

**ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ  
ΕΡΓΟΥ «ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ, ΕΠΕΚΤΑΣΗ  
ΚΑΙ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ Ε.Ε.Λ.  
Δ.Ε. ΦΙΛΙΠΠΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ»**

**ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΜΕΝΟΣ: «ΔΕΥΑ ΚΑΒΑΛΑΣ»**

- Ο -

**Μελετητής**

**ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Μ. ΚΩΝ/ΝΟΣ**  
ΓΕΩΛΟΓΟΣ - ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ  
Α.Μ. ΓΕΩΤΕΕ: 401632 - ΥΠΕΧΩΔΕ: 17673  
ΕΥΞ. ΠΟΝΤΟΥ 21 - 654 04 ΚΑΒΑΛΑ  
Α.Φ.Μ.: 027279528 - Δ.Ο.Υ.: Β' ΚΑΒΑΛΑΣ

**Κωνσταντίνος Μ. Παπακωνσταντίνου**  
Γεωλόγος – Μηχανικός Πετρελαίων  
ΑΜ: 17672

**ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2017**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΣΚΟΠΟΣ.....	3
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	4
3. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	12
4. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ .....	16
5. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	19
6. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ .....	20
9. ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ.....	21
10. ΦΥΣΙΚΕΣ & ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ .....	21
11. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ – ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ.....	23
12. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΔΑΦΟΥΣ $K_s$ .....	25
13. ΕΚΣΚΑΦΕΣ - ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ .....	27
14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	28
15. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	29

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

B. ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

## 1. ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα μελέτη με τίτλο «ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ «ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ, ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ Ε.Ε.Λ. Δ.Ε. ΦΙΛΙΠΠΩΝ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ» ανατέθηκε από τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Καβάλας στον κ. Παπακωνσταντίνου Κωνσταντίνο, Γεωλόγο – Μηχανικό Πετρελαίων, κατόχου μελετητικού πτυχίου του Ν.716/1977, τάξης Β', στην κατηγορία 21 και αριθμό μητρώου πτυχίου ΑΜ 17672.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση και ο προσδιορισμός των συνθηκών υπεδάφους (στρωματογραφία, χαρακτηριστικά εδάφους) σε επιλεγμένη θέση του έργου, έτσι ώστε να εκτιμηθούν οι τιμές των εδαφικών παραμέτρων που απαιτούνται για την κατασκευή του έργου (χαρακτηριστικά αντοχής εδάφους, επιτρεπόμενη τάση θεμελίωσης, αναμενόμενες καθιζήσεις, δείκτης εδάφους, σεισμική επικινδυνότητα κ.λ.π.).

Για την εκπόνηση της μελέτης πραγματοποιήθηκαν επί τόπου εξετάσεις των γεωλογικών και τεχνικογεωλογικών συνθηκών της περιοχής του έργου και αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων γεωτεχνικών στοιχείων.

Στην περιοχή του έργου ανορύχθηκε μία (1) δειγματοληπτική γεώτρηση ενώ εντός αυτής εκτελέστηκε και η Πρότυπη Δοκιμή Διείσδυσης (SPT).

Σκοπός της ανόρυξης της γεώτρησης Φ32 ήταν η ανάκτηση δείγματος μέσω πυρηνοληψίας από το υπέδαφος. Στο δείγμα αυτό εκτελέστηκαν κατάλληλες εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής. Παράλληλα προσδιορίστηκε η στρωματογραφία, οι μηχανικές ιδιότητες του υπεδάφους, καθώς και η πιθανή ή μη παρουσία υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή του έργου.

Τα γεωλογικά, στρωματογραφικά και γεωτεχνικά στοιχεία του υπεδάφους θεμελίωσης της εγκατάστασης, προέκυψαν από τη δειγματοληπτική γεώτρηση Φ32, από τις επιτόπου δοκιμές πρότυπης διείσδυσης (SPT) εντός της παραπάνω γεώτρησης καθώς και από την εκτέλεση των κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής σε δοκίμια από την προαναφερθείσα γεώτρηση. Τα γεωλογικά καθώς και τα σεισμολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής μελέτης που παρατίθενται, βασίστηκαν στον αντίστοιχο γεωλογικό χάρτη του τυρφώνος των Φιλιππων και της περί αυτόν περιοχής του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους (Ι.Γ.Ε.Υ. – 1969) καθώς και στον ΕΑΚ 2000.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η θέση έρευνας από γεωλογικής πλευράς, εντάσσεται στη μάζα της Ροδόπης. Η μάζα αυτή καταλαμβάνει την περιοχή μεταξύ των ποταμών Στρυμόνα και Έβρου, τη Θάσο και ένα μεγάλο τμήμα της Νότιας Βουλγαρίας. Σύμφωνα με τις απόψεις της Θεωρίας των Τεκτονικών Πλακών η μάζα της Ροδόπης, μαζί με τη Σερβο-μακεδονική μάζα, θεωρούνται τμήματα της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, που κατέχουν την πιο εσωτερική περιοχή των Ελληνικών οροσειρών και αποτελούν την Ελληνική Ενδοχώρα. Η περιοχή του έργου ανήκει στις πρόσφατες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις.



**Εικόνα 1:** Μάζα Ροδόπης

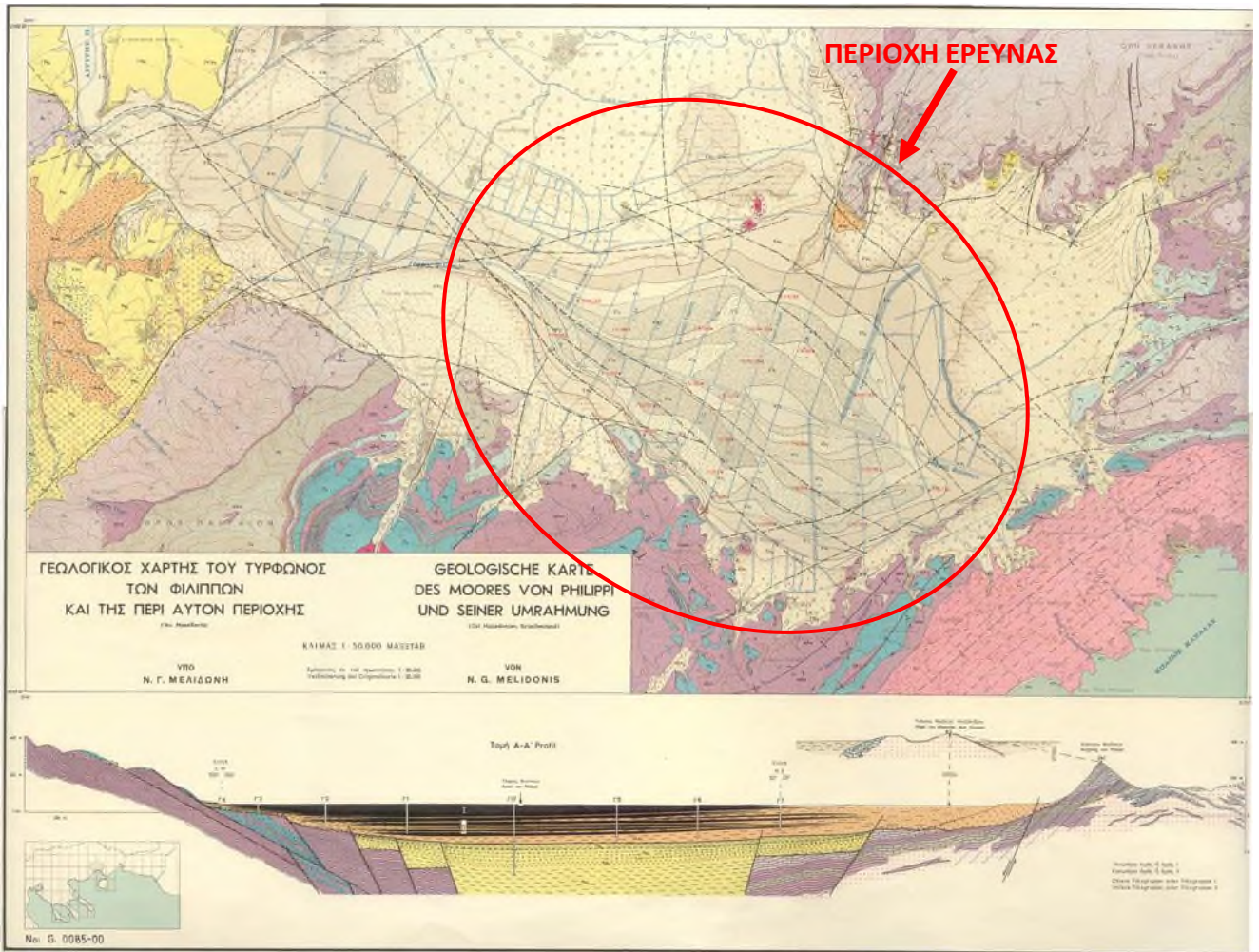
Στα νότια και ανατολικά της Ροδοπικής Μάζας αναπτύχθηκαν επικλυσιογενείς παλαιογενείς λεκάνες με απόθεση μολλασικών ιζημάτων μεταλπικής ηλικίας που συνοδεύτηκαν και από ηφαιστειακή δραστηριότητα ασβεσταλκαλικού τύπου καθώς και πλουτώνια μετατεκτονικά πετρώματα.

Η ιζηματογενής λεκάνη του Δ. Νέστου συνολικής έκτασης 450 Km<sup>2</sup> αποτελεί μέρος της ευρύτερης ταφρογενούς λεκάνης του ΠΡΙΝΟΥ που και αυτή με τη σειρά της αποτελεί μέρος του

ευρύτερου ιζηματογενούς χώρου που στο Παλαιόκαινο ξεκινά από τη Γιουγκοσλαβία και μέσω του Θερμαϊκού και του Βόρειου Αιγαίου φθάνει στη Μαύρη Θάλασσα. Από τα μέχρι σήμερα στοιχεία, κυρίως της έρευνας υδρογοναθράκων, τα παλαιότερα ιζήματα στο χώρο του Δέλτα ανήκουν στο μειόκαινο (Μέσο-Κατώτερο) και αποτελούνται από κλαστικούς δελταϊκούς και χερσαίους σχηματισμούς με εναλλαγές λεπτόκοκκων έως αδρόκοκκων ψαμμιτών, ιλυολίθων και αργιλιτών, ενώ στα κατώτερα μέρη υπερτερούν τα κροκαλοπαγή.

Πάνω στα κλαστικά ιζήματα αναπτύσσεται εβαποριτική σειρά ιζημάτων θαλάσσιας προέλευσης του Αν. Μειόκαινου, κυρίως όμως στα βαθύτερα της λεκάνης. Οι Πλειοτεταρτογενείς σχηματισμοί κάθονται ασύμφωνα πάνω στους σχηματισμούς του Μειόκαινου και αποτελούνται στα κατώτερα μέρη από εναλλαγές χαλαρών ψαμμιτών και αργίλων χερσαίας και δελταϊκής προέλευσης, που στα κατώτερα μέρη και προς το κέντρο της λεκάνης μεταβαίνουν σε σχηματισμούς θαλάσσιας φάσης με πάχος που φθάνει τα 1.000μ.

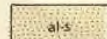
Το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδοπικής μάζας και κυρίως πετρώματα της Μαρμαρο-αμφιβολιτικής σειράς και των ανθρακικών σειρών (Μάρμαρα του Boz-Dag). Η επαφή μεταξύ των αλλουβιακών αποθέσεων της λεκάνης με τους μεταμορφωμένους σχηματισμούς καλύπτει κατά το μεγαλύτερο μέρος από κώνους κορημάτων, αποτελούμενοι από υλικά αποσάθρωσης των μαρμάρων και γνευσίων, που κατά θέσεις είναι συγκολλημένα λατυποπαγή με ασβεστιτική συγκολλητική ύλη.



**Εικόνα 2:** Γεωλογικός χάρτης του τυρφώνος των Φιλιππων και της περί αυτόν περιοχής του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους (Ι.Γ.Ε.Υ. – 1969)

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

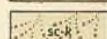
Όλοκαινόν



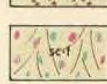
Παράκτιοι ἄμμοι.



Έρυθρογή μετά ἢ ἄνευ λατυπῶν ἐκ μαρμάρου καὶ σχιστολίθου.



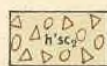
Κῶνοι κορημάτων.



Κῶνοι ποταμίων ἀποδέσεων. Ὀγκόλιθοι, οἷτινες, καταρχόμενοι πρὸς τὰ χαμηλότερα ἐπίπεδα, βαθμιαίως σμικρύνονται καὶ ἀποστρογγυλοῦνται, μετατρέπομενοι οὕτω εἰς κροκάλας, ἐξελισσομένας καὶ ἐν τέλει εἰς ἄμμον μετά πηλοῦ.



Πλευρικά κορήματα μετά ἢ ἄνευ πηλοῦ. Ταῦτα, εἰς τινὰς περιπτώσεις, ἔχουν μεταφερθῆ ἐν μέρει διὰ τῶν ρεόντων ὑδάτων.



Χαλαρὰ κροκαλοπαγῆ μετά ἐρυθροχρόου πηλοῦ, μεταφερθέντα διὰ τῶν ρεόντων ὑδάτων εἰς μικροτέρου ὕψομετρον — ἐν σχέσει πρὸς τὰ προηγούμενα — ἐπίπεδα ἰσορροπίας.



Κατωτέρα ἀναβαθμῖς. Ταύτην συνιστοῦν ἄπασαι αἱ νεώτεραι καὶ μὴ τετμημένα μορφαὶ συσσωρεύσεως ὕλικῶν τῶν τοπογραφικῶς χαμηλοτέρων τομέων τῆς περιοχῆς. Εἰς αὐτὴν ἀνήκει τὸ σύνολον τῶν ἐξ ἀποσφρώσεως ὕλικῶν, τῶν καλυπτόντων τὴν περὶ τὸ κοίτασμα πεδιάδα, ὡς καὶ αἱ σύγχρονοι ποτάμια ἀποθέσεις.



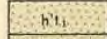
Αἱ μεταξὺ λιμναίων καὶ χερσαίων ἀποδέσεων μεταβατικαὶ φάσεις, ὑποδηλοῦσαι τὴν κατὰ διαφόρους περιόδους μεταβαλλομένην στάθμην τῆς λίμνης.



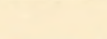
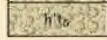
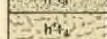
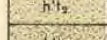
Ἄργιλοι λιμναίας φάσεως, αἷτινες ἐναλλάσσονται συνήθως πρὸς ἑτέρους σχηματισμοὺς λιμναίας, ποταμίας καὶ χερσαίας φάσεως (ἀσβεστολιθικὰς ἰλύς, ἄμμους, πηλοῦς κ.ἄ.).



Κουμώδης ἄργιλος. Ἡ μεταξὺ ἀργίλου καὶ τύρφης μεταβατικὴ ζώνη.



Τύρφη. Αἱ ἀποχρώσεις τοῦ τεφροῦ χρώματος ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰς ζώνας διαφόρου ποσοστοῦ τέφρας (ἐπὶ ξηροῦ) τοῦ ἀνωτάτου ὀριζοντος (μέχρι βάθους 1,20 μ.) τοῦ κοιτάσματος.  $h't_5 < 18\%$ ,  $h't_4 = 18-23,5\%$ ,  $h't_3 = 23,5-30\%$ ,  $h't_2 = 30-40\%$ , καὶ  $h't_1 = 40-50\%$ .



(Τὸ ὄριον Ὀλοκαινοῦ/Πλειστοκαινοῦ εὐρίσκεται, εἰς τὴν κεντρικὴν περιοχὴν τοῦ τυρφῶνος, εἰς βάθος 12 μ.).

Πλειστόκαινόν



Ἄργιλοι λιμναίας φάσεως, ἐναλλασσόμενοι συνήθως πρὸς ἑτέρους σχηματισμοὺς λιμναίας καὶ χερσαίας φάσεως (μάργας, ἀσβεστολιθικὰς ἰλύς, ἄμμους, πηλοῦς κ.ἄ.).



Ἐνδιάμεσος ἀναβαθμῖς. Ἀποθέσεις συνιστάμεναι ἐκ χαλαρῶν, σχεδὸν ἄσυνδέτων, κροκαλοπαγῶν ἢ ἐξ ἀργιλομαργαϊκῶν ὕλων μετὰ ἀπολελυμένων κροκαλῶν. Ἐνίοτε (π.χ. εἰς τοὺς πρόποδας τοῦ Κάστρου τῶν Φιλίππων) ἀπαντῶνται ἐντὸς αὐτῶν θραύσματα ὀστράκων μαλακίων.



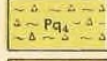
Ἄνωτέρα ἀναβαθμῖς. Ἐρυθρόχρους ψαμμοῦχος πηλός, μετὰ κροκάλας καὶ λατύπας ἐκ μαρμάρου, καλύπτων τὰς ἐξομαλυνθείσας — συνεπεία διαβρώσεως — ἐπιφανείας τοῦ Πλειστοκαινοῦ.

(Τὸ ὄριον Πλειστοκαινοῦ/Πλειοκαινοῦ εὐρίσκεται, εἰς τὴν κεντρικὴν περιοχὴν τοῦ τυρφῶνος, εἰς βάθος 200—210 μ.).

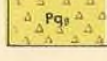
Πλειόκαινόν



Ἐναλλαγαὶ μαργῶν, ψαμμοῦχων μαργῶν, ἀργίλων καὶ ἄμμων.



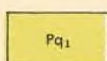
Ἐρυθρός ψαμμοῦχος πηλός μετὰ λατυπῶν ἐκ μαρμάρου καὶ σχιστολίθου.



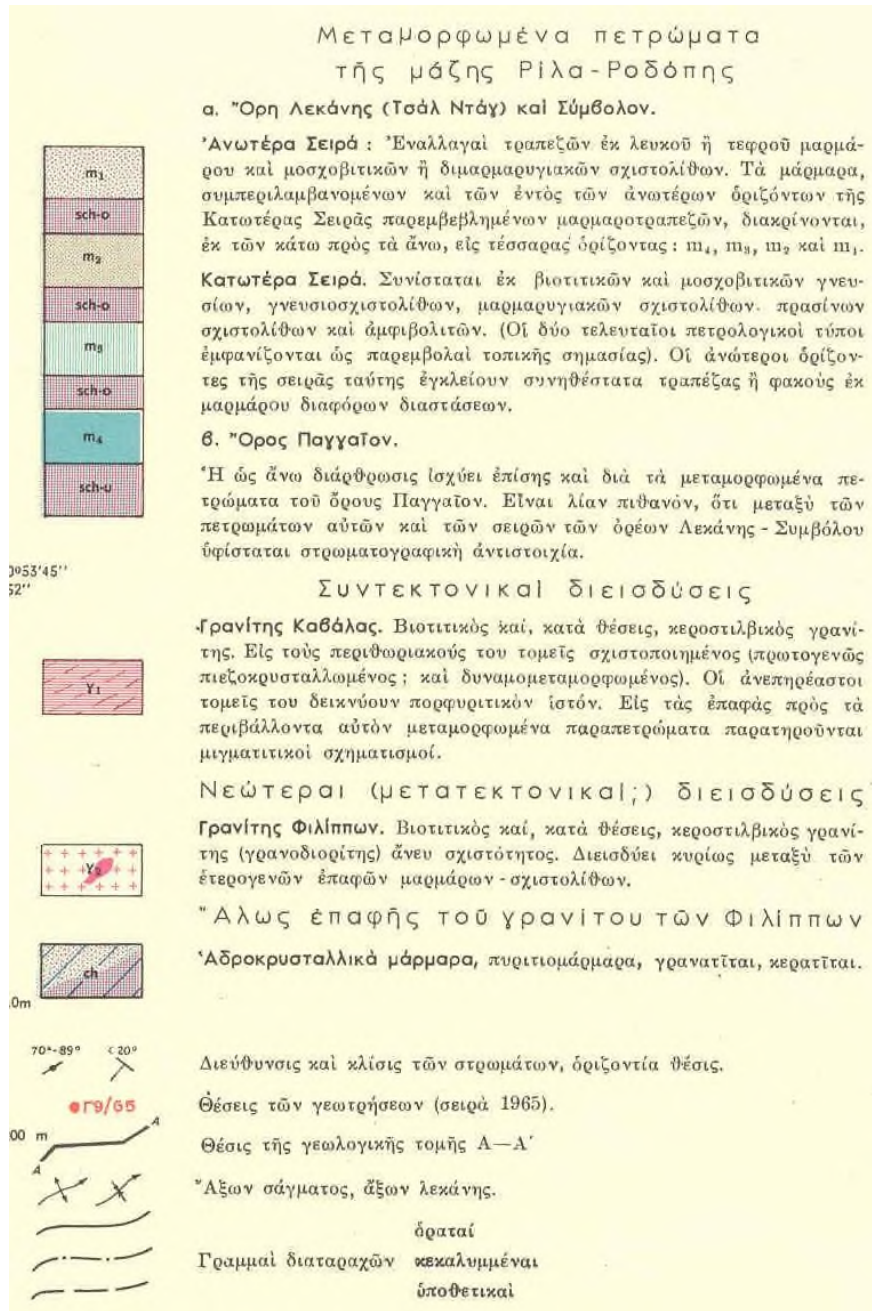
Συμπαγὲς λατυποπαγὲς τῆς Κορμίστης. Λατύπαι, κυρίως ἐκ μαρμάρου, μετὰ συνδετικὴν ὕλην ἐρυθρὸν ψαμμοῦχον πηλόν.



Ἀσβεστοῦχος ἄργιλος ἕως μάργα, μετὰ παρεμβολῶν καθαρῶς ἀργίλου. Ἐντὸς οὗτῆς παρενεσπαρμένα κροκάλα, σημαντικοῦ ἐνίοτε μεγέθους (ὀγκόλιθοι), ἐκ μαρμάρου. Μεταξὺ τῶν ἐπιφανειακῶν ἀποσφρωμάτων ἀνευρίσκονται ἀπολελυμένα θαλάσσια ἀπολιθώματα.



Ἄργιλοι λιμναίας φάσεως. Ἐντὸς αὐτῶν ἀπαντᾶται στρώμα λιγνίτου πάχους 0,2 μ. ἕως 4,5 μ.



**Εικόνα 3:** Απόσπασμα Γεωλογικῆς χάρτη του τυρφώνος των Φιλίππων και της περί αὐτὸν περιοχῆς του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνῶν Υπεδάφους (Ι.Γ.Ε.Υ. – 1969)



Η μελέτη της μάζας της Ροδόπης παρουσιάζει και παρουσιάζει πολλές δυσκολίες και αυτό οφείλεται κυρίως στην απουσία μη μεταμορφωμένων σχηματισμών και γενικότερα στην ασάφεια που υπάρχει σχετικά με τη λιθοστρωματογραφική διάρθρωσή της. Γενικά, η μάζα της Ροδόπης έχει μελετηθεί μόνο από πλευράς λιθομεταμορφικής εξέλιξης, επειδή αποτελείται εξ ολοκλήρου από κρυσταλλοσχιστώδη και εκρηξιγενή πετρώματα, των οποίων το ορατό πάχος φτάνει τα 10 χλμ. και σύμφωνα με άλλους μελετητές, τα 24 χλμ.

Σύμφωνα με διάφορους μελετητές, στο κρυσταλλοσχιστώδες της μάζας αυτής διακρίνονται τέσσερις οριζόντες ή σειρές, το συνολικό πάχος των οποίων φθάνει τα 21-24 χλμ. Οι σειρές αυτές, από τις κατώτερες προς τις ανώτερες, είναι:

- Η Σειρά Ε, των γνευσίων,
- Η Σειρά F, των μαρμάρων,
- Η Σειρά G, των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων,
- Η Σειρά Η, των σχιστόλιθων και μαρμάρων.

- Η Σειρά Ε των γνευσίων της βάσης με πάχος περίπου 7 χιλ. εμφανίζεται στη Δυτική Ροδόπη και περιλαμβάνει κατά σειρά μοσχοβιτικούς γνεύσιους, βιοτιτικούς και διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και σιπολινών. Η σειρά αυτή είναι μια παλιά ιζηματογενής σειρά με βαθμιαία μετάβαση προς την υπερκείμενη σειρά μαρμάρων.

- Η Σειρά F των μαρμάρων εκτείνεται στην Ανατολική Μακεδονία μέχρι τον Νέστο. Αποτελείται κυρίως από μάρμαρα με ενστρώσεις σιπολινών, μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, ασβεστούχων μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων και αμφιβολιτών.

- Η Σειρά G των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων εμφανίζεται στην περιοχή του Νέστου με πάχος 5 χιλ. και αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους που συχνά μεταπίπτουν σε γνεύσιους, ενώ σπάνια παρεμβάλλονται αμφιβολίτες καθώς και φακοί μαρμάρων.

- Η Σειρά Η των σχιστολίθων και μαρμάρων αναπτύσσεται στη ΒΑ πλευρά του Νέστου, με πάχος περί τα 3 χιλ. και αποτελείται κυρίως από σχιστόλιθους και μάρμαρα.

Με βάση τα συμπεράσματα των μελετών που έγιναν σε διάφορες περιοχές της μάζας της Ροδόπης για την τεκτονική της εξέλιξη έχει προκύψει ότι σ' αυτήν έλαβαν χώρα τρεις τεκτονικές φάσεις:

α) Η πρώτη φάση έχει προκαλέσει ισοκλινείς, συμμεταμορφικές πτυχές, με διεύθυνση άξονα Β-Ν. Η ηλικία της φάσης αυτής είναι μάλλον παλαιοζωική και έχει προκαλέσει την πρώτη κύρια μεταμόρφωση των πετρωμάτων της μάζας αυτής.

β) Η δεύτερη φάση έχει δώσει υποϊσοκλινείς πτυχές, με διεύθυνση άξονα ΒΑ/κή – ΝΔ/κή έως ΑΒΑ/κή-ΔΝΔ/κή. Οι δομές της φάσης αυτής κυριαρχούν στα πετρώματα της Ροδόπης και οι περισσότεροι πλουτωνίτες είναι προσανατολισμένοι με τη διεύθυνση των αξόνων των δομών που αυτή έχει προκαλέσει. Η ηλικία της φάσης αυτής είναι μάλλον ηωκαινική-ολιγοκαινική, αν και υπάρχουν υπόνοιες ότι αυτή μπορεί να είναι παλαιοζωική ή ιουρασική-κατωκρητιδική.

γ) Η τρίτη φάση έχει δώσει πτυχές ανοικτές με διεύθυνση άξονα ΒΔ/κή-ΝΑ/κή και πιστεύεται ότι είναι ηλικίας του Τριτογενούς, ίσως του Ολιγοκαίνου. Πολλές εφίππευσεις και μικρής έκτασης επωθήσεις που παρατηρούνται στη Ροδόπη οφείλονται στη φάση αυτή. Επίσης, στη φάση αυτή οφείλεται μάλλον και η μεγάλη εφίππευση που απαντάται στο Ελληνικό τμήμα της Ροδόπης.

Με βάση την παραπάνω εφίππευση, οι Παπανικολάου και Παναγόπουλος (1981) διακρίνουν τη μάζα της Ροδόπης του Ελληνικού τμήματος σε δυο τεκτονικές Ενότητες: μια ανώτερη, την οποία έχουν ονομάσει Ενότητα του Σιδηρόνερου και μια κατώτερη, που την ονόμασαν Ενότητα του Παγγαίου.

Οι μελετητές αυτοί αναφέρουν επίσης ότι η ανώτερη τεκτονική Ενότητα εφίππεύει την κατώτερη με ώθηση από Βορρά προς Νότο.

- Η ανώτερη Ενότητα απαντάται στη βόρεια περιοχή του ελληνικού τμήματος της Ροδόπης, κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων και αποτελείται κυρίως από

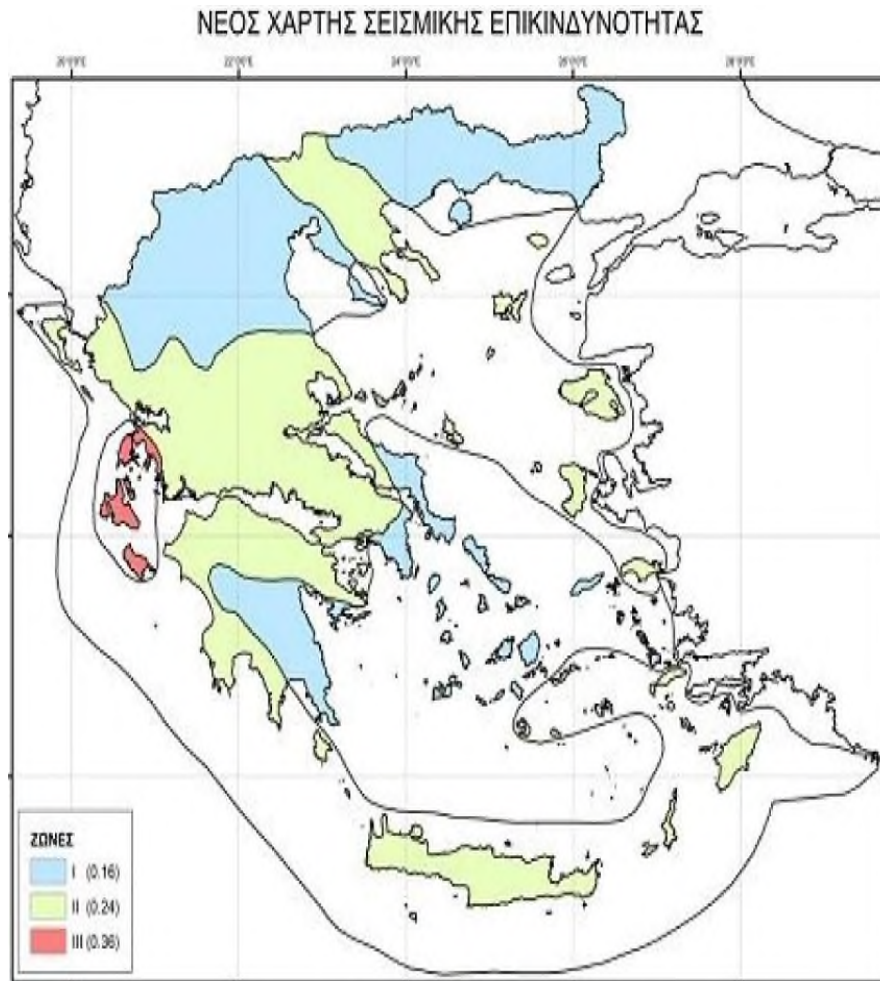
οφθαλμογενεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, με λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μειγματίτες (Σειρά Ε).

- Η κατώτερη Ενότητα αποτελείται από: i) έναν κατώτερο ορίζοντα με ορθογενεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιθολίτες, ii) ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων και iii) έναν ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές σχιστόλιθων και μαρμάρων (Σειρά Η).

Συμπερασματικά, μπορούμε να σημειώσουμε ότι με τις τεκτονικές φάσεις που περιγράφηκαν παραπάνω συνεπάγεται ότι η μάζα της Ροδόπης δέχτηκε και παραμορφώσεις αλπικής ηλικίας.

### 3. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ο νέος Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας ενσωματώνεται στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό του 2000, που τροποποιήθηκε με την απόφαση Δ 17α/115/9/ΦΝ 275/7-8-2003 του Υφυπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε και δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1154Β/12-8-2003. Ο σχετικός χάρτης με τις τρεις κατηγορίες ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας (I, II και III) παρατίθεται στην Εικόνα 7.



**Εικόνα 4:** Νέος Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I, με αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση εδάφους 0.16 για πιθανότητα υπέρβασης 10% στα επόμενα 50 χρόνια.

Για κάθε ζώνη προτείνεται επίσης σχέση μεταξύ της αναμενόμενης εδαφικής επιτάχυνσης και της μέσης περιόδου επανάληψης. Η πιθανότητα υπέρβασης ορισμένης τιμής της έντασης  $P_t$ , σε

χρονικό διάστημα  $t$  ετών και σε συνδυασμό με την περίοδο επανάληψης  $T$ , δίνεται από την σχέση (1):

$$P_t = 1 - \exp(-t/T) \quad (1)$$

Για πιθανότητα υπέρβασης  $P_t = 10\%$  και χρόνο  $t = 50$  έτη προκύπτει με την εφαρμογή της σχέσης (1), ότι η μέση περίοδος επανάληψης είναι  $T = 475$  χρόνια.

Με βάση τη στρωματογραφία που αναγνωρίστηκε από τη γεωτεχνική έρευνα που πραγματοποιήθηκε, το έδαφος θεμελίωσης κατατάσσεται στην Κατηγορία Δ (Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλαστιμότητας ( $I_p > 50$ ) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.).

Ο συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης ο οποίος είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό της κατασκευής, δίδεται σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000 με τον τύπο:

$$R_d(T) = \gamma_1 \times A \times \eta \times \theta \times \beta_o/q \quad (2)$$

Όπου,

$\gamma_1$ : ο συντελεστής σπουδαιότητας του κτιρίου (παρ. 2.3.4 ΕΑΚ 2000)

$A = \alpha \times g$ : μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση σχεδιασμού

$\eta$ : διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης  $\neq 5\%$

$\theta$ : συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης (παρ. 2.3.7 ΕΑΚ 2000)

$\beta_o = 2.5$  συντελεστής φασματικής ενίσχυσης

$q$ : συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής (παρ. 2.3.5 ΕΑΚ 2000)

Σύμφωνα με τα στοιχεία του έργου οι ανωτέρω συντελεστές έχουν τις εξής τιμές:

$$\gamma_1 = 0.85 \text{ (§ 2.3.4 ΕΑΚ 2000)}$$

$$A = \alpha \times g = 0.16g \text{ (πιν. 2.2 ΕΑΚ 2000)}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \zeta}}, \text{ για } \zeta = 5 \text{ (πιν. 2.8 ΕΑΚ 2000)} \Rightarrow \eta = \sqrt{\frac{7}{2 + 5}} \Rightarrow \eta = 1,00$$

$$\theta = 0.9 \text{ (§ 2.3.7, ΕΑΚ 2000)}$$

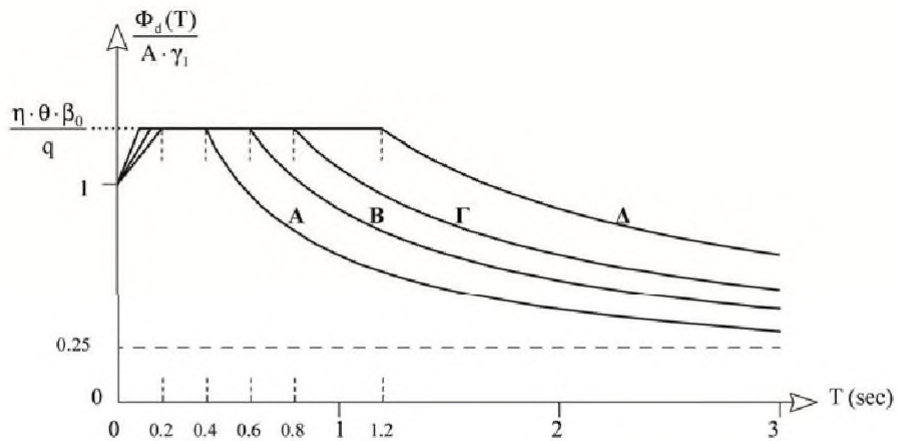
$$\beta_0 = 2.5$$

$$q = 3.5 \text{ (§ 2.3.5, ΕΑΚ 2000)}$$

Σύμφωνα με την εξίσωση (2), είναι:

$$R_d(T) = 0.86$$

Σημειώνεται ότι σε περίπτωση όπου η ιδιοπερίοδος του κτηρίου δεν είναι μεταξύ των τιμών 0.20 sec και 1.20 sec η τιμή του  $\Phi_d(T)$  μειώνεται με βάση το τροποποιημένο ελαστικό φάσμα σχεδιασμού σύμφωνα με τους τύπους 2.1α και 2.1γ του ΕΑΚ 2000.



**Σχήμα 2.1:** Φάσμα Σχεδιασμού:  $\frac{\Phi_d(T)}{A \cdot \gamma_1}$  [Σχεδίαση για  $\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} = 2.5/2.0$ ]

Περιοχή Περιόδων

Εξίσωση

$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right] \dots\dots\dots (2.1.α)$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \dots\dots\dots (2.1.β)$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.1.γ)$$

**Σχήμα 1:** Ελαστικά φάσματα σχεδιασμού σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000.

#### 4. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Για τη συστηματική αναγνώριση των εδαφικών σχηματισμών στη θέση κατασκευής των νέων έργων, ανορύχθηκε μία (1) γεώτρηση, βάθους 20.0 μ. έκαστη και παράλληλα με τη διάτρηση εκτελέστηκε εντός της γεώτρησης και επί τόπου δοκιμή πρότυπης διείδυσης (SPT).

	WGS 84		ΕΓΣΑ 87		Υψόμετρο (m)
	φ	λ	X	Y	
Γεώτρηση Φ32	40° 57' 37,77"	24° 19' 39,69"	527427.24	4534137.43	49

**Πίνακας 1:** Συντεταγμένες γεώτρησης Φ32.

Η επιλογή της θέσης της γεώτρησης, έγινε με βάση τα εξής κριτήρια:

- Να είναι δυνατή η περιγραφή όλων των γεωϋλικών που εμφανίζονται στα επιφανειακά εδαφικά στρώματα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία μίας πλήρους εικόνας για το υλικό θεμελίωσης του προς κατασκευή έργου.
- Να είναι εφικτή η περιγραφή των γεωλογικών – γεωτεχνικών συνθηκών κατά βάθος, στη θέση θεμελίωσης του έργου.

#### ΓΕΩΤΡΗΣΗ

Η γεώτρηση εκτελέστηκε σύμφωνα με τις θεσμοθετημένες «Τεχνικές Προδιαγραφές Δειγματοληπτικών Γεωτρήσεων Ξηράς για Γεωτεχνικές Έρευνες» προδιαγραφές Ε101-83 του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (ΦΕΚ 363/24-06-1983, τεύχος Β'). Σύμφωνα με τις προδιαγραφές και με βάση τη φύση του υπεδάφους, χρησιμοποιήθηκε ο καταλληλότερος εξοπλισμός και εφαρμόστηκε η πλέον πρόσφορη τεχνική διατρήσεως ώστε να εξασφαλιστεί ο σωστός και συνεχής προσδιορισμός της φύσεως του υπεδάφους με το μέγιστο ποσό πυρηνοληψίας και τη μείωση στο ελάχιστο του θρυμματισμού των εδαφικών δειγμάτων, της αποπλύσεως και της διαταραχής του εδάφους. Η διάτρηση έγινε με την κρουστικο-περιστροφική μέθοδο διάτρησης με κοπτικό T101W με παράλληλη δειγματοληψία με τη βοήθεια κατάλληλων δειγματοληπτών. Κατά τη διάρκεια της ανόρυξης της γεώτρησης ελήφθησαν δείγματα «φραγμού» με περιστροφή.



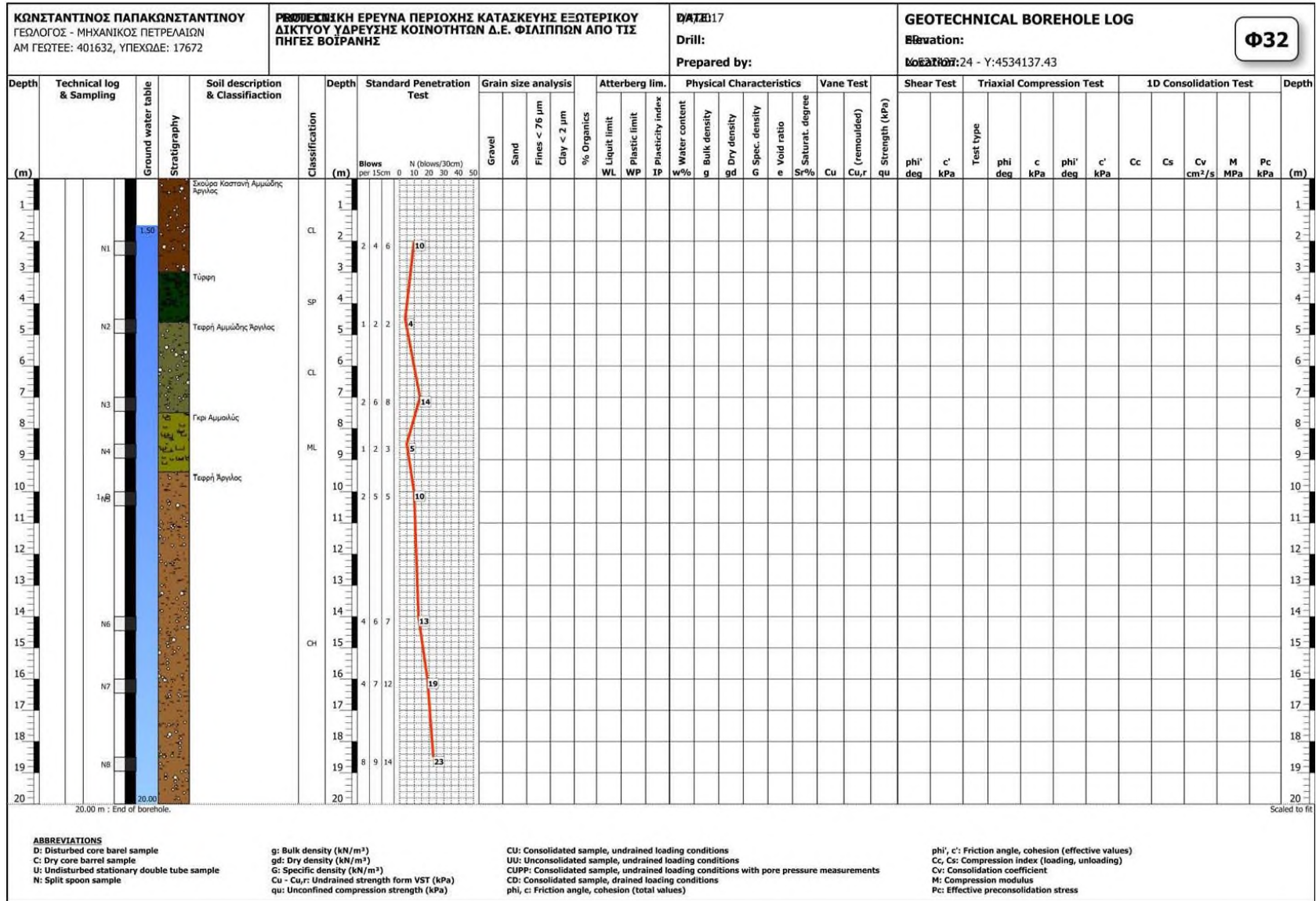
Επιπλέον, έγινε συνεχής καταγραφή της τομής της, των στοιχείων της διάτρησης, της δειγματοληψίας, καθώς και πλήρης φωτογραφική αποτύπωση όλων των παραπάνω από Μηχανικό.

Όλα τα δείγματα συσκευάστηκαν κατάλληλα σε πλαστικές σακούλες για αποφυγή απώλειας της φυσικής τους υγρασίας και στη συνέχεια σε ξύλινα κιβώτια, αριθμήθηκαν και έγινε φωτογραφική αποτύπωση τους και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου υποβλήθηκαν σε κατάλληλες εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής. Οι εργαστηριακές δοκιμές που εκτελέστηκαν παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

### **ΔΟΚΙΜΕΣ SPT**

Οι εργασίες πεδίου συμπεριέλαβαν εκτός από την γεωλογικά αναγνώριση των εδαφικών σχηματισμών, την επιλογή εδαφικών δειγμάτων σε αντιπροσωπευτικά βάθη, για την μετέπειτα εκτέλεση ενδεδειγμένων εργαστηριακών δοκιμών και την εκτέλεση, ανά τακτά διαστήματα βάθους, δοκιμών πρότυπης διείδυσης (SPT), σύμφωνα με τις θεσμοθετημένες «Τεχνικές Προδιαγραφές Επιτόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής για Γεωτεχνικές Έρευνες» (Ε106-86) Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε./Γ.Γ.Δ.Ε./Διεύθυνση Ερευνών Εδαφών.

Έγινε χρήση του πρότυπου δειγματολήπτη Terzaghi και κατά την εκτέλεση των δοκιμών, ελήφθησαν διαταραγμένα δείγματα. Όλα τα δείγματα συσκευάστηκαν κατάλληλα σε πλαστικές σακούλες για αποφυγή απώλειας της φυσικής τους υγρασίας και στη συνέχεια σε ξύλινα κιβώτια, αριθμήθηκαν ανά γεώτρηση και έγινε φωτογραφική αποτύπωση τους και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου υποβλήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές Εδαφομηχανικής. Στα εδαφικά δείγματα που λήφθηκαν, εκτελέστηκαν εργαστηριακές δοκιμές, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.



**ABBREVIATIONS**  
 D: Disturbed core barrel sample  
 C: Dry core barrel sample  
 U: Undisturbed stationary double tube sample  
 N: Split spoon sample

g: Bulk density (kN/m³)  
 gd: Dry density (kN/m³)  
 G: Specific density (kN/m³)  
 Cu - Cu,r: Undrained strength form VST (kPa)  
 qu: Unconfined compression strength (kPa)

CU: Consolidated sample, undrained loading conditions  
 UU: Unconsolidated sample, undrained loading conditions  
 CU:PP: Consolidated sample, undrained loading conditions with pore pressure measurements  
 CD: Consolidated sample, drained loading conditions  
 phi, c: Friction angle, cohesion (total values)

phi', c': Friction angle, cohesion (effective values)  
 Cc, Cs: Compression index (loading, unloading)  
 Cv: Consolidation coefficient  
 M: Compression modulus  
 Pc: Effective preconsolidation stress

Εικόνα 9: Τομή δειγματοληπτικής γεώτρησης Φ32

## 5. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι σχηματισμοί που δομούν την περιοχή είναι πρόσφατες αποθέσεις χαλαρών αμμωδών (ψαθυρών) υλικών με μεταβαλλόμενη περιεκτικότητα λεπτών ή και μεγαλύτερου πάχους στρώσεων αργίλου.

Οι διατρηθέντες σχηματισμοί χαρακτηρίζονται ψαθυροί, χαλαρής πυκνότητας ή συνεκτικοί μαλακοί.

Οι σχηματισμοί που αναγνωρίστηκαν στην περιοχή του έργου, παρουσιάζονται παρακάτω:

### Γεώτρηση Φ32

0.00 – 3.00μ	Σκούρα Καστανή Αμμώδης Άργιλος Κατάταξη κατά USCS: CL <b><u>ΣΤΡΩΜΑ 1</u></b>
3.00 – 4.60μ	Τύρφη Κατάταξη κατά USCS: SP <b><u>ΣΤΡΩΜΑ 2</u></b>
4.60 – 7.50μ	Τεφρή Αμμώδης Άργιλος Κατάταξη κατά USCS: CL <b><u>ΣΤΡΩΜΑ 3</u></b>
7.50 – 9.40μ	Γκρίζα Αμμοϊλός Κατάταξη κατά USCS: ML <b><u>ΣΤΡΩΜΑ 4</u></b>
9.40 – 20.00μ	Τεφρή Άργιλος Κατάταξη κατά USCS: CH <b><u>ΣΤΡΩΜΑ 5</u></b>

Επισημαίνεται ότι κατά την ανόρυξη της γεώτρησης παρατηρήθηκε ύπαρξη υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα σε βάθος  $\approx$  - 1.50 μ από την επιφάνεια του εδάφους.

## 6. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Σε επιλεγμένα αδιατάρακτα και διαταραγμένα δείγματα (φραγμοί) από τη γεώτρηση Φ32, εκτελέστηκαν εργαστηριακές δοκιμές, με στόχο τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των σχηματισμών και τον γεωτεχνικό τους χαρακτηρισμό.

Εκτελέστηκαν εργαστηριακές δοκιμές κατάταξης όπως:

- Προπαρασκευή δοκιμών σε ξηρή κατάσταση διαταραγμένων δειγμάτων
- Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας
- Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας και δείκτη πλαστικότητας
- Πρότυπη μέθοδος κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών – ξερή μέθοδος
- Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
- Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης
- Δοκιμή άμεσης διάτμησης
- Προσδιορισμός ειδικού βάρους εδαφών

Οι εργαστηριακές δοκιμές Εδαφικών δειγμάτων εκτελέστηκαν σύμφωνα με τις θεσμοθετημένες «Τεχνικές Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής» (Ε105-86) Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε./Γ.Γ.Δ.Ε./Διεύθυνση Ερευνών Εδαφών.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά οι δοκιμές που εκτελέστηκαν.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα της παρούσας μελέτης.

Η επιλογή των δειγμάτων έγινε με τρόπο ώστε να προσδιοριστούν όσο το δυνατόν ακριβέστερα οι φυσικές παράμετροι του σχηματισμού στην περιοχή έρευνας κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης του έργου και από τις δύο γεωτρήσεις, η οποία συνεισφέρει αφενός στη φέρουσα ικανότητα, αφετέρου δε δέχεται τις καθιζήσεις από την επίδραση του φορτίου θεμελίωσης. Οι παράμετροι αυτές θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των μηχανικών παραμέτρων σχεδιασμού και τον υπολογισμό των επιτρεπόμενων τάσεων και καθιζήσεων.

## 9. ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Σχετικά με την ασφαλή θεμελίωση των νέων αντλιοστασίων βάσει των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας, προέκυψαν τα ακόλουθα δεδομένα:

1. Οι συνθήκες θεμελίωσης χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής λόγω των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους θεμελίωσης (αμμώδης άργιλος), αλλά και της ιδιαίτερα υψηλής στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα  $\approx 1.50 - 2.00$  μ. από την επιφάνεια του εδάφους.
2. Κατά τις εκσκαφές θεμελίωσης αναμένεται να συναντηθούν υπόγεια νερά καθώς κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων εντοπίστηκε σε μικρό βάθος από το υφιστάμενο φυσικό έδαφος.

Συνεκτιμώντας το σύνολο των υφιστάμενων στοιχείων, τα ευρήματα της εκτελεσθείσας γεωτεχνικής έρευνας, τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής καθώς και τις απαιτήσεις των εν λόγω κατασκευών, επισημαίνονται τα ακόλουθα:

- ✓ Στην παρούσα περίπτωση, η γεωτεχνική στρώση αμμώδους αργίλου θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητική από άποψη φέρουσας ικανότητας και συμπίεστότητας για θεμελίωση.
- ✓ Η εκσκαφή θα πρέπει να γίνει τμηματικά με ταυτόχρονη αντιστήριξη των πρανών και άντληση των υπόγειων υδάτων.

## 10. ΦΥΣΙΚΕΣ & ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των γεωτεχνικών στρώσεων αξιολογούνται:

- α. άμεσα με βάση τα αποτελέσματα των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών και
- β. έμμεσα, από εμπειρικές σχέσεις γνωστές από τη βιβλιογραφία.

Κατά τον έμμεσο προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων, συσχετίζονται τα μεγέθη που προκύπτουν από διαφορετικές εργαστηριακές δοκιμές και εκτιμώνται μεγέθη που δεν έχουν προσδιοριστεί εργαστηριακά.

Οι γεωτεχνικοί παράμετροι των γεωλογικών σχηματισμών που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς είναι οι εξής:

#### **ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Φ32**

	<b>Χαρακτηρισμός</b>	<b>Βάθος (m)</b>	<b><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\gamma'</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\phi</math> (°)</b>	<b>C (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Es (MN/m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\nu</math></b>
1	Αμμώδης Άργιλος CL	3,0	21,0	11,0	17	20	7,4	0,4
2	Τύρφη SP	4,6	20,0	10,0	19	8	4,0	0,4
3	Αμμώδης Άργιλος CL	7,5	26,7	16,7	23	21	8,4	0,5
4	Αμμοιύς ML	9,4	21,0	11,0	27	8	4,0	0,4
5	Άργιλος CH	20,0	26,6	16,6	13	47	8,6	0,42

**Πίνακας 4:** Γεωτεχνικοί παράμετροι γεωλογικών σχηματισμών για τους υπολογισμούς.

## 11. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ – ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ

Η εκτίμηση της επιτρεπόμενης τάσης έναντι θραύσης του υπεδάφους για εσχάρα πεδιλοδοκών καθώς και για τετραγωνικά και ορθογωνικά πέδιλα πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό GGU-Footing κατά DIN 4017 και 4019. Για όλες τις διαστάσεις των θεμελίων χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό ο λόγος οριζόντιας προς κάθετη φόρτιση  $H/V=0.0$ ,  $H/V=0.1$  και  $H/V=0.2$ .

Σε κάθε περίπτωση η έδραση της θεμελίωσης τοποθετείται στο βάθος του 2.00μ. και πιο συγκεκριμένα εντός της στρώσης της Αμμώδους αργίλου, η οποία υπενθυμίζεται πως εντοπίστηκε σε βάθος 0.00 – 8.50μ. από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Βάσει των υπολογισμών από το πρόγραμμα GGU-Footing που παρουσιάζονται στο Παράρτημα, και σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7, οι επιτρεπόμενες τάσεις προκύπτει συνεκτιμώντας τον επιμέρους συντελεστή αντίστασης για πέδιλα,  $\gamma_R= 1.4$ , καθώς και τους επιμέρους συντελεστές στις δράσεις  $\gamma_F = 1.35$  και στα αποτελέσματα των δράσεων  $\gamma_E=1.50$ .

Οι επιτρεπόμενες τάσεις για όλες τις διαστάσεις και τις μορφές θεμελίωσης που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται στον Πίνακα 5 που ακολουθεί.

**ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Φ32**

- Τετραγωνικό θεμέλιο διαστάσεων  $L=B=6.00 - 10.00\mu$ .

L(m)	B(m)	$\sigma_{\text{επ}}(\text{KN/m}^2)$		
		H/V=0.0	H/V=0.1	H/V=0.2
6.00	6.00	683.3	611.0	704.0
7.00	7.00	664.0	632.6	533.6
8.00	8.00	655.3	597.5	488.6
9.00	9.00	656.3	582.0	535.6
10.00	10.00	657.7	572.6	564.5

**Πίνακας 5:** Τιμές επιτρεπόμενης τάσης για τετραγωνικό θεμέλιο διαστάσεων  $L=B=6.00 - 10.00\mu$ .



## 12. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΔΑΦΟΥΣ $K_s$

Ο υπολογισμός του δείκτη εδάφους  $K_s$  έγινε επίσης με την εφαρμογή του λογισμικού GGU-Footing έχοντας υπόψη τη γεωμορφολογία της περιοχής έρευνας καθώς και τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας.

Ο δείκτης εδάφους  $K_s$  για τη στατική επίλυση της θεμελίωσης παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

### ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Φ32

- Τετραγωνικό θεμέλιο διαστάσεων  $L=B=6.00 - 10.00\mu$ .

L(m)	B(m)	$K_s$ (MN/m <sup>3</sup> )
6.00	6.00	2.3
7.00	7.00	2.1
8.00	8.00	1.9
9.00	9.00	1.7
10.00	10.00	1.5

**Πίνακας 6:** Δείκτης εδάφους για τετραγωνικό θεμέλιο διαστάσεων  $L=B=1.00 - 3.00\mu$

Τα όρια των επιτρεπόμενων καθιζήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 που ακολουθεί.

Όρια επιτρεπτών καθιζήσεων			
Καθίζηση	Άμμος		Άργιλος
	Terzaghi and Peck (1948)	Skempton and MacDonald (1956)	Skempton and MacDonald (1956)
Μέγιστη διαφορική καθίζηση $\Delta\Delta H$	2.0 cm	2.5 cm	4.0 cm
Μέγιστη καθίζηση $\Delta H$ (μεμονωμένα πέλδιλα)	2.5 cm	4.0 cm	6.5 cm
Μέγιστη καθίζηση $\Delta H$ (κοιτόστρωση)	5.0 cm	4.0 - 6.5 cm	6.5 - 10 cm

(Πηγή στοιχείων πίνακα: Barnes, 2000)

**Πίνακας 7:** Όρια επιτρεπτών καθιζήσεων για άργιλο κατά Skempton & McDonald (1956)

Για μέγιστη καθίζηση 10.0 cm, κατά Skempton & McDonald (1956) οι τιμές της επιτρεπόμενης τάσης έχουν ως εξής:

### **ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Φ32**

- Τετραγωνικό θεμέλιο διαστάσεων  $L=B=6.00 - 10.00\mu$ .

<b>L(m)</b>	<b>B(m)</b>	<b><math>\sigma_{\text{επ}}(\text{KN/m}^2)</math></b>
6.00	6.00	230
7.00	7.00	210
8.00	8.00	190
9.00	9.00	170
10.00	10.00	150

**Πίνακας 8:** Επιτρεπόμενη τάση εδάφους για μέγιστη καθίζηση 10.0 cm σε ορθογωνικό θεμέλιο διαστάσεων  $L/B=1.00$ ,  $B=6.00 - 10.00\mu$ .

Σε κάθε περίπτωση, για τα συμβατικά φορτία της συγκεκριμένης κατασκευής δεν αναμένεται να ξεπεραστούν τα επιτρεπτά όρια καθιζήσεων και επιπλέον οι καθιζήσεις αυτές κρίνονται αποδεκτές καθώς αναμένεται να εκδηλωθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα λόγω της ύπαρξης κοκκωδών στρώσεων εντός του υπεδάφους.

### **13. ΕΚΣΚΑΦΕΣ - ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ**

Ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στις εκσκαφές και τις αντιστηρίξεις. Για την ασφαλή ολοκλήρωση των εκσκαφών για θεμελίωση των νέων κατασκευών πρέπει να ληφθούν υπόψη η ύπαρξη στις επιφανειακές στρώσεις του εδάφους μη συνεκτικών σχηματισμών, μέσης πυκνότητας, αλλά και η ύπαρξη ιλυωδών - αμμωδών στρώσεων εντός αυτών.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οι εκσκαφές θεμελίωσης μπορούν να πραγματοποιηθούν με ήπιες κλίσεις της τάξης του  $\nu:\beta = 1:1$ .

Σημειώνεται πως σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας εντός του εργοταξίου που απαιτούνται για παρόμοιου είδους εκσκαφές (ετοιμότητα για την άμεση εφαρμογή προσωρινών εργοταξιακών μέτρων αντιστήριξης, εάν και όπου τυχόν απαιτηθεί για την προστασία των εργαζομένων από καταπτώσεις, περιφράξεις κλπ).

## 14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αναφέρεται ότι:

- Πραγματοποιήθηκε γεωτεχνική έρευνα, η οποία περιελάμβανε την ανόρυξη δειγματοληπτικής γεώτρησης Φ32 πλησίον της θέσης κατασκευής του έργου, την εκτέλεση πρότυπης δοκιμή διείδυσης, καθώς και των αναγκαίων εργαστηριακών δοκιμών επί των δειγμάτων.
- Από τις εργασίες πεδίου και τις εργαστηριακές δοκιμές προέκυψε η στρωματογραφία της περιοχής όπου παρατηρούνται οι βασικοί εδαφικοί σχηματισμοί, οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες των οποίων δίνονται στα αντίστοιχα κεφάλαια της παρούσας μελέτης.
- Σύμφωνα με τα σεισμολογικά δεδομένα της περιοχής έρευνας, προκύπτει ότι ο χώρος που πραγματοποιήθηκε η έρευνα δεν γειτνιάζει με ενεργά σεισμοτεκτονικά ρήγματα και επομένως δεν υφίστανται περιορισμοί ως προς τη δόμηση.
- Ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας και καθιζήσεων έγινε σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7, ΕΑΚ 2000 και των γερμανικών κανονισμών DIN 4017 και DIN 4019.
- Τα αποτελέσματα από τους παραπάνω υπολογισμούς παρουσιάζονται αναλυτικά στα κεφάλαια 12 και 13, καθώς και στο Παράρτημα της παρούσας μελέτης. Το μέγεθος των επιτρεπόμενων τάσεων καθορίζεται από τις μέγιστες επιτρεπτές καθιζήσεις.
- Σύμφωνα με τους εδαφικούς σχηματισμούς που αναμένονται να συναντηθούν κατά τη διάρκεια των εκσκαφών, προτείνεται η διαμόρφωση των πρανών με κλίση 1:1.

## 15. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μουντράκης Δ., (1985), Γεωλογία Ελλάδας, University Studio Press, ISBN: 978-960-12-0139-9.
2. Γεωλογικός χάρτης του τυρφώνος των Φιλίππων και της περί αυτόν περιοχής του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους (Ι.Γ.Ε.Υ. – 1969)
3. ΕΑΚ 2000 – Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000.
4. Καββαδάς Μ., 2008, 4<sup>η</sup> Διάλεξη του μαθήματος «ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ» με τίτλο «Καθιζήσεις Επιφανειακών Θεμελιώσεων – Ανάλυση με σχέσεις ελαστικής μορφής», σελ. 31.
5. Terzaghi – Peck, 1948, βλ. M.J. Tomlinson, “Foundation Design and Construction”, 6<sup>th</sup> Ed. 1995, Longman, p.65.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## Α. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ



**Φωτογραφία 1:** Γεώτρηση Φ32



**Φωτογραφία 2:** Δείγματα γεώτρησης Φ32

## **Β. ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**



Depth (m)	Technical log & Sampling	Ground water table	Stratigraphy	Soil description & Classification	Depth (m)	Standard Penetration Test	Grain size analysis				Atterberg lim.			Physical Characteristics					Vane Test		Shear Test		Triaxial Compression Test				1D Consolidation Test					Depth (m)								
							Gravel	Sand	Fines < 76 µm	Clay < 2 µm	% Organics	Liquit limit WL	Plastic limit WP	Plasticity index IP	Water content w%	Bulk density g	Dry density gd	Spec. density G	Void ratio e	Saturat. degree Sr%	Cu	Cu,r (remoulded)	Strength (kPa) qu	phi' deg	c' kPa	Test type	phi deg	c kPa	phi' deg	c' kPa	Cc		Cs	Cv cm <sup>2</sup> /s	M MPa	Pc kPa				
1				Σκουρα Κοκκοειδή Αμμοειδής Άργιλος	CL	10																																		
2						4																																		
3				Τύρφη	SP	4																																		
4						2																																		
5				Τεσσρή Αμμοειδής Άργιλος	CL	14																																		
6						5																																		
7				Γκρι Αμμοειδής	ML	5																																		
8						10																																		
9				Τεσσρή Άργιλος	OH	13																																		
10						19																																		
11						23																																		
12																																								
13																																								
14																																								
15																																								
16																																								
17																																								
18																																								
19																																								
20																																								

20.00 m - End of borehole.

Scaled to fit

**ABBREVIATIONS**

D: Disturbed core barrel sample  
 C: Dry core barrel sample  
 U: Undisturbed stationary double tube sample  
 N: Split spoon sample

g: Bulk density (kN/m<sup>3</sup>)  
 gd: Dry density (kN/m<sup>3</sup>)  
 G: Specific density (kN/m<sup>3</sup>)  
 Cu - Cu,r: Undrained strength form VST (kPa)  
 qu: Unconfined compression strength (kPa)

CU: Consolidated sample, undrained loading conditions  
 UU: Unconsolidated sample, undrained loading conditions  
 CUUP: Consolidated sample, undrained loading conditions with pore pressure measurements  
 CD: Consolidated sample, drained loading conditions  
 phi, c: Friction angle, cohesion (total values)

phi', c': Friction angle, cohesion (effective values)  
 Cc, Cs: Compression index (loading, unloading)  
 Cv: Consolidation coefficient  
 M: Compression modulus  
 Pc: Effective preconsolidation stress