλος ολίσθησης) και μάλιστα προοδευτικά μεταβαλλόμενος.

α.4 Ο μέσος μηνιαίος ρυθμός μετακινήσεων είναι επίσης παρόμοιος σ' όλα τα κρίσιμα αποκλισιόμετρα για το έτος 2005 και προκύπτει της

τάξης των $\cong 0,35 \div 0,50 \text{ mm/μήνα}$. Ομοίως και για το έτος 2006

($\cong 0,25 \div 0,40 \text{ mm/μήνα}$), εμφανίζοντας μάλιστα μικρή μείωση του

μεγέθους του κατά 30% περίπου έναντι του αντίστοιχου του 2005.

Τα παραπάνω υποδηλώνουν ενιαία μετακίνηση εδαφικής μάζας προς τα ΒΑ, με σχετική τάση απομείωσης των εντάσεων - μετακινήσεων προς

τα ανάντη (N-ND) και ελαφρά απομείωση των μετακινήσεων σε σχέση με τον χρόνο για τα έτη 2005 και 2006.

α.5 Παρά την τάση σταθεροποίησης των μετακινήσεων σε σχετικά χαμηλά επίπεδα που παρατηρήθηκε το έτος 2006 (σε σχέση μάλιστα με το έτος 2005), είναι γεγονός ότι τον χειμώνα 2007 (και συγκεκριμένα από τον Νοέμβριο 2006 και έπειτα) υφίσταται σοβαρή αύξηση του μεγέθους αλλά και του ρυθμού των μετακινήσεων σ' όλα τα αποκλισιόμετρα και κυρίως στα κατάντη. Το φαινόμενο φαίνεται να εκτονώνεται σιγά - σιγά την άνοιξη 2007, το δε καλοκαίρι 2007, οι σχετικές μετρήσεις υποδηλώνουν ότι οι μετακινήσεις στο υπέδαφος περιορίστηκαν στο ελάχιστο (πρακτικώς μηδενίστηκαν). Θεωρούμε δεδομένο ότι - ως ένα σημαντικό βαθμό - το φαινόμενο αυτό είναι εποχιακά επηρεαζόμενο (χειμώνας κρίσιμος, έναρξη βροχοπτώσεων, κ.λπ.), ωστόσο η απότομη αύξηση του ρυθμού των μετακινήσεων το 2007, δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά σε θέματα κορεσμού εδάφους, έναρξης βροχοπτώσεων, κ.λπ. (βλέπε σχετικά και επόμενη παράγραφο αξιολόγησης βροχομετρικών - πιεζομετρικών δεδομένων), αλλά αντιθέτως θα πρέπει να συσχετισθεί με κάποιο άλλο αίτιο, το οποίο δραστηριοποιήθηκε τον Νοέμβριο - Δεκέμβριο, 2006 σε συνδυασμό βεβαίως με τις βροχοπτώσεις (π.χ. δημιουργία επιφάνειας ολίσθησης στην περιοχή του αντιβάρου και κατάντη, αδυναμία της (καταπονημένης από τα προηγούμενα έτη) κατάντη πασσαλοσυστοιχίας να συνεισφέρει περαιτέρω, κ.λπ.), γεγονός που οδήγησε σε σημαντική αύξηση του ρυθμού και του μεγέθους των μετακινήσεων και που με τη σειρά του είχε ως αποτέλεσμα

την επέκταση της ολίσθησης στα βαθύτερα εδαφικά στρώματα του κατάντη υπεδάφους (ως την οροφή του βραχώδους υποβάθρου) και σε μεγάλη έκταση στα κατάντη, μέχρι το σημείο εκείνο που να εξασφαλίζεται οριακή ισορροπία των ολισθαίνοντων και των αντιστεκόμενων όγκων γαιών.

α.6 Σημειώνεται και πάλι ότι με τα μέχρι σήμερα δεδομένα των αποκλισιομέτρων υφίσταται αδυναμία εκτίμησης - προσδιορισμού του ίχνους ποδός της ολίσθησης, αν και βεβαίως υπάρχει η βάσιμη υποψία ότι η αρχικώς κυκλοειδής ολίσθηση του 2002 μετασχηματίστηκε σε επιμήκες ολίσθηση τελικά, μετά την εμπλοκή μεγάλων γαιωδών μαζών στα κατάντη (2007). Είναι απαραίτητη, λοιπόν, η συνέχιση των μετρήσεων στα εγκατεστημένα αποκλισιόμετρα (και ιδιαίτερα στα νέα της σειράς ΣΓ) και η επαναξιολόγηση των δεδομένων σε επόμενη φάση, συνεκτιμώντας μάλιστα τυχόν αποτελέσματα τοπογραφικών μετρήσεων σε επιφανειακούς μάρτυρες.

β. Πιεζόμετρα - βροχομετρικά δεδομένα - υπόγεια νερά

β.1 Όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο 4.2 του τεύχους, υπόγεια νερά εντοπίστηκαν σε δύο πιεζόμετρα στα ανάντη (105ΠΖ5(18) και 105ΠΖ5(14) πάνω από την άνω πασσαλοσυστοιχία) και σε ένα πιεζόμετρο στα κατόντη ((107ΠΖ1 κάτω από την κάτω πασσαλοσυστοιχία). Στα ανάντη πιεζόμετρα, η στάθμη των υπογείων υδάτων βρέθηκε σε βάθος της τάξης των 4,5÷5,0m από την επιφάνεια, ενώ αντιθέτως στο κατόντη πιεζόμετρο (107ΠΖ1), τα υπόγεια νερά βρέθηκαν σε βάθος περί τα 14,0m, στο επίπεδο δηλαδή της στραγγιστικής στρώσης, γεγονός που υποδηλώνει ότι η αποστραγγιστική στρώση λειτουργεί αποτελεσματικά μέχρι και σήμερα. Μάλιστα, η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής φαίνεται να ακολουθεί εν γένει τη (μέση) κλίση της αποστραγγιστικής στρώσης.

β.2 Συνδυάζοντας τα βροχομετρικά δεδομένα με τα στοιχεία των μετακινήσεων που μετρήθηκαν στα αποκλισιόμετρα, προκύπτουν τα εξής (βλ. σχετικά και σχήματα 1 και 2 της παραγράφου 4.2.2):

- Η έναρξη των βροχοπτώσεων (αρχές Νοεμβρίου) συνδυάζονται ως έναν βαθμό και με την έναρξη (ή την ενίσχυση) των μετακινήσεων στο υπέδαφος.

- Αντιθέτως, η αύξηση της έντασης των βροχοπτώσεων δεν συνεπάγεται αντιστοίχως την αύξηση του μεγέθους των μετακινήσεων. Έτσι, λοιπόν, ενώ την Άνοιξη οι βροχοπτώσεις είναι πολλαπλάσιες και ισχυρότερες των αντίστοιχων του Χειμώνα, το μέγεθος των μετακινήσεων κατά την Άνοιξη υπολείπεται σοβαρά του αντίστοιχου μεγέθους των μετακινήσεων κατά την περίοδο του Χειμώνα.

- Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η παύση των βροχοπτώσεων (Καλοκαίρι-Φθινόπωρο) συνδυάζεται με τη σοβαρή απομείωση του ρυθμού των μετακινήσεων στο αποκλισιόμετρα.

Είναι φανερό, λοιπόν, ότι το καθεστώς των μετακινήσεων που μετρήθηκαν στο υπέδαφος επηρεάζεται από τις βροχοπτώσεις ακολουθώντας ως έναν βαθμό την εποχιακή τους διακύμανση, χωρίς ωστόσο να σχετίζεται ευθέως με την ένταση και τη συχνότητα αυτών. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε ένα μοντέλο, όπου το σύστημα βρίσκεται συνεχώς σε μία κατάσταση οριακής ισορροπίας, όπου η παραμικρή επίπτωση των βροχοπτώσεων στην υπόγεια υδάτινη στάθμη (π.χ. άνοδος) επιταχύνει τις μετακινήσεις, περιορίζοντας την ευστάθεια (και κατ' επέκταση την τιμή του συντελεστή ασφαλείας FS).

Αυξομείωση της έντασης και της συχνότητας των βροχοπτώσεων δεν φαίνεται να έχει ιδιαίτερη σημασία στην κατάσταση των συνθηκών

ευστάθει ας, παρά μόνον το ίδιο το φαινόμενο των βροχοπτώσεων αυτό - καθ' αυτό.

Ως εκ τούτου, το πέρας των βροχοπτώσεων σηματοδοτεί (ως ένα βαθμό) την επιστροφή του συστήματος στην αρχική κατάσταση οριακής ισορροπίας, όπου οι μετακινήσεις είναι πολύ περιορισμένες, η ευστάθεια όμως οριακή.

β.3 Με βάση τη συσχέτιση της εποχιακής διακύμανσης της υπόγειας υδάτινης στάθμης στο κατάντη πιεζόμετρο 107ΠΖ1 και της αντίστοιχης εποχιακής διακύμανσης των βροχοπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή, προκύπτει το ενδιαφέρον εύρημα ότι ενώ από τα μέσα Ιουνίου 2006 έως και τα μέσα Νοεμβρίου 2006 δεν έβρεξε καθόλου, εντούτοις η υπόγεια υδάτινη στάθμη στο πιεζόμετρο κατάντη (107ΠΖ1) συνέχισε να ανεβαίνει πολύ ελαφρά μεν, κατά τρόπο γραμμικό δε. Κατά συνέπεια, στην συγκεκριμένη περίπτωση, η άνοδος της υπόγειας υδάτινης στάθμης στο πιεζόμετρο κατά την συγκεκριμένη χρονική περίοδο δεν μπορεί να αποδοθεί στις βροχοπτώσεις.

Αντιθέτως, ως πιθανά αίτια μπορούν να αναφερθούν είτε η προβληματική απορροή της αποστραγγιστικής στρώσης κατά τη διεύθυνση των μετακινήσεων, είτε η άνοδος της στάθμης λόγω της διαδικασίας στερεοποίησης στο υπέδαφος (πράγμα μάλλον αμφίβολο), είτε ακόμα (και πιθανότερο) η προοδευτική αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων καθόλο το χρονικό διάστημα Ιουνίου - Νοεμβρίου 2006 μέχρι και τη στιγμή της πιθανής αστοχίας και επέκτασης της ολίσθησης στα κατάντη, η οποία σηματοδοτήθηκε με την έναρξη των βροχοπτώσεων το Νοέμβριο 2006 και η οποία με την σειρά της οδήγησε σε εκτόνωση των υπερπίεσεων, διευκόλυνση της στράγγισης και ομολοποίηση εν τέλει της υπόγειας υδάτινης στάθμης καθώς και στην εκδήλωση σημαντικών μετακινήσεων στο υπέδαφος, οι οποίες φαίνεται να επηρέασαν σημαντικό όγκο εδαφικών μαζών στα κατάντη.

6. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

6.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΙΑΣ

Οι μέθοδοι ανάλυσης της ευστάθειας έχουν γίνει με τη βοήθεια που προγράμματος PC-STABL της ΓΕΩΓΝΩΣΗΣ Α.Ε. η οποία το κατασκεύασε και χρησιμοποιεί αποκλειστικά. Στα πλαίσια της διπλωματικής έγινε ανάλυση της ευστάθειας του φυσικού πρανούς της διατομής που έχει προαναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Όπως επίσης της

ευστάθειας που επιχώματος το οποίο βρισκόταν υπό κατασκευή και πρωτοεμφανίστηκε ερπυσμός στην κατασκευή και σε διπλανή περιοχή . Οι αναλύσεις που γίνανε εστίαζαν την περιοχή της κατασκευής .Τέλος γίνονται αναλύσεις ευστάθεια του τελικού και ολοκληρωμένου επιχώματος το οποίο αποτελεί καινούργια κατασκευή ,διότι στην πρώτη εμφάνιση του ερπυσμού το έργο καταστράφηκε και κατασκευάστηκε εκ νέου. Οι αναλύσεις αυτές γίνονται διότι θέλουμε να πετύχουμε μια ολοκληρωμένη και καλύτερη εικόνα του προβλήματος που μας ταλαντεύει , ώστε να οδηγηθούμε όσο γίνεται πιο δυνατόν στα πραγματικά αίτια του προβλήματος .

Επίσης για την ανάλυση ευστάθεια των πρανών χρησιμοποιούνται πέντε μέθοδοι αναλύσεις , οι οποίοι επεξηγούνται στη συνέχεια .Αυτό γίνεται για να κατανοήσουμε τον τρόπο ολίσθησης και τη δυνατότερη καλύτερη προσομοίωση που μπορούμε να πετύχουμε μέσα από την αξιολόγηση και συγκρίσει των αποτελεσμάτων, από την κάθε μέθοδο σε σχέση με την αστοχία του έργου .

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται οι συντελεστές ευστάθειας (FS), σε δύο πίνακες που χωρίζονται με το αν περιέχουν ή όχι τα υπόγεια ύδατα της περιοχής του έργου.

Πίνακας.2: Αναλύσεις συντελεστών ασφάλειας πρανών
ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	C	C2	R	B	S
Φ1 (MIN F.S.)	1,116	1,160	1,197	1,166	1,168
ΕΠ1 (MIN F.S.)	0,936	1,049	1,101		1,247
ΕΠ2 (MIN F.S.)	1,048	1,157	1,124	1,103	

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

Φ1: Φυσικό ανάγλυφο της περιοχής, πριν την κατασκευή του επιχώματος .

ΕΠ1: Επίχωμα το οποίο είναι ημιτελές στο σημείο που πρωτοεμφανίστηκε ερπυσμός .

ΕΠ2: Επίχωμα το οποίο είναι ολοκληρωμένο και εμφανίζει ερπυσμό .

C: circular surface-modified Janbu

C2: circular surface-modified Bishop

R: random irregular surface-modified Janbu

B: sliding block surface-modified Janbu

S: specific failure surface-modified Janbu

Πίνακας.3: Αναλύσεις ευστάθεια πρανών

ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΕ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	C	C2	R	B	S
Φ1 (MIN F.S.)	1,116	1,160	1,197	1,166	1,168
ΕΠ1 (MIN F.S.)	0,934	1,045	1,095		1,243
ΕΠ2 (MIN F.S.)	1,046	1,154	1,119	1,098	

Από το σύνολο των προσομοιώσεων που έχουν γίνει στα πλαίσια της εν λόγω εργασίας παρουσιάζονται 6 χαρακτηριστικές προσομοιώσεις. Οι προσομοιώσεις έχουν γίνει με βάση τη μορφολογία , την κατασκευή , τα φυσικά – μηχανικά χαρακτηριστικά των γεωυλικών , των διαφόρων μεθόδων αναλύσεις και στην επιστημονική γνώση και φαντασία του κατασκευαστή .

Στο σχήμα 7 φαίνεται η προσομοίωση του γίνεται στο φυσικό ανάγλυφο του έργου χωρίς την παρουσία των υπόγειων υδάτων. Το μπλε στρώμα αντιστοιχεί στη **στρώση Tr** (πρόκειται για τραβερτίνη,

ανοιχτού υποκίτρινου χρώματος, τοπικά μόνον συμπαγή και συνηθέστερα υπό μορφή τραβερτινιακής άμμου) με τα αντίστοιχα μηχανικά χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4 για κάθε στρώμα . Το καφέ στρώμα αντιστοιχεί στη **στρώση οφ(π+σ)** (πρόκειται για το οφειολιθικό υπόβαθρο, ελαφρά ή ισχυρά κερματισμένο, αποσαθρωμένο, με σαφή όμως βραχώδη δομή και με λείες και στιλπνές διεπιφάνειες ασυνέχειες). Το πράσινο χρώμα αντιστοιχεί στη **στρώση οφ(π+σ)(εξ)** (πρόκειται για το οφειολιθικό υπόβαθρο, ισχυρά εξαλλοιωμένο και αργιλοποιημένο υπό μορφή εδαφικού υλικού, χωρίς δομή και ιστό προς αργιλοπυριτικά ορυκτά υψηλής πλαστικότητας) .

Η στρώση αυτή παρουσιάζει ,σε όλες τις αναλύσεις, το ενδιαφέρον διότι εντός αυτής βρίσκεται η ζώνη αδυναμίας που αναζητάμε και οφείλεται ο ερπυσμός του έργου. Στην συγκεκριμένη ζώνη έχουν δοθεί τιμές όπως το $c(KPa)=0$ και $\phi()=16$ που χαρακτηρίζουν μια διεπιφάνεια που προέρχεται από πιθανή παλιά ολίσθηση. Αυτό έγινε για να μπορέσουμε μέσα από την προσομοίωση να εντοπίσουμε τη ζώνη και τη γεωμετρία του ερπυσμού η οποία κατέρχεται από τη ζώνη αδυναμίας . Οι τιμές αυτές όπως είναι φυσικό δεν χαρακτηρίζουν όλη τη στρώση αλλά την πιθανή διεπιφάνεια. Τέλος η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη προσομοίωση είναι η specific failure surface-modified Janbu . Με FS στα όρια της ασφάλειας.

Σχήμα.7: Φυσικό ανάγλυφο (**Φ1**)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ - SLOPE STABILITY ANALYSIS

slope stability analysis: PCSTABL (Purdue University)
pre- and post-processor to PCSTABL: Pre-PCS 4.1.2 (G.Mavridis-Geognosi S.A.©1998-2007)

Σχήμα - fig:

ΕΡΓΟ - PROJECT:

ASSOMATA

filename: Assomata1.dat

problem description: ανάλυση σε σεισμό - γενική ευστάθεια - $\alpha:\beta=2:1$

ΕΔΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - SOIL CHARACTERISTICS

soil pattern	total unit wt. no.	saturated unit wt. γ_s (kN/m ³)	cohesion intercept c(kPa)	friction angle ϕ (°)	pore pressure param.
1	21,6	21,6	18,0	20,0	0,0000
2	21,9	21,9	0,0	16,0	0,0000
3	22,0	22,0	20,0	35,0	0,0000

SPECIFIED trial failure surfac

Factor of safety by the simplified JANBU method

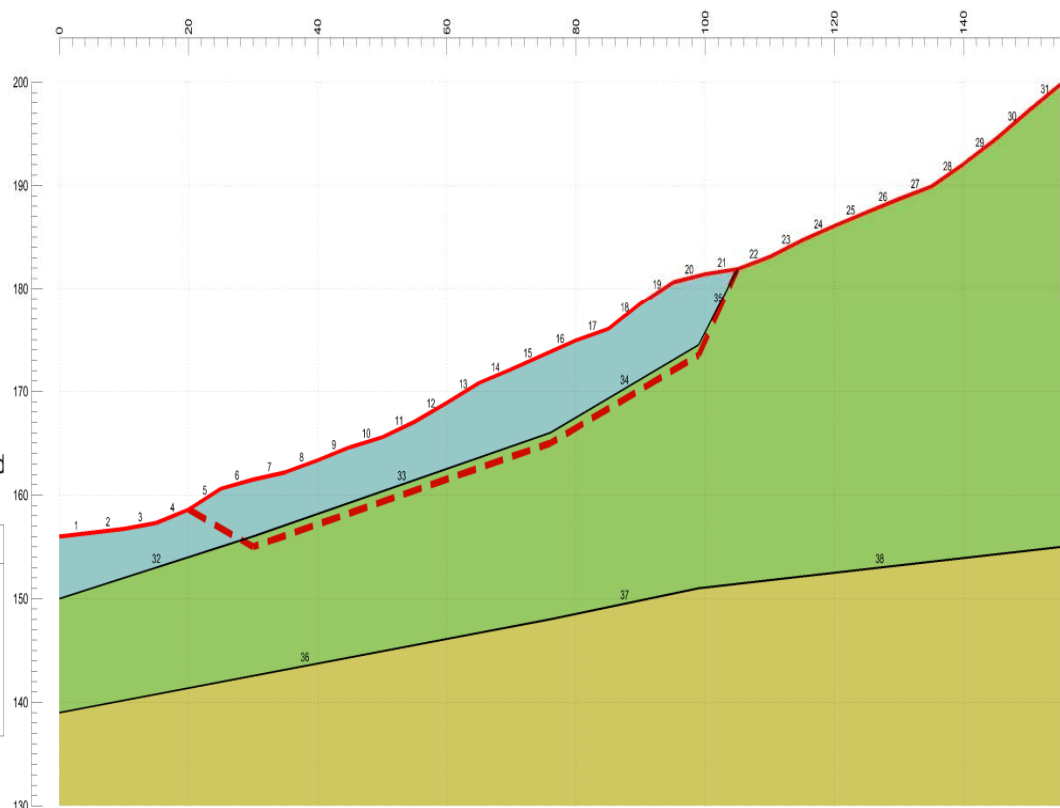
CRITICAL FAILURE SURFACE

$X_0 = -$

$Y_0 = -$

radius $R_0 = -$

min F.S. = 1,168



Στο σχήμα 8 υπάρχουν τα ίδια στοιχεία με τη προσομοίωση του σχήματος 7 με τη διαφορά ότι έχουμε την ύπαρξη υπόγειων υδάτων και με τη μέθοδο random irregular surface-modified Janbu .

Σχήμα.8: Φυσικό ανάγλυφο (Φ1)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ - SLOPE STABILITY ANALYSIS

Σχήμα - fig:

slope stability analysis: PCSTABL (Purdue University)
pre- and post-processor to PCSTABL: Pre-PCS 4.1.2 (G.Mavridis-Geognosi S.A.©1998-2007)

EPFO - PROJECT: ASSOMATA

filename: Assomata2.dat

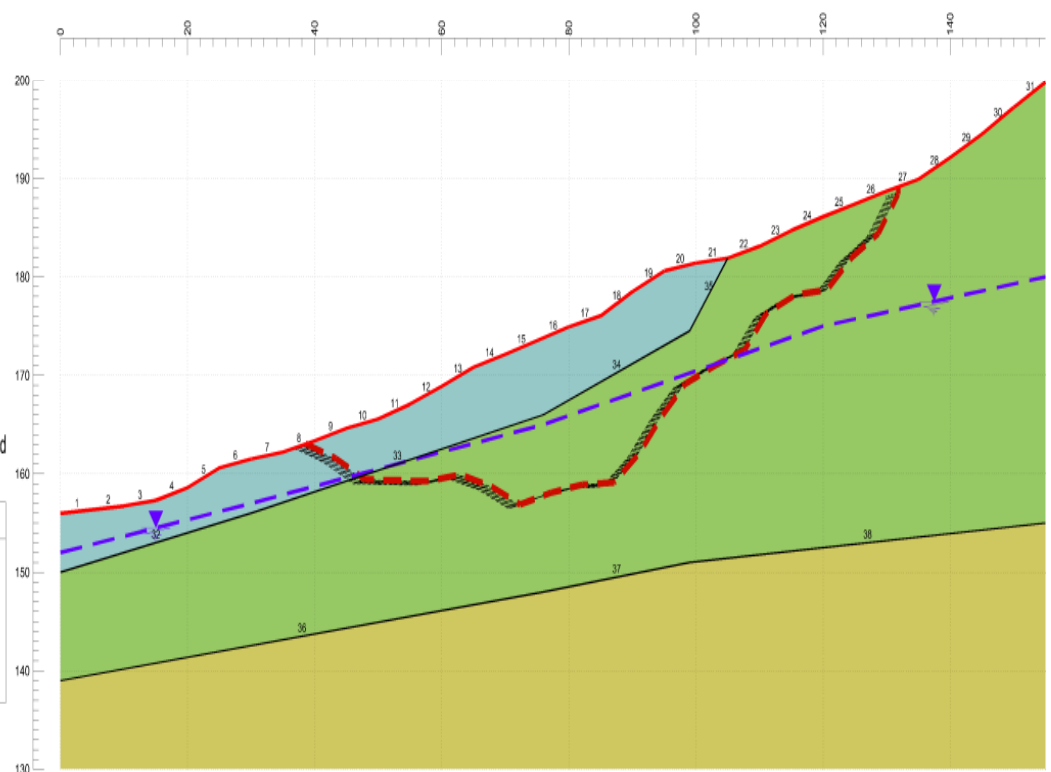
problem description: ανάλυση σε σεισμό - γενική ευστάθεια - $u:\beta=2:1$

ΕΔΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - SOIL CHARACTERISTICS

soil pattern	total unit wt. γ_t (kN/m ³)	saturated unit wt. γ_s (kN/m ³)	cohesion intercept c(kPa)	friction angle ϕ (°)	pore pressure param.
1	21,6	21,6	18,0	20,0	0,0000
2	21,9	21,9	0,0	16,0	0,0000
3	22,0	22,0	20,0	35,0	0,0000

IRREGULAR shape trial failure surfaces
Factor of safety by the simplified JANBU method

CRITICAL FAILURE SURFACE	
$X_0 = -$	
$Y_0 = -$	
radius $R_0 = -$	
min F.S. = 1,197	



Στο σχήμα 9 φαίνεται η προσομοίωση του ημιτελές επιχώματος με τα ίδια στρώματα που προαναφέραμε συν την πρόσθεση της στρώση Τ.Ε. (πρόκειται για υλικά κατασκευής του επιχώματος και του αντιβάρου καθώς και για τοπικές αποθέσεις στις οδούς προσπέλασης) και της αλλαγής της μορφολογίας από την κατασκευή του έργου που διεξήχθησαν στην περιοχή . Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η circular surface - modified Bishop

Σχήμα.9: Ημιτελές επίχωμα (ΕΠ1)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ - SLOPE STABILITY ANALYSIS

slope stability analysis: PCSTABL (Purdue University)
pre- and post-processor to PCSTABL: Pre-PCS 4.1.2 (G.Mavridis-Geognosi S.A.©1998-2007)

Σχήμα - fig:

ΕΡΓΟ - PROJECT:

ASSOMATA

filename: Assomata5circle 2.dat

problem description: ανάλυση σε σεισμό - γενική ευστάθεια - $u:\beta=2:1$

ΕΔΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - SOIL CHARACTERISTICS

pattern	soil type no.	total unit wt. γ (kN/m ³)	saturated unit wt. γ_s (kN/m ³)	cohesion intercept c(kPa)	friction angle ϕ (°)	pore pressure param.
1	1	21,6	21,6	18,0	20,0	0,0000
2	2	21,9	21,9	0,0	16,0	0,0000
3	3	22,0	22,0	20,0	35,0	0,0000
4	4	21,1	21,1	5,0	35,0	0,0000

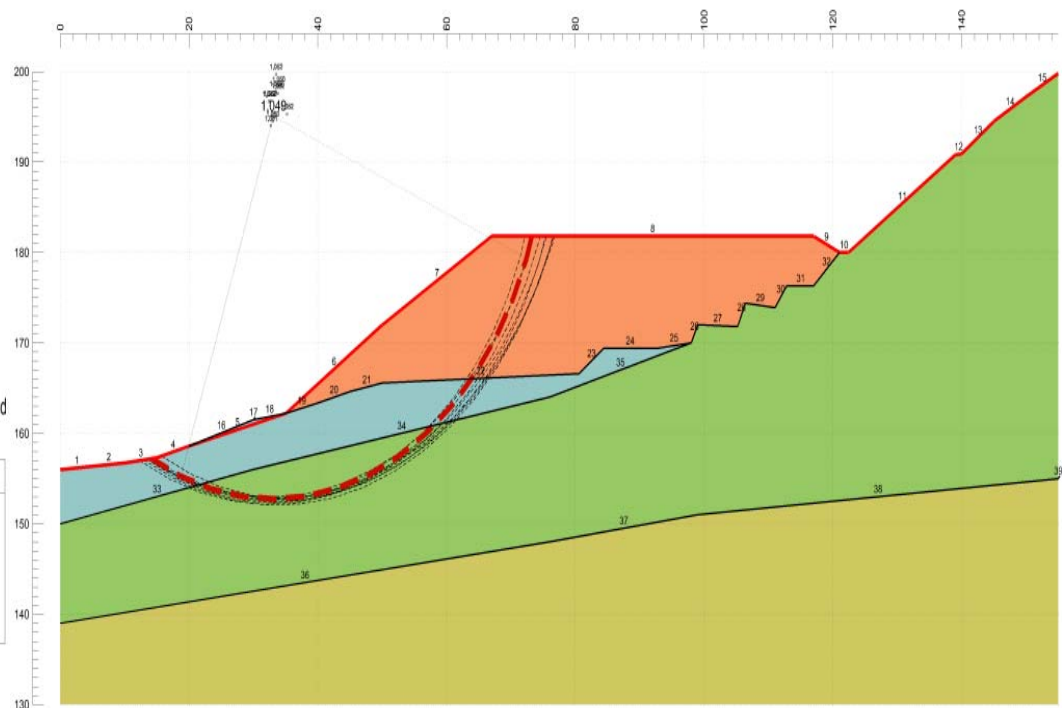
CIRCULAR shape trial failure surfaces

Factor of safety by the modified BISHOP method

CRITICAL FAILURE SURFACE

$X_0 = 33,1$ m
 $Y_0 = 195,1$ m
radius $R_0 = 42,4$ m

min F.S. = 1,049



Η προσομοίωση του σχήματος 10 με το σχήμα 9 έγκειται στην διαφορετική μέθοδο που χρησιμοποιείται στο 10. Η μέθοδος είναι η circular surface-modified Janbu .

Σχήμα.10: Ημιτελές επίχωμα(ΕΠ1)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ - SLOPE STABILITY ANALYSIS

Σχήμα - fig:

slope stability analysis: PCSTABL (Purdue University)
pre- and post-processor to PCSTABL: Pre-PCS 4.1.2 (G.Mavridis-Geognosi S.A.©1998-2007)

ΕΡΓΟ - PROJECT:

ASSOMATA

filename: Assomata5circle.dat

problem description: ανάλυση σε σεισμό - γενική ευστάθεια - $\alpha:\beta=2:1$

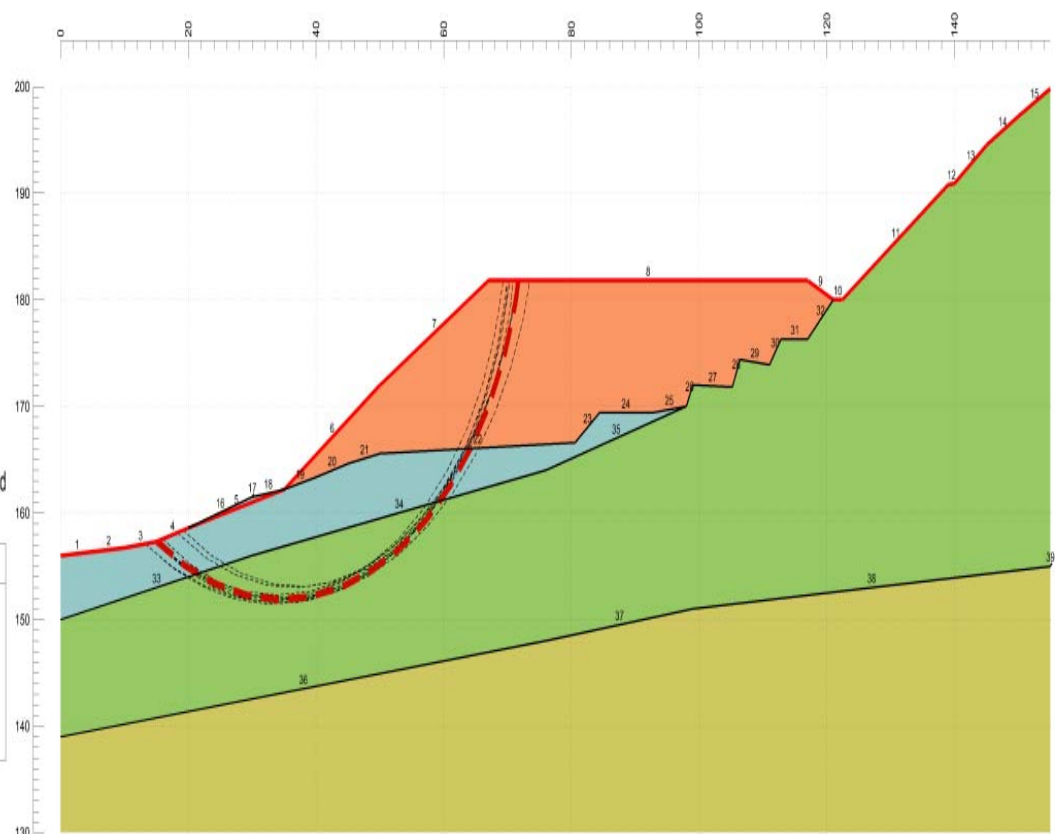
ΕΔΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - SOIL CHARACTERISTICS

soil pattern	total unit wt. γ_t (kN/m ³)	saturated unit wt. γ_s (kN/m ³)	cohesion intercept c (kPa)	friction angle ϕ (°)	pore pressure param.
1	21,6	21,6	18,0	20,0	0,0000
2	21,9	21,9	0,0	16,0	0,0000
3	22,0	22,0	20,0	35,0	0,0000
4	21,1	21,1	5,0	35,0	0,0000

CIRCULAR shape trial failure surfaces

Factor of safety by the simplified JANBU method

CRITICAL FAILURE SURFACE	
$X_0 =$	-
$Y_0 =$	-
radius $R_0 =$	-
min F.S. = 0,936	



Στο σχήμα 11 έχουμε επίσης διαφορετική μέθοδο ανάλυσης . Η μέθοδος αυτή είναι η specific failure surface-modified Janbu .

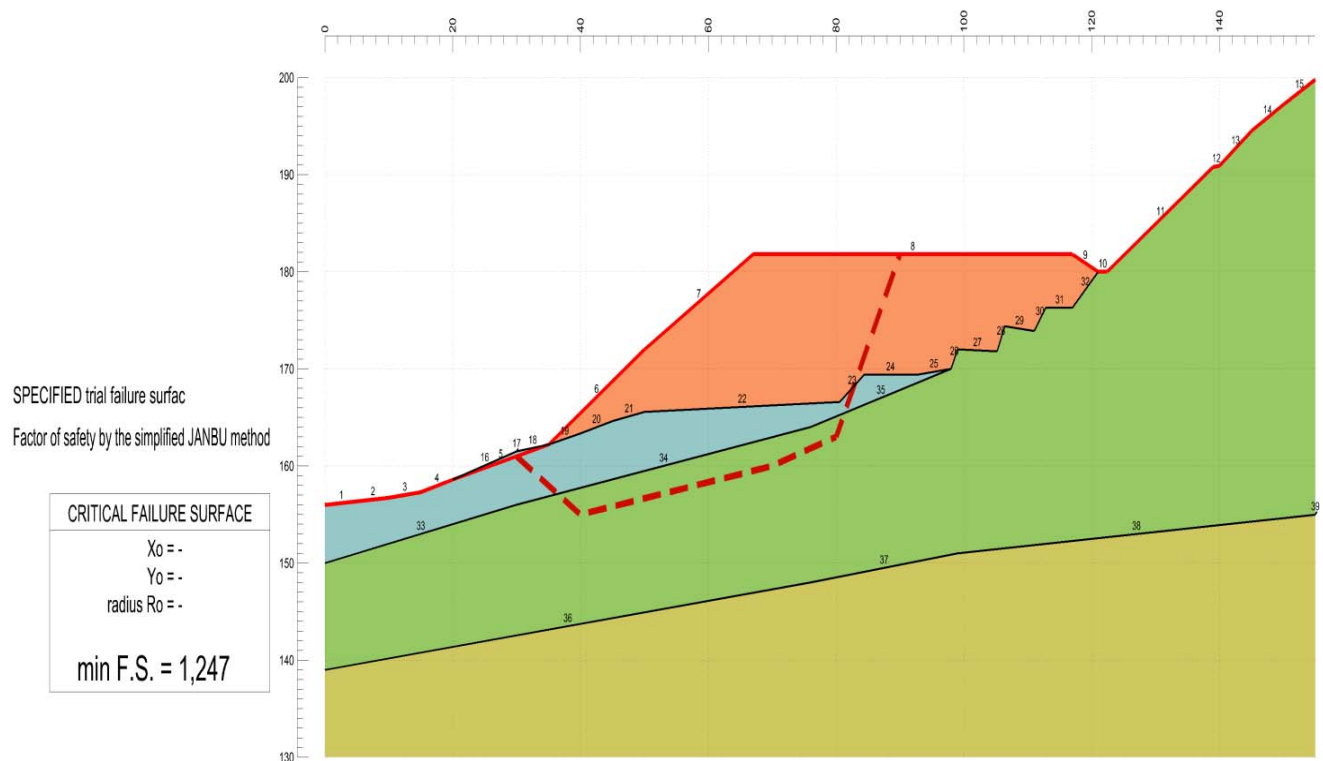
Σχήμα.11: Ημιτελές επίχωμα (ΕΠ1)

filename: Assomata5surface.dat

problem description: ανάλυση σε σεισμό - γενική ευστάθεια - $\alpha/\beta=2:1$

ΕΔΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - SOIL CHARACTERISTICS

soil pattern	total unit wt. γ_t (kN/m ³)	saturated unit wt. γ_s (kN/m ³)	cohesion intercept c (kPa)	friction angle ϕ (°)	pore pressure param.
1	21,6	21,6	18,0	20,0	0,0000
2	21,9	21,9	0,0	16,0	0,0000
3	22,0	22,0	20,0	35,0	0,0000
4	21,1	21,1	5,0	35,0	0,0000



Στο σχήμα 12 φαίνεται η προσομοίωση του ολοκληρωμένου επιχώματος, με τα ίδια στρώματα αλλά με διαφορετική μορφολογία της κατασκευής όπως είναι φυσικό. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η sliding block surface-modified Janbu.

Σχήμα.12: Ολοκληρωμένο επίχωμα (ΕΠ2)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ - SLOPE STABILITY ANALYSIS

slope stability analysis: PCSTABL (Purdue University)
pre- and post-processor to PCSTABL: Pre-PCS 4.1.2 (G.Mavridis-Geognosi S.A.©1998-2007)

Σχήμα - fig:

ΕΡΓΟ - PROJECT:

ASSOMATA

filename: Assomata3block.dat

problem description: ανάλυση σε σεισμό - γενική ευστάθεια - $\alpha:\beta=2:1$

ΕΔΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - SOIL CHARACTERISTICS

soil pattern	total unit wt. γ_t (kN/m ³)	saturated unit wt. γ_s (kN/m ³)	cohesion intercept c (kPa)	friction angle ϕ (°)	pore pressure param.
1	21,6	21,6	18,0	20,0	0,0000
2	21,9	21,9	0,0	16,0	0,0000
3	22,0	22,0	20,0	35,0	0,0000
4	21,1	21,1	5,0	35,0	0,0000

SLIDING BLOCK trial failure surfaces

Factor of safety by the simplified JANBU method

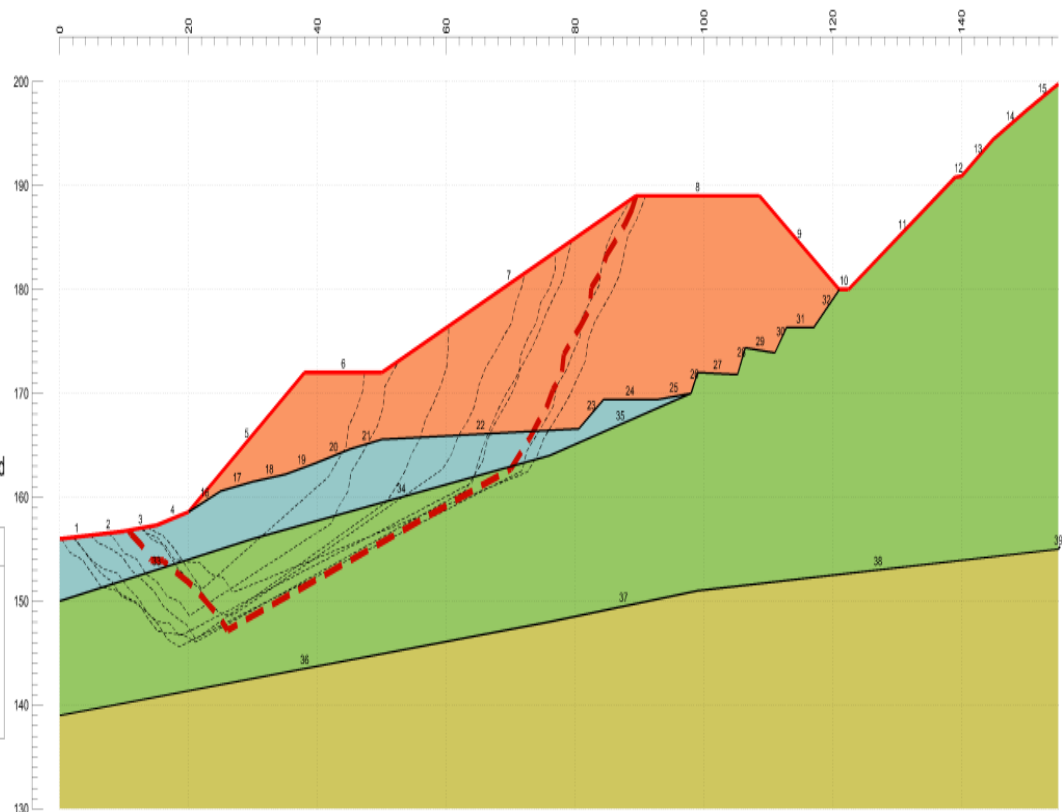
CRITICAL FAILURE SURFACE

$X_0 = -$

$Y_0 = -$

radius $R_0 = -$

min F.S. = 1,103



6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο πινάκων αμέσως καταλαβαίνουμε ότι τα υπόγεια ύδατα δεν μεταβάλουν σχεδόν καθόλου το συντελεστή ευστάθειας και συγκεκριμένα στο φυσικό ανάγλυφο ο συντελεστής παραμένει ο ίδιος. Οπότε οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι δεν αποτέλεσαν σημαντικό αίτιο στην πρόκληση του ερπυσμού αλλά στην περαιτέρω εξέλιξή του, βασικό ρόλο όμως αποτελεί η προσθήκη δυνάμεων ροής νερού από βροχόπτωση.

Τα αποτελέσματα των συντελεστών ασφάλειας, δείχνουν ότι έχουμε επίπεδη επιφάνεια ολίσθησης και όχι κυκλική επιφάνεια ολίσθησης. Αυτό φαίνεται από τις μεθόδους circular surface-modified Janbu και circular surface-modified Bishop που μας δίνουν αστοχία με συντελεστή ασφάλειας 0,9 στο ημιτελές επίχωμα, πράγμα το οποίο δεν συμβαίνει. Επομένως συμπεραίνουμε πως τα χαρακτηριστικά αντοχής του στρώματος ($c=0$, $\phi=16$) δεν ισχύουν για όλες τις διευθύνσεις αλλά πιθανότατα για μία συγκεκριμένη, δηλαδή για την θεωρούμενη διεπιφάνεια. Η οποία είναι επίπεδη αυτό φαίνεται από τις μεθόδους random irregular surface-modified Janbu, sliding block surface-modified Janbu και specific failure Surface-modified Janbu.

Για την περίπτωση της θεωρούμενης διεπιφάνειας με στοιχεία ($c=0$, $\phi=16$) οι αναλύσεις για το ημιτελές επίχωμα δίνουν τιμές FS 1,10 με 1,25 περίπου, όπως φαίνεται στους πίνακες 2-3 αναλυτικά. Τιμές οι οποίες είναι δυνατόν να δημιουργήσουν φαινόμενα ερπυσμού με την προσθήκη δυνάμεων ροής νερού από πιθανή βροχόπτωση (όπως και έχει συμβεί).

Το γεγονός ότι ο οφειόλιθος είναι τόσο αποσαθρωμένος, ώστε να έχει τα χαρακτηριστικά ενός εδαφικού υλικού και το γεγονός της εμφάνισης του ερπυσμού στο σημείο κατασκευής του έργου, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπήρχε μια παλιότερη κατολίσθηση στη περιοχή. Δυνάμεις όπως το βάρος της κατασκευής και των δυνάμεων ροής του νερού από βροχόπτωση μπορεί να επαναδραστηριοποίησαν τα σημεία της κατολίσθησης.

Τα βασικά-υπερβασικά και σκουρόχρωμα πετρώματα όπως είναι ο οφειόλιθος αποσαθρώνονται ευκολότερα από άλλα πετρώματα. Με την υπόθεσή της παλιότερης κατολίσθησης και των υπόγειων νερών της περιοχής, δικαιολογούμε τη ζώνη αδυναμίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



- ΚΩΝ/ΝΟΣ ΔΗΜΑΡΑΣ –ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΣΑΤΣΟΣ Τεύχος 1 " ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ , ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ " Μελέτη "ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ ΑΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΩΝ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ " ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε. ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ Α.Ε. 2008
- ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ (ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ) ΚΩΝ/ΝΟΣ ΔΗΜΑΡΑΣ ΓΕΩΓΝΩΣΗ ,ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΣΑΤΣΟΣ ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ Α.Ε.
- ΘΩΜΑΣ ΜΑΚΕΔΩΝ " ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ & ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ & ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ " Θεσσαλονίκη 2005
- ΚΛΕΟΠΑΣ Μ.ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ - ΜΙΧΑΛΗΣ Κ.ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ - ΑΝΕΣΤΗΣ Α.ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ " ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ 1 " Θεσσαλονίκη 2003
- ΓΕΩΡΓΙΟΣ Χ.ΣΟΥΛΙΟΣ 1 τόμος " ΓΕΝΙΚΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ " University Press 1996
- ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ Μ.ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ " ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ " University Press 2007