

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΜΟΥΣΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

ΕΡΓΟ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΤΗΣ  
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΣΗ ΕΤΟΙΜΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΟΥ  
ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΟΥ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΛΙΑ ΠΟΛΗ ΧΑΝΙΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ

ΕΚΘΕΣΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ  
ΜΝΗΜΕΙΟ ΜΕΤΑ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ, ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

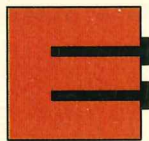
ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΑΡΙΘ. ΤΕΥΧΟΥΣ

Τ. 2

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ



ΕΔΑΦΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.

Υπερείδου 9, 105 58 Αθήνα, Τηλ: 2103222050, Fax: 2103241607  
e-mail: admin@edafos.gr, www.edafos.gr

ΕΔΑΦΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.  
ΥΠΕΡΕΙΔΟΥ 9 - ΑΘΗΝΑ Τ.Κ. 105 58  
ΤΗΛ. 210 3222050 - FAX: 210 3241607  
Α.Φ.Μ. 095673190  
ΑΡ. Μ.Α.Ε. 65306/01Β/08/66 - ΑΡ. ΦΑΚ. 676194  
ΑΡ. Γ.Ε.ΜΗ. 008054301000



	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΝΟΜΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ	ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ
ΣΥΝΤΑΞΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Μ. ΜΠΑΡΔΑΝΗΣ - Ι. ΤΣΙΑΠΑΣ		Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ Υπερείδου 9, 10558, Αθήνα Τηλ. 2103222050
ΕΛΕΓΧΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ		
ΕΓΚΡΙΣΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Γ. ΝΤΟΥΝΙΑΣ		

		ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΘΕΣΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
		ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ	ΟΙ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ			
		ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ	Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ			
		ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ	Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ			

A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Α' ΕΚΔΟΣΗ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΜΟΥΣΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

ΕΡΓΟ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΤΗΣ  
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΣΗ ΕΤΟΙΜΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΟΥ  
ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΟΥ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΛΙΑ ΠΟΛΗ ΧΑΝΙΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ

ΕΚΘΕΣΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ  
ΜΝΗΜΕΙΟ ΜΕΤΑ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ, ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

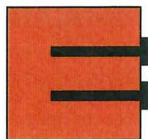
ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΑΡΙΘ. ΤΕΥΧΟΥΣ

Τ. 2

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ



ΕΔΑΦΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.

Υπερείδου 9, 105 58 Αθήνα, Τηλ: 2103222050 Fax: 2103241607  
e-mail: admin@edafos.gr, www.edafos.gr



	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΝΟΜΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ	ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ
ΣΥΝΤΑΞΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Μ. ΜΠΑΡΔΑΝΗΣ - Ι. ΤΣΙΑΠΑΣ		Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ Υπερείδου 9, 10558, Αθήνα Τηλ. 2103222050
ΕΛΕΓΧΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ		
ΕΓΚΡΙΣΗ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	Γ. ΝΤΟΥΝΙΑΣ		

		ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΘΕΣΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
		ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ	ΟΙ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ			
		ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ	Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ			
		ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ	Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ			

A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019	A' ΕΚΔΟΣΗ

## ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της  
παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του  
συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη  
Χανίων

### Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση

Αθήνα, Νοέμβριος 2019

### Περιεχόμενα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
2.	ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	4
3.	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	5
3.1	Εργασίες Πεδίου .....	5
3.2	Περιγραφή Σχηματισμών .....	5
3.3	Δοκιμές Πρότυπης Διείσδυσης.....	7
3.4	Δοκιμές Ελαφρού Δυναμικού Πενετρομέτρου .....	7
3.5	Στάθμη Υπογείων Υδάτων .....	10
3.6	Εργαστηριακές Δοκιμές.....	11
4.	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ .....	12
4.1	Διαθέσιμα Δεδομένα .....	12
4.2	Εδαφικοί Σχηματισμοί .....	12
4.3	Ανώτερος Ορίζοντας ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΩΔΟΥΣ ΑΜΜΟΥ .....	13
4.4	Αμμόδης ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΣ Επιχώσεων Τείχους Επιπρωμαχώνα.....	20
4.5	ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ Επιχώσεων Τείχους Επιπρωμαχώνα.....	22
4.6	ΒΡΑΧΟΡΡΙΠΗ Επιχώσεων Τείχους Επιπρωμαχώνα.....	23
4.7	Εναλλαγές Ιλυωδών Αμμων και Αμμοδών Αργίλο-Ιλυών (Επιχώσεις Υποβάθρου Επιπρωμαχώνα) – MG-S/C .....	23

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

4.8	ΑΡΓΙΛΟΣ (Επιχώσεις Υποβάθρου Επιπρωμαχωνα) – C .....	25
4.9	Κερματισμένος ως Εδαφοποιημένος Μαργαϊκός Ασβεστόλιθος (Επιχώσεις Υποβάθρου Επιπρωμαχώνα) – ML .....	28
4.10	Κερματισμένη Μάργα (Επιχώσεις Υποβάθρου Επιπρωμαχώνα) .....	29
4.11	Αμμώδεις Σχηματισμοί Α / ΑΙ .....	29
4.12	Αμμώδης Ιλύς – SI .....	30
4.13	Μαργαϊκός Ψαμμίτης / Ασβεστόλιθος .....	30
4.14	Δοκιμές σε Δείγματα Λίθων από το Λιθόσωμα στις Θέσεις Θραύσης του .....	30
4.15	Δοκιμές σε Δείγματα Λίθων και Κονιάματος από το Αναστηλωμένο Λιθόσωμα στη Θέση Θραύσης του .....	31
5.	ΣΥΝΟΨΙΣΗ .....	33

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α	Μητρώα Γεωτρήσεων
Παράρτημα Β	Φωτογραφίες Δειγμάτων Γεωτρήσεων
Παράρτημα Γ	Δοκιμές Ελαφρού Δυναμικού Πενετρομέτρου
Παράρτημα Δ	Φωτογραφίες Δειγμάτων Λίθων και Κονιάματος
Παράρτημα Ε	Φύλλα Αναλυτικής Παρουσίασης Αποτελεσμάτων Εργαστηριακών Δοκιμών

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την από 29/7/2019 σύμβαση μεταξύ της Διεύθυνσης Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων και της ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε. ανατέθηκαν στη δεύτερη «Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων».

Στο πλαίσιο της σύμβασης αυτής συντάχθηκε και υποβάλλεται η παρούσα υποβολή «Έκθεση Τελικής Λύσης Αντιμετώπισης για Ολόκληρο το Μνημείο μετά Προμετρήσεων, Προϋπολογισμού και Συστήματος Ενόργανης Παρακολούθησης». Η υποβολή επικεντρώνεται στην περιοχή των καταρρεύσεων του Επιπρωμαχώνα τον Φεβρουάριο του 2019 και του Φεβρουαρίου του 2017 τις μικροκαταρρεύσεις χωματισμών στις θέσεις των καταρρεύσεων του Φεβρουαρίου του 2017, και στα γενικότερα μέτρα για την άρση του συνόλου της ετοιμορροπίας ολόκληρου του Επιπρωμαχώνα.

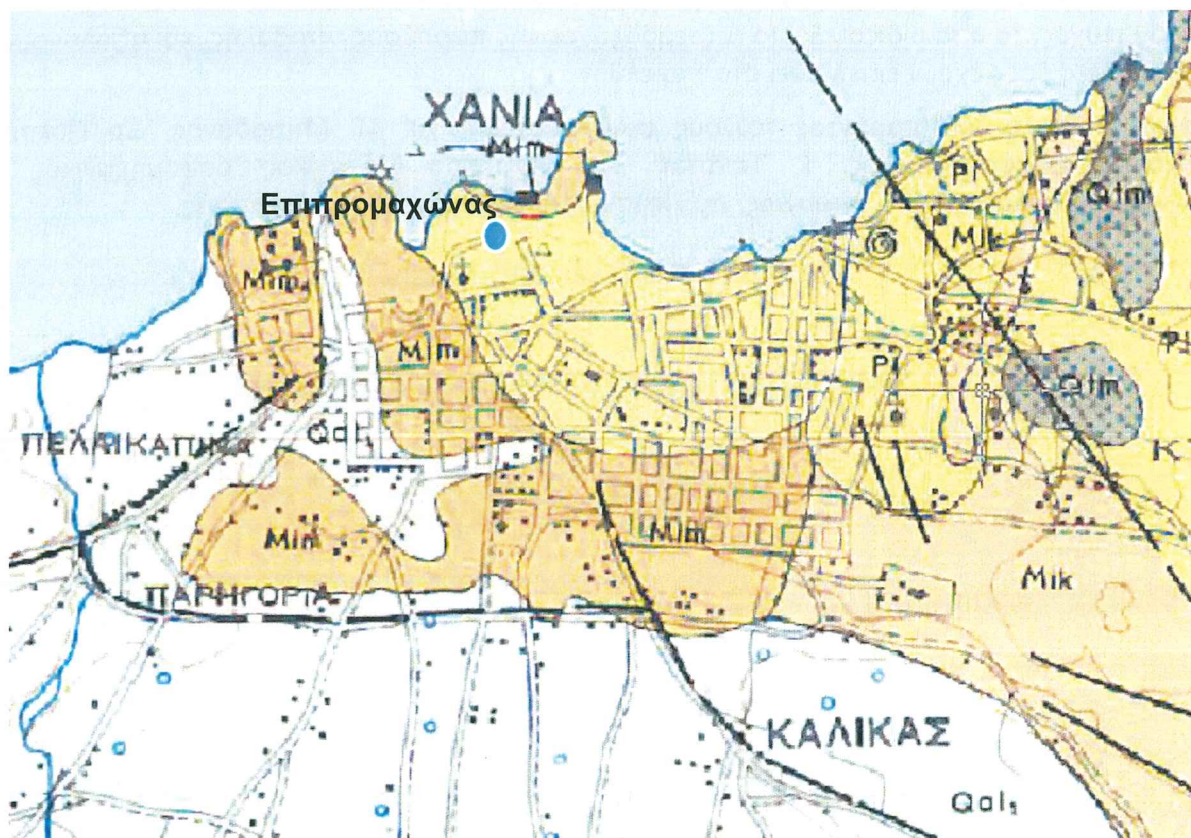
Στο πλαίσιο της νέας σύμβασης εκτελέστηκαν γεωτεχνικές εργασίες πεδίου και εργαστηρίου για τη συμπλήρωση των δεδομένων προηγούμενων ερευνών και οι οποίες παρουσιάζονται στο παρόν τεύχος, το οποίο αποτελεί το δεύτερο τεύχος της παρούσας υποβολής, και αξιολογούνται μαζί με όλες όσες έχουν εκτελεστεί στο παρελθόν.

Για τη σύνταξη του παρόντος τεύχους συνεργάστηκαν οι: Μ. Μπαρδάνης, Δρ Πολιτικός Μηχανικός-Εδαφομηχανικός, Ι. Τσιάπας, Δρ Πολιτικός Μηχανικός-Εδαφομηχανικός, Δ. Αργυρίου, Γεωλόγος και Γ. Ντουνιάς, Δρ Πολιτικός Μηχανικός-Εδαφομηχανικός.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή των Χανίων από τους νεώτερους προς τους παλαιότερους είναι οι εξής (απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ, φύλλο Χανιά, στο Σχ. 2.1):

- α) Qal1 : Αλλουβιακές προσχώσεις αποτελούμενες από πηλούς, αργίλους, άμμους και χάλικες. Είναι χαλαρής δομής και μικρού πάχους έως μερικά μέτρα. Ηλικία Τεταρτογενές (Ολόκαινο).
- β) Qtm : Θαλάσσια αναβαθμίδα από συνεκτικό ψαμμίτη, ύψους 2-3 μέτρων. Ηλικία Τεταρτογενές (Πλειστόκαινο).
- γ) Ρ1 : Μαργαϊκοί ψαμμίτες, πλειοκαινικής ηλικίας.
- δ) Μim : Μάργες, κιτρινόφαιες έως λευκοκίτρινες, σε εναλλαγές με στρώματα μαργαϊκών ψαμμιτών και πλακωδών μαργαϊκών ασβεστολίθων. Μειοκαινικής ηλικίας.
- ε) Μik : Μαργαϊκός ασβεστόλιθος, συμπαγής λευκοκίτρινος έως λευκότεφρος. Μειοκαινικής ηλικίας.



Σχ. 2.1. Απόσπασμα από Γεωλογικό χάρτη ΙΓΜΕ, Φύλλο Χανιά, με τη θέση του υπό μελέτη έργου.

### 3. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

#### 3.1 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Για την διερεύνηση των φαινομένων εκτελέστηκαν δύο γεωτρήσεις (ΓΕ-3 και ΓΕ-4), πέντε πενетроμετρήσεις με ελαφρύ δυναμικό πενετρόμετρο (Π-5 έως Π-9) και λήψη λίθων και κονιάματος από τη θέση θραύσης του αναστηλωμένου λιθοσώματος τη δεκαετία του 1990 (Δ1 έως Δ6).

Οι γεωτρήσεις εκτελέστηκαν από τις 19/9/2019 έως 20/9/2019 και έγιναν με γεωτρύπανο τύπου Longyear από διμελές συνεργείο αποτελούμενο από χειριστή και βοηθό υπό τις οδηγίες και τη συνεχή επίβλεψη του κ. Δ. Αργυρίου, Γεωλόγου.

Οι πενетроμετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ελαφρύ δυναμικό πενετρόμετρο κοπάνου βάρους 10.1lbs της Kessler Soil Engineering Inc από τις 19/9/2019 έως 20/9/2019. Οι τιμές επιτόπου CBR από τις δοκιμές αυτές εκτιμήθηκαν με βάση την εμπειρική συσχέτιση που προτείνει ο κατασκευαστής για το συγκεκριμένο όργανο.

Οι θέσεις όλων των ερευνών παρουσιάζονται στο **Σχέδιο 001** σε οριζοντιογραφία και σε διατομές στο **Σχέδιο 002**. Οι συντεταγμένες των θέσεων έρευνας παρατίθενται στον **Πίν. 3.1**.

Στο **Παράρτημα Α** παρουσιάζονται τα μητρώα των γεωτρήσεων, στο **Παράρτημα Β** οι φωτογραφίες των δειγμάτων των γεωτρήσεων, στο **Παράρτημα Γ** τα αποτελέσματα των πενетроμετρήσεων τους και στο **Παράρτημα Δ** φωτογραφίες των λίθων και του κονιάματος που λήφθηκαν από το αναστηλωμένο λιθόσωμα.

**Πίν. 3.1.** Συντεταγμένες και λοιπά στοιχεία γεωτρήσεων και πενетроμετρήσεων.

Γεώτρηση/ Θέση Πενетроμέτρησης	Ημερομηνία		Συντεταγμένες			Βάθος (m)	Όργανο παρακο- λούθησης
	Έναρξη	Πέρας	X	Y	Z*		
ΓΕ-3	19/9/2019	20/9/2019	501317	3929872	9.6	20.00	-
ΓΕ-4	20/9/2019	20/9/2019	501327	3929888	8.2	10.00	-
Π-5	1/8/2019	1/8/2019	501332	3929855	23.5	8.45	-
Π-6	1/8/2019	1/8/2019	501344	3929857	23.2	8.30	-
Π-7	2/8/2019	2/8/2019	501348	3929869	22.9	1.10	-
Π-8	2/8/2019	2/8/2019	501367	3929873	19.8	8.90	-
Π-9	2/8/2019	2/8/2019	501366	3929858	23.4	8.60	-

\*Από τις συντεταγμένες του τοπογραφικού

#### 3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Στις γεωτρήσεις ΓΕ-3 και ΓΕ-4 βρέθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί με βάση την αναλυτική περιγραφή των μητρώων των γεωτρήσεων:

##### ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

### Γεώτρηση ΓΕ-3

0.00-4.00	Καστανέρυθρη στιφρή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας έως κατά θέσεις αργιλώδης ΑΜΜΟΣ μέσης πυκνότητας με γωνιώδη χαλίκια κεραμεικών και χαλίκια και τεμάχια μαργαϊκού ψαμμίτη.
4.00-4.50	Υπόλευκη έως λευκοκίτρινη κερματισμένη ΜΑΡΓΑ πολύ στιφρή.
4.50-6.50	Ερυθροκάστανη, πολύ στιφρή-σκληρή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας.
6.60-7.10	Καστανή πυκνή αργιλώδης ΑΜΜΟΣ.
7.10-7.80	Καστανή έως φαιοπράσινη στιφρή-πολύ στιφρή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας.
7.80-12.50	Χαλαρή (7.80-8.60m και 9.50-9.80m) και μέσης πυκνότητας (8.60-9.50m, 9.80-12.50m) λεπτόκοκκη κιτρινοκάστανη ιλυώδης ΑΜΜΟΣ.
12.50-15.00	Καστανή, λεπτόκοκκη, μέσης πυκνότητας (12.50-13.50m) και στη συνέχεια χαλαρή (13.50-15.00m) ιλυώδης ΑΜΜΟΣ.
15.00-17.30	Ανοιχτοκάστανη και τοπικά καστανέρυθρη (16.00-16.90m) αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας, με χαλίκια μαργαϊκού ΨΑΜΜΙΤΗ κατά θέσεις.
17.30-18.50	Λευκόφαιος, μικροκαρστικοποιημένος τοπικά, κερματισμένος (βαθμός καρστικοποίησης: 3-4) μαργαϊκός ΨΑΜΜΙΤΗΣ (βαθμός αποσάθρωσης: 1) με έγκοιλο πληρωμένο με ψαμμιτομαργαϊκό υλικό (17.70-17.80m).
18.50-20.00 (Τέλος Γεωτρ.)	Έως τα 18.80m λευκόφαιος μαργαϊκός ΨΑΜΜΙΤΗΣ. Από τα 18.80m έως τα 19.50m έγκοιλο πληρωμένο με ψαμμιτομαργαϊκό υλικό (άμμος που έχει υποστεί διαγένεση). Από τα 19.50m έως τα 20.00m κερματισμένος μαργαϊκός ΨΑΜΜΙΤΗΣ.

### Γεώτρηση ΓΕ-4

0.00-2.00	Καστανά αργιλώδη ΧΑΛΙΚΙΑ και τεμάχια μαργαϊκού ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ.
2.00-4.50	Καστανή έως ερυθροκάστανη, μέσης πυκνότητας αργιλώδης ΑΜΜΟΣ με ασβεστολιθικά χαλίκια και τεμάχια μαργαϊκού ψαμμίτη.
4.50-6.00	Καστανή, πυκνή αργιλώδης ΑΜΜΟΣ με χαλίκια μαργαϊκού ψαμμίτη.
6.00-10.00 (Τέλος Γεωτρ.)	Καστανέρυθρη πολύ στιφρή ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας.

### ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

### 3.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ

Εκτελέστηκαν συνολικά 7 δοκιμές πρότυπης διείσδυσης (SPT), τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στα μητρώα των γεωτρήσεων στο **Παράρτημα Α** και στον **Πίν. 3.2**.

**Πίν. 3.2.** Αποτελέσματα δοκιμών πρότυπης διείσδυσης στη γεώτρηση ΓΕ-3.

Γεώτρηση	Βάθος		Προσπάθεια			Αριθμός
			1η	2η	3η	
	(m)		Αριθμός κρούσεων			N
ΓΕ-3	2.00	- 2.45	15	11	12	23
	4.00	- 4.08	50/8cm			Άρνηση
	6.00	- 6.45	6	23	15	38
	8.00	- 8.45	2	1	2	3
	10.00	- 10.45	4	7	11	18
	12.50	- 12.95	8	20	23	43
	15.00	- 15.45	3	4	5	9

### 3.4 ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΑΦΡΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΟΥ

Εκτελέστηκαν συνολικά 5 δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενετρομέτρου (DCPL), τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στο **Παράρτημα Γ** και συνοψίζονται στα **Σχ. 3.1** και **3.2**.

Σημειώνεται ότι η πενετρομέτρηση Π-7 έγινε 2 φορές καθώς την πρώτη (Π-7α) συναντήθηκε σημαντική αντίσταση στην πενετρομέτρηση σε βάθος 1.05m, πιθανώς λόγω παρουσίας κάποιας πέτρας, που δεν επέτρεπε τη συνέχιση της δοκιμής σε μεγαλύτερα βάθη. Κατά την επανάληψη της δοκιμής (Π-7β) συναντήθηκε αντίστοιχη αντίσταση σε βάθος 1.15m και για το λόγο αυτό η πενετρομέτρηση σταμάτησε σε αυτό το βάθος.

Από τα **Σχ. 3.1** και **3.2** αναγνωρίζεται μαλακότερη στρώση σε μικρό βάθος (Π-5 μέχρι 0.40m, Π-6 μέχρι 2.10m, Π-7 μέχρι 0.60m και Π-9 μέχρι 1.75m).

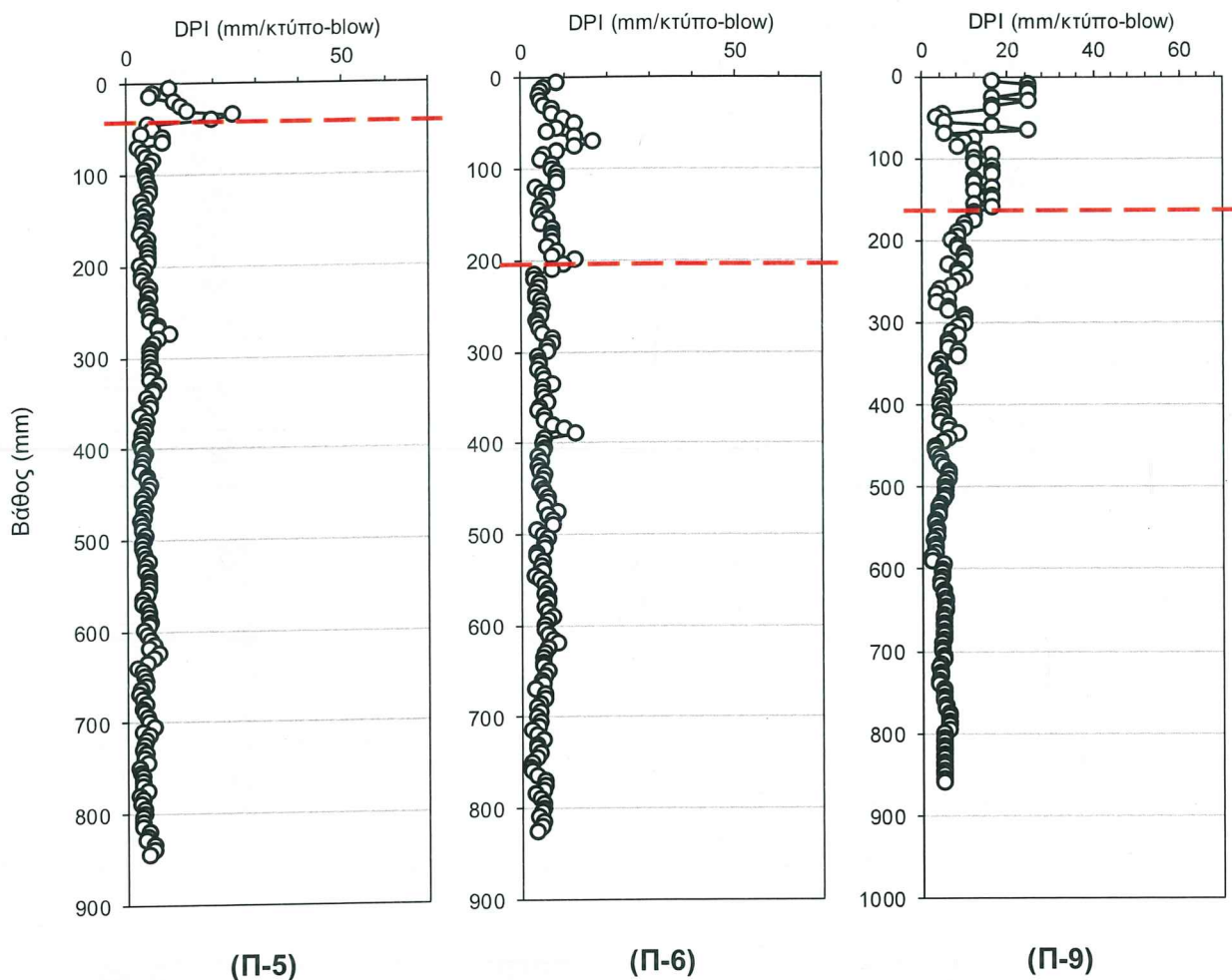
Παρατηρείται, επίσης, ότι στην πενετρομέτρηση Π-8, η οποία έχει εκτελεστεί χαμηλότερα από τις υπόλοιπες (απόλυτο υψόμετρο +19.20m), οι τιμές του DPI είναι συστηματικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές στις υπόλοιπες πενετρομετρήσεις, ενώ η μαλακότερη στρώση εκτείνεται μέχρι το βάθος των 6.45m. Επιπλέον, σε βάθος 3.40 – 3.50m υπάρχει μια τοπική αύξηση των τιμών του DPI που υποδηλώνει την ύπαρξη μίας ακόμα πιο μαλακής στρώσης τοπικά.

Τονίζεται ότι η πενετρομέτρηση Π-8 έχει εκτελεστεί πίσω από το ύψωμα που παρατηρήθηκε στο τείχος του Επιπρωμαχώνα (περιοχή Α) και το οποίο έχει επισημανθεί στην υποβολή της παθολογίας του τείχους (υποβολή 30/9/2019). Επομένως, οι συστηματικά μικρότερες τιμές του δείκτη DPI συνδέονται με τις παρατηρούμενες εδαφικές μετακινήσεις και τις αντίστοιχες ρηγματώσεις στο τείχος που παρατηρήθηκαν στο εν λόγω σημείο του Επιπρωμαχώμα (περιοχή Α).

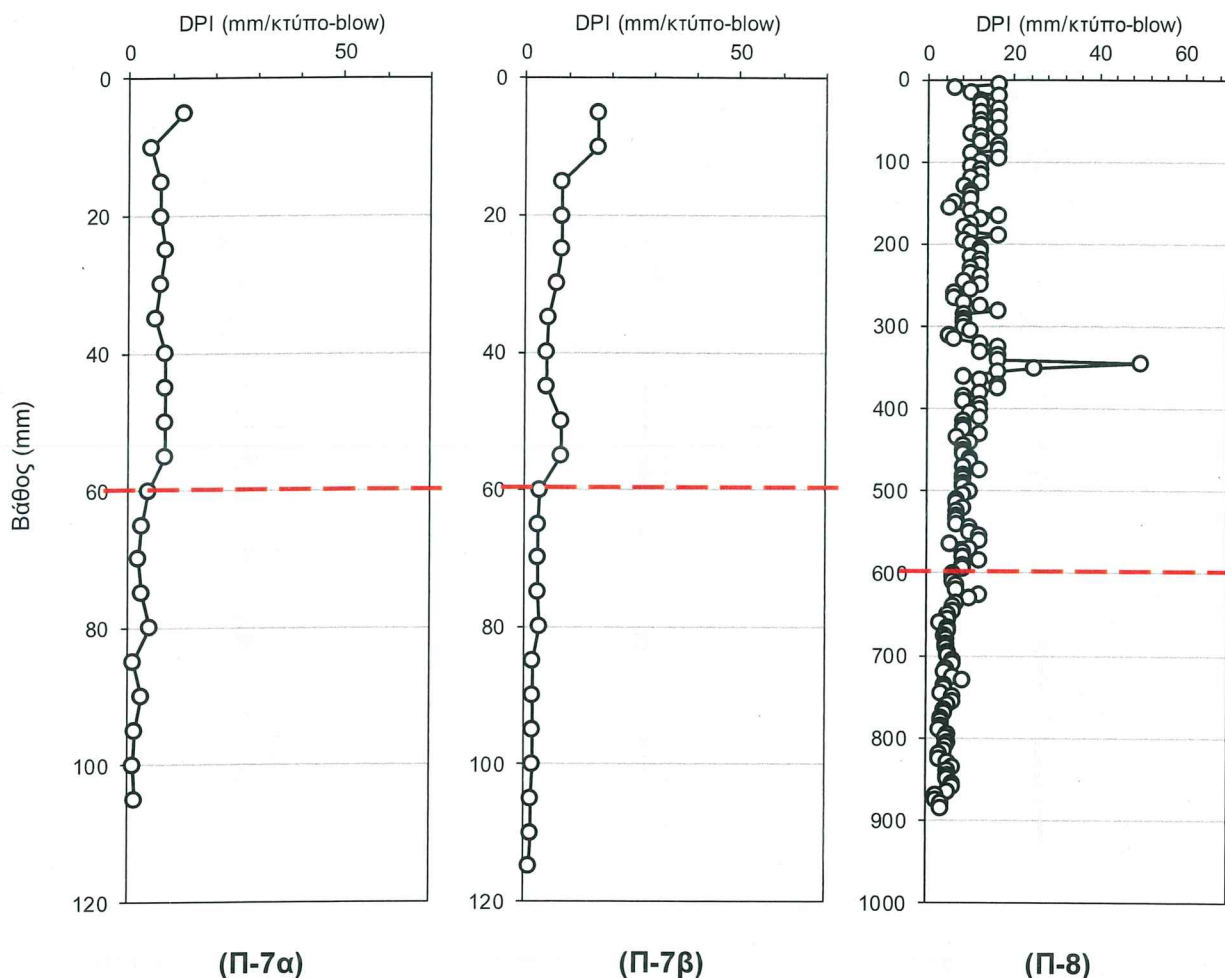
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

**Πίν. 3.3.** Συνόψιση αποτελεσμάτων δοκιμών ελαφρού δυναμικού πενετρομέτρου στις πενετρομετρήσεις Π-5 έως Π-9.

Πενετρομέτρηση	Π-5	Π-6	Π-7α	Π-7β	Π-8	Π-9
Αναγνώριση στρώσεων	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Αριθμός στρώσεων	2	2	2	2	2	2
Βάθη διαχωρισμού (m)	0.40	2.10	0.60	0.60	6.45	1.75
Μέσο DPI ανώτερης στρώσης (mm/κτύπο)	13.1	7.4	7.4	7.2	10.5	14.8
Μέση τυπική απόκλιση DPI ανώτερης στρώσης (mm/κτύπο)	6.6	2.8	1.1	1.5	3.2	5.6
Μέσο DPI κατώτερης στρώσης (mm/κτύπο)	4.5	5.0	2.7	2.4	4.7	5.5
Μέση τυπική απόκλιση DPI κατώτερης στρώσης (mm/κτύπο)	1.2	1.5	1.3	0.8	1.2	1.8



Σχ. 3.1. Διάγραμμα δείκτη DPI με το βάθος από τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενетроμέτρου Π-5, Π-6 και Π-9 (σε σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά).



**Σχ. 3.2.** Διάγραμμα δείκτη DPI με το βάθος από τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενетроμέτρου Π-7α, Π-7β και Π-8 (σε σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά).

### 3.5 ΣΤΑΘΜΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Στη γεώτρηση ΓΕ-3 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης στην ανοικτή οπή της γεώτρησης κατά τη διάρκεια της διάνοιξης. Δεν τοποθετήθηκαν πιεζόμετρα προκειμένου να κλείσουν οι οπές με σκυρόδεμα δεδομένου ότι οι γεωτρήσεις διανοίχθηκαν στο οδόστρωμα της οδού Μελετίου Πηγά. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων στάθμης συνοψίζονται στον **Πιν. 5.4**.

Από τις μετρήσεις στάθμης προκύπτει μία στάθμη υπογείων υδάτων σε βάθος 8.40m, η οποία σε όρους απόλυτου υψόμετρου βρίσκεται λίγο ψηλότερα από το υψόμετρο της θάλασσας με μια εύλογη υψομετρική διαφορά αντίστοιχη της υδραυλικής κλίσης που μπορεί να συντηρήσει η διαπερατότητα των κατώτερων κοκκωδών σχηματισμών που απαντήθηκαν στις γεωτρήσεις.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

**Πίν. 3.4.** Μετρήσεις στάθμης υπογείων υδάτων στη γεώτρηση ΓΕ-3.

Γεώτρηση	Ημερομηνία	Βάθος διάτρησης (m)	Βάθος Υπόγειου Νερού (m)		Παρατηρήσεις
			Πρωί	Βράδυ	
ΓΕ-3	19/9/2019	18.50	-	5.80	-
	20/9/2019	20.00	8.40	7.55	-

### 3.6 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Το σύνολο των δειγμάτων, των γεωτρήσεων και των επιφανειακών δειγματοληψιών από τις θέσεις θραύσης του λιθοσώματος του τείχους μεταφέρθηκαν στο διαπιστευμένο εργαστήριο της ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε. στην Αθήνα όπου πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής και βραχομηχανικής σύμφωνα με το πρόγραμμα του Πίν. 5.5.

Τα αποτελέσματα των εκτελεσθεισών δοκιμών συνοψίζονται στους Πίν. Π-1, Π-2 και Π-3 στο **Παράρτημα Πινάκων** στο τέλος του κειμένου της παρούσας έκθεσης.

**Πίν. 3.5.** Εκτελεσθείσες εργαστηριακές δοκιμές.

ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ		ΘΕΣΗ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ					ΔΕΙΓΜΑ							ΑΘΡΟΙΣΜΑ
	ΓΕ-3	ΓΕ-4	Π5	Π6	Π7	Π8	Π9	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6		
Προπαρασκευή εδαφ. δείγματος	10	4	1	1	1	1	1								19
Κοκκομέτρηση με κόσκινα	10	4	1	1	1	1	1								19
Αραιόμετρα															0
Όρια Atterberg	10	4	1	1	1	1	1								19
Φυσική υγρασία	8	4	1	1	1	1	1								19
Φαινόμενο βάρος	3	3													6
Ειδικό βάρος	2	3													5
Ποσοστό Οργανικών	1														1
Ανεμπόδιση θλίψη		2											1		3
Άμεση διάτμηση CD	1	1													2
Συμπιεστότητα	2	2													4
Τριαξονική Δοκιμή		2													2
Δοκιμή Μονοαξονικής Θλίψης	2							2	1	1	1	1			8
Brazilian Test		2						1	1						4
Άμεση Εφελκυστική Αντοχή Κονιάματος													1		1

#### ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)  
Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)

## 4. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

### 4.1 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Πέρα από τις γεωτεχνικές έρευνες και τις αντίστοιχες εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στη παρούσα μελέτη και περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφ. 3, στη γεωτεχνική αξιολόγηση αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών που πραγματοποιήθηκαν μετά τις αστοχίες του 2017 καθώς και τα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών που εκτελέστηκαν από το ΙΓΜΕ το 1995. Συγκεκριμένα, οι γεωτεχνικές έρευνες που εκτελέστηκαν το 2017 έγιναν από την ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε. περιλαμβάνουν δύο γεωτρήσεις (ΓΕ-1 και ΓΕ-2), τέσσερις πενетроμετρήσεις με ελαφρύ δυναμικό πενετρόμετρο (Π-1 έως Π-4), δειγματοληψίες από την επιφάνεια του εδάφους στις θέσεις των αστοχιών με τη μορφή δημιουργίας διερευνητικών τομών (διερευνητικές τομές ΔΤ-1 έως ΔΤ-6) καθώς και λήψη λίθων από τις θέσεις θραύσης του λιθοσώματος (Α, Β και Γ). Οι γεωτεχνικές έρευνες του ΙΓΜΕ περιλαμβάνουν την εκτέλεση τριών γεωτρήσεων (Χ-1, Χ-2 και Χ-2α).

Οι θέσεις όλων των ερευνών παρουσιάζονται στο **Σχέδιο 001** σε οριζοντιογραφία και σε διατομές στο **Σχέδιο 002**. Οι συντεταγμένες όλων των θέσεων έρευνας παρατίθενται στον **Πίν. 4.1**. Τονίζεται ότι οι θέσεις και το αντίστοιχο υψόμετρο των τριών γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ έχουν προκύψει κατά προσέγγιση καθώς δε δίνονται ακριβείς συντεταγμένες αλλά αποτυπώνονται μόνο σε χειρόγραφο σχέδιο.

### 4.2 ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Με βάση τα ευρήματα των γεωτρήσεων, των πενетроμετρήσεων, των διερευνητικών τομών και των δειγμάτων από επιφανειακές θέσεις δειγματοληψίας, διακρίθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

#### *ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ (από πάνω προς τα κάτω)*

- Ανώτερος ορίζοντας ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΩΔΟΥΣ ΑΜΜΟΥ
- Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΣ
- ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ
- ΒΡΑΧΟΡΡΙΠΗ

#### *ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΠΡΩΜΑΧΩΝΑ (από το επίπεδο της οδού Ντουνόπαπα προς τα κάτω)*

- Εναλλαγές Ιλυωδών Άμμων και Αμμωδών Αργιλοϊλύων (τεχνητές αποθέσεις)
- ΑΡΓΙΛΟΣ (τεχνητές αποθέσεις)
- Κερματισμένος και εδαφοποιημένος Μαργαϊκός Ασβεστόλιθος (τεχνητές αποθέσεις)
- Κερματισμένη Μάργα
- Άμμος
- Αμμώδης Ιλύς

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

Εκτός των προαναφερθέντων σχηματισμών αναφέρονται τιμές παραμέτρων για τους λίθους του λιθοσώματος και εδαφικού υλικού που βρέθηκε μεταξύ αυτών καθώς και για τους λίθους και το κονίαμα του αναστηλωμένου λιθοσώματος μετά τις αστοχίες της δεκαετίας του 1990.

**Πίν. 4.1.** Συντεταγμένες και λοιπά στοιχεία των γεωτρήσεων, πενετρομετρήσεων και διερευνητικών τομών που αξιοποιήθηκαν στη γεωτεχνική αξιολόγηση.

Γεώτρηση/ Διερευνητική Τομή/ Θέση Πενετρομέτρησης	Ημερομηνία		Συντεταγμένες			Βάθος (m)
	Έναρξη	Πέρας	X	Y	Z*	
ΓΕ-1	30/11/2017	1/12/2017	501317	3929824	10.5	12.45
ΓΕ-2	30/11/2017	30/11/2017	501377	3929822	10.6	12.00
ΓΕ-3	19/9/2019	20/9/2019	501317	3929872	9.6	20.00
ΓΕ-4	20/9/2019	20/9/2019	501327	3929888	8.2	10.00
Χ-1	3/10/1995	8/10/1995	501337	3929873	18.5	25.00
Χ-2	25/9/1995	29/9/1995	501347	3929833	16.4	24.00
Χ-2α	10/10/1995	17/10/1995	501348	3929829	16.4	32.00
ΔΤ1	24/11/2017	24/11/2017	501322	3929840	Διαφ.	Επιφ.
ΔΤ2	24/11/2017	24/11/2017	501325	3929837	Διαφ.	Επιφ.
ΔΤ3	24/11/2017	24/11/2017	501333	3929826	Διαφ.	Επιφ.
ΔΤ4	24/11/2017	24/11/2017	501365	3929823	Διαφ.	Επιφ.
ΔΤ5	24/11/2017	24/11/2017	501373	3929831	Διαφ.	Επιφ.
ΔΤ6	24/11/2017	24/11/2017	501374	3929833	Διαφ.	Επιφ.
Π-1	23/11/2017	23/11/2017	501330	3929823	11.3	5.44
Π-2	23/11/2017	24/11/2017	501371	3929843	23.5	5.65
Π-3	23/11/2017	25/11/2017	501335	3929840	24.1	5.70
Π-4	23/11/2017	23/11/2017	501353	3929841	23.5	5.70
Π-5	1/8/2019	1/8/2019	501332	3929855	23.5	8.45
Π-6	1/8/2019	1/8/2019	501344	3929857	23.2	8.30
Π-7	2/8/2019	2/8/2019	501348	3929869	22.9	1.10
Π-8	2/8/2019	2/8/2019	501367	3929873	19.8	8.90
Π-9	2/8/2019	2/8/2019	501366	3929858	23.4	8.60

### 4.3 ΑΝΩΤΕΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΩΔΟΥΣ ΑΜΜΟΥ

Πρόκειται για μαλακό ορίζοντα που εντοπίζεται στην στέψη του επιπρομαχώνα. Στα ανώτερα 10-15cm έχει ριζίδια λόγω της έντονης ανάπτυξης χλωρίδας. Εντοπίζεται σε βάθη έως 1.90m (Π-2), 2.10m (Π-3), 1.05m (Π-4), 0.40m (Π-5), 2.10m (Π-6), 0.55m (Π7α), 0.60m (Π7β), 6.45m (Π-8) και 1.75m (Π-9) και τα οποία όμως, εξαιρώντας την Π-8, αντιστοιχούν περίπου στο ίδιο απόλυτο υψόμετρο. Και στις 9 πενετρομετρήσεις που απαντήθηκε ο σχηματισμός, πολύ ρηχά η τιμή του δείκτη DPI κυμαίνεται από 50 έως 100, ενώ ο μέσος όρος του DPI και η τυπική απόκλιση ανά

**ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.**

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιπρωμαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

πενετρομέτρηση ήταν 15.4 και 5.8 mm/κύτπο στην Π-2, 22.9 και 9.9 mm/κύτπο στην Π-3, 13.4 και 8.8 mm/κύτπο στην Π-4, 13.1 και 16.6 mm/κύτπο στην Π-5, 7.4 και 2.8 mm/κύτπο στην Π-6, 7.4 και 1.1 mm/κύτπο στην Π-7α, 7.2 και 1.5 mm/κύτπο στην Π-7β, 10.5 και 3.2 mm/κύτπο στην Π-8 και 14.8 και 5.6 mm/κύτπο στην Π-9 (Σχ. 3.1, 3.2 και 4.1). Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε μέσο όρο και τυπική απόκλιση εκτιμώμενου CBR 7.2% και 2.8% στην Π-2, 4.9% και 2.4% στην Π-3, 12.4% και 10.1% στην Π-4, 9.8% και 5.7 στην Π-5, 16.3% και 6.2% στην Π-6, 14.5% και 3.1% στην Π-7α, 15.5% και 4.3% στην Π-7β, 10.6% και 3.6% στην Π-8 και 8.4% και 6.0% στην Π-9 (Σχ. 4.2 - 4.4).

Οι παραπάνω τιμές του δείκτη DPI συνοψίζονται στον Πίν. 4.2. Στο Σχ. 4.5 φαίνεται η κατανομή του δείκτη DPI με το βάθος σε όρους απόλυτου υψόμετρου από όλες τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενετρομέτρου (Π-1 έως Π-9) που έχουν εκτελεστεί στον Επιπρωμαχώνα. Παρατηρείται ότι οι πενετρομετρήσεις Π-1, Π-4 και Π-9 έδωσαν συστηματικά μεγαλύτερες τιμές του δείκτη DPI, στο ίδιο εύρος τιμών μεταξύ τους (Σχ. 4.6β). Οι υπόλοιπες πενετρομετρήσεις (Π-2, Π-3, Π-5, Π-6, Π-7 και Π-9) έδωσαν αντίστοιχα αποτελέσματα μεταξύ τους (Σχ. 4.6α). Από το Σχ. 4.6α προκύπτει ότι για τον ανώτερο ορίζοντα αργίλο-ιλυώδους άμμου ο μέσος όρος του DPI και η τυπική απόκλιση είναι 14.4 και 8.6 mm/κύτπο αντίστοιχα.

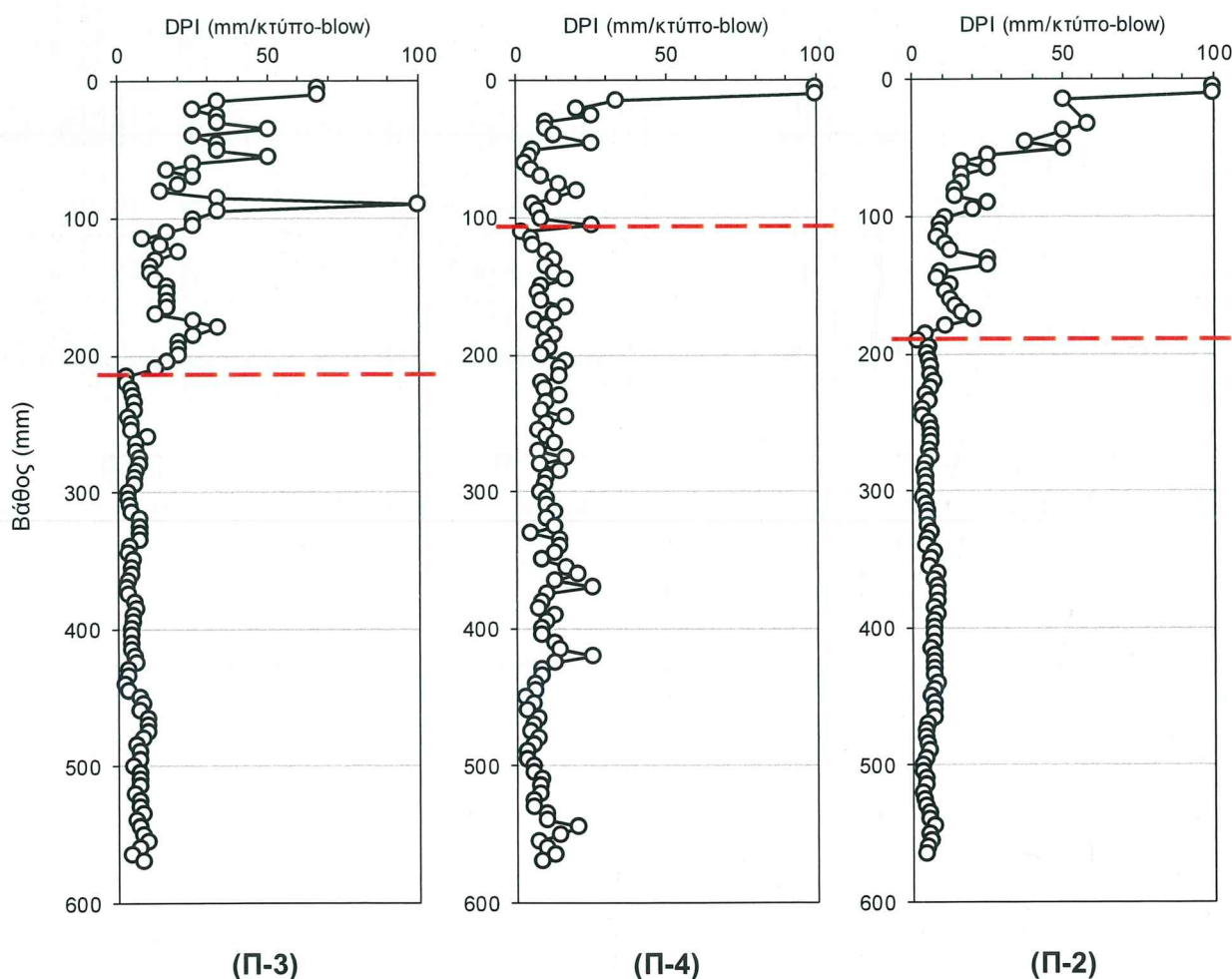
**Πίν. 4.2.** Συνοψιση αποτελεσμάτων δοκιμών ελαφρού δυναμικού πενετρομέτρου στις πενετρομετρήσεις Π-1 έως Π-9.

Πενετρομέτρηση	Π-2	Π-3	Π-4	Π-5	Π-6	Π-7α	Π-7β	Π-8	Π-9
Αριθμός στρώσεων	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Βάθη διαχωρισμού (m)	1.90	2.10	1.05	0.40	2.10	0.55	0.60	6.45	1.75
Μέσο DPI ανώτερης στρώσης (mm/κύτπο)	15.4	22.9	13.4	13.1	7.4	7.4	7.2	10.5	14.8
Μέση τυπική απόκλιση DPI ανώτερης στρώσης (mm/κύτπο)	5.8	9.9	8.8	6.6	2.8	1.1	1.5	3.2	5.6
Μέσο DPI κατώτερης στρώσης (mm/κύτπο)	5.7	5.8	10.1	4.5	5.0	2.7	2.4	4.7	5.5
Μέση τυπική απόκλιση DPI κατώτερης στρώσης (mm/κύτπο)	1.5	2.0	4.4	1.2	1.5	1.3	0.8	1.2	1.8

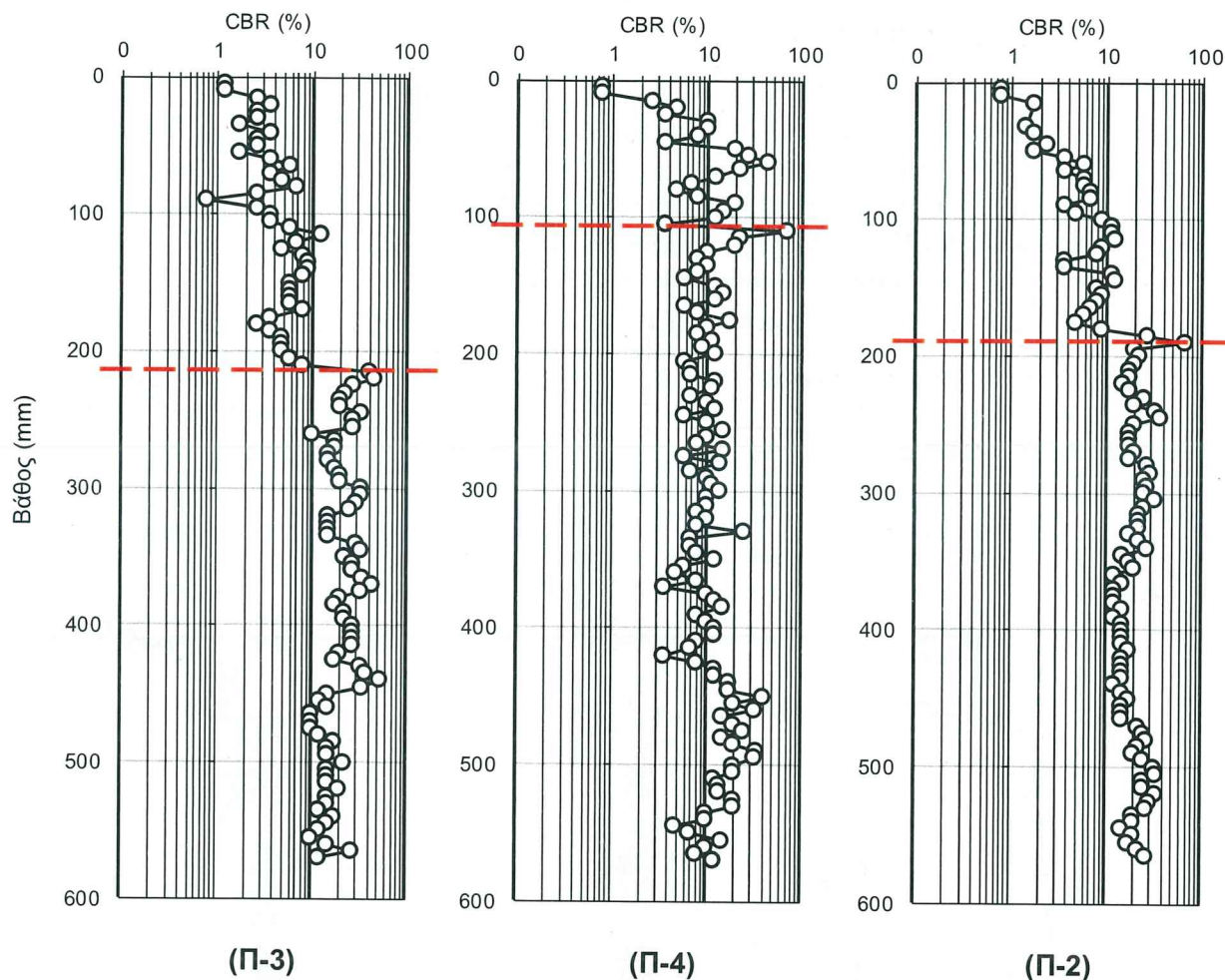
Σε έξι χύδην δείγματα που λήφθηκαν από δειγματοληψίες δίπλα από τις πενетроμέτρησεις Π-4 έως Π-9 πραγματοποιήθηκαν δοκιμές κατάταξης στο εργαστήριο από τις οποίες προέκυψε:

- Περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο από 24% έως 46% με μέσο όρο 38%, σε άμμο από 32% έως 48% με μέσο όρο 39% και σε χάλικες από 14% έως 33% με μέσο όρο 22%.
- 1 από τα 6 δείγματα προέκυψε μη πλαστικό. Από τα υπόλοιπα 5 δείγματα προέκυψε όριο υδαρότητας από 26% έως 34% με μέσο όρο 31%, όριο πλαστικότητας από 19% έως 24% με μέσο όρο 21% και δείκτης πλαστικότητας 7% έως 12% με μέσο όρο 10%
- Φυσική υγρασία από 3% έως 14% με μέσο όρο 8%
- Κατάταξη του δείγματος κατά USCS SC έως SM (αμμώδης αργιλοίλυσ)

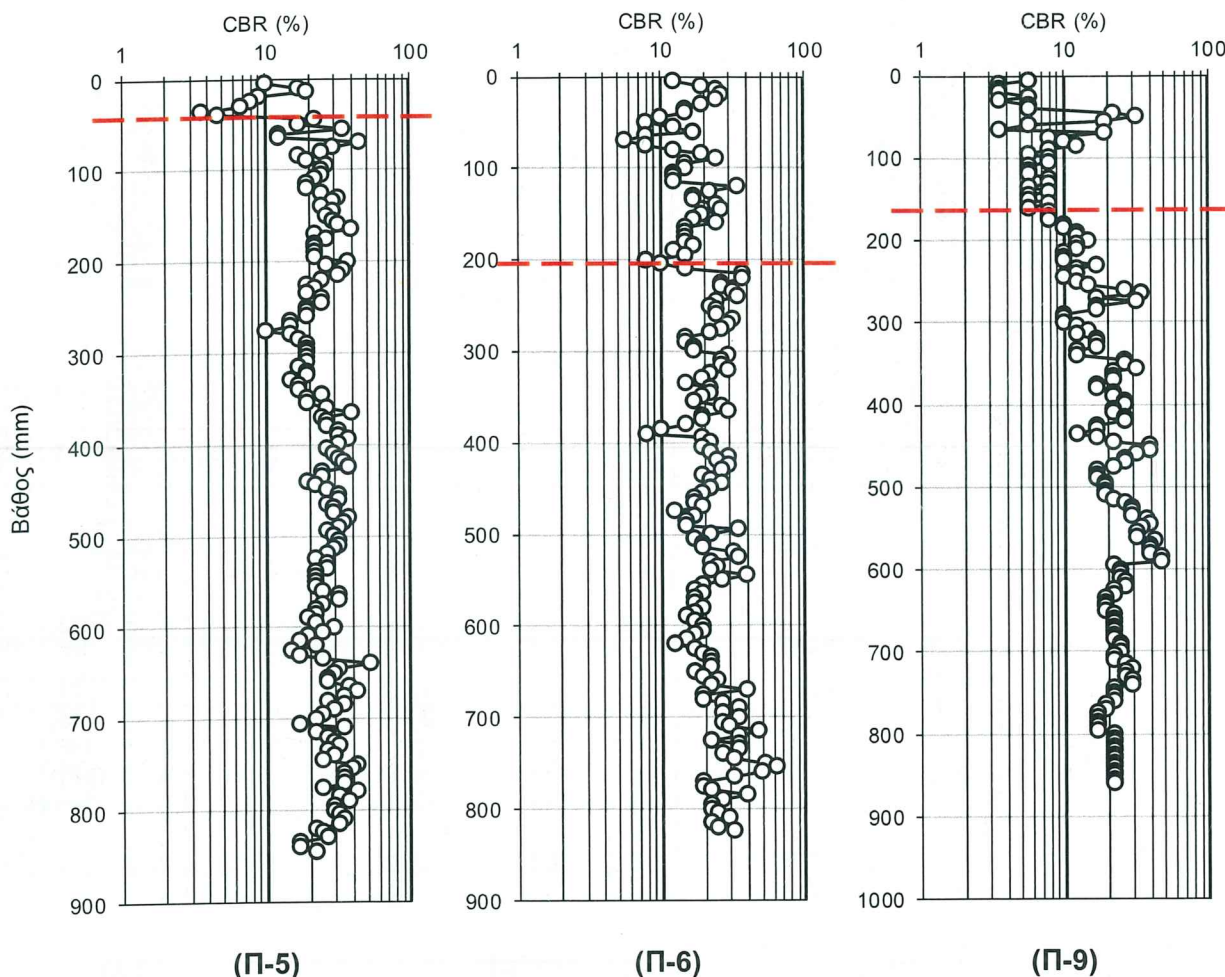
Δεδομένης της φύσης του υλικού και της οπτικής εικόνας από αυτό, το φαινόμενο βάρος του μπορεί να ληφθεί 18-19 kN/m<sup>3</sup>, συνοχή 0-5 kPa και γωνία διατμητικής αντοχής 24-28° και μέτρο ελαστικότητας 3-5 MPa.



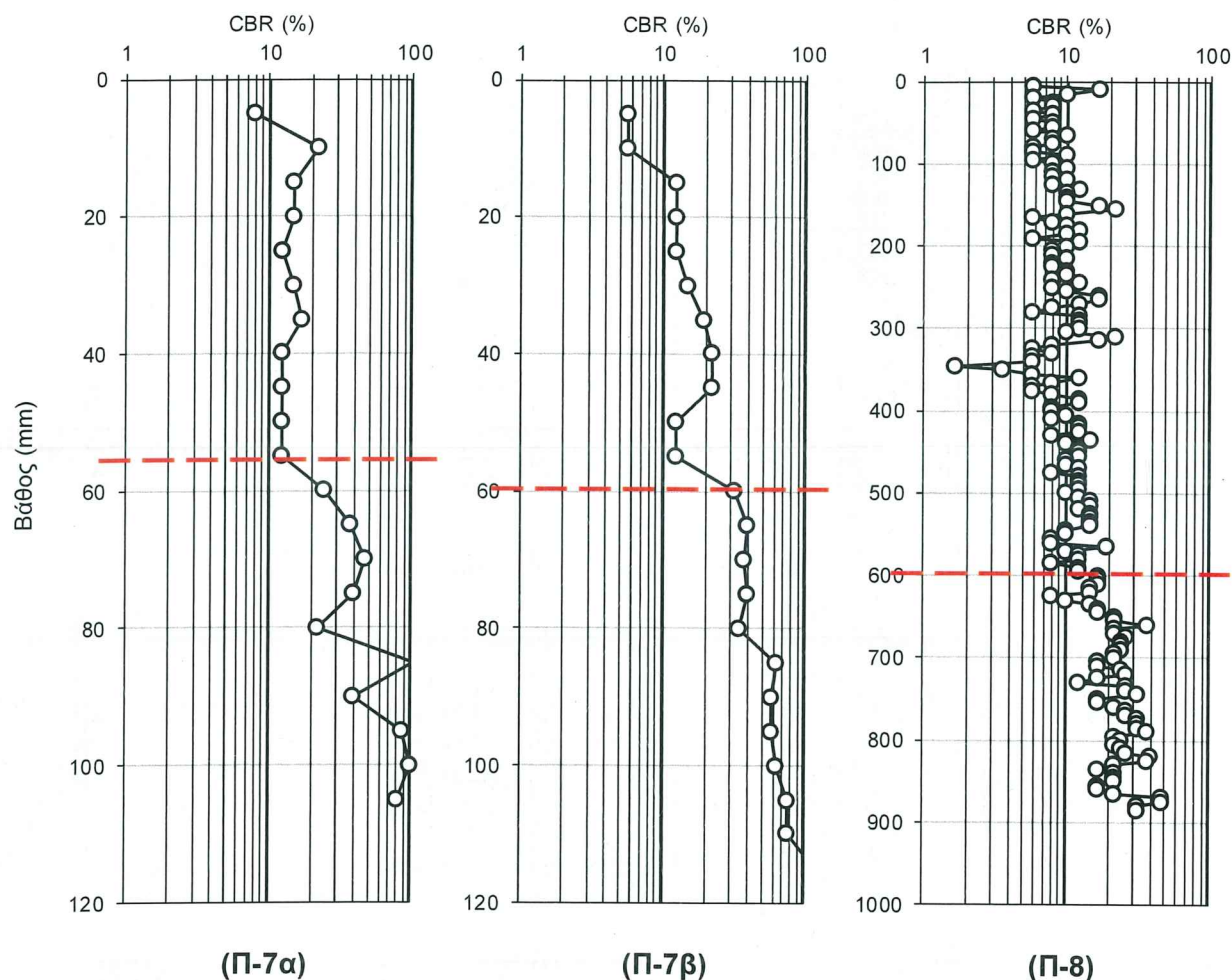
**Σχ. 4.1.** Διάγραμμα δείκτη DPI με το βάθος από τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενетроμέτρου Π-3, Π-4 και Π-2 (σε σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά).



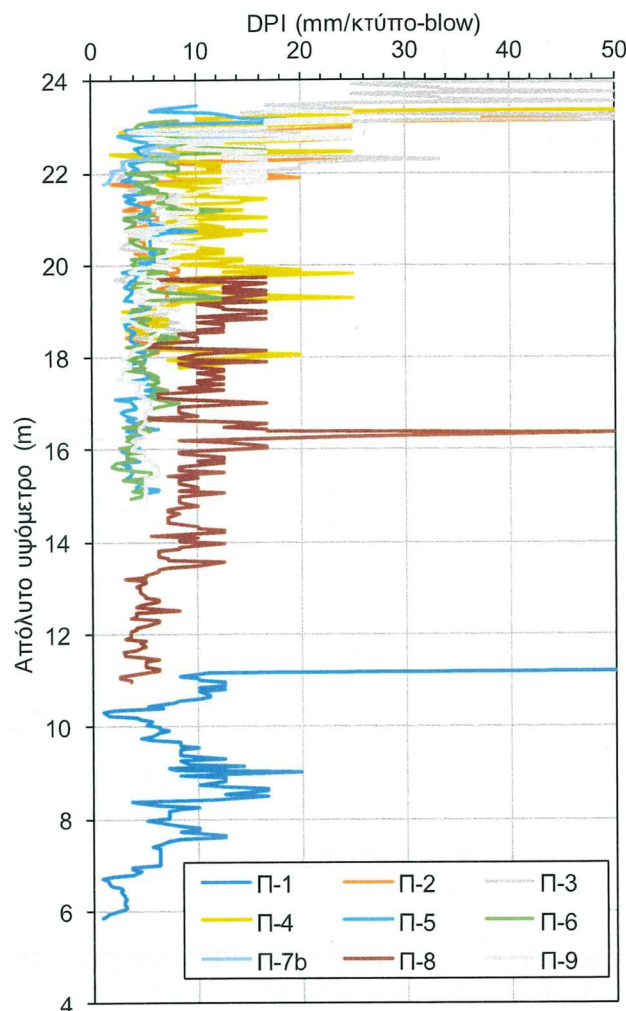
**Σχ. 4.2.** Διάγραμμα εκτιμώμενου CBR με το βάθος από τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενετρομέτρου Π-3, Π-4 και Π-2 (σε σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά).



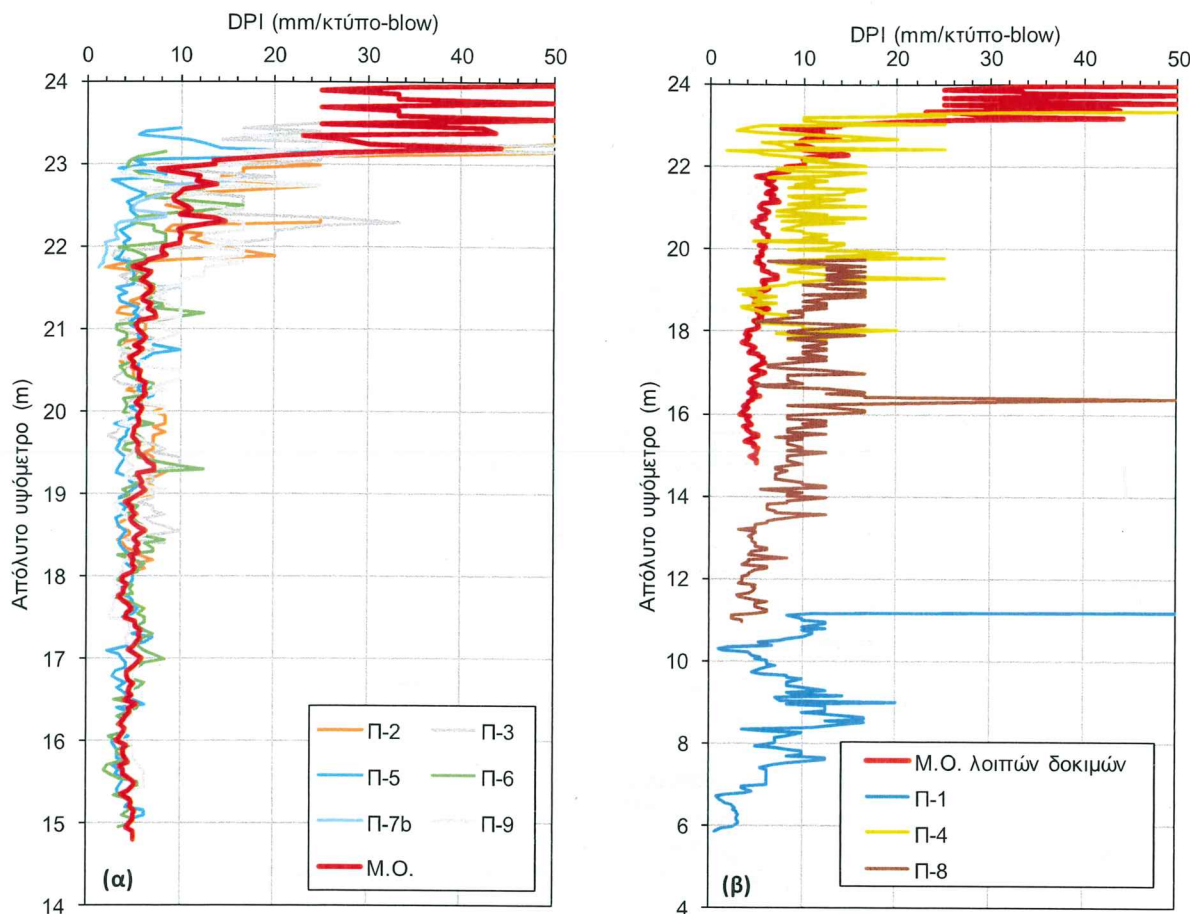
**Σχ. 4.3.** Διάγραμμα εκτιμώμενου CBR με το βάθος από τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενетроμέτρου Π-5, Π-6 και Π-9 (σε σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά).



**Σχ. 4.4.** Διάγραμμα εκτιμώμενου CBR με το βάθος από τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενετρομέτρου Π-7α, Π-7β και Π-8 (σε σειρά από δυτικά προς τα ανατολικά).



**Σχ. 4.5.** Συγκεντρωτικό διάγραμμα δείκτη DPI με το βάθος (σε όρους απόλυτου υψόμετρου) από όλες τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενετρομέτρου.



**Σχ. 4.6.** Συγκεντρωτικό διάγραμμα δείκτη DPI με το βάθος (σε όρους απόλυτου υψόμετρου) για τις δοκιμές ελαφρού δυναμικού πενетроμέτρου (α) Π-2, Π-3, Π-5, Π-6, Π-7 και Π-9 και (β) Π-1, Π-4 και Π-8.

#### 4.4 ΑΜΜΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΣ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΤΕΙΧΟΥΣ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ

Πρόκειται για τον ορίζοντα που υπόκειται του ανώτερου ορίζοντα αργιλοϊλυώδους άμμου. Απαντήθηκε στη γεώτρηση Χ-1 από 0.0m έως 6.75m και στη γεώτρηση Χ-2 από 0.0m έως 1.50m, στις πενетроμετρήσεις Π-2 έως Π-9 και στα δείγματα που ελήφθησαν από τα υψηλότερα σημεία στις διερευνητικές τομές στα πρανή των αστοχιών. Ο μέσος όρος του DPI και η τυπική απόκλιση ανά πενетроμέτρηση ήταν 5.7 και 1.5 mm/κτύπο στην Π-2, 5.8 και 2.0 mm/κτύπο στην Π-3, 10.1 και 4.4 mm/κτύπο στην Π-4, 4.5 και 1.2 mm/κτύπο στην Π-5, 5.0 και 2.8 mm/κτύπο στην Π-6, 2.7 και 1.3 mm/κτύπο στην Π-7α, 2.4 και 0.8 mm/κτύπο στην Π-7β, 4.8 και 1.2 mm/κτύπο στην Π-8 και 5.5 και 1.8 mm/κτύπο στην Π-9 (Σχ. 3.1, 3.2 και 4.1). Οι παραπάνω τιμές του δείκτη DPI συνοψίζονται στον Πίν. 4.2. Από τα Σχ. 4.5 και 4.6α παρατηρείται ότι υπάρχει γενικά μικρή διασπορά των τιμών και για τη στρώση αυτή προκύπτει μέσος όρος του DPI και τυπική απόκλιση 5.2 και 0.9 mm/κτύπο.

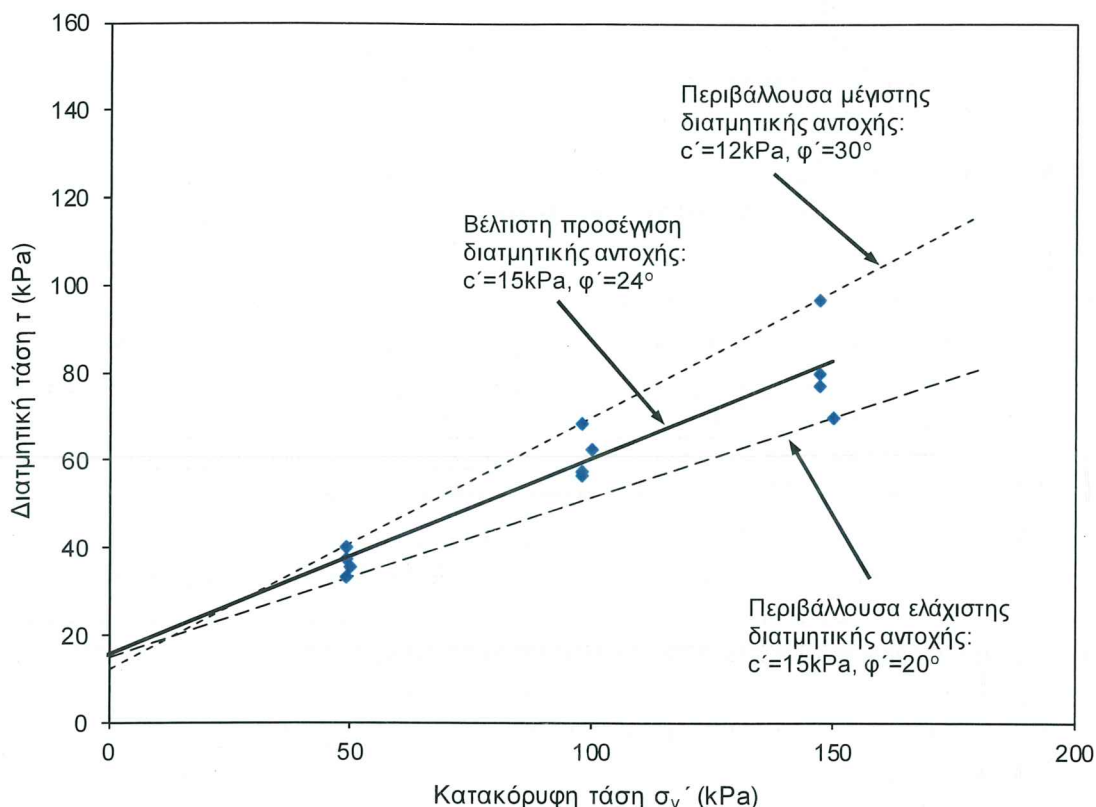
Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε μέσο όρο και τυπική απόκλιση εκτιμώμενου CBR 20.9% και 8.0% στην Π-2, 21.6% και 9.2% στην Π-3, 13.0% και 8.9% στην Π-4, 26.2% και 7.2% στην Π-5, 24.3% και 8.6% στην Π-6, 57.9% και 31.0% στην Π-7α, 58.0% και 7.7% στην Π-7β, 25.6% και 7.7% στην Π-8 και 22.2% και 7.9% στην Π-9 (Σχ. 4.2 - 4.4).

Ελήφθησαν συνολικά 8 δείγματα αυτού του ορίζοντα, 4 από τις γεωτρήσεις (Χ-1 και Χ-2) και 4 από τις διερευνητικές τομές στα πρηνή των αστοχιών, στα οποία εκτελέστηκαν δοκιμές κατάταξης και προέκυψε:

- Περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο από 40% έως 90% με μέσο όρο 64%, σε άμμο από 8% έως 46% με μέσο όρο 27% και σε χάλικες από 1% έως 26% με μέσο όρο 8%. Από δοκιμές αραιομέτρου σε 5 δείγματα προέκυψε περιεκτικότητα σε άργιλο από 5% έως 22% με μέσο όρο 11% και σε ιλύ από 38% έως 68% με μέσο όρο 52%.
- Όριο υδαρότητας από 22% έως 42% με μέσο όρο 29%, όριο πλαστικότητας από 15% έως 23% με μέσο όρο 17% και δείκτης πλαστικότητας από 6% έως 19% με μέσο όρο 12%.
- Φυσική υγρασία από 11% έως 21% με μέσο όρο 16%
- Ξηρό φαινόμενο βάρος από 13.7 kN/m<sup>3</sup> έως 18.3 kN/m<sup>3</sup> με μέσο όρο 16.1 kN/m<sup>3</sup>
- Υγρό φαινόμενο βάρος από 16.0 kN/m<sup>3</sup> έως 20.2 kN/m<sup>3</sup> με μέσο όρο 18.6 kN/m<sup>3</sup>
- Ποσοστό Οργανικών προσδιορίστηκε σε ένα δείγμα 1.9%
- Ειδικό βάρος μετρήθηκε σε 5 δείγματα από 2.65 έως 2.78 με μέσο όρο 2.69.
- Κατάταξη του δείγματος κατά USCS ως CL (αργιλοίλυσ χαμηλής έως μέσης πλαστικότητας)

Από τις δοκιμές άμεσης διάτμησης προέκυψαν τιμές  $c'$  και  $\phi'$  22 kPa/19°, 10 kPa/26°, 12 kPa/30° και 18 kPa/22°. Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών σχεδιάστηκαν στο διάγραμμα του Σχ. 4.7. Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει βέλτιστη προσέγγιση της διατμητικής αντοχής  $c'$  και  $\phi'$  15 kPa/24°, περιβάλλουσα μέγιστης διατμητικής αντοχής  $c'$  και  $\phi'$  12 kPa/30° και περιβάλλουσα ελάχιστης διατμητικής αντοχής  $c'$  και  $\phi'$  15 kPa/20°.

Με βάση όλα τα παραπάνω στοιχεία, το φαινόμενο βάρος του υλικού μπορεί να ληφθεί 18-20 kN/m<sup>3</sup>, η συνοχή του 10-20 kPa, η γωνία διατμητικής αντοχής 20-24° και το μέτρο ελαστικότητας 6-8 MPa.



**Σχ. 4.7.** Αποτελέσματα δοκιμών βραδείας άμεσης διάτμησης με στερεοποίηση σε δείγματα αμμώδους αργιλοίλους, με τις περιβάλλουσες διατμητικής αντοχής και την βέλτιστη προσέγγιση των αποτελεσμάτων.

#### 4.5 ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΤΕΙΧΟΥΣ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ

Ελήφθησαν συνολικά 10 δείγματα αυτού του ορίζοντα από όλες τις διερευνητικές τομές στα πρανή των αστοχιών, στα οποία εκτελέστηκαν δοκιμές κατάταξης και προέκυψε:

- Περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο από 9% έως 49% με μέσο όρο 24%, σε άμμο από 20% έως 65% με μέσο όρο 36% και σε χάλικες από 15% έως 56% με μέσο όρο 39%
- 5 από τα 10 δείγματα προέκυψαν μη πλαστικά. Στα υπόλοιπα 5 προέκυψε το όριο υδαρότητας από 22% έως 27% με μέσο όρο 25%, το όριο πλαστικότητας από 14% έως 17% με μέσο όρο 15% και ο δείκτης πλαστικότητας από 8% έως 11% με μέσο όρο 10%.
- Φυσική υγρασία από 6% έως 15% με μέσο όρο 10%
- Ξηρό φαινόμενο βάρος από 12.6 kN/m<sup>3</sup> έως 21.4 kN/m<sup>3</sup> με μέσο όρο 17.9 kN/m<sup>3</sup>
- Υγρό φαινόμενο βάρος από 14.5 kN/m<sup>3</sup> έως 23.1 kN/m<sup>3</sup> με μέσο όρο 20.0 kN/m<sup>3</sup>
- Κατάταξη του δείγματος κατά USCS από GP-GM-GC (αργιλοίλυδες αμμοχάλικο) έως SC-SM (ιλυοαργιλώδης άμμος).

Με βάση όλα τα παραπάνω στοιχεία το φαινόμενο βάρος του σχηματισμού μπορεί να ληφθεί  $18-20 \text{ kN/m}^3$ , η συνοχή του  $10-15 \text{ kPa}$ , η γωνία διατμητικής αντοχής  $30-35^\circ$  και το μέτρο ελαστικότητας  $10-15 \text{ MPa}$ .

#### 4.6 ΒΡΑΧΟΡΡΙΠΗ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΤΕΙΧΟΥΣ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ

Στο κατώτερο τμήμα των επιχώσεων πίσω από το τείχος του επιπρωμαχώνα εντοπίζεται υλικό με εικόνα βραχορριπής. Το υλικό αυτό εντοπίζεται μέχρι  $2.5 \text{ m}$  από την γενική στάθμη της επίχωσης του προμαχώνα. Δεν ελήφθησαν δείγματα καθώς δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί κάποιου είδους εργαστηριακή δοκιμή καθώς το κυρίαρχο μέγεθος κόκκων είχε ονομαστική διάμετρο  $10-15 \text{ cm}$ . Τονίζεται ότι και μέσα σε αυτό το υλικό εντοπίζεται οπτικά πιο λεπτόκοκκο υλικό, χωρίς όμως η ποσότητά του να εμποδίζει την επαφή των μεγάλου μεγέθους κόκκων.

Από την εμπειρία με παρόμοια υλικά και συντηρητικά μπορεί να ληφθεί για αυτό το υλικό φαινόμενο βάρος  $17-19 \text{ kN/m}^3$ , συνοχή  $0-10 \text{ kPa}$ , γωνία διατμητικής αντοχής  $40-45^\circ$  και μέτρο ελαστικότητας  $40-50 \text{ MPa}$ .

#### 4.7 ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΙΛΥΩΔΩΝ ΑΜΜΩΝ ΚΑΙ ΑΜΜΩΔΩΝ ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΩΝ (ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ) – MG-S/C

Ο σχηματισμός αυτός εντοπίζεται: στη γεώτρηση ΓΕ-1 από  $0.1$  έως  $6.6 \text{ m}$ , στη γεώτρηση ΓΕ-2 από  $0.1$  έως  $6.5 \text{ m}$  (και στις δύο αμέσως κάτω από το οδόστρωμα της οδού Ντουνόπαπα), στη γεώτρηση ΓΕ-3 από  $0.0$  έως  $4.0 \text{ m}$  και από  $4.0$  έως  $7.1 \text{ m}$ , στη γεώτρηση ΓΕ-4 από  $2.0$  έως  $4.0 \text{ m}$ , στη γεώτρηση Χ-1 από  $9.0$  έως περίπου  $16.0 \text{ m}$  και στη γεώτρηση Χ-2 από  $7.0 \text{ m}$  έως περίπου  $16.80 \text{ m}$ . Δεδομένου του ιστορικού κατασκευής του προμαχώνα, των τειχών και του επιπρωμαχώνα πρόκειται για τεχνητή επίχωση και εκτιμάται ότι επί αυτής έχει θεμελιωθεί ο επιπρωμαχώνας του Αγίου Δημητρίου.

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε 10 δείγματα αυτού του σχηματισμού, στα οποία εκτελέστηκαν δοκιμές κατάταξης και προέκυψε:

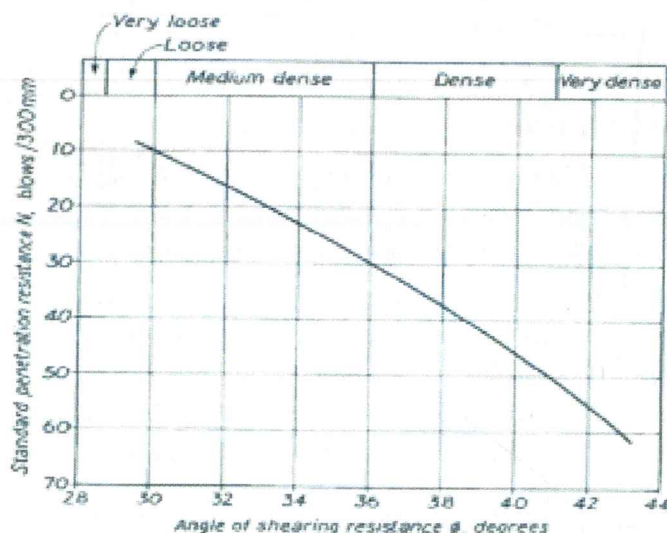
- Περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα από  $15\%$  έως  $65\%$  με μέσο όρο  $39\%$ , σε άμμο από  $26\%$  έως  $65\%$  με μέσο όρο  $46\%$  και σε χάλικες από  $0\%$  έως  $24\%$  με μέσο όρο  $13\%$ .
- 4 από τα 10 δείγματα προέκυψαν μη πλαστικά. Στα υπόλοιπα 6 προέκυψε το όριο υδαρότητας από  $17\%$  έως  $25\%$  με μέσο όρο  $23\%$ , το όριο πλαστικότητας από  $14\%$  έως  $17\%$  με μέσο όρο  $15\%$  και ο δείκτης πλαστικότητας από  $2\%$  έως  $10\%$  με μέσο όρο  $8\%$ .
- Φυσική υγρασία από  $2\%$  έως  $10\%$  με μέσο όρο  $8\%$
- Ξηρό φαινόμενο βάρος από  $15.1 \text{ kN/m}^3$  έως  $18.1 \text{ kN/m}^3$  με μέσο όρο  $16.8 \text{ kN/m}^3$
- Υγρό φαινόμενο βάρος από  $17.4 \text{ kN/m}^3$  έως  $20.3 \text{ kN/m}^3$  με μέσο όρο  $19.0 \text{ kN/m}^3$
- Ποσοστό Οργανικών από  $2.1\%$  έως  $2.3\%$  με μέσο όρο  $2.2\%$  (δύο δείγματα)
- Ειδικό βάρος από  $2.65$  έως  $2.68$  με μέσο όρο  $2.67$ .
- Κατάταξη του δείγματος κατά USCS από SM-SC (ίλυοαργιλώδης άμμος) έως CL (αμμώδης άργιλος)

Σε δείγμα της γεώτρησης ΓΕ-3 εκτελέστηκε μία δοκιμή μονοδιάστατης συμπίεσης. Η φύση αυτών των οριζόντων δεν επέτρεπε την μόρφωση δοκιμίων για την εκτέλεση δοκιμών προσδιορισμού αντοχής στα δείγματα των γεωτρήσεων ΓΕ- 3 και ΓΕ-4, ενώ για τον ίδιο λόγο δεν υπάρχουν αντίστοιχα εργαστηριακά αποτελέσματα για τις παλαιότερες γεωτρήσεις ΓΕ-1 και ΓΕ-2 του 2017. Σε δείγμα από τη γεώτρηση Χ-1 (ΙΓΜΕ 1995) έχει εκτελεστεί μόνο μία δοκιμή άμεσης διάτμησης από την οποία προέκυψαν τιμές συνοχής και της γωνίας διατμητικής αντοχής:  $c' = 10\text{kPa}$  και  $\phi' = 38^\circ$  αντίστοιχα.

Από τη δοκιμή μονοδιάστατης συμπίεσης προέκυψε δείκτης συμπίεσης  $C_c$  0.11, δείκτης αποφόρτισης  $C_r$  0.003 και τάση φαινόμενης προστερεοποίησης 120 kPa. Σημειώνεται ότι το δοκίμιο στο οποίο εκτελέστηκε η δοκιμή είναι δοκίμια που ελήφθησαν με διακοπή παροχής νερού και περιστροφή (δείγματα «φραγμού») άρα αρκετά διαταραγμένα. Για αυτόν τον λόγο και στη δοκιμή εισήχθη κύκλος φόρτισης-αποφόρτισης περί την επιτόπου τάση της και μικρότερη τιμή της για να διαπιστωθεί η τιμή του μέτρου μονοδιάστατης συμπίεσης κατά μήκος ενός τέτοιου κύκλου (δεδομένης της βεβαιωμένης προφόρτισης των υλικών). Το μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης λοιπόν κατά μήκος αυτού του κύκλου προέκυψε 234 MPa (με τιμή αντίστοιχα μετά την επαναφόρτιση στον κλάδο φόρτισης πρώτης φοράς 7.2 MPa).

Παράλληλα, στον σχηματισμό αυτό εκτελέστηκαν συνολικά 9 δοκιμές πρότυπης διείσδυσης με αποτελέσματα κυμαινόμενα από 17 έως 57 με μέσο όρο 31 και τυπική απόκλιση 14. Υιοθετώντας την λογική της αφαίρεσης ή πρόσθεσης μισής τυπικής απόκλισης (ανάλογα τι είναι πιο συντηρητικό) προκύπτει χαρακτηριστική τιμή  $N_{SPT}$  24.

Για την εκτίμηση τιμών παραμέτρων διατμητικής αντοχής από τη δοκιμή SPT, οι Peck, Hanson & Thornburn πρότειναν το διάγραμμα του Σχ. 4.8. Για χαρακτηριστική τιμή  $N_{SPT}$  24, από το διάγραμμα αυτό εκτιμάται τιμή της γωνία διατμητικής αντοχής  $34^\circ$  και το υλικό του σχηματισμού χαρακτηρίζεται μέσης πυκνότητας.



Σχ. 4.8. Διάγραμμα Peck, Hanson & Thornburn για την εκτίμηση της γωνίας διατμητικής αντοχής κοκκωδών υλικών.

Για μέσης πυκνότητα το υλικό μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει σχετική πυκνότητα  $D_r$  35-45% και από την συσχέτιση του Meyerhof (1959) (Εξ. 4.1) να υποτεθεί γωνία διατμητικής αντοχής 33-35°.

$$\phi = 28 + 0.15 \cdot D_r \quad (D_r \text{ επί τοις εκατό}) \quad (4.1)$$

Τέλος, σύμφωνα με το εγχειρίδιο NAVFAC του ναυτικού των ΗΠΑ, για την κυρίαρχη κατάταξη των υλικών του σχηματισμού που είναι SM κατά USCS μπορούν να υποτεθούν τιμές παραμέτρων διατμητικής αντοχής  $c'=20$  kPa και  $\phi'=34^\circ$ .

Σε ό,τι αφορά το μέτρο ελαστικότητας, με βάση τον Bowles (1996) για ιλυώδεις άμμους SM μπορεί να ληφθεί μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης 5-20 MPa και λόγος του Poisson  $\nu$  0.3-0.35. Με βάση τη σχέση που συνδέει το μέτρο ελαστικότητας  $E$  με το μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης  $[E_s = E(1-\nu)/(1+\nu)(1-2\nu)]$  η εκτίμηση από τον Bowles για το  $E$  είναι 3.7-15 MPa. Ωστόσο για τα υλικά αυτά γνωρίζουμε ότι είναι βεβαιωμένα προστερεοποιημένα, και μάλιστα κατά 50-70 kPa κατ' ελάχιστον. Ως εκ τούτου μπορεί να υποτεθεί για τον συγκεκριμένο σχηματισμό  $E = 15-20$  MPa.

Με βάση τα ανωτέρω, για τον σχηματισμό αυτόν μπορούν να ληφθούν φαινόμενο βάρος 18-20 kN/m<sup>3</sup>, συνοχή 10-15 kPa, γωνία διατμητικής αντοχής 30-34° και μέτρο ελαστικότητας 15-20 MPa.

#### 4.8 ΑΡΓΙΛΟΣ (ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ) – C

Ο σχηματισμός αυτός βρέθηκε στη γεώτρηση ΓΕ-1 μεταξύ 6.60 και 8.70m, στη γεώτρηση ΓΕ-2 μεταξύ 6.50 και 7.00m, στη γεώτρηση ΓΕ-3 μεταξύ 7.10 και 7.80m, στη γεώτρηση ΓΕ-4 από βάθος 6.00m έως το τέλος της γεώτρησης (10.00m) και στη γεώτρηση Χ-2α από το βάθος των 21.00m έως το τέλος της γεώτρησης (32.00m).

Στον σχηματισμό αυτόν πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές σε 11 δείγματα από τα οποία προέκυψε:

- Περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο από 75% έως 95% με μέσο όρο 86%, σε άμμο από 4% έως 39% με μέσο όρο 20% και σε λεπτούς χάλικες από 0% έως 2% με μέσο όρο 1%, δεν βρέθηκαν χονδροί χάλικες.
- Όριο υδαρότητας από 34% έως 58% με μέσο όρο 40%, όριο πλαστικότητας από 15% έως 22% με μέσο όρο 18% και δείκτης πλαστικότητας από 17% έως 37% με μέσο όρο 22%.
- Φυσική υγρασία από 18% έως 99% με μέσο όρο 32%
- Ξηρό φαινόμενο βάρος από 9.7 kN/m<sup>3</sup> έως 17.7 kN/m<sup>3</sup> με μέσο όρο 15.2 kN/m<sup>3</sup>
- Υγρό φαινόμενο βάρος από 17.1 kN/m<sup>3</sup> έως 21.2 kN/m<sup>3</sup> με μέσο όρο 19.6 kN/m<sup>3</sup>
- Ποσοστό Οργανικών προσδιορίστηκε από 1% έως 3% με μέσο όρο 2%
- Ειδικό βάρος από 2.68 έως 2.73 με μέσο όρο 2.71
- Κατάταξη του δείγματος κατά USCS CL σε δέκα δείγματα και CH σε ένα

Από δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών χαρακτηριστικών έχουν εκτελεστεί 7 δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης, 4 δοκιμές βραδείας άμεσης διάτμησης με προηγούμενη στερεοποίηση, 1 δοκιμή άμεσης διάτμησης, 2 τριαξονικές δοκιμές χωρίς στερεοποίηση (UU), 2 δοκιμές θλίψης κατά γενέτειρα (Brazilian Test) και 5 δοκιμές μονοδιάστατης συμπίεσης.

Από τις δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης προέκυψε τιμή της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη από 42 έως 378 kPa με μέσο όρο 174 kPa και μέτρο ελαστικότητας 1.7 MPa έως 2.2 MPa.

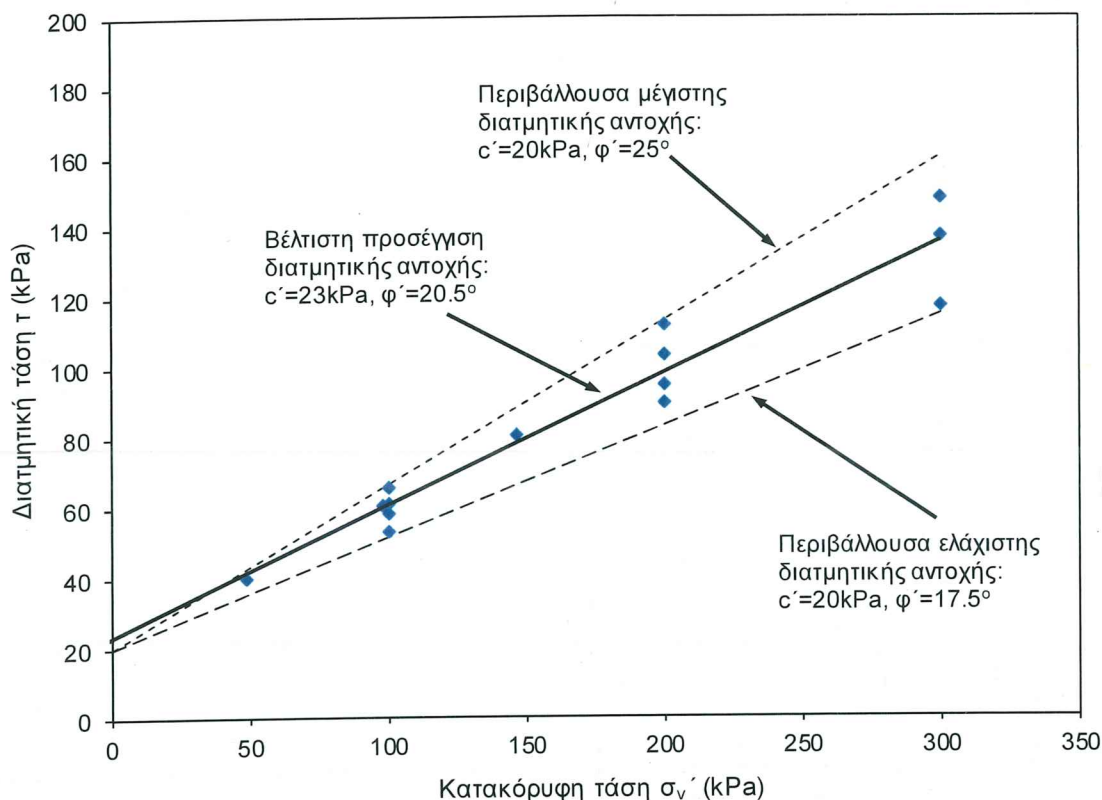
Από τις δοκιμές θλίψης κατά γενέτειρα προέκυψε τιμή της αντοχής σε θλίψη κατά γενέτειρα από 25.4 MPa έως 43.3 MPa.

Από τις τριαξονικές δοκιμές χωρίς στερεοποίησης προέκυψε τιμή της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής από 138 MPa έως 378 MPa.

Από τις δοκιμές μονοδιάστατης συμπίεσης προέκυψε δείκτης συμπίεσης  $C_c$  από 0.09 έως 0.32 με μέσο όρο 0.16, δείκτης αποφόρτισης  $C_r$  από 0.01 έως 0.05 με μέσο όρο 0.02, και τάση φαινόμενης προστερεοποίησης από 400 έως 1100 kPa. Σημειώνεται ότι όλα τα δοκίμια στα οποία εκτελέστηκαν δοκιμές είναι δοκίμια που ελήφθησαν με διακοπή παροχής νερού και περιστροφή (δείγματα «φραγμού») άρα αρκετά διαταραγμένα. Για αυτόν τον λόγο και στις δύο δοκιμές εισήχθη κύκλος φόρτισης-αποφόρτισης περί την επιτόπου τάση της και μικρότερη τιμή της για να διαπιστωθεί η τιμή του μέτρου μονοδιάστατης συμπίεσης κατά μήκος ενός τέτοιου κύκλου (δεδομένης της βεβαιωμένης προφόρτισης των υλικών). Το μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης λοιπόν κατά μήκος αυτού του κύκλου προέκυψε από 20 έως 163 MPa (με τιμές αντίστοιχα μετά την επαναφόρτιση στον κλάδο φόρτισης πρώτης φοράς από 4.2 έως 22.0 MPa).

Από τις δοκιμές βραδείας άμεσης διάτμησης με προηγούμενη στερεοποίηση προέκυψαν τιμές  $c'$  και  $\phi'$  14 kPa/24°, 24 kPa/18°, 11 kPa/22°, 19 kPa/25° και 20 kPa/23°. Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών σχεδιάστηκαν στο διάγραμμα του **Σχ. 4.9**. Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει βέλτιστη προσέγγιση της διατμητικής αντοχής  $c'$  και  $\phi'$  23 kPa/20.5°, περιβάλλουσα μέγιστης διατμητικής αντοχής  $c'$  και  $\phi'$  20 kPa/25° και περιβάλλουσα ελάχιστης διατμητικής αντοχής  $c'$  και  $\phi'$  20 kPa/17.5°.

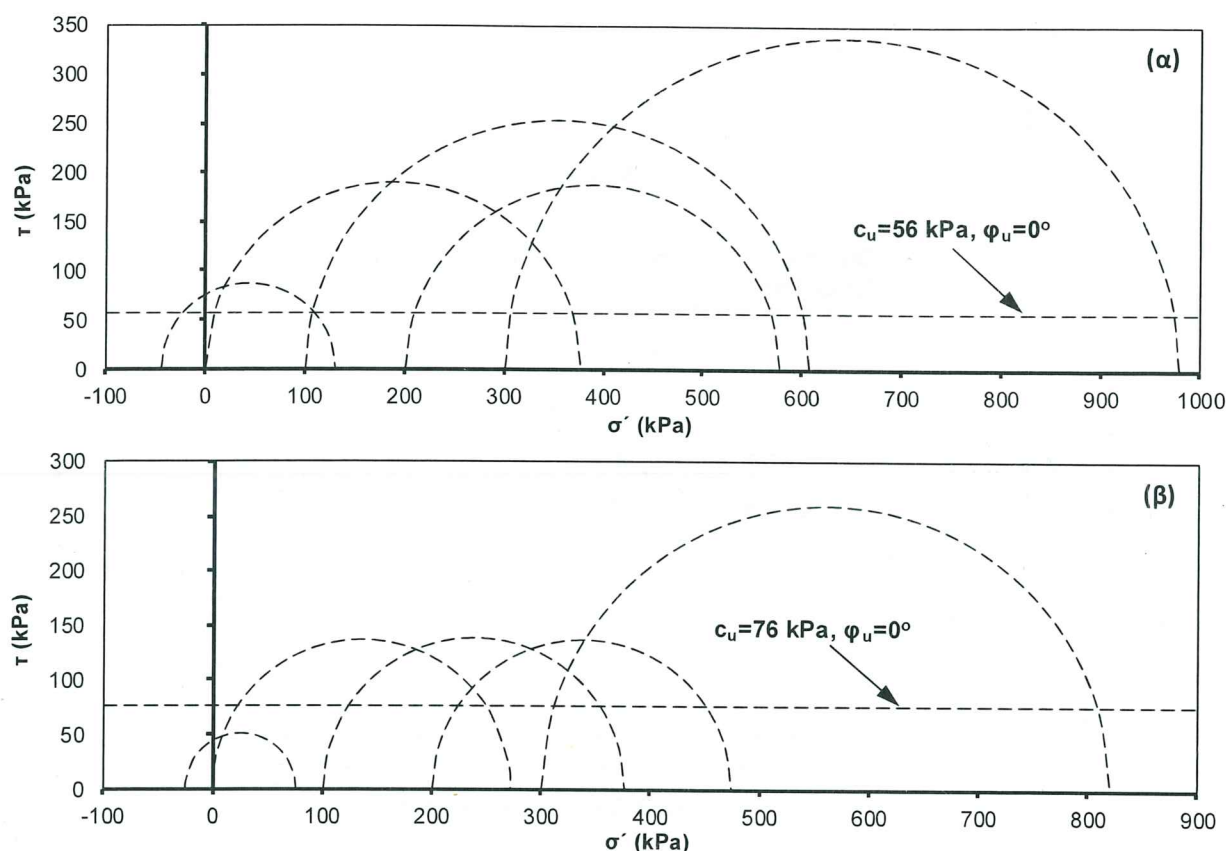
Στον σχηματισμό αυτόν εκτελέστηκε και μία δοκιμή πρότυπης διείδυσης από την οποία προέκυψε  $N_{SPT}$  15.



**Σχ. 4.9.** Αποτελέσματα δοκιμών βραδείας άμεσης διάτμησης με στερεοποίηση σε δείγματα αργίλου με τις περιβάλλουσες διατμητικής αντοχής και την βέλτιστη προσέγγιση των αποτελεσμάτων.

Στα **Σχ. 4.10α** και **4.10β** παρουσιάζονται οι κύκλοι Mohr που αντιστοιχούν στις τριαξονικές δοκιμές χωρίς στερεοποίηση, στις δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης και στις δοκιμές θλίψης κατά γενέτειρα που εκτελέστηκαν στα δείγματα από τα βάθη 6.0-6.6m και 9.0-10.0m αντίστοιχα. Για να υπάρξει συμβατότητα με τις τιμές των παραμέτρων διατμητικής αντοχής που προέκυψαν από το **Σχ. 4.9**, για το εύρος των γεωστατικών τάσεων σε αυτά τα βάθη, προτείνονται τιμές αστράγγιστης διατμητικής αντοχής  $c_u = 50-60\text{kPa}$  για τα βάθη 6.0-6.6m και  $c_u = 70-80\text{kPa}$  για τα βάθη 9.0-10.0m. Από τα **Σχ. 4.10α** και **4.10β** παρατηρείται ότι οι εν λόγω τιμές αποτελούν συντηρητικές εκτιμήσεις σε σύγκριση με τα εργαστηριακά αποτελέσματα.

Με βάση τα ανωτέρω, για τον σχηματισμό αυτόν μπορούν να ληφθούν φαινόμενο βάρος 17-19  $\text{kN/m}^3$ , συνοχή 20-25 kPa, γωνία διατμητικής αντοχής 20-22° και μέτρο ελαστικότητας 15-20 MPa. Στην κατάληξη σε αυτές τις τιμές παραμέτρων βάρυνε κύρια το γεγονός ότι πρόκειται για προστεροποιημένη άργιλο.



**Σχ. 4.10.** Αποτελέσματα δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης, θλίψης κατά γενέτειρα και τριαξονικών δοκιμών χωρίς στερεοποίηση με την περιβάλλουσα αστράγγιστης διατμητικής αντοχής σε δείγματα αργίλου από βάθη (α) 6.00-6.60m και (β) 9.00-10.00m.

#### 4.9 ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟΣ ΩΣ ΕΔΑΦΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΜΑΡΓΑΙΚΟΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ (ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΕΠΙΠΡΟΜΑΧΩΝΑ) – ML

Ο σχηματισμός αυτός εντοπίστηκε μόνο στην γεώτρηση ΓΕ-1 από 8.70 έως 11.10m. Εκτελέστηκε μόνο μία δοκιμή αντοχής σε σημειακή φόρτιση σε ένα βραχώδες δοκίμιο από το οποίο προέκυψε τιμή του δείκτη  $I_{s50}$  4.17 που αντιστοιχεί σε πολύ υψηλή αντοχή σε μονοαξονική θλίψη (25-40 MPa) καθώς και μία δοκιμή κατάταξης σε ένα εδαφοποιημένο δείγμα από το οποίο προέκυψε περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο 11%, σε άμμο 36% και σε χάλικες 53%, με το υλικό να προκύπτει μη πλαστικό και με φυσική υγρασία 19.3% και κατάταξη κατά USCS GP-GM.

Ο σχηματισμός αυτός θεωρείται ότι αποτελεί μάλλον θύλακα μέσα στις επιχώσεις παρά συστηματική στρώση και για αυτό δεν έγινε εκτίμηση τιμών παραμέτρων.

#### 4.10 ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ ΜΑΡΓΑ (ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ)

Ο σχηματισμός αυτός εντοπίστηκε μόνο στην γεώτρηση ΓΕ-3 από 8.70 έως 11.10m. Εκτελέστηκε μία δοκιμή κατάταξης σε ένα εδαφοποιημένο δείγμα από το οποίο προέκυψε περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο 29%, σε άμμο 29% και σε χάλικες 42%, με το υλικό να προκύπτει μη πλαστικό και κατάταξη κατά USCS GM.

Ο σχηματισμός αυτός θεωρείται ότι αποτελεί μάλλον θύλακα μέσα στις επιχώσεις παρά συστηματική στρώση και για αυτό δεν έγινε εκτίμηση τιμών παραμέτρων.

#### 4.11 ΑΜΜΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ Α / ΑΙ

Ο σχηματισμός αυτός εντοπίστηκε στην γεώτρηση ΓΕ-2 από 7.00m έως 11.00m και στη γεώτρηση ΓΕ-3 από 7.80m έως 17.30m. Εκτελέστηκαν δοκιμές εργαστηρίου σε 7 δείγματα του σχηματισμού αυτού και προέκυψε:

- Περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα από 18% έως 36% με μέσο όρο 24%, σε άμμο από 31% έως 68% με μέσο όρο 42% και σε χάλικες από 4% έως 42% με μέσο όρο 19%.
- Τα 6 από τα 7 δείγματα χαρακτηρίζονται ως μη πλαστικά (N.P). Από το ένα δείγμα προέκυψε όριο υδαρότητας 22%, όριο πλαστικότητας 15% και δείκτης πλαστικότητας 7%.
- Φυσική υγρασία από 8% έως 23% με μέσο όρο 15%
- Κατάταξη του δείγματος κατά USCS SM στα 6 δείγματα και SC σε ένα.

Δεν κατέστη δυνατόν να μορφωθούν δοκίμια για την εκτέλεση δοκιμών μηχανικών ιδιοτήτων αλλά εκτελέστηκαν επτά δοκιμές πρότυπης διείσδυσης με τιμές  $N_{SPT}$  από 3 έως 43 με μέσο όρο 20 και τυπική απόκλιση 14. Υιοθετώντας την λογική της αφαίρεσης ή πρόσθεσης μισής τυπικής απόκλισης (ανάλογα τι είναι πιο συντηρητικό) προκύπτει χαρακτηριστική τιμή  $N_{SPT}$  13. Για την εκτίμηση τιμών παραμέτρων διατμητικής αντοχής από τη δοκιμή SPT, οι Peck, Hanson & Thornburn πρότειναν το διάγραμμα του Σχ. 4.8. Για χαρακτηριστική τιμή  $N_{SPT}$  13, από το διάγραμμα αυτό εκτιμάται τιμή της γωνία διατμητικής αντοχής  $31^\circ$  και το υλικό του σχηματισμού χαρακτηρίζεται μέσης πυκνότητας.

Για μέσης πυκνότητα το υλικό μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει σχετική πυκνότητα  $D_r$  35-45% και από την συσχέτιση του Meyerhof (1959) (Εξ. 4.1) να υποτεθεί γωνία διατμητικής αντοχής  $33-35^\circ$ .

Τέλος, σύμφωνα με το εγχειρίδιο NAVFAC του ναυτικού των ΗΠΑ, για την κυρίαρχη κατάταξη των υλικών του σχηματισμού που είναι SM κατά USCS μπορούν να υποτεθούν τιμές παραμέτρων διατμητικής αντοχής  $c'=20$  kPa και  $\phi'=34^\circ$ .

Σε ό,τι αφορά το μέτρο ελαστικότητας, με βάση τον Bowles (1996) για ιλυώδεις άμμους SM μπορεί να ληφθεί μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης 5-20 MPa και λόγος του Poisson  $\nu$  0.3-0.35. Με βάση τη σχέση που συνδέει το μέτρο ελαστικότητας  $E$  με το μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης ( $E_s=E(1-\nu)/(1+\nu)(1-2\nu)$ ) η εκτίμηση από τον Bowles για το  $E$  είναι 3.7-15 MPa. Ωστόσο για τα υλικά αυτά γνωρίζουμε ότι είναι βεβαιωμένα προστερεοποιημένα, και μάλιστα κατά 50-70 kPa κατ' ελάχιστον. Ως εκ τούτου μπορεί να υποτεθεί για τον συγκεκριμένο σχηματισμό  $E$  15-20 MPa.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου του Επιτρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων <b>Μελέτη Τελικής Λύσης</b> <b>Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση</b>
---	--

Με βάση τα ανωτέρω, για τον σχηματισμό αυτόν μπορούν να ληφθούν φαινόμενο βάρος 18-20 kN/m<sup>3</sup>, συνοχή 10-15 kPa, γωνία διατμητικής αντοχής 30-33° και μέτρο ελαστικότητας 15-20 MPa.

#### 4.12 ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΛΥΣ – SI

Ο σχηματισμός αυτός εντοπίστηκε στην γεώτρηση ΓΕ-1 από βάθος 11.10m μέχρι το τέλος της γεώτρησης (12.45m) και στην γεώτρηση ΓΕ-2 από 11.10m μέχρι το τέλος της γεώτρησης (12.00m) και είναι αμμώδης ιλύς έως ιλυώδης άμμος.

Εκτελέστηκαν δοκιμές εργαστηρίου σε δύο δείγματα του σχηματισμού αυτού και προέκυψε:

- Περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο από 46% έως 78% με μέσο όρο 62%, σε άμμο από 23% έως 47% με μέσο όρο 35% και σε λεπτούς χάλικες από 0% έως 7% με μέσο όρο 4%, δεν βρέθηκαν χονδροί χάλικες.
- Τα δυο δείγματα χαρακτηρίζονται ως μη πλαστικά (N.P)
- Φυσική υγρασία από 24.6% έως 25% με μέσο όρο 24.8%
- Ξηρό φαινόμενο βάρος προσδιορίστηκε σε ένα δείγμα 15.7 kN/m<sup>3</sup>
- Υγρό φαινόμενο βάρος προσδιορίστηκε σε ένα δείγμα 19.6 kN/m<sup>3</sup>
- Κατάταξη του δείγματος κατά USCS από ML έως SM

Σε ένα δείγμα του σχηματισμού κατέστη δυνατό να μορφωθούν δοκίμια για την εκτέλεση δοκιμών μηχανικών χαρακτηριστικών και εκτελέστηκε μία δοκιμή βραδείας άμεσης διάτμησης με προηγούμενη στερεοποίηση από την οποία προέκυψε συνοχή  $c'=11$  kPa και γωνία διατμητικής αντοχής  $\phi'=28.7^\circ$ . Επίσης στον σχηματισμό αυτόν εκτελέστηκε μία δοκιμή πρότυπης διείδυσης με τιμή  $N_{SPT}$  22. Η τιμή αυτή παραπέμπει σε τιμές παραμέτρων από εμπειρικές συσχετίσεις παρόμοιες με αυτές για την υπερκείμενη άμμο. Ωστόσο λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού λεπτόκοκκων για τον σχηματισμό αυτόν μπορούν να ληφθούν φαινόμενο βάρος 18-20 kN/m<sup>3</sup>, συνοχή 10-15 kPa, γωνία διατμητικής αντοχής 28-30° και μέτρο ελαστικότητας 15-20 MPa.

#### 4.13 ΜΑΡΓΑΪΚΟΣ ΨΑΜΜΙΤΗΣ / ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ

Ο σχηματισμός αυτός εντοπίστηκε μόνο στην γεώτρηση ΓΕ-3 από βάθος 17.30m μέχρι το τέλος της γεώτρησης. Από τις δύο δοκιμές αντοχής σε μονοαξονική θλίψη που εκτελέστηκαν σε βραχύδη δοκίμια του υλικού προέκυψε φαινόμενο βάρος 23.4 έως 24.0 kN/m<sup>3</sup> και αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη από 19.8 έως 27.7 MPa.

Ο σχηματισμός αυτός θεωρείται ότι αντιστοιχεί στο βραχώδες υπόβαθρο της περιοχής.

#### 4.14 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΘΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΛΙΘΟΣΩΜΑ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΘΡΑΥΣΗΣ ΤΟΥ

Από τις θέσεις θραύσης Α, Β και Γ (Α και Β, δυτική και ανατολική θραύση τείχους αντίστοιχα της δυτικής αστοχίας και Γ και Δ, δυτική και ανατολική θραύση τείχους αντίστοιχα της ανατολικής αστοχίας) είχαν ληφθεί το 2017 δείγματα λίθων του λιθοσώματος στα οποία πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής. Επίσης από την θέση Γ είχε ληφθεί ένα

δείγμα λεπτόκοκκου εδαφικού υλικού από θέση που έμοιαζε σαν να είχε χρησιμοποιηθεί ως υλικό μεταξύ λίθων (εν είδει πηλού).

Από τις δοκιμές βραχομηχανικής προέκυψε φαινόμενο βάρος 20.2 έως 21.2 kN/m<sup>3</sup>, αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη από 14.6 έως 15.3 MPa (κυλινδρικά δοκίμια) με αντίστοιχη αντοχή σε θλίψη κατά γενέτειρα από 1.1 έως 2.1 MPa, αντοχή σε σημειακή φόρτιση παραλληλεπίπεδων δοκιμών I<sub>s50</sub> από 4.3 έως 5.7 και αντοχή σε διαμετρική σημειακή φόρτιση κυλινδρικών δοκιμών I<sub>s50</sub> από 1.8 έως 2.9. Το υλικό των λίθων αναγνωρίστηκε πετρογραφικά ως μαργαϊκός ασβεστόλιθος σε όλα τα δείγματα.

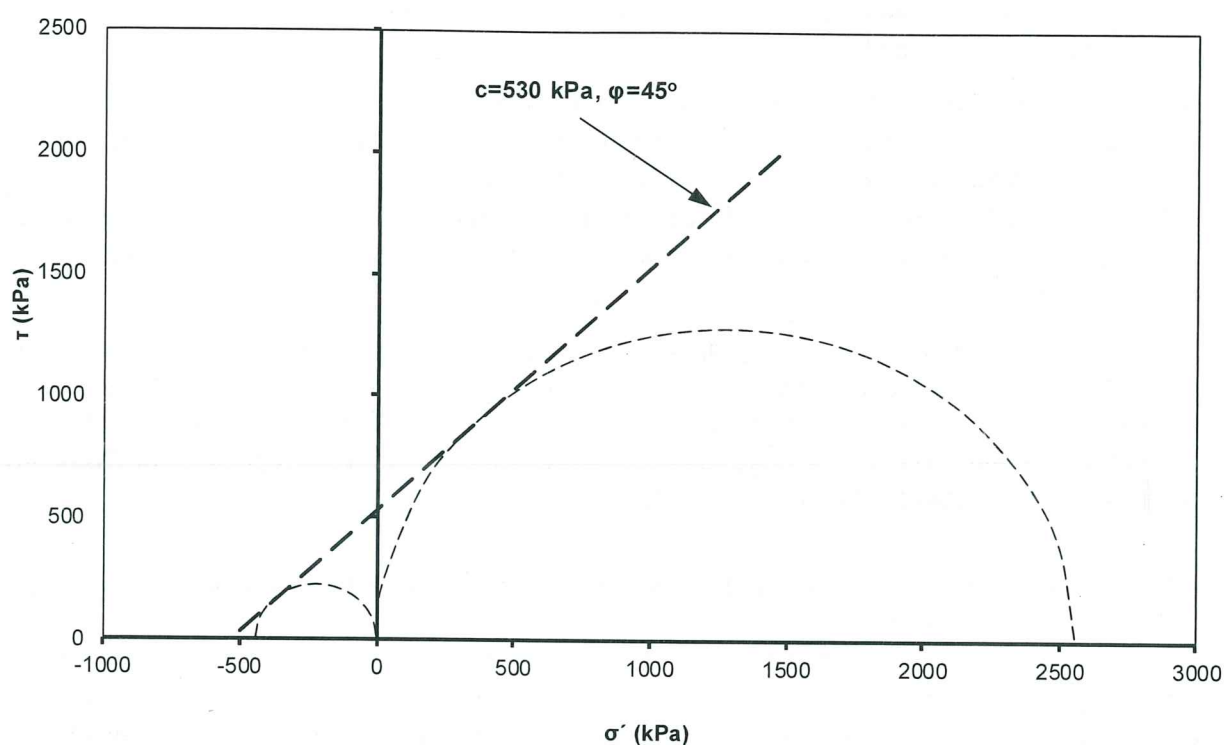
Οι δοκιμές αυτές εκτελέστηκαν προκειμένου να υπάρχουν κάποιες εργαστηριακές έρευνες για τα υλικά του λιθοσώματος. Δεν θεωρείται ωστόσο ότι με την μορφή που έχει το λιθόσωμα (τις ρωγμές του, την ιστορία επεμβάσεων και αποκατάστασεων και τη μορφή της θραύσης κατά τις διάφορες αστοχίες του) ότι οι τιμές αυτές παραμέτρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό κάποιας μέσης αντοχής λιθοσώματος.

#### 4.15 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΘΩΝ ΚΑΙ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΑΣΤΗΛΩΜΕΝΟ ΛΙΘΟΣΩΜΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΘΡΑΥΣΗΣ ΤΟΥ

Από τη θέση θραύσης του τείχους το Φεβρουάριο του 2019 ελήφθησαν δείγματα λίθων (Δ1 έως Δ5) και κονιάματος (Δ6) του λιθοσώματος στα οποία πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής. Τονίζεται ότι στην εν λόγω θέση το λιθόσωμα του τείχους είχε αναστηλωθεί τη δεκαετία του 1990 λόγω παλαιότερης αστοχίας και επομένως τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών δεν μπορούν να ομαδοποιηθούν με τα αντίστοιχα εργαστηριακά αποτελέσματα των δειγμάτων Α, Β και Γ. Τα δοκίμια μορφώθηκαν μέχρι καροτιέρας ή τροχού.

Από τις δοκιμές βραχομηχανικής για τους λίθους (Δ1 – Δ5) προέκυψε φαινόμενο βάρος 13.3 έως 23.9 kN/m<sup>3</sup>, αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη από 9.7 έως 40.7 MPa (κυλινδρικά δοκίμια) με αντίστοιχη αντοχή σε θλίψη κατά γενέτειρα από 2.0 έως 5.6 MPa. Το κάτω όριο των παραπάνω τιμών αντιστοιχεί στο δείγμα Δ1, το οποίο αντιστοιχεί σε ελαφροβαρύ μαργαϊκό ασβεστόλιθο. Η μέση τιμή των παραπάνω παραμέτρων για τους υπόλοιπους λίθους είναι: φαινόμενο βάρος 22.8 kN/m<sup>3</sup>, αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη από 24.7 MPa (κυλινδρικά δοκίμια) και αντοχή σε θλίψη κατά γενέτειρα (από 1 δοκιμή) 5.6 MPa. Το υλικό των λίθων αναγνωρίστηκε πετρογραφικά ως μαργαϊκός ασβεστόλιθος.

Στο δείγμα από το κονίαμα του αναστηλωμένου λιθοσώματος (Δ6) πραγματοποιήθηκε μία δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης και προσδιορισμού της άμεσης εφελκυστικής αντοχής κονιάματος. Από αυτές προέκυψε φαινόμενο βάρος 18 kN/m<sup>3</sup>, συνοχή c=530 kPa και γωνία διατμητικής αντοχής φ=45°. Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών σχεδιάστηκαν στο διάγραμμα του Σχ. 4.11.



**Σχ. 4.11.** Αποτελέσματα δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης και προσδιορισμού της άμεσης εφελκυστικής αντοχής κονιάματος σε δείγματα κονιάματος αναστηλωμένου λιθοσώματος, με την περιβάλλουσα διατμητικής αντοχής.

## 5. ΣΥΝΟΨΙΣΗ

Στο παρόν τεύχος παρουσιάζονται οι γεωτεχνικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στον Επιπρωμαχώνα μετά την αστοχία Φεβρουαρίου 2019 καθώς και η γεωτεχνική αξιολόγηση αυτών λαμβάνοντας υπόψη και όλες τις διαθέσιμες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στον Επιπρωμαχώνα στο παρελθόν.

Με βάση τα ευρήματα των γεωτρήσεων, των πενетроμετρήσεων, των διερευνητικών τομών και των δειγμάτων από επιφανειακές θέσεις δειγματοληψίας, που προέκυψαν από την σύμβαση, εντοπίστηκαν διακρίθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

### ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΕΠΙΠΡΩΜΑΧΩΝΑ (από πάνω προς τα κάτω)

- Ανώτερος ορίζοντας ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΩΔΟΥΣ ΑΜΜΟΥ (πάνω 1-2m)
- Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟ-ΙΛΥΣ (πάχος 6-7m, κάτω όριο λίγο χαμηλότερα από τη στέψη του τείχους του επιπρωμαχώνα)
- ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ (πάχος περί τα 2m)
- ΒΡΑΧΟΡΡΙΠΗ (πάχος περί τα 4-5m, κάτω όριο λίγο χαμηλότερα από τη βάση του τείχους του επιπρωμαχώνα)

Οι τιμές παραμέτρων των σχηματισμών αυτών με βάση τη γεωτεχνική αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε στο παρόν τεύχος συνοψίζονται στον **Πιν. 5.1**.

**Πίν. 5.1.** Συνόψιση τιμών παραμέτρων για τους απαντώμενους σχηματισμούς των επιχώσεων του επιπρωμαχώνα.

Σχηματισμός	Φαινόμενο βάρος γ	Συνοχή c'	Γωνία διατμητικής αντοχής φ'	Μέτρο ελαστικότητας E
	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(MPa)
Ανώτερος ορίζοντας αργιλοϊλυώδους άμμου	18-19	0-5	24-28	3-5
Αμμώδης αργιλοϊλός	18-20	10-20	20-24	6-8
Αμμοχάλικο	18-20	10-15	30-35	10-15
Βραχορριπή	17-19	0-10	40-45	40-50

Κάτω από τη βάση των τειχών του Επιπρωμαχώνα εντοπίστηκαν και διακρίθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

### ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΠΡΩΜΑΧΩΝΑ (από το επίπεδο της οδού Ντουνόπαπα προς τα κάτω)

- Εναλλαγές Ιλυωδών Άμμων και Αμμωδών Αργιλοϊλίων (τεχνητές αποθέσεις) - πάχος 6-7m

- ΑΡΓΙΛΟΣ (τεχνητές αποθέσεις) -πάχος 2-6m, εμφάνιση κατά τόπους
- Κερματισμένος και εδαφοποιημένος Μαργαϊκός Ασβεστόλιθος (τεχνητές αποθέσεις) -πάχος 2m, εμφάνιση κατά τόπους
- Άμμος -πάχος 2-6m, εμφάνιση κατά τόπους
- Αμμώδης Ιλύς -πάχους τουλάχιστον 2m, εμφάνιση κατά τόπους

Οι τιμές παραμέτρων των σχηματισμών αυτών με βάση την παρούσα υποβολή συνοψίζονται στον Πιν. 5.2.


Πίν. 4.2. Συνόψιση τιμών παραμέτρων για τους απαντώμενους σχηματισμούς των επιχώσεων του προμαχώνα.

Σχηματισμός	Φαινόμενο βάρος γ	Συνοχή c'	Γωνία διατμητικής αντοχής φ'	Μέτρο ελαστικότητας E
	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(MPa)
Εναλλαγές ιλυωδών άμμων και αμμωδών αργιλοίλυων	18-20	10-15	30-34	15-20
Άργιλος	17-19	20-25	20-22	10-15
Αμμώδεις σχηματισμοί	18-20	10-15	30-33	15-20
Αμμώδης Ιλύς	18-20	10-15	28-30	15-20

Για την ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.



Ι. Τσιάπας



Μ. Μπαρδάνης



Γ. Ντουνιάς

Δρ Πολιτικός Μηχανικός  
Εδαφομηχανικός

Δρ Πολιτικός Μηχανικός  
Εδαφομηχανικός

Δρ Πολιτικός Μηχανικός  
Εδαφομηχανικός

Το παρόν σχέδιο συνοδεύει

την με αρ. πρωτ. ....

ΥΠ.ΠΟ.Α/Γ.ΔΑ.Υ.ΠΕ/ΔΑΒΜΜ

308719/3926/3081/831/

22.6.2020

Επικεφαλής της ΔΑΒΜΜ

ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)

Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ  
ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ  
ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της  
παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου  
του Επιπρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων

Μελέτη Τελικής Λύσης

Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση

## ΠΙΝΑΚΕΣ

**Πίνακας Π-1:** Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής - φυσικά χαρακτηριστικά σε δείγματα των γεωτρήσεων ΓΕ-1 έως ΓΕ-4, Χ-1, Χ-2 και Χ2-α, Διερευνητικών Τομών ΔΤ1-ΔΤ6, δειγμάτων Θέσεων Πενетроμέτρησης Π4-Π9 και Θέσεων Α,Β,Γ και Δ1-Δ6.


Γεώτρηση/ Διερ.Τομή/Θέση Πενετρ./Δείγμα	Βάθος	ετρική διαβάθμιση							Κατάταξη κατά U.S.C.S.	Ποσοστό Υγρασίας	Ορια Atterberg				Ξηρό φαινόμενο βάρος	Υγρό φαινόμενο βάρος	Ποσοστό Οργανικών	Ειδικό βάρος
		Αργίλος	Ιλύς	Άμμος		Χονδρή	Χάλικες											
				Λεπτή	Μέση		Λεπτοί	Χονδροί										
											(%)	(%)	(%)	(%)				
(m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	W	W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	PI=W <sub>L</sub> - W <sub>P</sub>	γ <sub>d</sub>	γ <sub>t</sub>	(%)	G <sub>s</sub>		
ΓΕ-1	1.00 - 1.70	39.4		24.6	8.2	3.7	9.3	14.7	SM	8.1	N.P						2.1	
	3.00 - 3.30	43.0		30.9	10.7	4.3	11.0	0.0	SM	12.7-13.7	N.P							
	4.45 - 4.70	36.7		28.7	12.1	6.1	11.8	4.6	SM	10.8	N.P							
	6.45 - 7.00	22.8	56.9	19.0	0.5	0.5	0.3	0.0	CL	33.7	39.6	18.3	21.3			3.0	2.70	
	7.00 - 7.30	77.3		22.5	0.2	0.0	0.0	0.0	CL	23.1	42.1	19.8	22.3	13.9	17.1	1.8		
	7.30 - 7.70	74.7		20.1	1.9	1.9	1.5	0.0	CL	28.8	39.3	18.7	20.6	14.0	18.0	2.0	2.71	
	9.30 - 9.60	10.8		25.6	5.8	4.4	25.0	28.4	GP-GM	19.5	N.P							
	11.65 - 12.00	77.5		21.4	0.7	0.4	0.2	0.0	ML	25.0	N.P				15.7	19.6		
ΓΕ-2	2.45 - 2.70	29.7		36.6	13.3	5.2	7.5	7.7	SM	14.5	N.P							
	4.80 - 5.00	65.4		14.4	7.7	4.0	7.5	1.0	CL	11.2	21.5	13.6	7.9					
	6.65 - 7.00	25.2	70.2	1.9	1.5	1.0	0.2	0.0	CL	29.0	40.8	22.0	18.8	15.5	20.0	1.0	2.73	
	9.30 - 9.70	17.5		46.5	7.0	10.7	18.4	0.0	SM	21.7	N.P							
	10.45 - 10.70	17.8		57.7	2.6	2.5	8.6	10.7	SM	22.9	N.P							
	11.70 - 12.00	46.1		45.6	0.3	0.6	7.4	0.0	SM	24.6	N.P							
ΓΕ-3	1.70 - 2.00	37.9		25.4	11.8	4.6	10.3	9.9	SC	14.7	24.2	16.0	8.2					
	3.70 - 4.00	41.0		27.0	10.0	5.8	14.6	1.5	SC	12.6	25.0	16.6	8.4	17.1	19.3	2.3	2.68	
	4.00 - 4.60	29.1		14.9	8.5	5.1	19.2	23.2	GM	-	N.P.							
	5.30 - 5.60	31.8		42.2	7.4	4.0	7.4	7.1	SC	15.1	24.5	15.2	9.3	15.1	17.4			
	7.20 - 7.70	82.6		13.0	2.4	1.9	0.0	0.0	CL	29.7	35.8	18.5	17.3	15.6	20.2		2.73	
	9.30 - 9.60	28.2		63.7	2.0	2.4	3.7	0.0	SM	20.4	N.P.							
	11.30 - 11.50	23.5		59.8	1.7	2.2	7.0	5.8	SM	7.7	N.P.							
	12.30 - 12.60	25.1		58.1	1.3	2.0	6.9	6.5	SM	21.5	N.P.							
	14.40 - 14.70	35.7		37.2	1.5	2.5	6.7	16.3	SM	22.0	N.P.							
	16.30 - 16.50	20.3		15.2	12.3	9.8	19.8	22.5	SC	-	21.7	14.6	7.1					
ΓΕ-4	1.00 - 1.70	22.6		21.9	7.2	3.5	10.3	34.5	GM	-	N.P.							
	6.00 - 6.60	81.9		18.0	0.1	0.0	0.0	0.0	CL	19.5	43.6	17.5	26.1	17.7	21.2		2.72	
	7.30 - 7.60	88.7		11.2	0.1	0.0	0.0	0.0	CL	18.3	35.1	15.9	19.2	17.4	20.6		2.73	
	9.00 - 10.00	82.8		16.8	0.4	0.0	0.0	0.0	CL	18.8	35.8	15.2	20.6	17.3	20.6		2.73	
Χ-1	3.80 - 4.00	9.0	47.0	18.0			26.0		CL-ML	16.2	21.6	15.7	5.9	16.5	19.2		2.65	
	4.00 - 5.00	5.0	35.0	46.0			14.0		CL	16.0	23.1	15.0	8.1	16.5	19.1		2.65	
	6.00 - 6.45	7.0	51.0	37.0			5.0		CL	17.8	23.8	16.2	7.6	17.0	20.0		2.67	
	10.00 - 10.45	10.0	5.0	65.0			20.0		SM	9.0	17.2	15.2	2.0				2.65	
Χ-2	1.10 - 1.20	10.0	57.0	24.0			9.0		CL	17.1	30.4	15.4	15.0	15.5	18.2		2.68	
	7.00 - 7.60	4.0	25.0	32.0			39.0		GM	20.1	25.1	14.8	10.3	15.4	18.5		2.65	
	8.05 - 8.20	4.0	46.0	44.0			6.0		SC	11.8	23.0	13.5	9.5	18.1	20.3		2.68	
	11.00 - 11.45	1.0	10.0	35.0			54.0		GC	25.1	23.7	15.1	8.6				2.65	
Χ-2α	19.00 - 19.45	6.0	49.0	21.0			24.0		ML	20.9	N.P.							2.67
	21.00 - 22.00	18.0	69.0	13.0			0.0		CH	26.5	57.6	20.5	37.1	15.9	20.1		2.70	
	27.00 - 28.00	17.0	47.0	36.0			0.0		CL	27.9	33.9	17.3	16.6	14.6	18.7		2.68	
	31.00 - 32.00	20.0	41.0	39.0			0.0		CL	99.4	41.5	17.7	23.8	9.7	19.4		2.68	

**Πίνακας Π-1:** Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής - φυσικά χαρακτηριστικά σε δείγματα των γεωτρήσεων ΓΕ-1 έως ΓΕ-4, Χ-1, Χ-2 και Χ2-α, Διερευνητικών Τομών ΔΤ1-ΔΤ6, δειγμάτων Θέσεων Πενетроμέτρησης Π4-Π9 και Θέσεων Α,Β,Γ και Δ1-Δ6.

Γεώτρηση/ Διερ.Τομή/Θέση Πενετρ./Δείγμα	Βάθος	ετρική διαβάθμιση							Κατάταξη κατά U.S.C.S.	Ποσοστό Υγρασίας	Ορια Atterberg				Ξηρό φαινόμενο βάρος	Υγρό φαινόμενο βάρος	Ποσοστό Οργανικών	Ειδικό βάρος		
		Αργίλος	Ιλύς	Αμμος		Χονδρή	Χάλικες				W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI=W <sub>L</sub> - W <sub>p</sub>					γ <sub>d</sub>	γ <sub>t</sub>
				Λεπτή	Μέση		Λεπτοί	Χονδροί												
(m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	G <sub>s</sub>			
ΔΤ1	Πάνω Ορίζοντας	86.3		4.5	1.7	1.7	5.9	0.0	CL	17.1	38.5	21.6	16.9	13.7	16.0					
	2	20.0		34.0	3.6	2.0	8.2	32.3	GM	7.4	N.P									
	3	24.4		10.0	6.6	5.1	13.5	40.4	GM	7.2	N.P									
	4Α									10.0				19.4	21.3					
	4Γ									14.2	25.8	14.7	11.1	18.2	20.8					
	4Δ	16.0		11.2	10.5	6.2	18.9	37.2	GM	8.1	N.P			21.4	23.1					
	4Ε	60.9		27.6	4.9	2.5	4.1	0.0	CL	10.6	27.1	15.2	11.9	18.3	20.2	1.9				
	4ΣΤ	19.0		60.5	2.8	1.5	6.9	9.3	SM	6.1	N.P									
ΔΤ2	1	55.9		32.7	6.4	2.7	2.3	0.0	CL	13.7	24.3	14.8	9.5	16.1	18.3					
	2	28.7		15.0	8.2	4.9	16.4	26.8	GM	9.3	N.P									
ΔΤ3	1	24.6		9.1	5.9	4.5	14.2	41.8	GM έως GC											
ΔΤ4	1	12.6		42.1	3.1	2.2	8.4	31.6	GM	6.7	N.P									
ΔΤ5	1	22.3	67.8	5.8	1.3	1.5	1.3	0.0	CL	20.6	41.8	22.8	19.0	15.0	18.1		2.78			
	2	49.1		20.8	5.7	2.4	6.5	15.4	SC	14.7	26.5	16.5	10.0							
	3	8.8		37.7	2.1	1.7	8.8	41.0	GP-GM	7.5	N.P									
ΔΤ6	1	39.9		31.8	9.8	3.5	7.0	8.0	SC	15.4	22.2	14.4	7.8	12.6	14.5					
Π4	Π4	37.8		25.9	12.9	8.7	14.7	0.0	SC	13.9	26.2	19.0	7.2							
Π5	Π5	44.4		21.4	11.5	5.6	7.3	9.8	SC	9.6	31.9	21.0	10.9							
Π6	Π6	24.1		12.3	15.3	15.1	18.0	15.4	SM	3.1	N.P.									
Π7	Π7	41.4		17.3	9.4	6.9	13.6	11.4	SC	6.1	32.8	20.4	12.4							
Π8	Π8	36.0		20.7	15.0	6.3	12.4	9.5	SM	5.9	33.8	24.2	9.6							
Π9	Π9	45.5		16.8	9.4	5.8	10.1	12.6	SC	7.5	28.6	19.6	9.0							
Γ εδαφικό		68.9		28.4	1.5	0.4	0.8	0.0	CL	7.2	29.9	17.5	12.4							



**Πίνακας Π-3:** Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών βραχομηχανικής - μηχανικές ιδιότητες σε δείγματα των γεωτρήσεων ΓΕ-1 έως ΓΕ-4, Χ-1, Χ-2 και Χ2-α, Διερευνητικών Τομών ΔΤ1-ΔΤ6, δειγμάτων Θέσεων Πενетроμέτρησης Π4-Π9 και Θέσεων Α,Β,Γ και Δ1-Δ6.

Γεώτρηση	Βάθος	Φαινόμενο Βάρος	Αντοχή σε Μονοαξονική Θλίψη		Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης		Αντοχή σε θλίψη κατά γενέτειρα (Brazilian)	Αντοχή σε Σημειακή Φόρτιση		Προσδιορισμός Άμεσης Εφελκυστικής Αντοχής Κονιάματος
	Από - Έως	$\gamma_t$	Τάση	Παραμόρφωση	$q_u$	$\epsilon$		Ακανόνιστου σχήματος	Διαμετρική	Τάση
	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )	(MPa)	(%)	(kPa)	(%)	(MPa)	$I_{s(50)}$ (MPa)	$I_{s(50)}$ (MPa)	(kPa)
ΓΕ-1	9.90 - 10.00								4.17	
ΓΕ-3	17.30 - 17.90	23.95	27.65	0.61						
	18.10 - 18.30	23.39	19.81	0.60						
ΓΕ-4	6.00 - 6.60						0.0433			
	9.00 - 10.00						0.0254			
ΔΤ1	4B							4.20		
Α		21.2	15.34	1.39			2.081	4.30	2.90	
Β								5.74		
Γ		20.24	14.61	0.30			1.151		1.81	
Δ1		13.34	11.93	0.77			1.968			
		13.48	9.67	0.79						
Δ2		21.13	21.68	0.63			5.632			
Δ3		23.88	40.66	2.77						
Δ4		22.62	17.17	5.19						
Δ5		23.39	19.43	2.27						
Δ6		18.02			2557	3.3				439.73

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ  
ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ  
ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της  
παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου  
του Επιπρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων

**Μελέτη Τελικής Λύσης**

**Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ  
ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ  
ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Εργασίες καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης – ερμηνείας της  
παθολογίας και μέτρα αντιμετώπισης για την άρση ετοιμορροπίας του συνόλου  
του Επιπρομαχώνα του Αγίου Δημητρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων

Μελέτη Τελικής Λύσης

Τεύχος 2 - Γεωτεχνική Έρευνα και Αξιολόγηση

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΜΗΤΡΩΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

---

**ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.**

Κεντρικά: Υπερείδου 9, Πλάκα, 10558 Αθήνα, 210.32.22.050, Fax: 210.32.41.607, [admin@edafos.gr](mailto:admin@edafos.gr)  
Εργαστήριο: Θεραπειών 2, Κολωνός, 10444 Αθήνα, 210.514.90.20, Fax: 210.514.90.38, [lab@edafos.gr](mailto:lab@edafos.gr)

A1