



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΑΜΜΩΔΩΝ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΙΚΩΝ ΕΛΑΦΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Μικέ Σταματίνα

A.E.M.:02142

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Πολυξένη Καλλιόγλου

Λέκτορας του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, Π.Θ.

Δήλωση Μη Λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα πως η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Μηχανικές Ιδιότητες Θαλάσσιων Εδαφών» είναι πρωτότυπη και δεν παραβιάζει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων. Η εργασία αυτή αποτελεί προϊόν της δικής μου έρευνας και δεν περιέχει υλικό που να έχει δημοσιευθεί ή χρησιμοποιηθεί σε άλλη εργασία χωρίς την κατάλληλη αναφορά.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της διπλωματικής εργασίας μου, Λέκτορα Καθηγήτρια κ. Πολυξένη Καλλιόγλου για τη σημαντική βοήθεια και καθοδήγησή της κατά της διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου. Ακόμα, θεωρώ σημαντικό να ευχαριστήσω την κα Άννα Μαρία Κολλάτου, η οποία μου παρείχε όλα τα αναγκαία δεδομένα που κατέστησαν δυνατό να πραγματοποιηθεί η εργασία. Αντίστοιχα, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα μέλη της της εξεταστικής επιτροπής, τους καθηγητές κ. Εφραιμίδη και κ. Τσινίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου. Ευχαριστώ ιδιαιτέρως τους/τις φίλους/ες μου για την εγκάρδια υποστήριξή τους αυτό τον χρόνο προσπάθειάς μου. Ωστόσο, πάνω από όλα είμαι πραγματικά ευγνώμων στους γονείς μου Μαντώ και Νικόλαο Μικέ που είναι η βασική παράμετρος χάριν της οποίας βρίσκομαι σε αυτή τη θέση σήμερα. Επομένως, αφιερώνω αυτή την εργασία στην οικογένεια μου.

Σταματίνα Μικέ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο με τη χρήση και μελέτη μίας βάσης δεδομένων από φυσικές, μηχανικές και δυναμικές ιδιότητες θαλάσσιων αργίλων, αλλά και άμμων, να προτείνει συσχετίσεις μεταξύ μηχανικών και φυσικών παραμέτρων. Καθώς τα τελευταία χρόνια οι θαλάσσιες κατασκευές πληθαίνουν είναι σημαντικό να διεξάγεται έρευνα γύρω από τις αργίλους και ιδιαίτερα στις δυναμικές τους ιδιότητες, αφού αφορούν και στη συμπεριφορά τους σε σεισμό.

Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιούνται πειραματικά δεδομένα, τα οποία προέρχονται από γεωτεχνική έρευνα που πραγματοποίησε η εταιρεία DNV GL Energy στο θαλάσσιο οικόπεδο sites VI & VII στην Ολλανδία. Στο οικόπεδο πραγματοποιήθηκαν 55 γεωτρήσεις με πλήθος δειγμάτων και αντίστοιχα πειραματικών δοκιμών τόσο με στατική φόρτιση, αλλά και με δυναμική κυκλική.

Αρχικά, λοιπόν, έγινε μια συγκέντρωση των αρχείων της γεωτεχνικής έρευνας, όπου σε αυτά υπάρχουν τα γεωλογικά δεδομένα και τα γεωτεχνικά δεδομένα (τεχνικές εκθέσεις και ψηφιακής μορφής δεδομένα). Βάσει αυτών δημιουργήθηκε μια νέα βάση δεδομένων, η οποία μελετήθηκε και επεξεργάστηκε για την ανάλυση της επίδρασης διάφορων φυσικών παραμέτρων στην μηχανική απόκριση εδαφών και την πρόταση εμπειρικών συσχετίσεων.

Το θέμα εντάσσεται στο πεδίο των γεωεπιστημών και αντλεί το ενδιαφέρον του από την ταχεία ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, όπου η αξιόπιστη γνώση της εδαφικής συμπεριφοράς είναι κρίσιμη για τον σχεδιασμό και την κατασκευή των υποδομών. Η αυξανόμενη ζήτηση των σύγχρονων κοινωνιών ενισχύει τη στροφή στις ανανεώσιμες πηγές με μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Ως αποτέλεσμα, πολλαπλασιάζονται οι γεωτεχνικές έρευνες που αποσκοπούν στον λεπτομερή χαρακτηρισμό των εδαφών για ποικίλες εφαρμογές.

ABSTRACT

The present thesis aims, through the use and study of a database containing physical properties, mechanical and dynamic properties of marine clays as well as sands from an offshore site, to propose correlations between mechanical and physical parameters. As offshore constructions have increased in recent years, it is important to conduct research on soils and especially on their dynamic properties, since these are directly related to their behavior during earthquakes.

In this thesis, experimental data are used, originated from a geotechnical investigation carried out by company DVN GL Energy at the offshore sites VI & VII in the Netherlands. At the site, 55 boreholes were drilled, yielding many samples and corresponding experimental tests, both under static loading and under cyclic dynamic loading.

Initially, the files from the geotechnical investigation were compiled, which included both geological and geotechnical data (technical reports and digital datasets). Based on these, a new database was created, which was studied and processed in order to analyze the influence of various physical parameters on the mechanical response of soils and to propose empirical correlations.

The topic lies within the geosciences and is motivated by the rapid growth of wind energy, where reliable understanding of soil behavior is critical for the design and construction of infrastructure. The rising energy demand of modern societies is accelerating the shift toward renewable energy sources with a smaller environmental footprint. As a result, geotechnical (site) investigations aimed at detailed soil characterization for a wide range of applications are increasingly undertaken.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Αντικείμενο και Σκοπός	2
1.3 Δομή Εργασίας	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	3
2.1 Αντικείμενο Μελέτης Σχεδιασμού Αιολικού Πάρκου	3
2.2 Γεωγραφική Περιοχή Μελέτης	5
2.3 Γεωλογική, Γεωφυσική και Γεωτεχνική Διερεύνηση	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	16
3.1 Γεωφυσικές Δοκιμές	16
3.2 Γεωτεχνικές Δοκιμές	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	24
4.1 Δοκιμές για τον Προσδιορισμό Φυσικών Ιδιοτήτων	24
4.2 Δοκιμές Μονοτονικής Φόρτισης	30
4.2.1 Δοκιμή Μονοδιάστατης Συμπίεσης Σταθερού Ρυθμού Φόρτισης (CRS)	31
4.2.2 Δοκιμή Άμεσης Διάτμησης (DST)	32
4.2.3 Δοκιμή Απλής Διάτμησης (DSS)	32
4.2.4 Δοκιμή Περιστροφικής Διάτμησης (RST)	33
4.2.5 Δοκιμή Μονοτονικής Τριαξονικής Φόρτισης με ισότροπη ή ανισότροπη στερεοποίηση και διάτμηση υπό αστραγγιστες συνθήκες (CIU ή CAU αντίστοιχα)	33
4.2.6 Δοκιμή Μονοτονικής Τριαξονικής Φόρτισης με ισότροπη ή ανισότροπη στερεοποίηση και διάτμηση υπό στραγγιζόμενες συνθήκες (CID ή CAD αντίστοιχα)	35
4.3 Δοκιμές Κυκλικής και Δυναμικής Φόρτισης	53
4.3.1 Πιεζοηλεκτρικά Στοιχεία (BE)	53
4.3.3 Κυκλική τριαξονική φόρτιση (CTX)	93
4.3.4 Δοκιμή Στήλης Συντονισμού (RC)	103
4.3.4.1 Αποτελέσματα δοκιμών RC στα λεπτόκοκκα εδάφη	106
4.3.4.2 Αποτελέσματα δοκιμών RC στα χονδρόκοκκα εδάφη	117
4.3.4.2.1 Χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα	117
4.3.4.2.2 Χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα	118

4.3.4.2.3 Χονδρόκοκκα εδάφη με και χωρίς λεπτόκοκκα.....	119
4.3.5 Σύγκριση δυναμικών ιδιοτήτων μεταξύ των δοκιμών	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	151
5.1 Εδαφική Απόκριση Υπό Μονοτονική Φόρτιση	151
5.1.1 Χαρακτηριστικά συμπεριστατότητας	151
5.2 Εδαφική Απόκριση Υπό Κυκλική Φόρτιση	156
5.2.1 Δυναμικές Ιδιότητες στις μικρές παραμορφώσεις	156
5.2.2 Δυναμικές Ιδιότητες στις μεσαίες παραμορφώσεις	160
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	165
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	167
Ελληνικές Πηγές	167
Ξενόγλωσσες Πηγές.....	167
Διαδίκτυο	167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	169

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΑ

Εικόνα 2. 1:Γεωγραφική θέση του θαλάσσιου οικοπέδου sites VI & VII.....	12
Εικόνα 2. 2:Χάρτης με τις θέσεις των γεωτρήσεων και των δοκιμών.....	13
Εικόνα 2. 3: Γεωλογικό μοντέλο περιοχής θαλάσσιου οικοπέδου sites VI & VII	14
Εικόνα 2. 4: Γεωτεχνικό μοντέλο περιοχής θαλάσσιου οικοπέδου sites VI & VII	15

Πίνακας 2. 1:Πίνακας στρωματογραφίας αναμενόμενων γεωλογικών μονάδων στην περιοχή μελέτης και γύρω της	14
--	----

Πίνακας 3. 1:Κατάταξη αμμώδων εδαφών βάσει της σχετικής πυκνότητας.....	20
Πίνακας 3. 2: Γεωλογικά στοιχεία κατηγορίας εδαφών A, B, C	20
Πίνακας 3. 3: Γεωτεχνικοί παράμετροι κατηγοριών εδαφών A, B, C.....	21

Πίνακας 4.1. 1: Ταξινόμηση χονδρόκοκκων εδαφών	28
Πίνακας 4.1. 2: Ταξινόμηση μελετηθέντων λεπτόκοκκων εδαφών	29

Εικόνα 4.1. 1: Διάγραμμα ταξινόμησης χονδρόκοκκων εδαφών με το σύστημα USCS	25
Εικόνα 4.1. 2: Διάγραμμα ταξινόμησης λεπτόκοκκων εδαφών με το σύστημα USCS.....	26
Εικόνα 4.1. 3: Διάγραμμα πλαστικότητας για την ταξινόμηση λεπτόκοκκων εδαφών με το σύστημα USCS.....	26
Εικόνα 4.1. 4: Διάγραμμα ταξινόμησης εδαφών με το σύστημα BSCS	27
Εικόνα 4.1. 5: Πίνακας ταξινόμησης εδαφών με το σύστημα BSCS	27

Πίνακας 4.2. 1: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων	36
Πίνακας 4.2. 2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CRS	37
Πίνακας 4.2. 3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CRS-Συνέχεια	38
Πίνακας 4.2. 4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών DSS για λεπτόκοκκα εδάφη	41
Πίνακας 4.2. 5: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών DSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη	42
Πίνακας 4.2. 6: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών DSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη	43

Σχήμα 4.2. 1: Cc-PI, Cc-W _L , Cc-w,Cc-e για όλα τα εδάφη των πινάκων 4.2.2 και 4.2.3.....	47
Σχήμα 4.2. 2: Cs-PI, Cs-W _L , Cs-w,Cs-e για όλα τα εδάφη των πινάκων 4.2.2 και 4.2.3	48
Σχήμα 4.2. 3:Cc-Cs για όλα τα εδάφη των πινάκων 4.2.2 και 4.2.3.....	49

Σχήμα 4.2. 4: : φ-Dr για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη των Πινάκων 4.2.5 και 4.2.6 ..	49
Σχήμα 4.2. 5: φ-e για όλα τα εδάφη των Πινάκων 4.2.5 και 4.2.6	50
Σχήμα 4.2. 6: φ-PI για όλα τα εδάφη του πίνακα 4.2.7	50
Σχήμα 4.2. 7: φ _R -W _L για όλα τα εδάφη του Πίνακα 4.2.7	51
Σχήμα 4.2. 8: (Su / σ _{nc} ')-PI για τα αδιατάρακτα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.2.8	51
 Πίνακας 4.3. 1: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές BE (CIU & CAU) για τα λεπτόκοκκα εδάφη.....	56
Πίνακας 4.3. 2 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών BE (CIU & CAU) για τα λεπτόκοκκα εδάφη	57
Πίνακας 4.3. 5: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών BE (CIU & CAU, CID& CAD) για τα χονδρόκοκκα εδάφη.....	65
Πίνακας 4.3. 6: Αποτελέσματα TRX δοκιμών για χονδρόκοκκα εδάφη	67
Πίνακας 4.3. 7:Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης).....	71
Πίνακας 4.3. 8: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CSS για τα λεπτόκοκκα (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)	72
Πίνακας 4.3. 9: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης παραμόρφωσης)	73
Πίνακας 4.3. 10: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης).....	74
Πίνακας 4.3. 11:Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης).....	78
Πίνακας 4.3. 12: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης παραμόρφωσης)	81
Πίνακας 4.3. 13: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)	82
Πίνακας 4.3. 14: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 1	85
Πίνακας 4.3. 15: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 2.....	86
Πίνακας 4.3. 16: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 3.....	87
Πίνακας 4.3. 17: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 4.....	88
Πίνακας 4.3. 18:Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκκα εδάφη του Batch 5.....	89
Πίνακας 4.3. 19: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 6.....	90
Πίνακας 4.3. 20:Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 8.....	91

Πίνακας 4.3. 21: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 9.....	92
Πίνακας 4.3. 22: Φυσικά χαρακτηριστικά χονδρόκοκκων εδαφών από τις δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες.....	96
Πίνακας 4.3. 23: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκα εδάφη.....	97
Πίνακας 4.3. 24: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και στερεοποίησης στις δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκα εδάφη	98
Πίνακας 4.3. 25: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκα εδάφη	99
Πίνακας 4.3. 26: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και στερεοποίησης στις δοκιμές CTX υπό στραγγιζόμενες συνθήκες για τα χονδρόκοκα εδάφη	101
Πίνακας 4.3. 27: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα λεπτόκοκα εδάφη	102
Πίνακας 4.3. 28: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών RC υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα λεπτόκοκα εδάφη.....	104
Πίνακας 4.3. 29: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών RC υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκα εδάφη.....	105
Πίνακας 4.3. 30: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών των δοκιμών RC υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα λεπτόκοκα εδάφη.....	108
Πίνακας 4.3. 31: Φυσικές ιδιότητες των λεπτόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στη RC	108
Πίνακας 4.3.32: Αποτελέσματα της δοκιμής RC02 που πραγματοποιήθηκε στο λεπτόκοκα έδαφος HKW114-BH 38WaxC στην $\sigma'_0=285\text{kPa}$	109
Πίνακας 4.3.33: Αποτελέσματα της δοκιμής RC12 που πραγματοποιήθηκε στο λεπτόκοκα έδαφος HKW114-BH 38WaxC στην $\sigma'_0=285\text{kPa}$	110
Πίνακας 4.3.34: Δυναμικές ιδιότητες στις μικρές παραμορφώσεις των λεπτόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στη RC	111
Πίνακας 4.3.35: Οριακή ελαστική παραμόρφωση των λεπτόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στη RC	111
Πίνακας 4.3.36: Φυσικές Ιδιότητες των χονδρόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στην RC.....	121
Πίνακας 4.3.37: Αρχικές Συνθήκες των δοκιμών των χονδρόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στην RC	123
Πίνακας 4.3.38: Αποτελέσματα δοκιμών RC σε χονδρόκοκα εδάφη με ποσοστό λεπτόκοκκων μικρότερο του 5%	124
Πίνακας 4.3. 39: Αποτελέσματα δοκιμών RC σε χονδρόκοκα εδάφη με ποσοστό λεπτοκόκκων μεγαλύτερο του 5%	129
Πίνακας 4.3.40: Τιμές του e_g και της $f(e_g)$ για τα χονδρόκοκα εδάφη με ποσοστό λεπτοκόκκων μεγαλύτερο του 5%	129
Σχήμα 4.3. 1a: Μεταβολή του G_{max} με σ'_0 από τις δοκιμές BE (CIU & CAU) για τα λεπτόκοκα εδάφη του Πίνακα 4.3.2.....	58

Σχήμα 4.3. 2: $G_{\max}$ - S_u για τα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.3.3	62
Σχήμα 4.3. 3: $G_{\max}$ - S_u/σ'_{vo} για τα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.3.3	63
Σχήμα 4.3. 43: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 1 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης.....	143
Σχήμα 4.3. 45: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 1 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης.....	143
Σχήμα 4.3.46:Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 2 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης.....	144
Σχήμα 4.3.47: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 2 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης.....	144
Σχήμα 4.3.48: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 3 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	145
Σχήμα 4.3.49: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 3 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	145
Σχήμα 4.3.50:Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 4 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης.....	146
Σχήμα 4.3.51: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 4 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης.....	146
Σχήμα 4.3.52: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 5 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	147
Σχήμα 4.3.53: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 5 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	147
Σχήμα 4.3.54: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 6 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	148
Σχήμα 4.3.55: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 6 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	148
Σχήμα 4.3.56: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 8 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	149
Σχήμα 4.3.57: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 8 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	149
Σχήμα 4.3.58: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 9 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	150
Σχήμα 4.3.59: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 9 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης..	150
 Πίνακας 5.1.1: Σύγκριση μεταξύ πειραματικών και υπολογισμένων τιμών του C_c για την ομάδα Α	152
Πίνακας 5.1.2 Σύγκριση μεταξύ πειραματικών και υπολογισμένων τιμών του C_c για την Ομάδα Β	152
Πίνακας 5.1.3: Σύγκριση μεταξύ πειραματικών και υπολογισμένων τιμών του C_c για την Ομάδα Γ	153

Σχήμα 5.1. 1: Συσχέτιση του δείκτη συμπιεστότητας με τον αρχικό δείκτη πόρων για την Ομάδα Α	154
Σχήμα 5.1. 2: Συσχέτιση του δείκτη συμπιεστότητας με τον αρχικό δείκτη πόρων για την Ομάδα Β	154
Σχήμα 5.1. 3: Συσχέτιση του δείκτη συμπιεστότητας με τον αρχικό δείκτη πόρων για την Ομάδα Γ	155

Σχήμα 5.2.1: Σχέση του μέγιστου μέτρου διάτμησης με το υπολογισμένο μέγιστο διάτμησης από τη βιβλιογραφία για λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC και Triaxial with BE.....	157
Σχήμα 5.2. 2: Σχέση ελάχιστης απόσβεσης με δείκτη πόρων δοκιμής για λεπτόκοκκα εδάφη από δοκιμές CTX και RC και σύγκριση με βιβλιογραφία.....	158
Σχήμα 5.2. 3: Μεταβολή κανονικοποιημένου μέτρου μέγιστης διάτμησης με την ενεργό τάση και σύγκριση με την βιβλιογραφία για χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα δοκιμών RC	158
Σχήμα 5.2. 4: Σχέση ελάχιστης απόσβεσης και ενεργού τάσης για χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα δοκιμών RC και σύγκριση με βιβλιογραφία.....	159
Σχήμα 5.2. 5: Σχέση ελάχιστης απόσβεσης με ενεργό τάση για χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα δοκιμών RC και σύγκριση με τη βιβλιογραφία	159
Σχήμα 5.2.6: Η μεταβολή $G/G_{max}-\gamma$ των λεπτόκοκκων εδαφών εν συγκρίσει με βιβλιογραφικά δεδομένα	161
Σχήμα 5.2.7: Η μεταβολή $(D-D_{min})-(G/G_{max})$ των λεπτόκοκκων εδαφών εν συγκρίσει με βιβλιογραφικά δεδομένα	161
Σχήμα 5.2.8: Σχέση $G/G_{max}-\gamma$ για το Batch 1 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία	162
Σχήμα 5.2.9: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης σε σχέση με την παραμόρφωση για το Batch 1 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία	162
Σχήμα 5.2.10: Σχέση $G/G_{max}-\gamma$ του Batch 3 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία.....	163
Σχήμα 5.2.11: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης σε σχέση με τη παραμόρφωση για το Batch 3 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία	163
Σχήμα 5.2. 12: Συσχέτιση του δείκτη πλαστικότητας με την οριακή ελαστική διατμητική παραμόρφωση για τα λεπτόκοκκα δοκιμών RC και σύγκριση με βιβλιογραφία	164

Σχήμα Α. 1: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 1	169
Σχήμα Α. 2: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 2	169
Σχήμα Α. 3: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 3	170
Σχήμα Α. 4: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 4	170
Σχήμα Α. 5: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 5	171
Σχήμα Α. 6: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 6	171
Σχήμα Α. 7: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 7	172
Σχήμα Α. 8: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 8	172
Σχήμα Α. 9: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 9	173

Σχήμα Α. 10: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 10	173
Σχήμα Α. 11: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 1	174
Σχήμα Α. 12: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 2.....	175
Σχήμα Α. 13: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 3.....	176
Σχήμα Α. 14: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 4.....	177
Σχήμα Α. 15: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 5.....	178
Σχήμα Α. 16: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 6.....	179
Σχήμα Α. 17: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 7.....	180
Σχήμα Α. 18: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 8.....	181
Σχήμα Α. 19: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 9.....	182
Σχήμα Α. 20: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 10.....	183
Σχήμα Α. 21: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW047-BH.....	184
Σχήμα Α. 22: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW054-BH.....	185
Σχήμα Α. 23: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW055-BH.....	186
Σχήμα Α. 24: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW056-BH.....	187
Σχήμα Α. 25: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW060-BH.....	188
Σχήμα Α. 26: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW062-BH.....	189
Σχήμα Α. 27: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW065-BH.....	190
Σχήμα Α. 28: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW072-BH.....	191
Σχήμα Α. 29: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW072-BH.....	192
Σχήμα Α. 30: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW072-BH.....	193
Σχήμα Α. 31: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW073-BH.....	194
Σχήμα Α. 32: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW077-BH.....	195
Σχήμα Α. 33: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW078-BH.....	196
Σχήμα Α. 34: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW082-BH.....	197
Σχήμα Α. 35: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW094-BH.....	198
Σχήμα Α. 36: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW097-BH.....	199
Σχήμα Α. 37: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW098-BH.....	200
Σχήμα Α. 38: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW098-BH.....	201
Σχήμα Α. 39: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW098-BH.....	202
Σχήμα Α. 40: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW104-BH.....	203
Σχήμα Α. 41: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW104-BH.....	204
Σχήμα Α. 42: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW107-BH.....	205
Σχήμα Α. 43: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW114-BH.....	206

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
q_c	MPa ή kPa	Αντίσταση Κώνου
f_c	%	Συντελεστής Τριβής
u_2	kPa	Πίεση ύδατος πόρων
S_u	kPa	Αστράγγιστη διατμητική αντοχή
C_u	kPa	Συντελεστής ομοιομορφίας
C_c	-	Συντελεστής καμπυλότητας
G_s	-	Ειδικό βάρος στερεών κόκκων
e	-	Λόγος κενών
w	%	Ποσοστό υγρασίας
S_r	%	Βαθμός κορεσμού
ϕ'	radians	Γωνία τριβής
u_{max}	kPa	Μέγιστη πίεση πόρων
τ_{av}	kPa	Αρχική διατμητική τάση
γ_{cy}	%	Κυκλική διατμητική παραμόρφωση
τ_{cy}	kPa	Διατμητική τάση υπό κυκλική φόρτιση
γ_{av}	%	Μέση διατμητική τάση
G_{max}	MPa	Μέγιστο μέτρο διάτμησης
G	MPa	Μέτρο διάτμησης
δ_{cv}	mm ή %	Γωνία τριβής σταθερού όγκου (Ring shear test)
γ	%	Διατμητική παραμόρφωση
Pl	%	Όριο πλαστικότητας
WL	%	Όριο Υδαρότητας
ϵ_{cy}	%	Κυκλική αξονική παραμόρφωση
λ	%	Λόγος απόσβεσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη δυναμική απόκριση θαλάσσιων και αμμωδών εδαφών. Η σχετική έρευνα, η οποία εντάσσεται στον ευρύτερο κλάδο των γεωεπιστημών, έχει προκύψει ως ανάγκη λόγω της επιταχυνόμενης ανάπτυξης στον τομέα της αιολικής ενέργειας, καταλαμβάνοντας σημαντικό επιστημονικό ενδιαφέρον όσον αφορά το σχεδιασμό και την κατασκευή των σχετικών εγκαταστάσεων. Η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση των σύγχρονων κοινωνιών έχει ενισχύσει την ανάγκη για την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, με έμφαση στις ανανεώσιμες λόγω του μικρότερου περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Αυτή η τάση έχει οδηγήσει σε αύξηση των γεωτεχνικών ερευνών, οι οποίες εξετάζουν τα χαρακτηριστικά των εδαφών για διάφορους σκοπούς, όπως:

- **Ασφάλεια και Σταθερότητα:** Οι γεωτεχνικές έρευνες επικεντρώνονται στην αξιολόγηση της σταθερότητας του εδάφους και της καταλληλότητάς του για την υποστήριξη μεγάλων κατασκευών, ειδικά σε θαλάσσιο περιβάλλον, όπου αντιμετωπίζονται προκλήσεις όπως δυνατά ρεύματα, κύματα και διάβρωση.
- **Σχεδιασμός και Οικονομία:** Ο προσδιορισμός των εδαφικών χαρακτηριστικών αποτελεί στάδιο του σχεδιασμού έργων. Το μέγεθος της γεωτεχνικής διερεύνησης καθορίζει την ακρίβεια του σχεδιασμού και λειτουργεί προς το οικονομικό συμφέρον της κατασκευής του έργου.
- **Περιβαλλοντική Επίδραση:** Η ερευνητική διερεύνηση στοχεύει επίσης στην αξιολόγηση της επίδρασης των θαλάσσιων κατασκευών στο θαλάσσιο οικοσύστημα, καθώς και στη ζωή που υπάρχει σε αυτό.
- **Αντιμετώπιση Κινδύνων:** Η έρευνα εστιάζει επίσης στην αναγνώριση και τη μείωση γεωκινδύνων, όπως σεισμοί και κατολισθήσεις, ειδικά σε περιοχές με αυξημένη επικινδυνότητα.
- **Νομοθετική Συμμόρφωση:** Οι ερευνητικές προσπάθειες υποστηρίζουν την εξασφάλιση συμμόρφωσης των έργων με τις υπάρχουσες κανονιστικές απαιτήσεις και τα πρότυπα στους τομείς της κατασκευής και της συντήρησης θαλάσσιων υποδομών.

1.2 Αντικείμενο και Σκοπός

Στην εν λόγω εργασία γίνεται ανάλυση διάφορων συσχετισμών μεταξύ των μηχανικών και φυσικών παραμέτρων του εδάφους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων διάφορων δοκιμών και κυρίως δυναμικών που προέρχονται από μια βάση δεδομένων θαλάσσιας γεωτεχνικής έρευνας. Με αυτή τη βάση και το τρόπο που παρατηρείται να συνδέονται οι παράμετροι μεταξύ τους είναι εφικτό να γίνει μια σύγκριση με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, με βαρύτητα σε ερευνητικά άρθρα. Έτσι, προκύπτουν και αναλυτικά συμπεράσματα, τα οποία θα μπορούσαν να είναι μελλοντικώς χρήσιμα στη πράξη της γεωτεχνικής μηχανικής και ιδιαίτερα στο στάδιο των προκαταρκτικών μελετών.

1.3 Δομή Εργασίας

Η εν λόγω εργασία διαρθρώνεται σε επτά κεφάλαια. Αρχικά, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός του γεωτεχνικού μοντέλου για την εξεταζόμενη περιοχή, καθώς και οι επιτόπου γεωτεχνικές και γεωφυσικές δοκιμές. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι εργαστηριακές γεωτεχνικές δοκιμές και πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με την αντίστοιχη βιβλιογραφία. Παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και η πρακτική εφαρμογή τους. Τέλος, υπάρχει το παράρτημα που παρουσιάζονται οι κοκκομετρικές καμπύλες και τα εικόνες των δειγμάτων από μικροσκόπιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Αντικείμενο Μελέτης Σχεδιασμού Αιολικού Πάρκου

Ο κρατικός Οργανισμός Επιχειρηματικότητας της Ολλανδίας ζήτησε από την εταιρεία Fugro να πραγματοποιήσει γεωτεχνική έρευνα στη Ζώνη Αιολικών Πάρκων Hollandse Kust (West). Η Ζώνη Αιολικών Πάρκων Hollandse Kust (West) βρίσκεται περίπου 51 χιλιόμετρα από την ολλανδική ακτή, στη Βόρεια Θάλασσα, και είναι ένα σημαντικό έργο στο πλαίσιο των προσπαθειών της Ολλανδίας για την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η περιοχή ενδιαφέροντος σ' αυτή τη περιοχή θαλάσσιων οικοπέδων είναι το Hollandse Kust West VII, για το οποίο η RWE AG, μια μεγάλη εταιρεία ενέργειας, έχει λάβει την άδεια κατασκευής. Το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο έχει προγραμματιστεί να έχει ικανότητα πάνω από 760 MW (megawatt), η οποία εκτιμάται ότι θα είναι αρκετή για την τροφοδοσία σχεδόν ενός εκατομμυρίου ολλανδικών σπιτιών. Ο σχεδιασμός της RWE επικεντρώνεται στην αποτελεσματική ένταξη του αιολικού πάρκου στο ολλανδικό ενεργειακό σύστημα, συμπεριλαμβανομένων καινοτόμων προσεγγίσεων όπως η παραγωγή πράσινου υδρογόνου, ηλεκτρικοί λέβητες, αποθήκευση ενέργειας με μπαταρίες και η ενσωμάτωση θαλάσσιων φωτοβολταϊκών πλατφορμών. Ολόκληρη η πρωτοβουλία της Ολλανδικής κυβέρνησης έχει στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και την ενίσχυση της έρευνας στα πανεπιστήμια.

Γενικώς, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον ως προς τις ανεμογεννήτριες και τα αιολικά συστήματα, τα οποία είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, από πλευράς των περισσότερων κρατών πλέον και κυρίως των Σκανδιναβικών. Άλλωστε, δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί τυχαίο το γεγονός πως ακόμα και η έρευνα στην Ολλανδία και τα προγράμματα σπουδών των Πολυτεχνικών Σχολών έχουν στραφεί σε γνώσεις γύρω από τα αιολικά πάρκα (επιστημονικές διατριβές, μαθήματα, σεμινάρια κ.τ.λ.), την οικονομική οργάνωσή τους, όπως και τη διαχείριση θαλάσσιων ενεργειακών εγκαταστάσεων.

Τα αιολικά συστήματα αποτελούνται από ανεμογεννήτριες που τοποθετούνται σε βάσεις μέσα στη θάλασσα και συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο, μεταφέροντας καθαρή ενέργεια στην ξηρά. Οι εταιρίες αντιμετωπίζουν διάφορες προκλήσεις και λειτουργούν βάσει συγκεκριμένων παραμέτρων. Αρχικά, η επιλογή της θέσης των αιολικών πάρκων είναι ιδιαιτέρως σημαντική καθώς επιλέγονται κυρίως περιοχές με δυνατούς ανέμους, μακριά όμως από την στεριά, με στόχο να ελαχιστοποιούνται τυχόν προβλήματα θορύβου ή αισθητικής. Ακόμα, χρησιμοποιούν υπόγεια καλώδια που μεταφέρουν την παραγόμενη ενέργεια στη ξηρά. Η βασική πρόκληση βέβαια για τις εταιρίες παραμένει το κόστος εγκατάστασης, το οποίο μέσω γεωφυσικών ερευνών με

σύγχρονη τεχνολογία περιορίζεται κατά ένα ποσοστό, αφού περιορίζονται και εκσκαφές/γεωτρήσεις που πραγματοποιούνται στη συνέχεια.

Σύμφωνα με τους Katsanos et al. (2016) ισχύουν τα εξής:

Λειτουργία Ανεμογεννητριών: Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω γεννήτριας.

Τύποι Ανεμογεννητριών: Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών, αλλά οι πιο συνηθισμένοι είναι αυτοί οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis Wind Turbines-HAETs), οι οποίοι είναι και οι αποδοτικότεροι.

Επιπτώσεις στη Περιβαλλοντική Βιωσιμότητα: Η χρήση της αιολικής ενέργειας συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Παρόλα αυτά, η εγκατάσταση ανεμογεννητριών μπορεί να έχει επιπτώσεις όπως οπτική ρύπανση και στην παρουσία πτηνών.

Απόδοση και Αποδοτικότητα: Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τον άνεμο και τη γεωγραφική τοποθεσία. Η ταχύτητα του ανέμου παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση, με βέλτιστες ταχύτητες 12-15 m/s.

Για το οικόπεδο που μελετάται στη παρούσα διπλωματική εργασία, ζητήθηκε από την Fugro να γίνει μια αξιολόγηση των συνθηκών της περιοχής, η οποία περιλαμβάνει τα σημεία:

Επιλογή Τύπου Ανεμογεννητριών: Καθώς τύπος των ανεμογεννητριών, συμπεριλαμβανομένων των διαδρομών των καλωδίων που θα ακολουθούνταν, δεν είχαν οριστικοποιηθεί, θεωρήθηκε ότι οι θεμελιώσεις των ανεμογεννητριών θα εγκατασταθούν εντός ακτίνας 30 μέτρων από τοποθεσίες όπου έχουν διεξαχθεί δοκιμές διείσδυσης και/ή τουλάχιστον μια δοκιμή διείσδυσης κώνου (CPT) για τις οποίες θα υπάρξει περαιτέρω αναφορά παρακάτω.

Προκαταρκτική Μελέτη: Κατά τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων είναι αναγκαίο να τοποθετούνται οι ανεμογεννήτριες περισσότερο από 30 μέτρα μακριά από τις θέσεις των επί-τόπου δοκιμών, οι οποίες αποσκοπούν στη δημιουργία των εδαφικών τομών βάσει των γεωφυσικών.

Η Ολλανδία έχει αναπτύξει ένα νομικό πλαίσιο γύρω από την εγκατάσταση ανεμογεννητριών και τη διεξαγωγή γεωτεχνικής έρευνας, η οποία περιλαμβάνει **τρεις βασικούς άξονες:** (α) τη προκαταρκτική μελέτη, (β) κανονισμοί ασφαλείας, και (γ) περιβαλλοντική προστασία.

Η προκαταρκτική μελέτη, αφορά στην αξιολόγηση καταλληλότητας του εδάφους και των υπεδάφινων συνθηκών, λειτουργώντας καθοριστικά υπέρ της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας των κατασκευών. Η περιβαλλοντική προστασία θεωρείται βασικός παράγοντας στα αιολικά έργα. Η νομοθεσία προβλέπει μέτρα για την προστασία της

βιοποικιλότητας, όπως αποφυγή εγκατάστασης σε περιοχές Natura 2000 και άλλες προστατευόμενες ζώνες, ενώ στόχος κατά τη μελέτη είναι να αποφεύγονται μέθοδοι που προκαλούν ρύπους ή καταστροφή φυσικών πόρων. Στο ίδιο πλαίσιο, πριν από την εγκατάσταση διενεργείται περιβαλλοντική εκτίμηση για να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις στο οικοσύστημα, την πανίδα και τη χλωρίδα. Ως αποτέλεσμα επιτυγχάνεται τα έργα να είναι συμβατά με τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος.

Η συγκεκριμένη έρευνα, ακολουθώντας την παραπάνω νομοθεσία, περιλάμβανε δοκιμές στον πυθμένα, δειγματοληψία, γεωτεχνικές επί τόπου δοκιμές, ενώ ακολούθησαν και εργαστηριακές δοκιμές. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε από το MV Normand Flower σε βάθη που κυμαίνονται από περίπου 25 μέτρα έως 32 μέτρα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν στατικής και δυναμικής φόρτισης δοκιμές σε 55 γεωτρήσεις. Τα δεδομένα αυτών των δοκιμών χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής.

2.2 Γεωγραφική Περιοχή Μελέτης

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα της περιοχής, στην οποία πραγματοποιήθηκε η γεωτεχνική έρευνα. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, η περιοχή βρίσκεται 51 χιλιόμετρα από την Ολλανδική Ακτή, στη Βόρεια Θάλασσα, ενώ στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται η ακριβής θέση της περιοχής, με κόκκινο χρώμα να είναι τα όρια περιοχής, στα οποία έγινε έρευνα και το πράσινο όλη η έκταση sites VI & VII που προβλέπεται να τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες.

Στις τεχνικές εκθέσεις, οι οποίες ενσωματώνουν τα δεδομένα της γεωτεχνικής έρευνας, παρέχονται επίσης χάρτες που παρουσιάζουν τη γεωγραφική θέση του μελετηθέντος θαλάσσιου οικοπέδου. Αυτοί οι χάρτες δείχνουν επιπλέον τον τρόπο διαμερισμού της περιοχής σε ζώνες, βάσει διάφορων παραμέτρων. Συγκεκριμένα, ο βασικός χάρτης, ο οποίος παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2 αποτυπώνει την ακριβή θέση, τις γεωγραφικές λεπτομέρειες με ακριβείς διαστάσεις, αλλά και τοποθετήσεις στοιχείων, τεχνητές και φυσικές δομές.

Στο υπόμνημα του συγκεκριμένου χάρτη δίνονται τα εξής στοιχεία:

Buoyant Waterway Marking (σήμανση πλωτών υδατικών οδών): Αναφέρεται σε ένα σύστημα σήμανσης που χρησιμοποιεί επιπλέοντες σηματοδότες ή σημαδούρες για να υποδείξει διάφορες πληροφορίες σχετικά με τα νερά κατά μήκος των ποταμιών, των καναλιών, των λιμνών και των παράκτιων περιοχών. Στη μελέτη σε θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η σήμανση, καθώς οι σημαδούρες επισημαίνουν επικίνδυνες περιοχές με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (όπως χαμηλό βάθος ή και βραχώδεις σχηματισμοί), συμβάλλοντας την αποφυγή ατυχημάτων. Ακόμα, χρησιμοποιούνται με σκοπό την ακριβή περιγραφή της περιοχής που μελετάται προσφέροντας διατήρηση και έλεγχο συντεταγμένων. Τέλος ανάμεσα στα πλεονεκτήματα χρήσης τους είναι και τη μικρή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Fugro LiDAR Weather Buoy: Αναφέρεται σε έναν ειδικό τύπο πλωτής συσκευής παρατήρησης των καιρικών φαινομένων, η οποία χρησιμοποιεί την τεχνολογία LiDAR (Light Detection and Ranging) για τη μέτρηση του ανέμου και άλλων μετεωρολογικών μεγεθών. Αυτός ο τύπος αναπτύχθηκε από την εταιρεία Fugro. Η συσκευή αυτή έχει πολλαπλές χρήσεις, καθώς η τεχνολογία LiDAR μετρά την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου σε διαφορετικά ύψη πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ταυτοχρόνως συλλέγει δεδομένα για τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, στοιχεία απαραίτητα για την ορθολογική επιλογή της χωροθέτησης των ανεμογεννητριών μεγιστοποιώντας κατά αυτόν τον τρόπο και την απόδοση τους. Σημαντικό προτέρημα της τεχνολογίας αυτής είναι το μειωμένο κόστος, καθώς σε σχέση με παραδοσιακότερους τρόπους μετρήσεις όπως οι μετρητικοί πύργοι, οι πλωτές μονάδες LiDAR είναι φθηνότερες και πιο εύκολες στην εγκατάσταση.

Linear MAG targets – Possible abandoned Cables/Pipelines: Μέσω μαγνητομετρικών μετρήσεων (MAG, Magnetic Survey) εντοπίζονται γραμμικές ανωμαλίες (Linear). Αυτές οι ανωμαλίες υποδεικνύουν την παρουσία γραμμικών δομών/αντικειμένων, όπως εγκαταλελειμμένων καλωδίων και αγωγών. Αυτά είναι πιθανό να είναι θαμμένα κάτω από την επιφάνεια του βυθού της θάλασσας ή της ξηράς. Η μέθοδος αυτή ενισχύει την ασφάλεια του έργου, αφού ο εντοπισμός των γραμμικών δομών επιτρέπει την αποφυγή των περιοχών με εμπόδια. Επίσης, προλαμβάνονται ζημιές που θα ήταν πιθανό να συμβούν στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις, ειδικά αν τα αντικείμενα είναι ενεργά ή περιέχουν υπολείμματα επικίνδυνων υλικών.

Safety buffer zones ή ζώνες ασφαλείας: Αποτελούν περιοχές που έχουν οριστεί γύρω από επικίνδυνες τοποθεσίες, δομές ή δραστηριότητες με σκοπό την προστασία του κοινού και τη μείωση του κινδύνου ατυχημάτων. Αυτές οι ζώνες λειτουργούν ως ένα προληπτικό μέτρο για να διασφαλίζεται ότι οι άνθρωποι και οι κατασκευές δεν βρίσκονται πολύ κοντά σε πιθανές πηγές κινδύνου.

UTM grid (Universal Transverse Mercator): Πρόκειται για ένα σύστημα προβολής χάρτη που χωρίζει τον πλανήτη σε μια σειρά από ζώνες. Κάθε ζώνη είναι έξι μοίρες μήκους στο γεωγραφικό πλάτος και εκτείνεται από τον έναν πόλο στον άλλο. Αυτό το σύστημα προβολής χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τις σφαιρικές συντεταγμένες της Γης (πλάτος και μήκος) σε συντεταγμένες x και y που εμφανίζονται στους χάρτες. Το σύστημα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, με ακρίβεια και ευκολία ανάγνωσης, γεγονός που το καθιστά γνωστό στον τομέα της γεωπληροφορικής και των γεωεπιστημών.

Geographical Grid: Σύστημα που χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση της Γης μέσω ενός δικτύου γραμμών που αντιπροσωπεύουν τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη.

Συνοψίζοντας, στη γεωτεχνική έρευνα τα λεπτομερή τοπογραφικά σχέδια είναι απαραίτητα για διάφορους λόγους. Αρχικά, καθορίζουν την ακρίβεια στην τοποθέτηση εξοπλισμού και γεωτρήσεων, εξασφαλίζοντας έτσι πως οι εργασίες πραγματοποιούνται στα σωστά σημεία. Επίσης, οι χάρτες δείχνουν γεωλογικά χαρακτηριστικά όπως βράχοι και ρήγματα, τα οποία επηρεάζουν το σχεδιασμό των έργων. Ακόμα, επιτρέπουν το

βέλτιστο σχεδιασμό για πρόσβαση στην περιοχή με δημιουργία προσωρινών οδών ή μονοπατιών εξασφαλίζοντας ασφαλή προσέλευση στα έργα. Τέλος, επιτρέπουν με εύκολο τρόπο την επικοινωνία μεταξύ ομάδων μηχανικών, εργολάβων και τοπικών αρχών, αφού παρέχουν ένα κοινό σημείο αναφοράς για όλους τους εμπλεκόμενους, διευκολύνοντας την κατανόηση των απαιτήσεων και των περιορισμών των έργων.

2.3 Γεωλογική, Γεωφυσική και Γεωτεχνική Διερεύνηση

Της γεωτεχνικής έρευνας και μετέπειτα τον σχεδιασμό γεωτεχνικού μοντέλου, αρχικά, προηγείται η γεωλογική αξιολόγηση του οικοπέδου και γεωφυσική διερεύνηση μέσω δοκιμών. Οι γεωφυσικές έρευνες συνήθως παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες του εδάφους κατά μήκος των γραμμών διεξαγωγής της έρευνας. Η εκτίμηση των συνθηκών του εδάφους πέραν των περιοχών διεξαγωγής της έρευνας βασίζεται σε στατιστικές μεθόδους πρόβλεψης και βεβαίως στην εμπειρία και κρίση του μηχανικού. Παρόλα αυτά, οι πραγματικές συνθήκες σε αυτές τις περιοχές μπορεί να διαφέρουν από τις προβλέψεις. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται γενικότερα για τη γεωφυσική διερεύνηση είναι οι εξής:

- **Σεισμικές μέθοδοι:** Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται τα τεχνικώς³ παραγόμενα κύματα για τη δημιουργία της εδαφικής τομής και τον εντοπισμό θαμμένων δομών και ανωμαλιών.
- **Ηλεκτρικές Μέθοδοι:** Χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά ρεύματα με σκοπό τη μέτρηση της αντίστασης του εδάφους και τον εντοπισμό διαφορετικών υλικών ή υδάτινων στρωμάτων.
- **Μαγνητικές Μέθοδοι:** Ανιχνεύουν μαγνητικές ανωμαλίες, όπου σε περίπτωση ύπαρξής τους υποδηλώνουν μεταλλικά ή μαγνητικά υλικά στο υπέδαφος
- **Ραδιομετρικές και βαρυμετρικές μέθοδοι:** Μετρούν φυσικές ακτινοβολίες και βαρυτικές διαφορές για την αναγνώριση γεωλογικών χαρακτηριστικών.
- **Τεχνολογία LiDAR και ραντάρ διείσδυσης εδάφους (GPR):** Εικόνες υψηλής ακρίβειας για επιφανειακά και υποεπιφανειακά χαρακτηριστικά

Η γεωλογική διερεύνηση περιλαμβάνει την περιγραφή ενός γεωλογικού εδαφικού μοντέλου ,τη στρωματογραφία του, την πλευρική μεταβλητότητα, αναλύση γεωλογικής ιστορίας, έλεγχο γεωκινδύνων και βασικές τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων. Τα δείγματα για την γεωλογική ιστορία και ηλικία των στρωμάτων συλλέχθηκαν με ειδικά σακουλάκια από συγκεκριμένα βάθη σε 12 γεωτρήσεις και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο της Fugro για περαιτέρω ανάλυση. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- **Παλυνολογία:** Είναι μια τεχνική, η οποία βασίζεται στη μελέτη οργανικών υπολειμμάτων, τα οποία μεταφέρονται μέσω του αέρα (όπως οι γυρεόκοκκοι) και συναντώνται εντός των ιζημάτων. Παρέχει ακρίβεια και έχει τη δυνατότητα να συνδυαστεί με άλλες μεθόδους.
- **Διαπίστωση παρουσίας/τύπου μικροαπολιθωμάτων:** Βασίζεται στη μελέτη μικροσκοπικών απολιθωμάτων, όπως φυκιών, πρωτόζωων και άλλων μικροοργανισμών που έχουν διατηρηθεί στα ιζήματα. Τα μικροαπολιθώματα

στα ιζήματα, χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της γεωλογικής ιστορίας. Ειδικά στο θαλάσσιο περιβάλλον τα φουραμινιφόρα ή τα δινογλαγκελλίδια αντανakλούν το αρχαίο περιβάλλον και τη θερμοκρασία του νερού. Η μέθοδος μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες τεχνικές.

- Διαπίστωση παρουσίας/τύπου νανοαπολιθωμάτων: Τα νανοαπολιθώματα είναι μικροσκοπικά απολιθωμένα σωματίδια που περιέχονται κυρίως σε θαλάσσιους οργανισμούς και η ανάλυση τους μπορεί να γίνει μόνο με μικροσκόπιο. Επειδή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα στα θαλάσσια ιζήματα χρησιμοποιούνται για την ακριβή χρονολόγηση στρωμάτων ενώ αποκαλύπτουν σημαντικές πληροφορίες για αλλαγές του κλίματος (πχ. τα coccolithophores εμφανίζονται σε περιόδους αυξημένης θερμοκρασίας). Ως τεχνική χρησιμοποιείται συνδυαστικά με άλλες μεθόδους
- Χρονολόγηση μέσω άνθρακα ή ραδιοχρονολόγηση με ανθρακα-14 : Πρόκειται για μια μέθοδο απόλυτης χρονολόγησης που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ηλικίας οργανικών υλικών, όπως οστά και κόκκαλα και βασίζεται στη μέτρηση ραδιενεργού άνθρακα-14. Ο άνθρακας-14 είναι ένα ραδιενεργό ισότοπο του άνθρακα και παραμένει σε κάποιον οργανισμό και μετά τον θάνατό του. Μέσω του προσδιορισμού του διαστήματος θανάτου του οργανισμού, εκτιμάται η γεωλογική περίοδος για τα ιζήματα.

Επίσης, 55 δείγματα λήφθηκαν από 13 γεωτρήσεις σε συγκεκριμένα βάθη για βιοχημική ανάλυση και περαιτέρω επεξεργασία στο εργαστήριο, ενώ οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά αυτή τη διαδικασία ήταν οι εξής :

- Μέθοδος του Πιθανότερου Αριθμού (Most Probable Number) σύμφωνα με τον Sutton (2010): Πρόκειται για μια στατιστική μέθοδο, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για την εκτίμηση του αριθμού ζωντανών οργανισμών σε δείγματα (στη προκειμένη περίπτωση νερό και έδαφος). Η μέθοδος βασίζεται ουσιαστικά σε σειριακές αραιώσεις του δείγματος και την καλλιέργεια μικροοργανισμών σε υγρό θρεπτικό υλικό με στόχο να προσδιοριστεί η πιθανή πυκνότητα μικροοργανισμών σε ένα δείγμα μέσω στατιστικών υπολογισμών. Ως τεχνική είναι ιδιαίτερως χρήσιμη καθώς έχει πολλά πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα, είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε δείγματα με χαμηλή πυκνότητα, σε μη ομοιογενή δείγματα ενώ κυρίως είναι οικονομική μέθοδος, αφού δεν απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό.
- Περιεκτικότητα σε διαλυμένη οργανική ύλη (Μέθοδος διαφοράς DOC, DIN EN 1484, 2019): Γίνεται εκτίμηση του συνολικού οργανικού άνθρακα (TOC) και της διαλυμένης οργανικής ύλης (DOC). Η μέθοδος είναι ακριβής και αξιόπιστη και έχει ευρεία εφαρμογή.
- Μεταβολική δραστηριότητα μέσω μικροθερμιδομέτρησης: Η μέθοδος χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της μεταβολικής δραστηριότητας μικροοργανισμών μετρώντας τη θερμότητα που παράγεται και απορροφάται κατά τη διάρκεια βιοχημικών αντιδράσεων. Σαν μέθοδος είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε μικρά δείγματα, καταφέρνει να ανιχνεύει και πολύ μικρές αλλαγές, είναι μη επεμβατική, και προσφέρει αξιολόγηση της ρύπανσης στο νερό βάσει της ζωτικότητας των οργανισμών.

Η γεωφυσική διερεύνηση πραγματοποιήθηκε σε 4 εκ των 55 γεωτρήσεων εξυπηρετώντας τα εξής:

- Ανίχνευση: Περιλαμβάνει τη μέτρηση διαφόρων φυσικών παραμέτρων όπως η ακτινοβολία, η αγωγιμότητα, η μαγνητική συμπεριφορά, και η πυκνότητα των σχηματισμών. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν να δώσουν πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση, τη μακροδομή, και την πορώδη δομή των πετρωμάτων.
- Χαρτογράφηση: Ακριβής χαρτογράφηση και χαρακτηρισμός των υπεδαφικών σχηματισμών.
- Αξιολόγηση Πόρων: Αξιολόγηση υδρογονανθράκων, υδάτινων αποθεμάτων, ή άλλων γεωλογικών πόρων, όπως μεταλλεύματα.
- Εκτίμηση Επικινδυνότητας: Αναγνώριση και αξιολόγηση πιθανών γεωκινδύνων, όπως διαρροές υδρογονανθράκων ή συνθήκες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ασφάλεια ή και την υλοποίηση του έργου.

Στα πλαίσια της γεωτεχνικής διερεύνησης, εκτιμήθηκε η γεωτεχνική επικινδυνότητα σε μια έκταση περίπου 300 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Χρησιμοποιήθηκε μια μεθοδολογία συμβατή με την τρέχουσα διεθνή πρακτική και σύμφωνη με τις συστάσεις του EC8. Ειδικότερα, λαμβάνονται υπόψη αβεβαιότητες στον υπολογισμό του κινδύνου μέσω της χρήσης μιας προσέγγισης logic-tree σε συνδυασμό με δειγματοληψία Monte-Carlo.

Η προσέγγιση logic-tree είναι ιδιαίτερα γνωστή στις γεωεπιστήμες και στη σεισμολογία όπου αξιολογεί /υπολογίζει μέσω διαγραμματικής απεικόνισης, που αποτελείται από διάφορους κλάδους (επιλογές), την αβεβαιότητα στις προβλέψεις. Η Logic Tree αποτελεί ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων και βοηθά στο διαχωρισμό των επιλογών για τις διάφορες παραμέτρους όπως (α) τοποθεσία και ενεργότητα ρηγμάτων, (β) πιθανότητα εκδήλωσης σεισμού συγκεκριμένου μεγέθους και (γ) επιλογή μοντέλων εκτίμησης της έντασης του σεισμού.

Η δειγματοληψία Monte Carlo είναι μια στατιστική τεχνική που χρησιμοποιείται με σκοπό να εκτιμηθεί η κατανομή πιθανότητας των αποτελεσμάτων μιας διαδικασίας με αβεβαιότητες. Στη σεισμολογία προσομοιώνει χιλιάδες ή και εκατομμύρια πιθανά σενάρια σεισμικών γεγονότων με βάση τις παραμέτρους που καθορίζονται από το Logic Tree.

Το μοντέλο κινδύνου περιλαμβάνει:

- 3 Σεισμοτεκτονικά μοντέλα
- 5 Εξισώσεις Πρόβλεψης Κίνησης Εδάφους (GMPEs)
- 200 δείγματα για τις παραμέτρους σεισμικής δραστηριότητας.

Τα σεισμοτεκτονικά μοντέλα χρησιμοποιούνται με σκοπό την περιγραφή της σχέσης μεταξύ σεισμών, τεκτονικών δομών όπως είναι τα ρήγματα. Τα μοντέλα αυτά αναλύουν και προβλέπουν τη σεισμική δραστηριότητα σε μία περιοχή. Συνδυάζουν πληροφορίες από γεωλογία, γεωδυναμική και σεισμολογία, έχουν εφαρμογή σε διάφορες κλίμακες και κυρίως ότι είναι καθοριστικά στη λήψη αποφάσεων στον σχεδιασμό έργων.

Οι Εξισώσεις Πρόβλεψης Κίνησης Εδάφους χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη σεισμικής κίνησης τους εδάφους.

Η γενική μορφή μιας GMPE είναι :

$$Y = f(M, R, S) + \varepsilon \quad (1),$$

Όπου

Y: Το χαρακτηριστικό της κίνησης του εδάφους

M: Μέγεθος σεισμού

R: Απόσταση από τη πηγή

S: Γεωλογικές Συνθήκες

f: Μαθηματική Συνάρτηση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ των παραμέτρων

ε: Ο όρος αυτός περιγράφει τη στοχαστική μεταβλητότητα ή την αβεβαιότητα

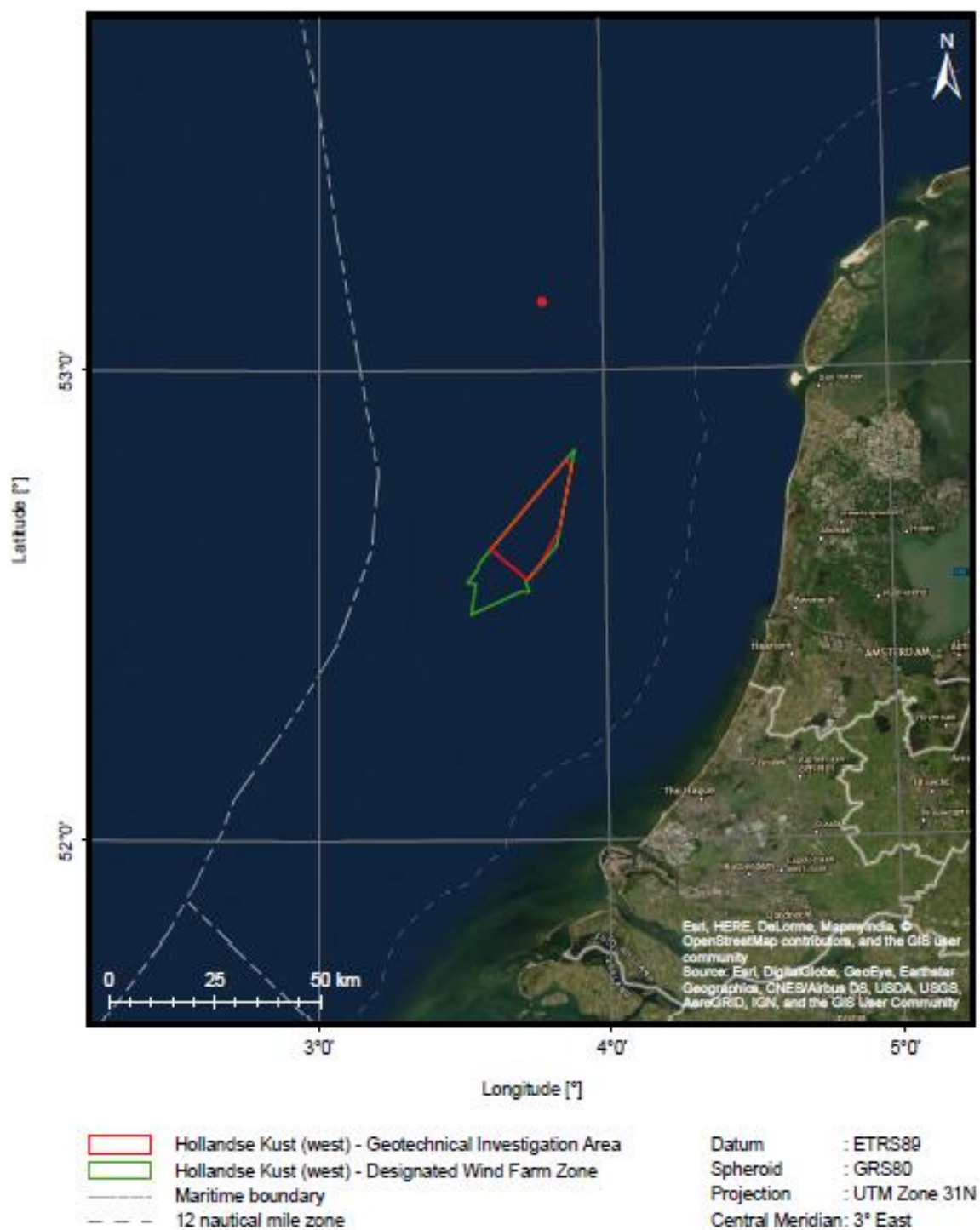
Παράλληλα με τα πιθανοτικά μοντέλα διενεργούνται πολλαπλών ειδών δοκιμές στα δείγματα με κυκλικά και δυναμικά φορτία, οι οποίες είναι μεγάλης σημασίας για τον σχεδιασμό των ανεμογεννητριών λόγω των σύνθετων και δυναμικών συνθηκών λειτουργίας στις οποίες υπόκεινται. Αυτοί οι τύποι φορτίων επηρεάζουν τις δομικές συνιστώσες των ανεμογεννητριών κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, και πρέπει να ληφθούν υπόψη για την εξασφάλιση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας των κατασκευών. Παρακάτω αναφέρονται τα κύρια θέματα που τα καθιστούν σημαντικά:

- **Φθορά Υλικών:** Οι δυναμικές φορτίσεις, όπως οι διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου, σεισμικών φαινομένων, μπορούν να προκαλέσουν κυκλικές αλλαγές στο φορτίο που εφαρμόζεται σε δομικά στοιχεία, οδηγώντας σε κόπωση του υλικού. Η συνεχής εναλλαγή των φορτίων μπορεί να προκαλέσει ρωγμές και τελικά την αστοχία της κατασκευής.
- **Αντοχή σε Εξωτερικές Δυνάμεις:** Οι ανεμογεννήτριες εκτίθενται σε έντονες καιρικές συνθήκες, όπως δυνατοί άνεμοι και καταιγίδες, που προκαλούν δυναμικά φορτία στο έδαφος άρα και στην κατασκευή. Η σωστή εκτίμηση και σχεδιασμός για αυτά τα φορτία είναι κρίσιμη για την προστασία των ανεμογεννητριών κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών συνθηκών.
- **Δυναμική Απόκριση:** Οι ανεμογεννήτριες είναι ευαίσθητες σε διάφορες δυναμικές αλληλεπιδράσεις, όπως ανεμοπίεση και δονήσεις, που μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση και τη σταθερότητα τους. Η αντιμετώπιση αυτών των δυνάμεων απαιτεί λεπτομερή ανάλυση της δυναμικής τους απόκρισης .
- **Αξιοπιστία και Οικονομία:** Η κατανόηση και ο σχεδιασμός για τα κυκλικά και δυναμικά φορτία βοηθάει στη μείωση του κόστους συντήρησης και την αύξηση της διάρκειας ζωής των ανεμογεννητριών, βελτιώνοντας τη συνολική αξιοπιστία του συστήματος.

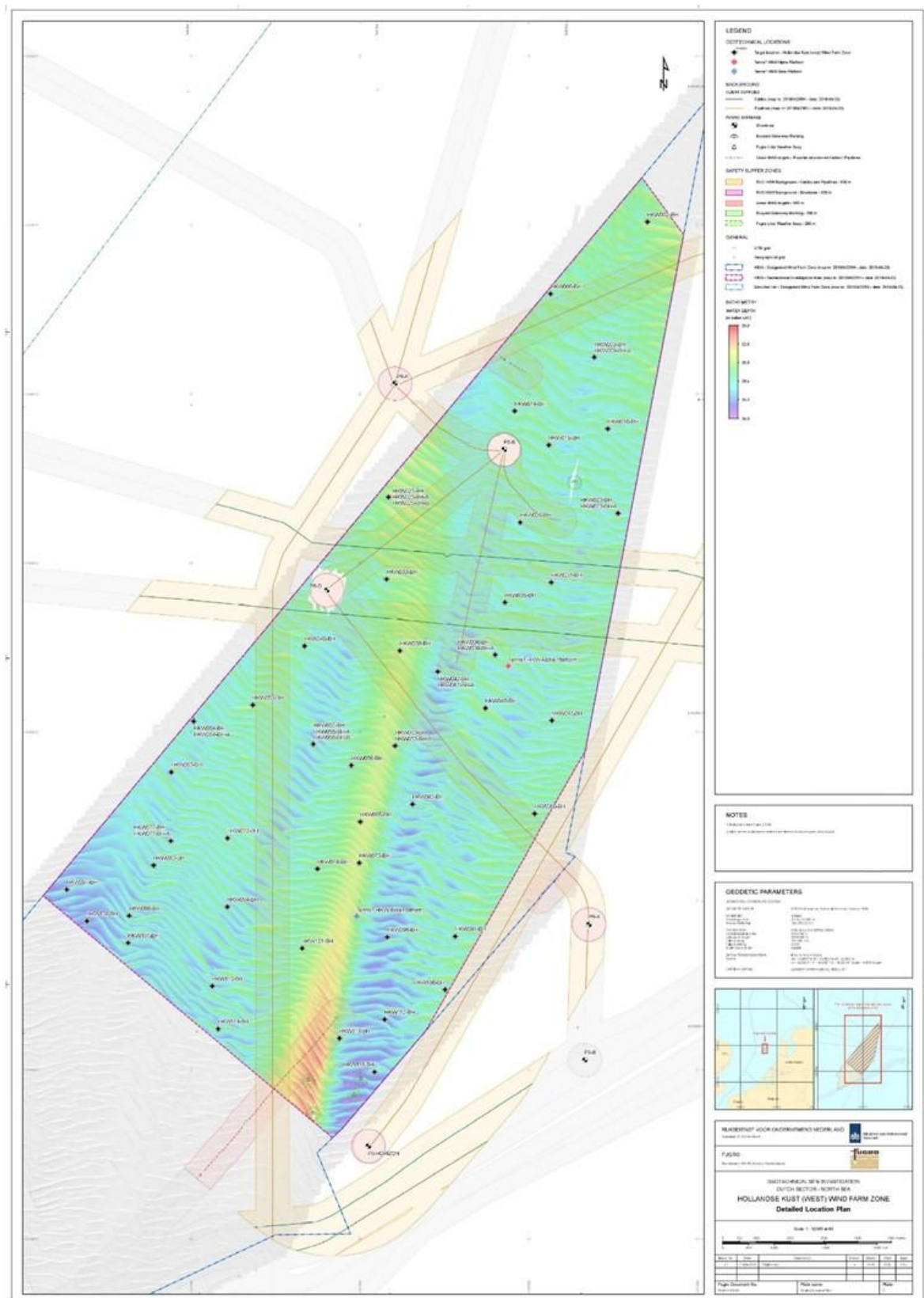
Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής διερεύνησης συμβάλλουν στην ασφάλεια, αποδοτικότητα και μακροχρόνια λειτουργία των ανεμογεννητριών

Στη περιοχή μελέτης τα επιφανειακά ιζήματα είναι Ολοκαινικές άμμοι του Southern Bight Fm. Κάτωθεν ακολουθούν Υστεροπλειστοκαινικές αποθέσεις του Eem Fm, με κυρίαρχη τη συνεκτική ιλυοαργιλική Brown Bank Mb. Κατά θέσεις υπάρχουν λεπτές ανεμογενείς άμμοι του Boxel Fm (Μέσο-Υστερο Πλειστόκαινο), ενώ σε μεγαλύτερα βάθη εμφανίζονται φλυβιακές μπονάδες των Yarmouth Roads Fm (Πρώιμο-Μέσο Πλειστόκαινο, Waalian-Elsterian) και τοπικά κογχυλιούχες άμμοι του Egmond Ground Fm (Holsteinian). Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι γεωλογικές ενότητες της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Τα χρώματα αντιστοιχούν στους αντίστοιχους γεωλογικούς σχηματισμούς του γεωλογικού μοντέλου και του γεωτεχνικού μοντέλου στις Εικόνες 2.3 και 2.4 αντίστοιχα.

Η γεωλογική ιστορία της περιοχής διαμορφώθηκε από τις παγετώδεις-μεσοπαγετώδεις κυκλώσεις του Πλειστόκαινου και την Ολοκαινική ανύψωση της θάλασσας. Κατά τις παγετώδεις φάσεις η στάθμη της θάλασσας ήταν χαμηλή, μεγάλα τμήματα του νότιου τμήματος της Βόρειας Θάλασσας αποξηραίνονταν και τα ποτάμια (Ρήνος-Μέας-Τάμεσης) τροφοδοτούσαν εκτεταμένα φλυβιακά πεδία προς τον νότο. Στο Saalian, ο παγετώνας έφτασε βόρεια της περιοχής αφήνοντας ωθήσεις πάγου και γειτονικές παγετωνικές λεκάνες · προπαγετωνικές λιμναίες άργιλοι, απορροϊκές άμμοι και ανεμογενείς άμμοι αποτέθηκαν σε παγετώδες περιβάλλον. Στο θερμό Eemian ακολούθησε μετατόπιση με απόθεση ρηχών θαλάσσιων-εκβολικών ιζημάτων. Στο ύστερο Weichselian η θάλασσα υποχώρησε 40m, και η περιοχή λειτούργησε ως δελταϊκή πεδιάδα του Ρήνου με φλυβιακές άμμους (Kreftenheye Fm). Στο Ολόκαινο η νέα θαλάσσια ανύψωση γέμισε τα παλιρροϊκά πεδία με ιζήματα (Naaldwijk Fm) και διαμόρφωσε αμμώδεις κυματισμούς που καλύπτουν σήμερα την περιοχή (Southern Bight Fm-Blight Bank Mb).



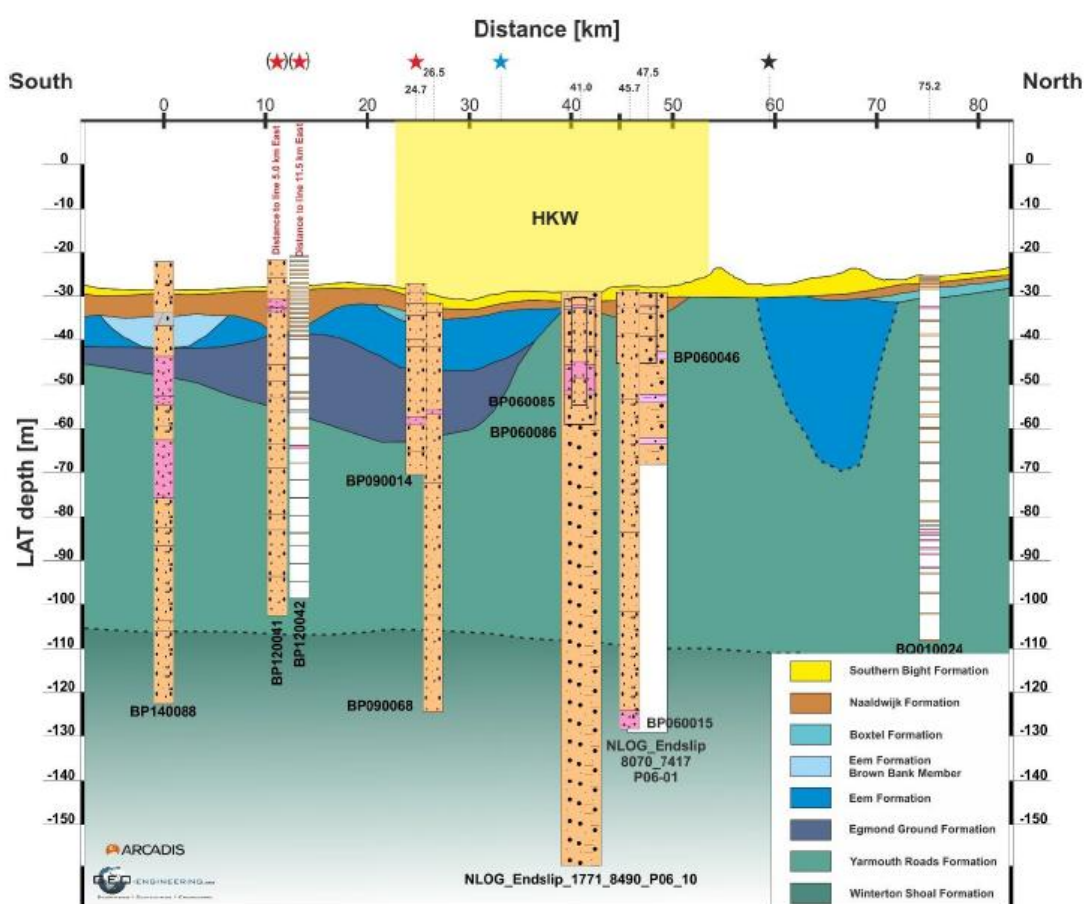
Εικόνα 2. 1:Γεωγραφική θέση του θαλάσσιου οικοπέδου sites VI & VII



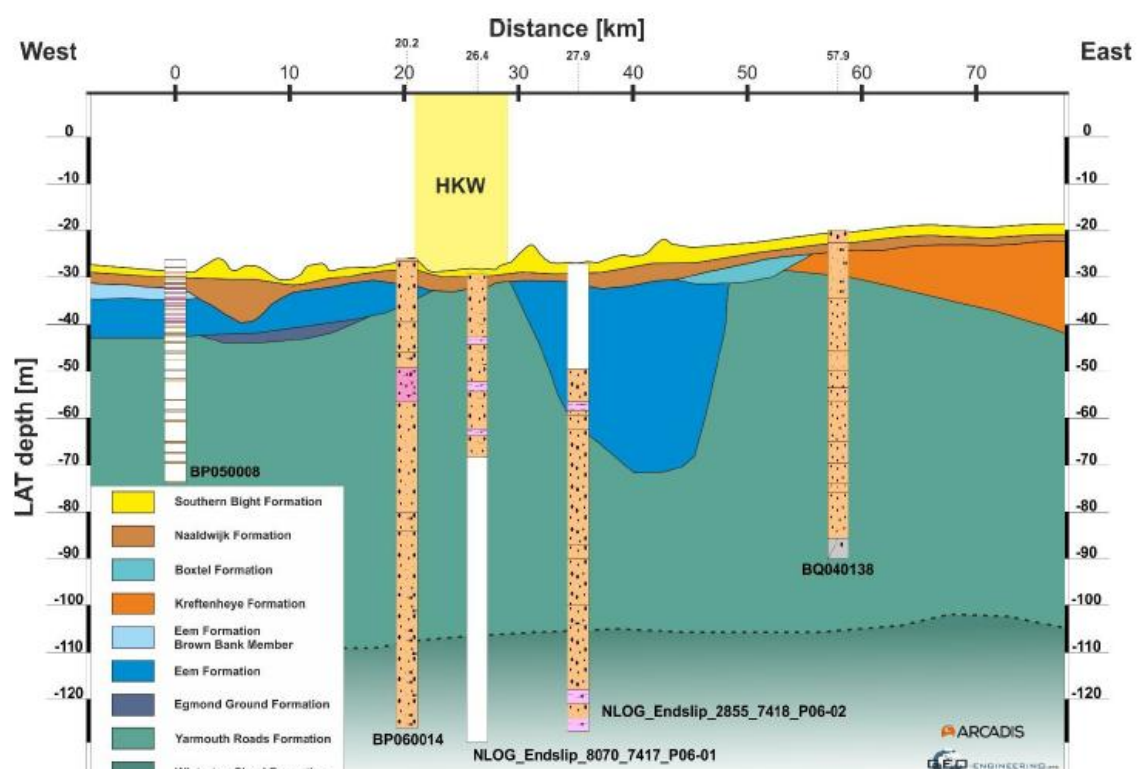
Εικόνα 2. 2:Χάρτης με τις θέσεις των γεωτρήσεων και των δοκιμών

Πίνακας 2. 1: Στρωματογραφία γεωλογικών ενοτήτων στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

Formation	Member	Age	Epoch
Southern Bight	Bligh Bank	Holocene	Holocene
Naaldwijk		Holocene	
Boxtel			Middle/Late Pleistocene to Holocene
Kreftenheye		Late Weichselian	Late Pleistocene
Eem	Brown Bank	Late Eemian to early Weichselian	
Eem		Eemian	
Egmond Ground		Holsteinian	Middle Pleistocene
Yarmouth Roads		Waalian to Elsterian	Early to Middle Pleistocene
Winterton Shoal		Eburonian to Waalian	



Εικόνα 2. 3: Γεωλογικό μοντέλο της περιοχής του θαλάσσιου οικοπέδου: Sites VI & VII



Εικόνα 2. 4: Γεωτεχνικό μοντέλο της περιοχής του θαλάσσιου οικοπέδου: Sites VI & VII

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

3.1 Γεωφυσικές Δοκιμές

Οι γεωφυσικές δοκιμές (geophysical tests) είναι μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την έρευνα και τη μελέτη των υπόγειων γεωλογικών συνθηκών χωρίς να υπάρχει απαίτηση εκσκαφής ή γεώτρησης σε αρκετές περιπτώσεις. Ειδικότερα, βασίζονται στις φυσικές ιδιότητες των υλικών και την στην αλληλεπίδραση τους με διάφορες μορφές ενέργειας (π.χ. ηχητικά κύματα, ηλεκτρικά πεδία). Οι γεωφυσικές μέθοδοι και ειδικότερα οι σεισμικές διασκοπήσεις χρησιμοποιούνται στις γεωτεχνικές έρευνες ευρέως με σκοπό τον προσδιορισμό της στρωματογραφίας και της δομής υπεδάφους.

Η χρησιμότητα των γεωφυσικών δοκιμών βασίζεται στο γεγονός ότι μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για το για υπέδαφος με μη καταστροφικό τρόπο. Συγκεκριμένα, αποβλέπουν στα εξής:

- Προσδιορισμός γεωλογικών δομών: Όπως κοιτάσματα ορυκτών, υπόγεια ύδατα κ.τ.λ.
- Εκτίμηση κινδύνων: Βοηθούν στον εντοπισμό γεωλογικών κινδύνων, όπως σεισμικές ζώνες
- Μείωση Κόστους: Περιορίζουν το κόστος για τη δημιουργία διερευνητικών τομών, εκσκαφών και γεωτρήσεων

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη έρευνα είναι καταγραφή γεωφυσικών δεδομένων: α) με καλώδιο (Wireline), και β) κατά τη διάνοιξη της γεώτρησης (Logging While Drilling, LWD). Στο πλαίσιο αυτής της επί τόπου δοκιμής χρησιμοποιούνται διάφορα ειδικά εργαλεία και τεχνικές για την αξιολόγηση των φυσικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους μέσω της μέτρησης διάφορων παραμέτρων όπως αγωγιμότητα, ακτινοβολία, μετακινήσεις και άλλες. Αυτές οι δοκιμές είναι μεγάλης σημασίας για τον προσδιορισμό των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών της περιοχής που μελετάται, προσφέροντας απαραίτητα δεδομένα για το γεωτεχνικό σχεδιασμό των έργων. Η ανάπτυξη και η χρήση των γεωφυσικών καταγραφικών εργαλείων, είτε με καλώδιο (wireline) είτε μέσω της τεχνικής Logging While Drilling (LWD), επιτρέπουν τη λεπτομερή και ακριβή καταγραφή των χαρακτηριστικών του εδάφους. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιβάλλοντα όπως τα θαλάσσια οικοπέδα όπου οι συνθήκες είναι πιο απαιτητικές και τα δεδομένα από τέτοιες δοκιμές είναι κρίσιμα για την εγγύηση της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας των κατασκευών.

Συγκεκριμένα η LWD είναι μια μέθοδος που δίνει αποτελέσματα για τα δεδομένα υπεδάφους σε πραγματικό χρόνο, σε αντίθεση με πιο παραδοσιακές μεθόδους γεωφυσικής καταγραφής (geophysical logging), που η συλλογή δεδομένων πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση της γεώτρησης. Παράλληλα διαθέτει αυξημένη ακρίβεια, βοηθώντας κατά αυτόν τον τρόπο να εντοπιστούν κρίσιμα

στρώματα όπως αυτά με υδρογονάνθρακες και βοηθά στην παρακολούθηση απόδοσης γεωτρήσεων άρα και στη λήψη αποφάσεων για το έργο.

Η LWD περιλαμβάνει την χρήση αισθητήρων, οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι στην τρυπάνη ή στο κοίλωμα γεώτρησης. Έτσι οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, μέσω τηλεματικής, αναφορικά με:

- Φυσικές Ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών, όπως η διαπερατότητα και το πορώδες
- Ποιότητα πετρωμάτων
- Ρευστοδυναμική της γεώτρησης

Ως μέθοδος απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό και εργαλεία, δηλαδή:

- Δημιουργία Γεώτρησης με ενσωματωμένους αισθητήρες: Οι αισθητήρες πρέπει να είναι διαφόρων ειδών, όπως αντίστασης που μετρούν την ηλεκτρική αντίσταση των πετρωμάτων, πυκνότητας που χρησιμοποιούν ακτίνες γάμμα για να μετρήσουν την πυκνότητα των πετρωμάτων, καθώς και πορώδους κι ακουστικής.
- Σύστημα Τηλεμετρίας: Χρησιμοποιείται με στόχο την μεταφορά των δεδομένων από τους αισθητήρες στην επιφάνεια.

Παρά τα παραπάνω οφέλη, η LWD εμπεριέχει και περιορισμούς όπως το αυξημένο κόστος, η πολυπλοκότητα που απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό, αλλά και η εξάρτηση από τις συνθήκες της γεώτρησης.

Τα γεωφυσικά δεδομένα στις θέσεις των WTG (Wind Turbine Generator) χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση της χωρικής μεταβλητότητας των γεωτεχνικών παραμέτρων. Για τον σκοπό αυτό, πέραν των προαναφερθέντων μεθόδων, χρησιμοποιείται και η μέθοδος σεισμικής ανάκλασης. Στη σεισμική ανάκλαση χρησιμοποιούνται κύματα που παράγονται στην επιφάνεια και ανακλώνται στις διεπιφάνειες των εδαφικών στρωμάτων. Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σεισμικής ανάκλασης με τις τεχνικές ανάλυσης **3D UHR** (υπερυψηλής ανάλυσης) και **3D UUHR** (υπερυψηλής ανάλυσης). Ο οριζόντιος άξονας κυμαίνεται από 100 μέτρα έως 1900 μέτρα, ενώ ο κατακόρυφος άξονας είναι από το επίπεδο της θάλασσας με το θαλάσσιο πυθμένα να βρίσκεται στα 32 μέτρα. Η μπλε γραμμή παρουσιάζει την καταγραφή της δοκιμής CPT.

Διαχωρισμός Γεωτεχνικών Ζωνών

Η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε για τη δημιουργία του γεωτεχνικού μοντέλου, που περιλαμβάνει τόσο τη στρωματογραφία όσο και τις χαρακτηριστικές τιμές των ιδιοτήτων των εδαφικών σχηματισμών, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.2, και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Αξιολόγηση των αρχικών δεδομένων βάσει των χαρακτηριστικών του έργου και των διαθέσιμων γεωτεχνικών δεδομένων (από αρχεία και στοιχεία)
2. Αρχικό Γεωτεχνικό Μοντέλο: Κατά αυτό το βήμα πραγματοποιείται ένα προκαταρκτικό μοντέλο βάσει των παραπάνω πληροφοριών
3. Έλεγχος Επάρκειας: Σε αυτό το στάδιο ελέγχεται η επάρκεια των στοιχείων και του γεωτεχνικού μοντέλου. Εάν δεν πληρείται η επάρκεια, τότε απαιτούνται πρόσθετα στοιχεία. Συγκεκριμένα:
 - Συλλογή δεδομένων από γεωφυσικές δοκιμές, επί τόπου γεωτεχνικές δοκιμές και γεωτρήσεις για την ενσωμάτωση τους στο γεωτεχνικό μοντέλο.
 - Ενημέρωση του μοντέλου από τις καταγραφές-παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής
 - Εφαρμογή μεθόδων κλασσικής στατιστικής και μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις σχεδιασμού της κατασκευής για τον προσδιορισμό των παραμέτρων σχεδιασμού και στρωματογραφίας
4. Γεωτεχνική Ανάλυση και Σχεδιασμός: Περιλαμβάνεται τόσο ο σχεδιασμός όσο και η παρακολούθηση της υποδομής.

3.2 Γεωτεχνικές Δοκιμές

Οι επί τόπου γεωτεχνικές δοκιμές πραγματοποιούνται στο πεδίο και συγκεκριμένα στη θέση κατασκευής και ενδιαφέροντος του έργου με σκοπό την εκτίμηση της στρωματογραφίας και των μηχανικών χαρακτηριστικών των στρωμάτων. Συγκεκριμένα, διεξήχθησαν δοκιμές CPT, SPT και VST σε 46 θέσεις και 55 γεωτρήσεις, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στην Εικόνα 2.2.

Δοκιμή κώνου διείσδυσης (cone penetration test - CPT)

Τα CPT εκτελέστηκαν χρησιμοποιώντας πενετρόμετρα με κώνο διατομής 1000 mm^2 (CP10), τα οποία μετρούν την αντίσταση κώνου (q_c), το συντελεστή τριβής (f_s) και την πίεση πόρων του ύδατος (u_2). Σε περίπτωση που αναμένονταν εδάφη υψηλής αντοχής, τα CPT διεξάγονταν χρησιμοποιώντας πενετρόμετρα με κώνο διατομής 500 mm^2 (CP5). Συνήθως, τα CPT δείχνουν αρνητικές πιέσεις πόρων κατά τη διείσδυση σε πυκνές έως πολύ πυκνές λεπτές άμμους.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής CPT:

- Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν αβεβαιότητες που προκύπτουν από τη διακοπή της διείσδυσης και την αναπόφευκτη απώλεια κορεσμού του συστήματος μέτρησης της πίεσης των πόρων.

- Τα δεδομένα - μετρήσεις της δοκιμής χρησιμοποιούνται μέσω εμπειρικών συσχετίσεων για τον έμμεσο προσδιορισμό των εδαφικών παραμέτρων. Αυτές οι συσχετίσεις αφορούν είτε σε άμμους (υπό στραγγιζόμενες συνθήκες) είτε σε αργίλους (υπό αστράγγιστες συνθήκες). Για τα φυσικά εδάφη που δεν ανήκουν στις κατηγορίες αυτές και που αφορούν στην πλειονότητα των εδαφών, οι συσχετίσεις αυτές έχουν περιορισμένη αξιοπιστία και η κρίση του γεωτεχνικού μηχανικού είναι σημαντική.
- Το CPT δεν προσφέρει δεδομένα για το έδαφος στην κατάσταση λειτουργικότητας, καθώς η διαδικασία κώνου επιβάλλει μεγάλες παραμορφώσεις στο περιβάλλον έδαφος που πλησιάζουν την οριακή κατάσταση αστοχίας.
- Τα δεδομένα της δοκιμής αφορούν αποκλειστικά στις επί τόπου συνθήκες. Γεωλογικοί, περιβαλλοντικοί και κατασκευαστικοί/λειτουργικοί παράγοντες μπορεί να αλλάξουν τις συνθήκες.

Δοκιμή Πτερυγίου (vane shear test – VST)

Το VST χρησιμοποιείται σε σχέση με το CPT συμπληρωματικά ειδικότερα σε αργιλώδη εδάφη με υψηλή συνεκτικότητα, καθώς δεν γίνεται πρακτικώς να εφαρμοστεί σε αμμώδη εδάφη. Γενικώς, έχει εφαρμογή σε εδάφη με αντοχή σε διάτμηση (σε μη αποστραγγισμένες συνθήκες) μικρότερη των 100 kPa.

Το VST χαρακτηρίζεται από την απλότητα και την ταχύτητα της διεξαγωγής της δοκιμής. Παρέχει τιμές της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής (s_u) χωρίς μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστήριο. Παράλληλα, στα πλεονεκτήματά του θα μπορούσε να προστεθεί το γεγονός ότι είναι η πιο οικονομική μέθοδος σε σχέση με τα CPT και SPT.

Ωστόσο η ακρίβεια και η αξιοπιστία της δοκιμής εξαρτάται απόλυτα από τον χειριστή όπως εν τέλει και τα αποτελέσματα. Ακόμα, συνήθως εκτελείται σε μικρά βάθη, καθιστώντας τη λιγότερο χρήσιμη για μεγάλα βάθη. Τέλος, τα αποτελέσματα της δοκιμής επηρεάζονται από θαμμένες ανωμαλίες (ξένα σώματα μέσα σ' έναν γεωτεχνικό σχηματισμό).

Δοκιμή Πρότυπης Διείσδυσης (standard penetration test – SPT)

Η δοκιμή SPT, είναι από τις πιο διαδεδομένες επί τόπου γεωτεχνικές δοκιμές, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αντοχής και της συνεκτικότητας των εδαφών. Το γεγονός ότι είναι διαδεδομένη καθιστά εύκολη την σύγκριση των αποτελεσμάτων της με υπάρχουσες βάσεις δεδομένων. Αποτελεί οικονομική επιλογή, ενώ οι εμπειρικές συσχετίσεις με μηχανικές παραμέτρους είναι αρκετά χρήσιμες. Ειδικότερα, οι τιμές του δείκτη N (N-values, SPT blow count) έχουν χρησιμοποιηθεί για συσχέτιση με βασικές γεωτεχνικές παραμέτρους όπως γωνία τριβής ϕ , συνοχή c και η αντίσταση σε ρευστοποίηση (Bowles J.E. 1996).

Ωστόσο οι μετρήσεις της δοκιμής επηρεάζονται ιδιαίτερα από τον χειριστή και τις συνθήκες γεώτρησης, ενώ σε πολύ μαλακά ή πολύ σκληρά, το δείγμα μπορεί να

διαταραχθεί ή η σφύρα να σταματήσει αντίστοιχα, δίνοντας μη αντιπροσωπευτικές τιμές.

Σε αυτή την έρευνα λαμβάνεται υπόψιν ότι η σχετική πυκνότητα δεν προσδιορίζεται σε offshore χώρους έρευνας από τα N-values, αλλά ακολουθείται η συνήθης πρακτική να γίνεται προσδιορισμός της σχετικής πυκνότητας βάσει των αποτελεσμάτων CPT. Οι τιμές σχετικής πυκνότητας και το πως κατηγοριοποιούν το έδαφος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Από το σύνολο των επί τόπου δοκιμών προέκυψαν οι γεωτεχνικές ζώνες A, B και C, με τα γεωλογικά στοιχεία και τις γεωτεχνικές παραμέτρους των οποίων να παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.2 και 3.3 αντίστοιχα.

Πίνακας 3. 1: Κατάταξη αμμιωδών εδαφών βάσει της σχετικής πυκνότητας

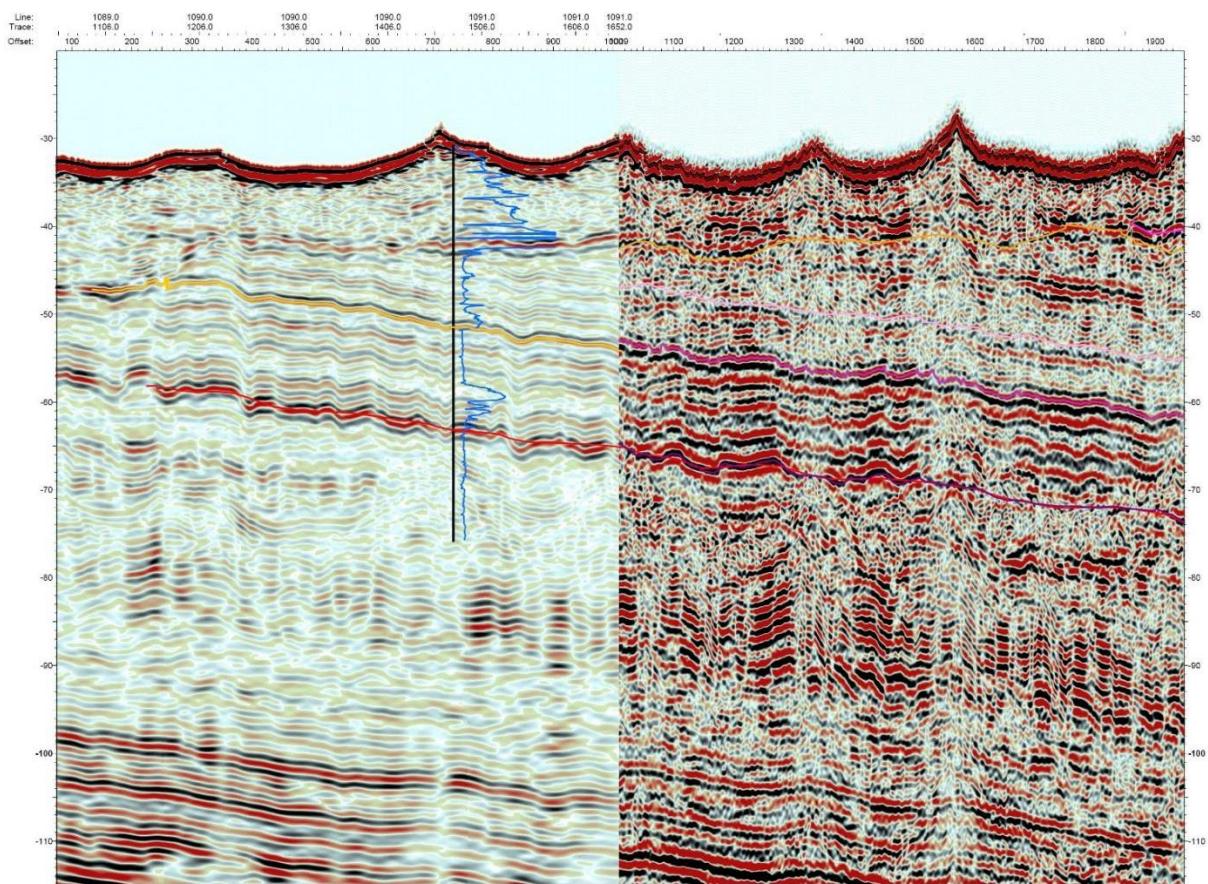
Σχετική πυκνότητα (%)	Περιγραφή μη-συνεκτικού εδάφους
0 - 15	Πολύ χαλαρό
15 - 35	Χαλαρό
35 - 65	Μέσης πυκνότητας
65 - 85	Πυκνό
85 - 100	Πολύ πυκνό

Πίνακας 3. 2: Γεωλογικά στοιχεία κατηγορίας εδαφών A, B, C

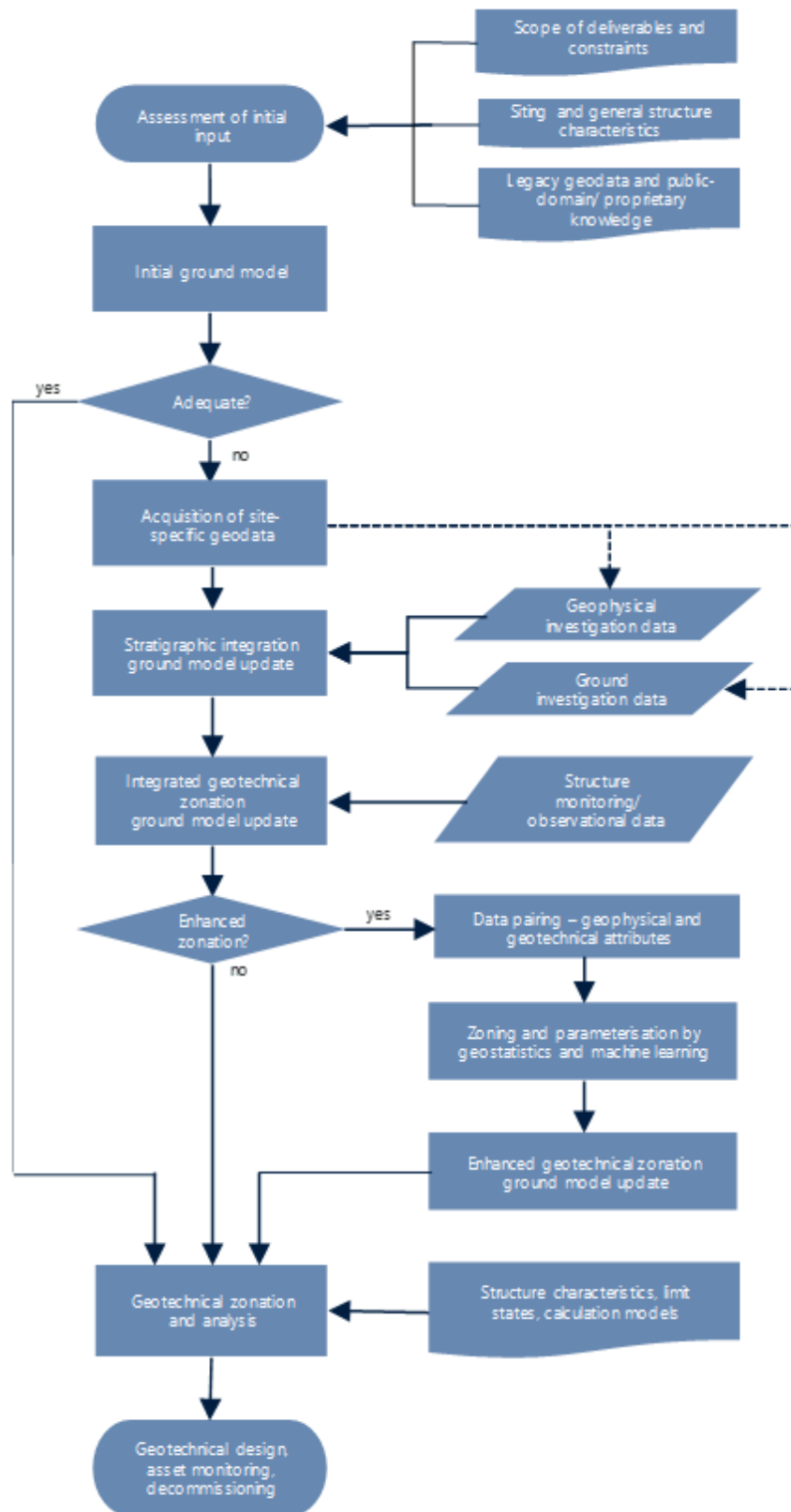
Soil Unit		Rijdsdijk et al. 2005			
Unit	Sub-unit	Formation	Member	Age	Epoch
A		Southern Bight	Bligh Bank	Holocene	Holocene
B	B1	Kreftenheye		Weichselian	Upper
	B2			Eemian (Saalian)	Pleistocene Holocene
C	C1	Eem Drente	Brown Bank	Eemian	Middle to Upper Pleistocene
	C2	Egmond Ground Urk		Saalian Holsteinian	
D		Yarmouth Roads (possibly Winterton Shoal, Ijmuiden Ground)		Elsterian Waalian	Lower Pleistocene

Πίνακας 3. 3: Γεωτεχνικές παράμετροι κατηγοριών εδάφους A, B, C

Soil Unit	Value Type	Sample Rec.	Sample Micro	Thermal Conductivity ⁽⁹⁾		w	γ _s	γ _s	ρ _s	Atterberg Limits			Carb. Cont.	Org. Cont.	Particle Size Distribution ⁽²⁾			UU	UUr	CIUc	CIUc+BE		CIDc	CIDc+BE		RS ⁽²⁾ (SO-SO)	RS ⁽²⁾ (SO-SO)	RS (SO-ST)	OED IL	OED CRS
				k	k																									
				(at low γ _{sat}) [W/(m.K)]	(at high γ _{sat}) [W/(m.K)]					w _p	w _L	I _p			<0.002	<0.063	<2.000	s _p	s _{u,r}	s _u	v _s	G _{max}	q'	v _s	G _{max}	fast sh. q' _h	slow sh. q' _h	δ	σ' _p	σ' _p
				[m]	[m]	[%]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[Mg/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[m/s]	[MPa]	[°]	[m/s]	[MPa]	[°]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]
A	1	18	15	9	9	49	49	36	6	-	-	-	5	-	1	16	16	-	-	-	-	-	2	2	2	1	1	2	-	-
	2			2.070	2.503	27.2	20.4	20.1	2.67	-	-	-	10	-	3.3	25.1	100.0	-	-	-	-	-	39	144.5	41.2	25.3	33.2	27.4	-	-
	3			1.705	1.800	20.2	19.2	17.2	2.65	-	-	-	2	-	3.3	0.9	98.0	-	-	-	-	-	32	129.3	33.9	25.3	33.2	25.7	-	-
	4			1.946	2.218	22.9	19.9	18.9	2.66	-	-	-	4	-	3.3	3.4	99.4	-	-	-	-	-	36	136.9	37.6	25.3	33.2	26.6	-	-
B1	1	58	9	3	3	154	154	125	6	-	-	-	5	4	1	25	25	-	-	-	-	-	6	4	4	1	1	6	1	1
	2			2.023	2.701	29.4	20.9	21.0	2.66	-	-	-	12	1	49.7	98.3	100.0	-	-	-	-	-	38	226.7	105.7	29.9	30.7	28.4	757	576
	3			1.807	2.116	17.3	18.9	17.4	2.63	-	-	-	2	0	49.7	1.7	98.2	-	-	-	-	-	32	149.9	44.4	29.9	30.7	24.6	757	576
	4			1.942	2.431	22.7	19.9	19.1	2.65	-	-	-	7	1	49.7	7.4	99.2	-	-	-	-	-	35	191.5	75.5	29.9	30.7	25.9	757	576
B2	1	13	-	-	-	33	33	35	3	6	6	6	2	3	3	3	3	4	4	1	1	1	-	-	-	1	1	-	-	-
	2			-	-	38.5	20.7	20.3	2.74	26	58	33	19	21	23.7	97.2	100.0	142	121	104	174.7	59.4	-	-	-	11.0	20.0	-	-	-
	3			-	-	19.6	17.7	18.4	2.63	22	35	13	13	1	13.4	82.3	100.0	58	15	104	174.7	59.4	-	-	-	11.0	20.0	-	-	-
	4			-	-	29.1	19.1	19.2	2.69	25	49	24	16	8	17.2	88.4	100.0	102.5	72	104	174.7	59.4	-	-	-	11.0	20.0	-	-	-
C1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	1	115	3	-	-	274	267	237	17	27	27	27	14	14	29	47	47	9	9	11	6	6	6	2	2	3	3	5	5	7
	2			-	-	63.4	22.8	21.1	2.73	36	71	33	15	5	44.0	99.0	100.0	93	57	224	264.3	143.2	33	225.7	101.4	29.2	31.0	28.3	757	886
	3			-	-	10.4	18.0	16.5	2.64	16	21	5	2	0	3.0	2.5	99.0	34	25	104	217.4	96.1	30	214.6	91.1	15.2	17.6	24.2	531	394
	4			-	-	26.7	19.4	19.3	2.68	21	38	17	6	1	17.8	41.4	99.9	60	36	153	236.5	115.4	31	220.2	96.3	23.8	26.2	26.0	597	554
D	1	73	-	-	-	130	127	99	10	11	11	11	5	5	15	31	31	1	1	2	2	2	8	2	2	2	2	2	1	-
	2			-	-	36.7	22.6	20.8	2.69	25	49	24	8	1	38.2	92.5	100.0	147	139	253	247.8	119.7	33	244.8	121.1	31.0	33.4	27.8	1174	-
	3			-	-	11.1	18.0	15.7	2.64	16	27	6	2	0	4.9	3.0	96.7	147	139	154	221.1	102.3	30	206.7	84.5	30.5	30.9	27.5	1174	-
	4			-	-	26.3	19.4	19.0	2.66	21	35	14	3	0	14.0	30.3	99.8	147	139	204	234.4	111.0	31	227.3	103.8	30.8	32.2	27.7	1174	-



Εικόνα 3. 1: Σύγκριση μεταξύ της εδαφικής τομής που προέκυψε από 3D UHR σεισμικής ανάκλασης (αριστερά) και 2D UHR data (δεξιά) για το αιολικό πάρκο Borsssele



Εικόνα 3. 2: Διαδικασία δημιουργίας γεωτεχνικού μοντέλου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Δοκιμές για τον Προσδιορισμό Φυσικών Ιδιοτήτων

Οι εργαστηριακές δοκιμές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των φυσικών ιδιοτήτων των εδαφών περιλαμβάνονται σε κάθε πρόγραμμα πειραματικής διερεύνησης του υπεδάφους, καθώς οι φυσικές ιδιότητες των σχηματισμών συνδέονται άμεσα με τη μηχανική τους απόκριση. Οι σημαντικότερες από αυτές τις δοκιμές, αφορούν στον προσδιορισμό των εξής:

- **Κοκκομετρική Ανάλυση:** Προσδιορίζεται η κατανομή των κόκκων στο έδαφος, η οποία εκφράζεται με τη μορφή καμπύλης και προσδιορίζεται με τη χρήση κοσκίνων και της μεθόδου υδρομέτρου για μικρότερα μεγέθη κόκκων.
- **Υγρό Φαινόμενο και Ξηρό Ειδικό Βάρος:** Προσδιορίζεται το φαινόμενο ειδικό βάρος από την μέτρηση της μάζας του δείγματος και του όγκου του (σε γεωμετρικό ή ακανόνιστου σχήματος δοκίμιο). Το ξηρό ειδικό βάρος προσδιορίζεται μετά την ξήρανση του ίδιου του δοκιμίου σε κλίβανο.
- **Περιεκτικότητα σε νερό (ποσοστό υγρασίας)**
- **Όρια Atterberg (συρρίκνωσης, πλαστικότητας και υδαρότητας):** Αποτελούν οριακές τιμές υγρασίας ενός εδαφικού υλικού στην μετάβαση μεταξύ της ημιστερεάς, πλαστικής και υδαρούς κατάστασης αντίστοιχα.
- **Ειδικό Βάρος Στερεών Κόκκων:** Προσδιορίζεται η πυκνότητα μόνο της στερεάς φάσης του δείγματος
- **Ποσοστό Οργανικών Συστατικών:** Προσδιορίζεται το ποσοστό οργανικής ύλης με καύση του δείγματος στους 440°C.
- **Πορώδες και Δείκτης Πόρων:** Ο προσδιορισμός του γίνεται μέσω συσχετίσεων με άλλες φυσικές ιδιότητες. Είναι εκφράσεις του ποσοστού πόρων, αλλά όχι του μεγέθους τους.
- **Σχετική Πυκνότητα:** Προσδιορίζεται μέσω των δοκιμών: (α) ελεύθερης απόθεσης για την εκτίμηση της ελάχιστης πυκνότητας, και (β) συμπίκνωσης Proctor για την εκτίμηση της καμπύλης συμπίκνωσης. Συσχετίζεται με την αντοχή του εδάφους (Πίνακας 3.1)
- **Συντελεστής Διαπερατότητας:** Εκφράζει την ικανότητα του εδάφους να επιτρέπει την ροή του νερού μέσω των πόρων του.
- **Κορεσμός:** Εκφράζει το ποσοστό των πόρων του εδάφους που είναι γεμάτοι νερό. Προσδιορίζεται μέσω συσχετίσεων με άλλες φυσικές ιδιότητες.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, έγινε η ταξινόμηση εδαφών κυρίως των χονδρόκοκκων λόγω διαθέσιμων δεδομένων, βάσει των συστημάτων, USCS (Unified Soil Classification System) και BSCS.

Το USCS ή Ενιαίο Σύστημα Κατάταξης Εδαφών, είναι ένα διεθνώς αναγνωρισμένο σύστημα, το οποίο χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση εδαφών βάσει της

κοκκομετρικής τους σύστασης και των ορίων Atterberg, Εικόνες 4.1.1 έως 4.1.3. Οι τιμές C_u (Συντελεστής Ομοιομορφίας) και C_c (Συντελεστής Καμπυλότητας) υπολογίστηκαν των κοκκομετρικών καμπυλών με τους εξής τύπους:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (4.1)$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (4.2)$$

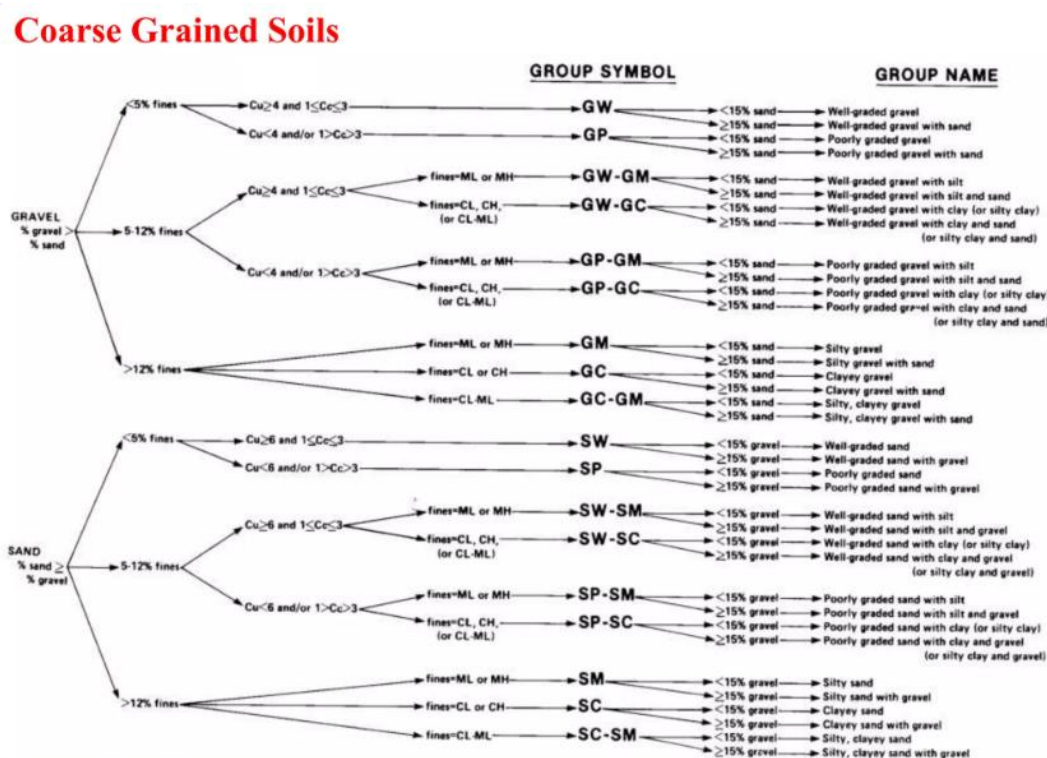
Όπου D_{60} είναι η διάμετρος κόκκων που αντιστοιχεί στο 60% του διερχόμενου και το D_{10} και D_{30} στο 10% και 30% αντιστοίχως

Το BSCS (British Soil Classification System) είναι το βρετανικό σύστημα ταξινόμησης εδαφών και βασίζεται στο πρότυπο BS 5930, Εικόνες 4.1.4-4.1.5.

Στους Πίνακες 4.1.1 και 4.1.2 παρουσιάζεται η ταξινόμηση των χονδρόκοκκων και των λεπτόκοκκων εδαφών αντίστοιχα.

Για το ειδικό βάρος στερεών κόκκων G_s δεν έχουν πραγματοποιηθεί δοκιμές, αλλά έχουν δοθεί δύο τιμές για χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα εδάφη με 2.70 και 2.65 αντιστοίχως. Ωστόσο για λόγους ακριβείας στις μετέπειτα συσχετίσεις μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων επαναπροσδιορίστηκε για τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, αυτό έγινε χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$e = \frac{w \cdot G_s}{S_r} \quad (4.3)$$



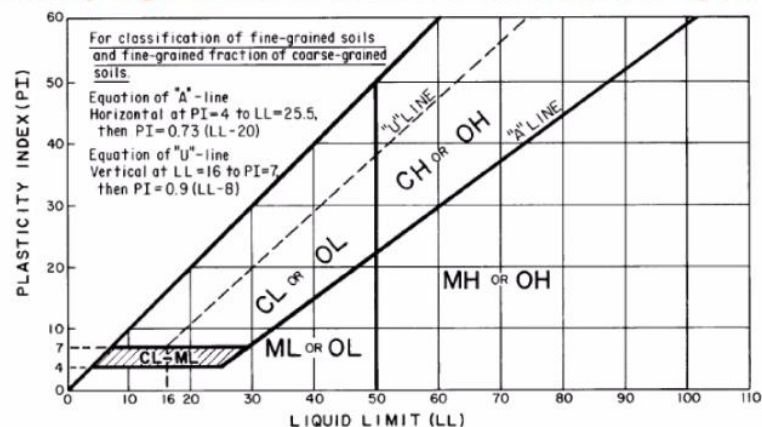
Εικόνα 4.1. 1: Διάγραμμα ταξινόμησης χονδρόκοκκων εδαφών με το σύστημα USCS

FINE-GRAINED SOILS (50% or more of material is smaller than No. 200 sieve size.)			
SILTS AND CLAYS Liquid limit less than 50%		ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity
		CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
		OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity
SILTS AND CLAYS Liquid limit 50% or greater		MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays
		OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts
HIGHLY ORGANIC SOILS		PT	Peat and other highly organic soils

Εικόνα 4.1. 2: Διάγραμμα ταξινόμησης λεπτόκοκκων εδαφών με το σύστημα USCS

PLASTICITY/A-LINE CHART

Used for *fine grained* soils to determine whether *silt (M)* or *clay (C)*



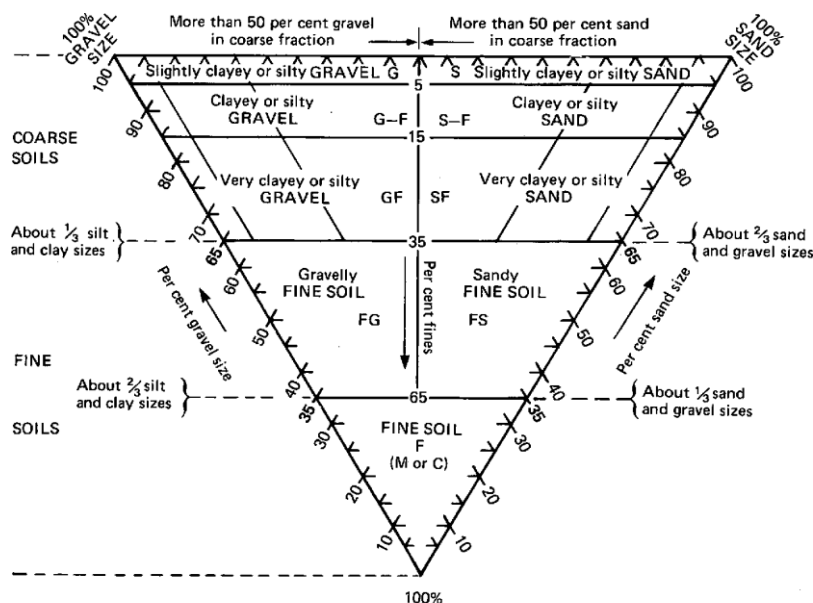
Below A-line is silt – use symbol **M**

LL > 50 → High plasticity

Above A-line is clay – use symbol **C**

LL < 50 → Low plasticity

Εικόνα 4.1. 3: Διάγραμμα πλαστικότητας για την ταξινόμηση λεπτόκοκκων εδαφών με το σύστημα USCS



Εικόνα 4.1. 4: Διάγραμμα ταξινόμησης εδαφών με το σύστημα BSCS

BRITISH BSCS BS 5930: 1981 ¹ (precursor 1968 ¹¹)	BRITISH CP 2001 (1957) ⁹ (precursor 1950 ⁸)	AMERICAN Casagrande 1947 ⁷	AMERICAN USCS 1953 ²⁹ ASTM 1969 ³²
0–5 per cent Fines		Proposed system Possible expansion	0–5 per cent Fines Classes: Main Borderline
G GW GP GPa GPg	GW GP GU	GW GP GU	GW GP GW–GP
5–15 per cent Fines	GF, GC	GF, GC	5–12 per cent Fines
G–F G–M * G–C GWC GPC		GFm* GPe GwFc GpFc	GW–GC GP–GC
15–35 per cent Fines	GF		12–50 per cent Fines
GF GM * GC GCL LL < 35% GCI 35–50 GCH 50–70 GCV 70–90 GCE > 90			GM GC GM–GC
S, S–F, SF**	Sands**	Sands**	Sands**
35–65 per cent Fines			50–100 per cent Fines
FG MG * CG CLG LL < 35% CIG 35–50 CHG 50–70 CVG 70–90 CEG > 90			
FS **			
65–100 per cent Fines			
F M * C CL LL < 35% CI 35–50 CH 50–70 CV 70–90 CE > 90	ML * CL LL < 35% CI 35–50% CH > 50%	ML * CL LL < 50% (CI 35–50%) CH > 50%	ML * CL LL < 50% CL–CH LL < 50% CH > 50%
Organic: suffix O Pt	OL * Pt	OL * Pt	OL * Pt

* develop as for corresponding C groups

** develop as for corresponding C groups

Εικόνα 4.1. 5: Πίνακας ταξινόμησης εδαφών με το σύστημα BSCS

Πίνακας 4.1. 1: Ταξινόμηση χονδρόκοκκων εδαφών

Sample	Γεώτρηση	USCS	BSCS
Batch 1	HKW053-BH	SP	SP
	HKW056-BH		
Batch 2	HKW053-BH	SP	SP
	HKW053-BH-A		
	HKW056-BH		
Batch 3	HKW107-BH	SW	SM
Batch 4	HKW065-BH	SM	SM
Batch 5	HKW016-BH	SP	SP
Batch 6	HKW016-BH	SW	SW
Batch 7	HKW112-BH	SP-SM	SM
Batch 8	HKW062-BH	SP	SW
	HKW113-BH		
Batch 9	HKW062-BH	SP	SP
	HKW113-BH		
Batch 10	HKW038-BH	SP	SP
	HKW045-BH		

Πίνακας 4.1. 2: Ταξινόμηση μελετηθέντων λεπτόκοκκων εδαφών

Borehole	Sample	Depth	USCS
HKW055-BH	08WaxD	7,05	CL
HKW114-BH	38WaxC	35,25	CH
HKW025-BH-A	08WAXA	37,50	CL
HKW047-BH	54WAXB	42,10	CL
HKW054-BH-A	42WAXC	43,50	CL
HKW055-BH	08WAXB	6,65	CL
HKW056-BH	11WAXB	8,71	CL
HKW060-BH	42WAXB	37,20	MH
HKW062-BH	07WAXB	4,65	CL
HKW065-BH	39WAXB	37,17	CL
HKW077-BH	08WAXC	7,20	OL
HKW096-BH	23WAXD	22,21	CL
HKW097-BH	11WAXC	10,70	CL
HKW097-BH	40WAXB	37,25	OL
HKW101-BH	44WAXC	43,10	CL
HKW104-BH	05WAXC	4,25	CL
HKW106-BH	26WAXC	23,30	CL
HKW055-BH	07WAXB	5,70	CL
HKW077-BH	08WAXF	7,76	OL
HKW077-BH	08WAXF	7,95	OL
HKW077-BH	08WAXF	7,75	OL
HKW114-BH	36WAXD	33,41	CH
HKW114-BH	37WAXB	34,4	CH
HKW077-BH	08WAXF	7,95	OL
HKW056-BH	11WAXD	9,08	CL
HKW056-BH	38WAXB	34,13	CL
HKW056-BH	11WAXD	9,15	CL
HKW060-BH	43WAXE	38,65	CL
HKW060-BH	43WAXE	38,69	CL
HKW060-BH	43WAXE	38,8	CL
HKW062-BH	07WAXC	4,8	CL
HKW062-BH	07WAXC	5	CL
HKW065-BH	12WAXD	10,95	CL
HKW065-BH	12WAXD	10,96	CL
HKW072-BH	32WAXB	28,61	OL
HKW077-BH	08WAXD	7,38	OL
HKW077-BH	08WAXD	7,44	OL
HKW077-BH	24WAXC	23,2	CH
HKW077-BH	32WAXD	30,9	CL
HKW077-BH	32WAXD	30,92	CL
HKW078-BH	11WAXD	7,71	CL
HKW078-BH	30WAXC	27,05	OL
HKW078-BH	30WAXC	27,06	OL
HKW078-BH	56WAXD	55,51	CL
HKW082-BH	06WAXB	5,21	CL
HKW094-BH	34WAXB	31,81	CL
HKW094-BH	34WAXD	32,1	CL
HKW097-BH	11WAXC	10,66	CL
HKW098-BH	28WAXC	27,51	OL
HKW098-BH	32WAXD	31,41	CL
HKW098-BH	32WAXD	31,56	CL
HKW098-BH	34WAXB	37,64	MH
HKW104-BH	05WAXC	4,21	CL
HKW104-BH	23WAXD	21,64	OL
HKW104-BH	23WAXD	21,7	OL
HKW104-BH	23WAXD	21,72	OL
HKW006-BH	24WAXC	23	OL
HKW023-BH	62BAGB	41,4	CL
HKW031-BH	45WAXC	41,45	CH
HKW045-BH	28BAGC	23	CL
HKW047-BH	36BAGB	28,35	OL
HKW053-BH-A	05BAGB	8,2	CL
HKW055-BH	07BAGD	6,1	CL
HKW056-BH	08BAGB	6,1	CL
HKW056-BH	11BAGA	8,5	CL
HKW062-BH	07WAXE	5,15	CL
HKW065-BH	11WAXD	10,15	CL
HKW078-BH	11BAGC	7,9	CL
HKW078-BH	30BAGB	26,85	OL
HKW082-BH	05WAXB	4,1	CL
HKW094-BH	10BAGA	9	CL
HKW097-BH	11BAGA	10	CL
HKW097-BH	22WAXC	21,65	CL
HKW098-BH	30BAGA	29	CH
HKW104-BH	05WAXD	4,45	CL
HKW104-BH	23WAXB	21,2	OL
HKW107-BH	06BAGD	5,7	CL

4.2 Δοκιμές Μονοτονικής Φόρτισης

Στον Πίνακα 4.2.1 παρουσιάζεται το πλήθος των δοκιμών προσδιορισμού της μηχανικής απόκρισης των μελετηθέντων εδαφών.

Στις δοκιμές μονοτονικής φόρτισης εφαρμόζεται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση ή παραμόρφωση στο εδαφικό δοκίμιο, χωρίς εναλλαγές κατεύθυνσης της φόρτισης. Σκοπός αυτών των δοκιμών είναι ο προσδιορισμός των εξής ιδιοτήτων:

- Διατμητική Αντοχή: Η μέγιστη διατμητική αντοχή του εδάφους, η οποία εκφράζεται μέσω της συνοχής και της γωνίας εσωτερικής τριβής.
- Συνοχή: Η συνιστώσα της αντοχής που περιγράφει τις συγκολλητικές δυνάμεις μεταξύ των κόκκων στα συνεκτικά εδάφη.
- Γωνία Τριβής: Η συνιστώσα της αντοχής που περιγράφει την ανάπτυξη τριβής μεταξύ των κόκκων.
- Συμπιεστότητα: Η ικανότητα συμπίεσης του εδάφους. Ο συντελεστής συμπιεστότητας εκφράζει το βαθμό μείωσης του όγκου του εδάφους κατά την επιβολή φόρτισης
- Διαπερατότητα: Η ικανότητα του εδάφους να επιτρέπει τη διέλευση νερού μέσα από τους πόρους του. Ο συντελεστής διαπερατότητας εκφράζει την ευκολία με την οποία λαμβάνει χώρα η ροή νερού μέσα στο έδαφος και συνεπώς την ανάπτυξη των καθιζήσεων κατά την φόρτιση.
- Ελαστική Παραμόρφωση: Το εύρος των παραμορφώσεων κατά το οποίο το έδαφος έχει την ικανότητα επιστροφής στην πρότερη κατάσταση μετά την αποφόρτισή του. Το μέτρο ελαστικότητας εκφράζει τη δυσκαμψία του εδάφους κατά τη φόρτιση.
- Στερεοποίηση: Το δυναμικό φαινόμενο μη μόνιμη ροής και ανάπτυξης καθιζήσεων στο έδαφος λόγω της στράγγισης του ύδατος πόρων κατά τη φόρτιση του εδάφους.
- Απόκριση της πίεσης του ύδατος πόρων: Η μεταβολή της πίεσης των πόρων του εδάφους όταν εφαρμόζεται εξωτερικό φορτίο.

Οι τύποι των δοκιμών μονοτονικής φόρτισης και τα αποτελέσματά τους παρουσιάζονται παρακάτω.

4.2.1 Δοκιμή Μονοδιάστατης Συμπίεσης Σταθερού Ρυθμού Φόρτισης (CRS)

Η δοκιμή διεξάγεται γενικά σε αδιατάρακτα συνεκτικά δείγματα στη συσκευή οιδημέτρου υπό σταθερή θερμοκρασία. Το δοκίμιο τοποθετείται εντός άκαμπτου μεταλλικού δακτυλίου εντός της κυψέλης στερεοποίησης και υποβάλλεται σε σταθερή κατακόρυφη φόρτιση για διάστημα 24 ωρών, που διασφαλίζει την εκτόνωση της υπερπίεσης πόρων από το εσωτερικό του δοκιμίου. Ακολουθεί η επιβολή μιας σειράς φορτίων, με διπλασιασμό της συνολικής επιβαλλόμενης τάσης σε κάθε στάδιο φόρτισης. Απεσταγμένο νερό προστίθεται στη κυψέλη στερεοποίησης σε όλα τα στάδια φόρτισης. Όταν απαιτείται, το αρχικό φορτίο αυξάνεται για να αποτραπεί η διόγκωση του δοκιμίου.

Βασικές παράμετροι που μπορούν να προσδιοριστούν είναι η τάση προστερεοποίησης (σ_p), ο συντελεστής στερεοποίησης (c_v), ο δείκτης συμπιεστότητας (C_c), ο δείκτης επανασυμπιεστότητας (C_s), ο συντελεστής όγκου (m_v) και ο συντελεστής διαπερατότητας (k_v).

Πρότυπο για δοκιμές συμπιεστότητας με σταθερό ρυθμό παραμόρφωσης ASTM D4186-12 (ASTM, 2012), συνιστά τη χρήση της μεθόδου σε εδάφη με σχετικά χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα που παράγουν μετρήσιμες υπερπίεσεις πόρων. Το πρότυπο ASTM (2012) συνιστά επίσης την επιλογή ενός ρυθμού παραμόρφωσης τέτοιου ώστε ο λόγος πίεσης πόρων να κυμαίνεται μεταξύ 3 % και 15 % στο τέλος της φάσης φόρτισης. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των δοκιμών CRS παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.2.2 και 4.2.3.

Στο Σχήμα 4.2.1 παρουσιάζονται διαγράμματα C_c - PI , C_c - W_L , C_c - e , C_c - w για εδάφη των πινάκων. Συγκεκριμένα, προκύπτει ότι οι καλύτερες συσχετίσεις είναι οι C_c - w και C_c - e , διότι δείχνουν ξεκάθαρη αύξηση χωρίς μεγάλη διασπορά. Όσο αυξάνει η υγρασία, αυξάνει και το C_c , παρομοίως θετική συσχέτιση έχει το C_c - W_L .

Στο Σχήμα 4.2.2 παρουσιάζονται τα διαγράμματα C_s - PI , C_s - W_L , C_s - e , C_s - w για εδάφη των πινάκων. Προκύπτει ότι οι καλές συσχετίσεις είναι των C_s - e και C_s - w . Η σχέση C_s - e δείχνει ότι όσο αυξάνει ο λόγος των κενών, αυξάνει και το C_s . Αντίστοιχα η C_s - w πλην λίγων εξαιρέσεων παρουσιάζει θετική συσχέτιση. Στο Σχήμα 4.2.3 παρουσιάζεται το διάγραμμα C_s - C_c .

4.2.2 Δοκιμή Άμεσης Διάτμησης (DST)

Η δοκιμή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων μηχανικής αντοχής (c και ϕ) συνεκτικών και μη-συνεκτικών εδαφών. Μελετώνται αδιατάρακτα, συμπτυνωμένα και αναζυμωμένα δοκίμια.

Το δοκίμιο τοποθετείται σε μία διαιρετή μεταλλική μήτρα, με εσωτερικές διαστάσεις 60mm επί 60mm. Πορώδεις δίσκοι, που επιτρέπουν τη ροή του ύδατος πόρων, βρίσκονται στις δύο βάσεις του δοκιμίου. Υπό την επιβολή σταθερής κατακόρυφης τάσης, το δοκίμιο υποβάλλεται σε διάτμηση μέσω τη μετακίνησης του άνω τμήματος της μεταλλικής μήτρας, ενώ το κάτω τμήμα είναι σταθερό. Ο ρυθμός μετακίνησης καθορίζει το ρυθμό παραμόρφωσης και συνεπώς τις συνθήκες φόρτισης (στραγγιζόμενες ή αστράγγιστες). Κατά τη διάρκεια της διάτμησης καταγράφονται η οριζόντια μετατόπιση, το διατμητικό φορτίο και η κατακόρυφη μετατόπιση.

Στη συνέχεια πραγματοποιούνται σε δοκίμια (με την ίδια πυκνότητα) του ίδιου εδάφους άλλες δύο δοκιμές, στις οποίες το κατακόρυφο φορτίο είναι διαφορετικό. Τα αποτελέσματα της δοκιμής παρουσιάζονται σε μορφή γραφημάτων της οριζόντιας μετατόπισης σε σχέση με την τάση διάτμησης και της ορθής τάσης σε σχέση με τη μέγιστη τάση διάτμησης.

4.2.3 Δοκιμή Απλής Διάτμησης (DSS)

Το δοκίμιο υποβάλλεται σε διάτμηση σε συνθήκες επίπεδης παραμόρφωσης (plain strain). Η δοκιμή απλής διάτμησης εκτελείται σε κυλινδρικά δοκίμια (αδιατάρακτα, συμπτυνωμένα ή αναζυμωμένα) διαμέτρου 50 έως 66 mm και ύψους 16 έως 30 mm. Η πλευρική συγκράτηση του δείγματος παρέχεται είτε από μεμβράνη σε συνδυασμό με συστοιχία ορειχάλκινων ροδελών διάτμησης, είτε από ενισχυμένη μεμβράνη.

Τα γραφήματα των αποτελεσμάτων παρουσιάζουν διατμητικές τάσεις και παραμορφώσεις για το οριζόντιο επίπεδο. Η μέγιστη οριζόντια διατμητική τάση θεωρείται ως η αντοχή διάτμησης. Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.2.4 -4.2.6 για τα χονδρόκοκκα και τα λεπτόκοκκα εδάφη αντίστοιχα.

Στο Σχήμα 4.2.4 παρουσιάζεται η σχέση ϕ - e και στο Σχήμα 4.2.5 η σχέση ϕ - D_r για τα μελετηθέντα αμμόδη εδάφη. Στα DSS υπό στραγγιζόμενες συνθήκες οι τιμές ϕ' κυμαίνονται μεταξύ 19–32° και εμφανίζουν αρνητική συσχέτιση με το e_{RC} . Αντίθετα, στα πειράματα σταθερού όγκου (CV) οι υπολογισμένες ϕ είναι υπό συνθήκες ολικών τάσεων και όχι ϕ' , για αυτό εμφανίζονται υψηλές τιμές. Συνεπώς, για την αξιολόγηση σε ενεργές τάσεις χρησιμοποιούνται μόνο τα αποτελέσματα των πειραμάτων υπό στραγγιζόμενες συνθήκες, ενώ τα CV απλώς παρουσιάζονται.

4.2.4 Δοκιμή Περιστροφικής Διάτμησης (RST)

Οι δοκιμές διεξάγονται σε αναζυμωμένα εδαφικά δοκίμια δακτυλοειδούς διατομής για την εκτίμηση της γωνίας τριβής. Η συσκευή επιτρέπει την εφαρμογή περιστροφικής διάτμησης σε δακτυλοειδές δοκίμιο εδάφους, πάχους 5mm, με εσωτερική διάμετρο 70 mm και εξωτερική διάμετρο 100 mm.

Αρχικά, το δείγμα υποβάλλεται σε κατακόρυφη συμπίεση. Στη συνέχεια, υποβάλλεται σε διάτμηση με ταχύτητα 500 mm/λεπτό (γρήγορη διάτμηση), και έπειτα με ταχύτητα 50 mm/λεπτό (αργή διάτμηση) μέχρι σχετική μετατόπιση τουλάχιστον ενός μέτρου. Το δοκίμιο στη συνέχεια παραμένει χωρίς διατμητική φόρτιση για 24 ώρες. Τέλος το δοκίμιο υποβάλλεται σε αργή διάτμηση, 0.018 mm/λεπτό, υπό στραγγιζόμενες συνθήκες.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται σε διάγραμμα, το οποίο περιλαμβάνει τη μεταβολή της διατμητικής τάσης σε συνάρτηση με την μετατόπιση, τόσο για την γρήγορη όσο και για την αργή διάτμηση, καθώς και στον Πίνακα 4.2.7.

Από τα διαγράμματα που έγιναν (Σχήμα 4.2.6 και 4.2.7), χρησιμοποιώντας τα εδάφη της RST, το ϕ_R -PI παρουσιάζει την καλύτερη συσχέτιση. Υπάρχει μια φθίνουσα σχέση με αισθητά μικρότερη διασπορά. Αυτό εύλογα συμβαίνει καθώς ο δείκτης πλαστικότητας αποτυπώνει καλύτερα τη δραστικότητα των αργιλικών κλασμάτων που ελέγχουν το φαινόμενο της τριβής. Καλή συσχέτιση παρουσιάζει και η σχέση ϕ_R -WL. Οι τιμές του ϕ_R βρέθηκαν στα υπολογιστικά αρχεία της γεωτεχνικής έρευνας, πέραν του δοκιμίου 21BAGC που λόγω πιθανού σφάλματος στον υπολογισμό επαναυπολογίστηκε για $c=0$.

4.2.5 Δοκιμή Μονοτονικής Τριαξονικής Φόρτισης με ισότροπη ή ανισότροπη στερεοποίηση και διάτμηση υπό αστράγγιστες συνθήκες (CIU ή CAU αντίστοιχα)

Η δοκιμή αυτή επιτρέπει την εκτίμηση τόσο της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής S_u όσο και των ενεργών παραμέτρων διατμητικής αντοχής (c' , ϕ'), όταν καταγράφεται και η υδροστατική πίεση των πόρων κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Τα δοκίμια μπορεί να είναι αδιατάρακτα (από επί τόπου δειγματοληψία), είτε αναζυμωμένα, είτε συμπυκνωμένα.

Η διαδικασία της δοκιμής περιλαμβάνει τον κορεσμό του δοκιμίου, τη στερεοποίηση και τη φόρτιση συμπίεσης. Ο κορεσμός επιτυγχάνεται με σταδιακή αύξηση της πίεσης κυψέλης και ενδοπίεσης των πόρων. Ο βαθμός κορεσμού ελέγχεται με την απόκριση της πίεσης των πόρων στα διάφορα στάδια αύξησης της πίεσης κυψέλης. Στα συνεκτικά δοκίμια χρησιμοποιήθηκαν λωρίδες πλευρικών φίλτρων για την επιτάχυνση της διαδικασίας στερεοποίησης.

Στην ισότροπη στερεοποίηση (CIU), το δοκίμιο υποβάλλεται σε ισότροπη στερεοποίηση σε επίπεδο πίεσης αντίστοιχο με την εκτιμώμενη μέση επί τόπου τάση για το αντίστοιχο βάθος δείγματος. Στην ανισότροπη στερεοποίηση (CAU), το δοκίμιο στερεοποιείται στις εκτιμώμενες κάθετες και οριζόντιες ενεργές τάσεις πεδίου. Διάφορα στάδια στερεοποίησης μπορεί να υιοθετηθούν για να προσομοιωθεί το ιστορικό φόρτισης.

Η διάτμηση του δοκιμίου πραγματοποιείται υπό συνθήκες σταθερού ρυθμού αξονικής παραμόρφωσης και χωρίς ογκομετρικές παραμορφώσεις, ενώ καταγράφονται το αξονικό φορτίο και η πίεση νερού των πόρων. Γενικά εφαρμόζεται ρυθμός παραμόρφωσης 4%/ώρα, εκτός εάν η στερεοποίηση είναι αργή, οπότε εφαρμόζεται μικρότερος ρυθμός. Η αποκλίνουσα τάση υπολογίζεται από το φορτίο συμπίεσης και την υπόθεση παραμόρφωσης του δοκιμίου με διατήρηση του κυλινδρικού του σχήματος. Το στάδιο διάτμησης ολοκληρώνεται με βάση τη μέγιστη τιμή του λόγου κύριων ενεργών τάσεων (λόγος ενεργού αξονικής τάσης προς ενεργό πλευρική τάση σ'_1/σ'_3) ή όταν επιτευχθεί αξονική παραμόρφωση 15% ή 20%. Η δοκιμή CIU μπορεί να περιλαμβάνει τρία στάδια στερεοποίησης και διάτμησης με αυξανόμενα επίπεδα τάσης. Αυτά τα στάδια μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα μόνο δοκίμιο ή σε τρία διαφορετικά δοκίμια του ίδιου εδάφους.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της δοκιμής περιλαμβάνει την καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης, τις διαδρομές ενεργών τάσεων, τις πιέσεις νερού των πόρων και την περιβάλλουσα αντοχής με τις παραμέτρους διατμητικής αντοχής. Οι διαδρομές τάσης μπορεί να παρουσιαστούν με όρους μέσης ενεργού τάσης (p' ή s') και της διαφοράς κύριων τάσεων ή αποκλίνουσα τάση (q ή t).

Η τάση στο 15% ή 20% της παραμόρφωσης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διατμητικής αντοχής όταν δεν έχει επιτευχθεί μέγιστη αποκλίνουσα τάση. Εναλλακτικά κριτήρια αστοχίας περιλαμβάνουν τη μέγιστη πίεση πόρων u_{max} , τον περιορισμό της αξονικής παραμόρφωσης και την παράμετρο πίεσης πόρων του Skempton $\bar{A} = 0$. Η παράμετρος πίεσης πόρων του Skempton είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη σχέση μεταξύ της αύξησης πίεσης των πόρων και της εφαρμοζόμενης διατμητικής τάσης. Τα αποτελέσματα των δοκιμών τριαξονικής φόρτισης CIU και CAU.

Τα στοιχεία των δοκιμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.8. Στα Σχήματα 4.2.8 και 4.2.9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα λεπτόκοκκα εδάφη και δε δείχνουν σαφή συσχέτιση του κανονικοποιημένου S_u με τα PI και WL στο παρόν μικρό σύνολο, καθώς η ιστορία στερεοποίησης φαίνεται να κυριαρχεί.

4.2.6 Δοκιμή Μονοτονικής Τριαξονικής Φόρτισης με ισότροπη ή ανισότροπη στερεοποίηση και διάτμηση υπό στραγγιζόμενες συνθήκες (CID ή CAD αντίστοιχα)

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την εκτίμηση της διατμητικής αντοχής υπό στραγγιζόμενες συνθήκες. Η προετοιμασία του δοκιμίου περιλαμβάνει τη τοποθέτηση του ξηρού εδαφικού υλικού εντός ελαστικής μεμβράνης, η οποία τοποθετείται στο εσωτερικό μεταλλικής μήτρας και πάνω στη βάση της τριαξονικής κυψέλης. Κόκκοι με διαστάσεις που υπερβαίνουν το 20% της διαμέτρου του δοκιμίου αφαιρούνται από το δοκίμιο ώστε να διασφαλιστεί ομοιογενής κατανομή τάσεων.

Η κατασκευή του δοκιμίου γίνεται μέσω διαμόρφωσης λεπτών στρώσεων ξηρού εδάφους και σταδιακής συμπίεσης, μέχρις ότου επιτευχθεί η πυκνότητα που προσεγγίζει την εκτιμώμενη επί τόπου πυκνότητα.

Η διαδικασία κορεσμού περιλαμβάνει αρχικά την αντικατάσταση του αέρα από τους εδαφικούς πόρους διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), το οποίο στη συνέχεια αντικαθίσταται από απαερωμένο νερό. Ο πλήρης κορεσμός επιτυγχάνεται με την σταδιακή αύξηση της πίεσης της κυψέλης και της ενδοπίεσης (back pressure). Η ολοκλήρωση του κορεσμού επιβεβαιώνεται όταν ο παράγοντας B (δηλαδή η αναλογία μεταβολής της πίεσης πόρων προς μεταβολή της πίεσης κυψέλης προσεγγίζει την τιμή 1.

Στη συνέχεια το δοκίμιο υποβάλλεται σε ισότροπη ή ανισότροπη στερεοποίηση (αντίστοιχα στις δοκιμές CID και CAD), πριν ξεκινήσει η φάση της διάτμησης. Μετά την ολοκλήρωση της στερεοποίησης, το δοκίμιο υποβάλλεται σε διάτμηση με εφαρμογή αξονικού φορτίου σε αργό ρυθμό ώστε να επιτρέπεται η αποστράγγιση (συνήθως 6%/ώρα). Η πίεση της κυψέλης διατηρείται σταθερή κατά τη διάρκεια της διάτμησης. Μετρήσεις πίεσης των πόρων πραγματοποιούνται στη βάση του δοκιμίου για να ελεγχθεί εάν η δοκιμή είναι πλήρως στραγγισμένη. Η αποκλίνοντα τάση υπολογίζεται από το μετρούμενο φορτίο, υποθέτοντας ότι το δείγμα παραμορφώνεται ως ένας ορθός κύλινδρος. Η δοκιμή CID μπορεί να έχει τρία στάδια στερεοποίησης και φόρτισης με αυξανόμενη πίεση, που εκτελούνται είτε σε ένα μόνο δοκίμιο ή σε τρία διαφορετικά δοκίμια του ίδιου εδάφους. Η δοκιμή CAD περιορίζεται σε ένα μόνο στάδιο διάτμησης. Ένα στάδιο διάτμησης ολοκληρώνεται βάσει της μέγιστης τιμής του λόγου ενεργών τάσεων (λόγος ενεργού αξονικής τάσης προς ενεργή πλευρική τάση, σ'_1/σ'_3) ή όταν επιτευχθεί αξονική παραμόρφωση 15% ή 20%.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της δοκιμής περιλαμβάνει την καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης, τις διαδρομές ενεργών τάσεων, τις πιέσεις νερού των πόρων και την περιβάλλουσα αντοχής με τις παραμέτρους διατμητικής αντοχής. Οι διαδρομές τάσης μπορεί να παρουσιαστούν με όρους μέσης ενεργού τάσης (p' ή s') και της διαφοράς κύριων τάσεων ή αποκλίνουσα τάση (q ή t). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.9 και στο Σχήμα 4.2.10, όπου παρατηρείται μείωση της ϕ' με την αύξηση του e_{RC} .

Πίνακας 4.2. 1: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων

	Soil Unit / Soil Type								
	Total	Unit A Coarse-grained	Unit B Coarse-grained	Unit C Coarse-grained	Unit C Fine-grained	Unit D Coarse-grained	Unit E Coarse-grained	Unit F Coarse-grained	Unit F Fine-grained
Test Type	Test Quantity								
Geotechnical Index									
PSD	10	1	1	1	-	1	2	4	-
Strength (Static)									
(An)isotropically consolidated undrained triaxial compression (CIUc/CAUc)	29	3	3	3	2	1	6	10	1
(An)isotropically consolidated drained triaxial compression (CIDc/CADc)	6	1	1	1	-	-	1	2	-
Anisotropically consolidated undrained triaxial extension (CAUe)	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Direct simple shear (DSS) – constant volume (CV)	12	1	1	1	1	1	2	4	1
DSS – constant stress (CS)	9	1	1	1	-	-	2	4	-
Strength (Cyclic)									
Stress-controlled (an)isotropically consolidated undrained cyclic triaxial (CTX)	43	5	5	5	4	4	10	10	-
Stress-controlled (an)isotropically consolidated CTX with drainage	18	3	3	3	-	-	3	6	-
Stress-controlled cyclic simple shear (CSS) – constant volume (CV) (with pre-shear)	79	12	10	5	-	4	16	32	-
Stress-controlled CSS-CV (without pre-shear)	36	3	3	3	5	-	6	6	10
Stress-controlled CSS – constant stress (CS) (with pre-shear)	29	4	4	4	-	-	9	8	-
Stress-controlled CSS-CS (without pre-shear)	28	4	4	4	-	-	8	8	-
Strain-controlled CSS-CV (two-way loading with pre-shear)	28	4	4	4	-	-	8	8	-
Strain-controlled CSS-CV (two-way loading without pre-shear)	9	-	-	-	4	-	-	-	5
Dynamic									
Resonant column (RC) – undrained	2	-	-	-	1	-	-	-	1
RC – drained	10	1	1	1	-	1	2	4	-
Other									
Sample microscopic photography	10	1	1	1	-	1	2	4	-

Πίνακας 4.2. 2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CRS

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test ID	Initial Conditions			σ'_p [kPa]	OCR [-]	Cc [-]	Cs [-]	CR [-]	RR [-]	RR/CR [-]	$\Delta e/e_0$ [-]
				w_i [%]	ρ_s [Mg/m ³]	e_0 [-]								
HKW002-BH	45WAXB	35.11	CRS14	25.3	2.70	0.765	1734	4.9	0.255	0.033	0.144	0.070	0.482	0.21
HKW006-BH	25WAXB	23.71	CRS15	29.3	2.67	0.814	617	2.6	0.256	0.024	0.141	0.076	0.537	0.25
HKW019-BH	20WAXB	18.20	CRS16	26.8	2.70	0.715	1646	9.3	0.121	0.013	0.071	0.017	0.244	0.11
HKW023-BH-A	03WAXC	41.40	IL01	29.4	2.73	0.815	717	1.7	0.154	0.036	0.085	0.057	0.673	0.15
HKW023-BH-A	03WAXC	41.41	CRS17	26.9	2.73	0.743	1488	3.6	0.193	0.010	0.111	0.040	0.364	0.14
HKW025-BH-A	06WAXD	36.00	IL02	25.2	2.70	0.771	1132	3.1	0.237	0.019	0.134	0.058	0.435	0.10
HKW025-BH-A	06WAXD	36.12	CRS32	27.2	2.70	0.773	1400	3.9	0.265	0.029	0.149	0.032	0.213	0.16
HKW031-BH	45WAXB	41.23	CRS33R	24.4	2.70	0.629	1503	3.8	0.246	0.025	0.151	0.048	0.315	0.03
HKW033-BH	46WAXB	44.11	CRS34	29.4	2.70	0.881	1508	3.4	0.258	0.016	0.137	0.062	0.454	0.16
HKW036-BH-A	43WAXB	36.71	CRS35	19.9	2.70	0.656	916	2.6	0.153	0.012	0.093	0.049	0.531	0.13
HKW040-BH	52WAXB	57.20	CRS18B	28.5	2.70	0.802	884	1.6	0.201	0.010	0.111	0.088	0.788	0.24
HKW040-BH	52WAXB	57.20	IL03	27.4	2.70	0.774	808	1.5	0.226	0.030	0.128	0.090	0.709	0.27
HKW040-BH	52WAXB	57.28	CRS18	29.4	2.70	0.891	1253	2.3	0.200	0.012	0.106	0.078	0.740	0.21
HKW045-BH	53WAXC	47.55	IL04	26.6	2.70	0.806	1938	4.0	0.321	0.078	0.178	0.090	0.507	0.05
HKW045-BH	53WAXC	47.59	CRS37	30.4	2.70	0.957	1684	3.5	0.371	0.072	0.189	0.064	0.337	0.27
HKW045-BH	59WAXB	53.21	CRS38	26.9	2.70	0.861	973	1.8	0.276	0.015	0.148	0.050	0.337	0.22
HKW047-BH	52WAXC	40.30	IL05	27.0	2.70	0.758	1478	3.9	0.152	0.013	0.087	0.020	0.230	0.03
HKW047-BH	52WAXC	40.40	CRS39	25.5	2.70	0.684	1436	3.8	0.227	0.022	0.135	0.045	0.333	0.11
HKW053-BH-A	05WAXD	8.65	IL06	30.4	2.70	0.938	253	2.9	0.297	0.025	0.153	0.084	0.548	0.07
HKW053-BH-A	21WAXD	24.50	IL07	23.3	2.70	0.660	1177	4.8	0.180	0.022	0.109	0.062	0.571	0.13
HKW053-BH-A	21WAXD	24.51	CRS41	24.5	2.70	0.813	875	3.6	0.163	0.004	0.090	0.038	0.426	0.14
HKW053-BH-A	05WAXD	8.72	CRS40R	18.2	2.70	0.533	895	10.4	0.129	0.013	0.084	0.021	0.246	0.05
HKW054-BH-A	43WAXC	44.66	CRS42	20.4	2.70	0.852	1843	4.2	0.175	0.016	0.094	0.031	0.326	0.14
HKW055-BH	08WAXC	6.80	IL08	26.6	2.70	0.722	637	9.9	0.169	0.022	0.098	0.050	0.504	0.10
HKW055-BH	08WAXC	6.85	CRS43R	26.6	2.70	0.754	395	5.8	0.236	0.026	0.135	0.046	0.345	0.05
HKW055-BH	08WAXC	6.87	CRS43B	24.9	2.71	0.719	587	9.1	0.231	0.008	0.134	0.024	0.180	0.03

Πίνακας 4.2. 3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CRS-Συνέχεια

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test ID	Initial Conditions			σ'_p [kPa]	OCR [-]	Cc [-]	Cs [-]	CR [-]	RR [-]	RR/CR [-]	$\Delta e/e_0$ [-]
				w_i [%]	ρ_s [Mg/m ³]	e_0 [-]								
HKW056-BH	11WAXD	9.08	IL09	23.6	2.70	0.718	259	3.0	0.199	0.009	0.116	0.123	1.062	0.05
HKW056-BH	38WAXB	34.13	CRS45	27.6	2.70	0.800	1354	4.0	0.200	0.016	0.111	0.051	0.456	0.14
HKW056-BH	38WAXB	34.13	IL10	24.3	2.70	0.791	1145	3.4	0.125	0.017	0.070	0.041	0.583	0.10
HKW056-BH	11WAXD	9.15	CRS44	24.7	2.70	0.688	417	4.8	0.201	0.012	0.119	0.040	0.339	0.06
HKW060-BH	43WAXE	38.65	IL11	21.3	2.70	0.660	1174	3.1	0.172	0.013	0.104	0.056	0.544	0.12
HKW060-BH	43WAXE	38.69	CRS46	21.6	2.70	0.660	1655	4.4	0.213	0.011	0.128	0.047	0.366	0.12
HKW060-BH	43WAXE	38.80	CRS46B_R	21.1	2.70	0.707	1683	4.4	0.243	0.012	0.142	0.041	0.287	0.12
HKW062-BH	07WAXC	4.80	CRS47B	26.0	2.70	0.770	314	6.7	0.229	0.026	0.129	0.036	0.281	0.04
HKW062-BH	07WAXC	4.80	IL12	30.9	2.70	0.908	143	3.0	0.285	0.033	0.149	0.092	0.615	0.08
HKW062-BH	07WAXC	5.00	CRS47	30.0	2.70	0.919	126	2.7	0.265	0.021	0.138	0.044	0.320	0.04
HKW065-BH	12WAXD	10.95	IL13	20.0	2.70	0.595	305	2.8	0.160	0.009	0.101	0.061	0.607	0.06
HKW065-BH	12WAXD	10.96	CRS48	22.8	2.70	0.664	582	5.4	0.205	0.013	0.123	0.036	0.296	0.04
HKW065-BH	17WAXE	15.65	IL14	28.0	2.70	0.788	452	3.0	0.274	0.028	0.153	0.069	0.450	0.05
HKW065-BH	17WAXE	15.70	CRS49	26.2	2.70	0.755	894	5.8	0.235	0.015	0.134	0.030	0.225	0.05
HKW072-BH	32WAXB	28.61	CRS19	30.0	2.66	0.833	944	3.3	0.355	0.036	0.194	0.050	0.259	0.08
HKW077-BH	08WAXD	7.38	IL22	34.1	2.74	1.146	680	9.7	0.538	0.029	0.251	0.102	0.409	0.03
HKW077-BH	8WAXD	7.39	CRS56	33.6	2.74	1.060	384	5.5	0.334	0.013	0.162	0.030	0.182	0.02
HKW077-BH	08WAXD	7.44	CRS56B	33.5	2.74	0.975	552	7.9	0.343	0.015	0.174	0.013	0.075	0.02
HKW077-BH	24WAXC	23.20	IL15	35.3	2.70	0.973	628	2.8	0.417	0.059	0.211	0.084	0.396	0.05
HKW077-BH	24WAXC	23.25	CRS50	36.5	2.70	1.097	839	3.8	0.436	0.059	0.208	0.034	0.165	0.04
HKW077-BH	32WAXD	30.90	IL16	23.0	2.73	0.578	1261	4.3	0.219	0.014	0.139	0.077	0.553	0.16
HKW077-BH	32WAXD	30.92	CRS51	24.0	2.73	0.684	1361	4.7	0.234	0.011	0.139	0.042	0.305	0.10
HKW078-BH	11WAXB	7.71	CRS01	28.5	2.70	0.824	303	3.8	0.232	0.018	0.127	0.059	0.463	0.11
HKW078-BH	11WAXB	7.80	CRS01B	28.8	2.70	0.793	526	6.7	0.229	0.016	0.128	0.050	0.388	0.07
HKW078-BH	30WAXC	27.05	CRS02B	29.7	2.70	0.881	1009	3.9	0.307	0.038	0.163	0.067	0.411	0.15
HKW078-BH	30WAXC	27.06	CRS02	31.3	2.70	0.860	842	3.3	0.315	0.033	0.169	0.073	0.431	0.24

Πίνακας 4.2. 3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CRS- Συνέχεια

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test ID	Initial Conditions			σ'_p [kPa]	OCR [-]	Cc [-]	Cs [-]	CR [-]	RR [-]	RR/CR [-]	$\Delta e/e_0$ [-]
				w_i [%]	ρ_s [Mg/m ³]	e_0 [-]								
HKW078-BH	56WAXD	55.51	CRS03	29.1	2.70	0.866	1127	2.1	0.322	0.044	0.173	0.088	0.510	0.36
HKW082-BH	06WAXB	5.21	CRS04	31.7	2.70	0.875	409	8.5	0.237	0.017	0.126	0.036	0.284	0.08
HKW091-BH	58WAXB	57.27	CRS52	30.0	2.70	0.947	935	1.7	0.300	0.025	0.154	0.086	0.562	0.25
HKW091-BH	58WAXB	57.29	IL17	29.9	2.70	0.842	1041	1.9	0.245	0.043	0.133	0.090	0.678	0.18
HKW094-BH	40WaxB	37.65	CRS06	34.8	2.70	0.929	898	2.3	0.481	0.039	0.249	0.081	0.326	0.15
HKW094-BH	34WAXB	31.81	CRS05B	17.5	2.71	0.580	1116	3.4	0.177	0.012	0.112	0.060	0.534	0.07
HKW094-BH	34WAXD	32.10	CRS05R	25.7	2.70	0.753	1349	4.0	0.290	0.064	0.166	0.074	0.448	0.17
HKW097-BH	11WAXC	10.66	CRS07	20.9	2.70	0.632	1956	18.2	0.169	0.019	0.104	0.022	0.210	0.06
HKW097-BH	23WAXD	22.68	CRS8R	19.5	2.70	0.591	851	3.7	0.200	0.034	0.126	0.053	0.425	0.11
HKW098-BH	28WAXC	27.51	CRS10	48.3	2.61	1.246	888	3.6	0.463	0.082	0.206	0.041	0.200	0.07
HKW098-BH	32WAXD	31.41	CRS11	20.3	2.67	0.592	1032	3.6	0.129	0.013	0.081	0.043	0.525	0.16
HKW098-BH	32WAXD	31.56	CRS11B	17.9	2.67	0.505	1242	4.0	0.086	0.013	0.057	0.036	0.630	0.10
HKW098-BH	34WAXB	37.64	CRS12R	29.7	2.76	0.665	1314	3.6	0.337	0.061	0.202	0.095	0.467	0.13
HKW101-BH	48WAXD	47.16	CRS57	28.0	2.70	0.762	1618	3.5	0.402	0.044	0.228	0.088	0.386	0.19
HKW104-BH	05WAXC	4.21	CRS53	30.7	2.70	0.853	369	8.4	0.220	0.018	0.119	0.031	0.260	0.06
HKW104-BH	08WAXC	7.23	IL18	24.6	2.70	0.718	523	7.1	0.209	0.026	0.122	0.063	0.520	0.12
HKW104-BH	23WAXD	21.64	IL19	32.8	2.70	0.983	1009	4.6	0.304	0.018	0.153	0.080	0.523	0.08
HKW104-BH	23WAXD	21.70	CRS54	32.4	2.70	0.998	642	2.9	0.257	0.007	0.129	0.044	0.340	0.08
HKW104-BH	23WAXD	21.72	CRS54B	30.4	2.68	1.028	889	4.1	0.275	0.019	0.136	0.051	0.378	0.06
HKW104-BH	33WAXD	31.36	CRS55	25.0	2.70	0.750	1432	4.5	0.200	0.009	0.114	0.033	0.291	0.08
HKW106-BH	26WAXD	23.46	CRS20	23.3	2.75	0.699	1262	5.5	0.198	0.016	0.117	0.039	0.334	0.11
HKW106-BH	26WAXD	23.48	IL20	22.8	2.75	0.672	1308	5.7	0.160	0.012	0.096	0.054	0.563	0.13
HKW106-BH	40WAXD	37.78	CRS21R	27.9	2.69	0.886	694	1.9	0.256	0.038	0.136	0.086	0.634	0.16
HKW106-BH	50WAXD	46.68	IL21	27.7	2.70	0.801	746	1.6	0.236	0.035	0.131	0.091	0.697	0.16
HKW106-BH	50WAXD	46.71	CRS22	24.7	2.70	0.745	833	1.8	0.262	0.032	0.150	0.095	0.634	0.38
HKW107-BH	41WAXC	37.96	CRS23	34.6	2.70	1.000	809	2.2	0.364	0.045	0.182	0.081	0.447	0.15

Πίνακας 4.2. 3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CRS- Συνέχεια

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test ID	Initial Conditions			σ'_p [kPa]	OCR [-]	Cc [-]	Cs [-]	CR [-]	RR [-]	RR/CR [-]	$\Delta e/e_0$ [-]
				w_l [%]	ρ_s [Mg/m ³]	e_0 [-]								
HKW110-BH	34WAXB	32.71	CRS24	40.0	2.70	1.175	927	2.9	0.480	0.031	0.221	0.029	0.131	0.05
HKW110-BH	36WAXB	34.66	CRS25	21.5	2.70	0.786	1312	3.9	0.221	0.036	0.124	0.044	0.353	0.11
HKW110-BH	36WAXB	34.68	CRS25B	19.2	2.70	0.584	1188	3.5	0.169	0.021	0.107	0.054	0.508	0.09
HKW110-BH	41WAXD	39.46	CRS26	26.9	2.70	0.909	1056	2.7	0.266	0.021	0.139	0.069	0.496	0.11
HKW112-BH	46WAXB	42.21	CRS27	26.8	2.70	0.844	918	2.1	0.284	0.031	0.154	0.073	0.471	0.30
HKW112-BH	50WAXB	46.18	CRS28B	28.6	2.68	0.790	1878	4.0	0.229	0.013	0.128	0.049	0.381	0.19
HKW112-BH	50WAXB	46.20	CRS28B	29.1	2.68	0.783	1272	2.7	0.260	0.021	0.146	0.074	0.510	0.20
HKW113-BH	52WAXC	51.46	CRS29	25.2	2.70	0.952	1018	1.9	0.268	0.010	0.137	0.075	0.544	0.12
HKW114-BH	18WAXD	17.36	CRS30	24.8	2.70	0.818	760	4.4	0.235	0.015	0.129	0.035	0.268	0.09
HKW114-BH	36WAXB	33.11	CRS31	34.3	2.68	0.909	1176	3.5	0.411	0.037	0.216	0.043	0.201	0.07

Πίνακας 4.2. 4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών DSS για λεπτόκοκκα εδάφη

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†					$\Delta e/e_0$ [-]
					w [%]	γ_1 [kN/m ³]	e_0 [-]	w [%]	γ_1 [kN/m ³]	σ_{vc} [kPa]	e [-]	ε_v [%]	
HKW077-BH	09WAXC	8.36	C-FG-T	DSS03	34.3	18.8	0.891	33.6	18.9	79	0.872	0.98	0.021
HKW114-BH	36WAXD	33.41	F-FG-T	DSS21	23.1	20.2	0.616	22.4	20.3	335	0.596	1.22	0.032

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	At Peak Shear Stress				At 15 % Shear Strain		
					τ [kPa]	τ/σ_{vc} [-]	γ_2 [%]	$-\Delta\sigma_v$ [kPa]	τ [kPa]	τ/σ_{vc} [-]	$-\Delta\sigma_v$ [kPa]
HKW077-BH	09WAXC	8.36	C-FG-T	DSS03	50	0.63	12.45	5	49	0.62	7
HKW114-BH	36WAXD	33.41	F-FG-T	DSS21	158	0.47	8.46	107	154	0.46	99

Πίνακας 4.2. 5: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών DSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Constant Volume							
				Initial*			Consolidation†				
				W [%]	γ [kN/m³]	e ₀ [-]	W [%]	γ [kN/m³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	DSS04	10.2	17.5	0.639	24.0	19.7	20	0.636	0.16
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	DSS06	10.2	17.3	0.659	24.7	19.6	45	0.656	0.18
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	DSS01R	9.6	16.6	0.715	26.6	19.3	146	0.704	0.66
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	DSS08	10.2	17.2	0.670	24.8	19.6	145	0.657	0.78
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	DSS09	10.3	17.7	0.620	22.9	19.9	80	0.607	0.82
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	DSS11	10.1	18.1	0.579	21.6	20.1	190	0.573	0.41
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	DSS13	10.5	17.3	0.664	24.6	19.6	250	0.653	0.64
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	DSS15	10.1	18.1	0.578	21.4	20.1	150	0.568	0.65
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	DSS17	10.2	17.7	0.619	23.1	19.8	150	0.611	0.48
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	DSS19	10.0	18.3	0.559	20.6	20.3	250	0.545	0.91

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Constant Stress							
				Initial*			Consolidation†				
				W [%]	γ [kN/m³]	e ₀ [-]	W [%]	γ [kN/m³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	DSS05	10.1	17.5	0.637	24.0	19.7	20	0.635	0.13
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	DSS07	10.0	17.3	0.657	24.5	19.6	45	0.650	0.39
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	DSS02	10.1	16.6	0.722	26.8	19.3	146	0.709	0.71
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	DSS10	10.1	17.7	0.617	22.9	19.9	80	0.608	0.55
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	DSS12	10.0	18.1	0.578	21.6	20.1	190	0.572	0.36
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	DSS14R	9.5	17.3	0.649	24.2	19.7	250	0.641	0.47
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	DSS16	10.1	18.1	0.579	21.6	20.1	150	0.572	0.46
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	DSS18	12.9	17.7	0.658	24.3	19.6	150	0.644	0.88
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	DSS20R	9.1	18.3	0.546	20.3	20.3	250	0.537	0.60

Πίνακας 4.2. 6: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών DSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Constant Volume				
				At Peak Shear Stress			At 15 % Shear Strain	
				τ [kPa]	γ [%]	$-\Delta\sigma_v$ [kPa]	τ [kPa]	$-\Delta\sigma_v$ [kPa]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	DSS04	822	25.03	-1395	416	-690
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	DSS06	780	30.02	-1255	369	-572
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	DSS01R	50	13.94	55	48	59
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	DSS08	66	16.20	28	65	29
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	DSS09	800	26.00	-1354	328	-503
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	DSS11	836	12.50	-1240	836	-1240
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	DSS13	736	30.01	-972	400	-442
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	DSS15	664	30.00	-1014	279	-348
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	DSS17	731	20.25	-1136	561	-838
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	DSS19	866	15.21	-1185	849	-1158

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Constant Stress				
				At Peak Shear Stress			At 15 % Shear Strain	
				τ [kPa]	γ [%]	ε_v [%]	τ [kPa]	ε_v [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	DSS05	28	11.94	-2.14	26	-2.72
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	DSS07	60	23.00	-1.73	55	-1.06
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	DSS02	82	29.04	0.49	79	0.33
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	DSS10	77	15.31	-1.47	77	-1.41
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	DSS12	168	22.54	-2.56	159	-1.49
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	DSS14R	202	16.92	-1.45	200	-1.28
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	DSS16	116	31.95	-2.59	112	-1.40
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	DSS18	123	29.81	-1.10	104	-0.26
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	DSS20R	208	28.78	-3.04	200	-1.71

Πίνακας 4.2. 7: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών RST για μελετηθέντα εδάφη

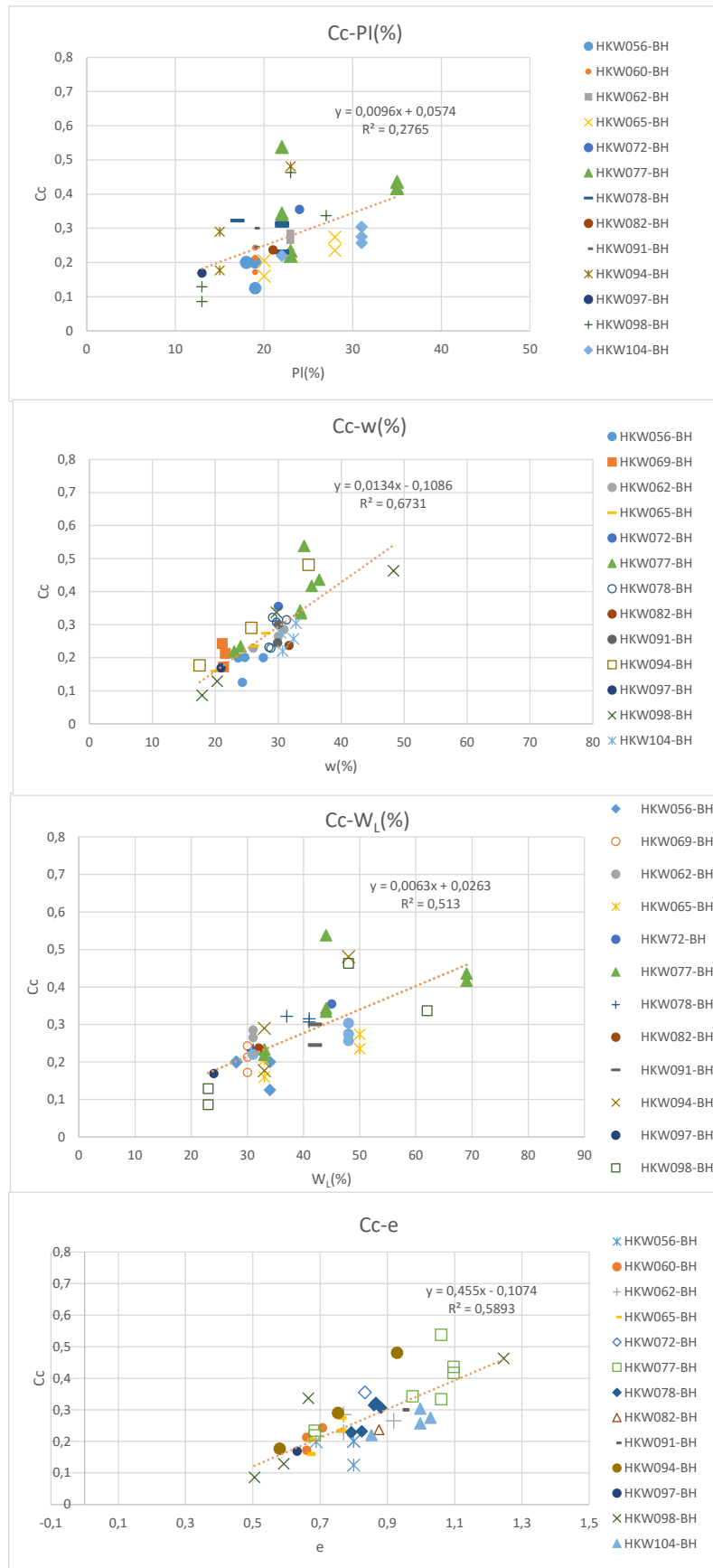
Borehole	Sample ID	Depth(m)	ϕ'_R (°)	Pl(%)	WL(%)
HKW006-BH	24WAXC	23,00	23,50	21,00	37,00
HKW023-BH	62BAGB	41,40	32,80	23,00	33,00
HKW025-BH	22BAGD	20,40	28,00	28,00	41,00
HKW031-BH	45WAXC	41,45	11,50	24,00	56,00
HKW036-BH-A	26BAGA	20,50	33,20	22,00	38,00
HKW036-BH-A	43BAGC	36,90	40,80	20,00	32,00
HKW045-BH	28BAGC	23,00	23,90	21,00	34,00
HKW045-BH	52BAGE	46,85	9,96	21,00	34,00
HKW047-BH	36BAGB	28,35	21,20	21,00	38,00
HKW050-BH	04BAGE	3,65	26,80	18,00	34,00
HKW053-BH-A	05BAGB	8,20	26,00	19,00	30,00
HKW053-BH-A	21BAGC	24,30	22,00	22,00	46,00
HKW055-BH	07BAGD	6,10	34,30	20,00	31,00
HKW056-BH	08BAGB	6,10	35,30	20,00	29,00
HKW056-BH	11BAGA	8,50	35,60	18,00	28,00
HKW062-BH	07WAXE	5,15	28,00	23,00	31,00
HKW065-BH	11WAXD	10,15	36,50	20,00	33,00
HKW077-BH	05BAGA	4,00	39,60	23,00	38,00
HKW078-BH	11BAGC	7,90	36,20	22,00	31,00
HKW078-BH	30BAGB	26,85	17,90	22,00	41,00
HKW082-BH	05WAXB	4,10	26,46	21,00	30,00
HKW082-BH	22WAXC	20,50	37,50	17,00	29,00
HKW091-BH	31BAGC	30,10	19,30	17,00	32,00
HKW094-BH	10BAGA	9,00	27,70	16,00	25,00
HKW097-BH	11BAGA	10,00	31,80	19,00	30,00
HKW097-BH	22WAXC	21,65	34,20	19,00	30,00
HKW098-BH	30BAGA	29,00	14,50	30,00	62,00
HKW104-BH	05WAXD	4,45	38,50	22,00	31,00
HKW104-BH	23WAXB	21,20	21,80	31,00	48,00
HKW107-BH	06BAGD	5,70	30,00	15,00	28,00

Πίνακας 4.2. 8: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα τριαξονικής φόρτισης CIU & CAU για τα μελετηθέντα (χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα) εδάφη

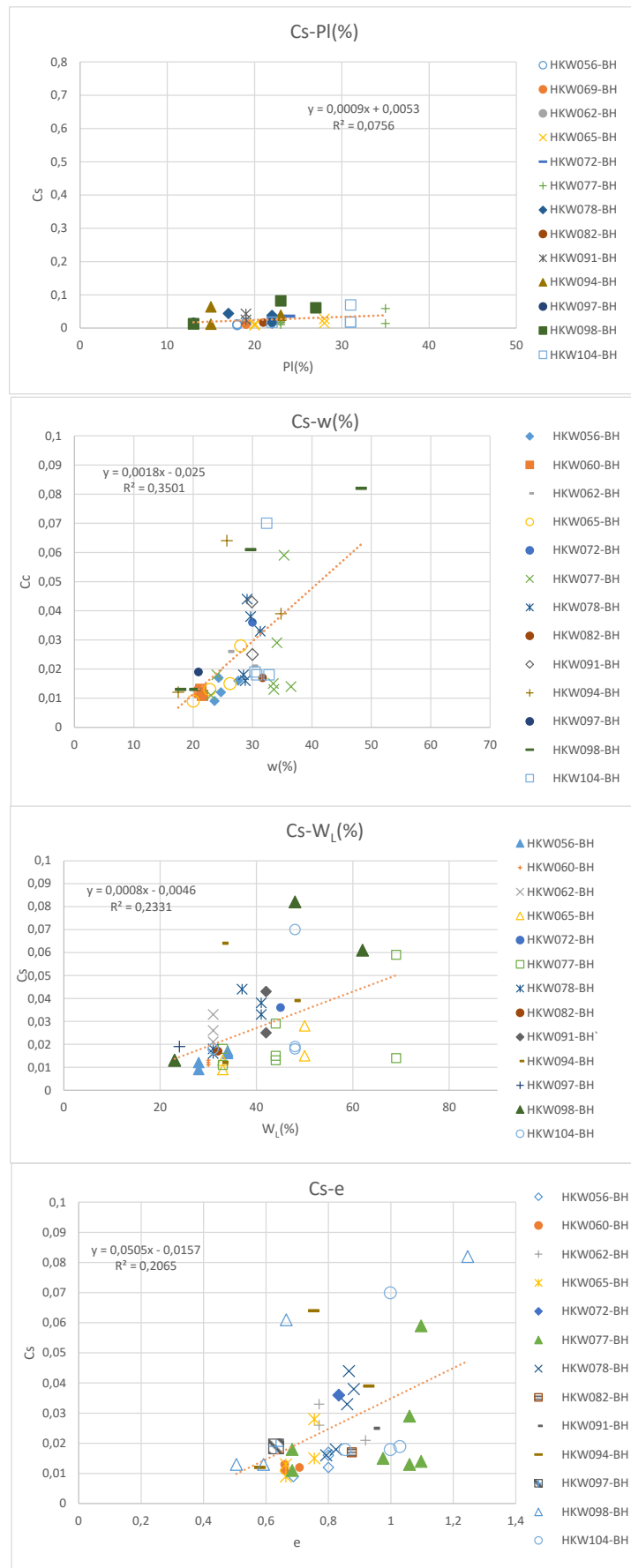
		[m BSF]													[-]							Effective stress ratio	
						w [%]	γ [kN/m ³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m ³]	σ' _{vc} [kPa]	σ' _{rc} [kPa]	ε _{vol} [%]	v _s [m/s]		G _{max} [MPa]	q [kPa]	ε _s [%]	ε ₅₀ [%]	q [kPa]	ε _s [%]		
-	Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CIUcBE02	Reconstituted	10.4	17.6	0.635	23.9	19.7	20	20	0.07	-	117.27	27.64	2267	7.61	2.93	324	1.29		
-	Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CIUcBE05	Reconstituted	10.3	17.3	0.662	24.7	19.6	45	45	0.44	-	150.82	45.43	1855	20.01	6.02	185	1.23		
-	Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CIUcBE01	Reconstituted	10.2	16.7	0.721	26.6	19.3	146	146	0.95	-	205.59	83.17	122	1.97	0.06	115	8.29		
-	Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	CIUcBE08	Reconstituted	13.9	17.8	0.664	23.3	19.8	145	145	2.86	-	-	-	235	3.26	0.29	222	8.77		
-	Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CIUcBE09	Reconstituted	10.6	17.7	0.626	23.4	19.8	80	80	0.38	-	-	-	3344	10.48	4.04	768	2.46		
-	Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CAUcBE06R	Reconstituted	9.8	18.1	0.574	21.2	20.2	190	170	0.68	-	246.39	124.79	3152	8.87	2.38	799	1.07		
-	Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CAUcBE11	Reconstituted	10.6	18.1	0.591	22.0	20.0	150	120	0.52	-	212.99	92.65	2095	6.60	2.55	665	1.57		
-	Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CAUcBE16	Reconstituted	9.8	17.8	0.608	22.7	19.9	150	105	0.41	-	213.98	92.98	1494	11.10	2.93	361	1.03		
HKW002-BH	Batch 1a	18.75 - 19.40	E-CG-H	CAUcBE21	Reconstituted	10.6	17.8	0.616	22.7	19.9	190	170	0.86	-	245.97	122.82	2887	4.63	2.22	670	1.01		
HKW023-BH	54BAGA	34.50	E-CG-T	CIUcBE11	Reconstituted	10.0	17.5	0.669	23.9	19.9	350	350	1.42	-	-	-	1933	19.64	3.89	782	2.75		
HKW025-BH	Batch 4a	8.20 - 8.70	F-CG-T1	CAUcBE24	Reconstituted	10.4	17.5	0.641	24.0	19.7	80	65	0.30	-	213.03	91.16	2656	11.15	4.64	608	2.58		
HKW026-BH	Batch 8a	2.90 - 4.00	B-CG-T	CIUcBE14R	Reconstituted	10.2	17.5	0.637	24.0	19.7	35	35	0.08	-	129.48	33.68	993	4.97	2.97	487	2.77		
HKW026-BH	Batch 2a	28.50 - 29.50	F-CG-H	CAUcBE22	Reconstituted	10.2	18.2	0.572	21.2	20.2	290	205	0.73	-	280.70	162.10	4062	6.20	2.19	956	1.10		
HKW031-BH	Batch 6a	8.30 - 9.80	E-CG-H	CAUcBE26	Reconstituted	10.0	18.3	0.558	20.9	20.2	90	80	0.22	-	193.92	77.53	2876	8.60	3.16	522	1.36		
HKW031-BH	13BAGA	11.50	E-CG-T	CIUcBE12	Reconstituted	10.2	17.9	0.606	22.6	19.9	110	110	0.50	-	207.31	87.36	2281	17.98	3.87	416	1.19		
HKW035-BH	23BAGA	20.75	F-CG-L	CAUcBE10R	Reconstituted	8.3	17.1	0.652	24.0	19.7	200	140	0.91	-	229.85	92.14	169	19.25	0.18	154	9.88		
HKW035-BH	32BAGB	29.55	F-CG-L	CAUcBE09	Reconstituted	9.9	17.3	0.651	23.7	19.7	300	210	1.46	-	242.50	118.44	536	9.25	1.34	445	3.92		
HKW050-BH	13BAGA	12.00	C-CG-T	CAUcBE02	Reconstituted	8.1	16.9	0.666	24.8	19.6	118	130	0.57	-	199.27	68.47	2078	10.91	3.20	517	1.58		
HKW053-BH-A	Batch 3a	10.25 - 10.70	F-CG-H	CAUcBE23	Reconstituted	10.7	17.9	0.616	21.6	20.1	105	85	2.64	-	168.90	58.45	1927	16.42	4.02	521	2.34		
HKW055-BH	07WAXB	5.70	C-FG-T	CAUcBE03	Undisturbed	29.3	19.4	0.763	28.4	19.5	54	70	1.37	0.032	145.51	42.22	178	15.41	0.85	177	12.29		
HKW062-BH	08WAXC	5.80	C-FG-T	CAUcBE05	Undisturbed	32.8	19.1	0.842	32.4	19.1	56	73	0.52	0.011	157.82	48.59	-121	-8.41	-1.82	-104	-4.57		
HKW062-BH	08WAXE	6.17	C-FG-T	CAUcBE04	Undisturbed	28.0	19.7	0.719	26.6	19.9	59	77	2.18	0.052	147.36	44.14	181	10.11	0.64	130	1.75		
HKW063-BH	18BAGB	13.70	F-CG-T2	CAUcBE15	Reconstituted	10.6	17.4	0.656	23.5	19.8	130	105	2.03	-	253.38	129.51	83	0.70	0.04	70	8.66		
HKW073-BH	Batch 7a	11.30 - 13.30	B-CG-T	CIUcBE13	Reconstituted	10.4	17.1	0.682	25.4	19.5	110	110	0.62	-	205.16	83.63	649	20.00	5.52	187	2.12		
HKW073-BH	24BAGC	22.35	F-CG-T1	CAUcBE12	Reconstituted	10.1	17.8	0.609	22.4	19.9	220	175	0.94	-	241.46	118.64	1582	18.74	4.42	569	2.51		
HKW078-BH	12WAXC	8.95	C-CG-T	CAUcBE01	Undisturbed	29.5	20.3	0.691	24.0	21.3	90	99	8.79	0.215	174.17	65.85	394	10.91	2.81	217	3.56		
HKW078-BH	Batch 5A	33.50 - 34.50	F-CG-T2	CAUcBE25	Reconstituted	10.4	17.6	0.638	23.7	19.5	329	230	0.62	-	231.06	107.49	183	0.66	-	125	10.14		
HKW113-BH	08BAGB	7.25	A-CG-T	CIUcBE04	Reconstituted	10.9	17.7	0.637	23.7	19.7	75	75	0.60	-	179.56	64.95	2707	10.10	3.34	539	1.44		
HKW114-BH	04BAGC	3.50	A-CG-T	CIUcBE03	Reconstituted	10.1	17.2	0.664	24.5	19.6	35	35	0.83	-	140.66	39.57	2144	13.33	3.88	240	1.13		
HKW114-BH	38WAXD	35.55	F-FG-T	CAUcBE20	Undisturbed	35.7	18.6	0.925	32.3	19.1	350	245	4.74	0.098	236.25	108.72	353	4.77	0.62	347	3.60		

Πίνακας 4.2. 9: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών τριαξονικής φόρτισης CID & CAD για τα μελετηθέντα εδάφη

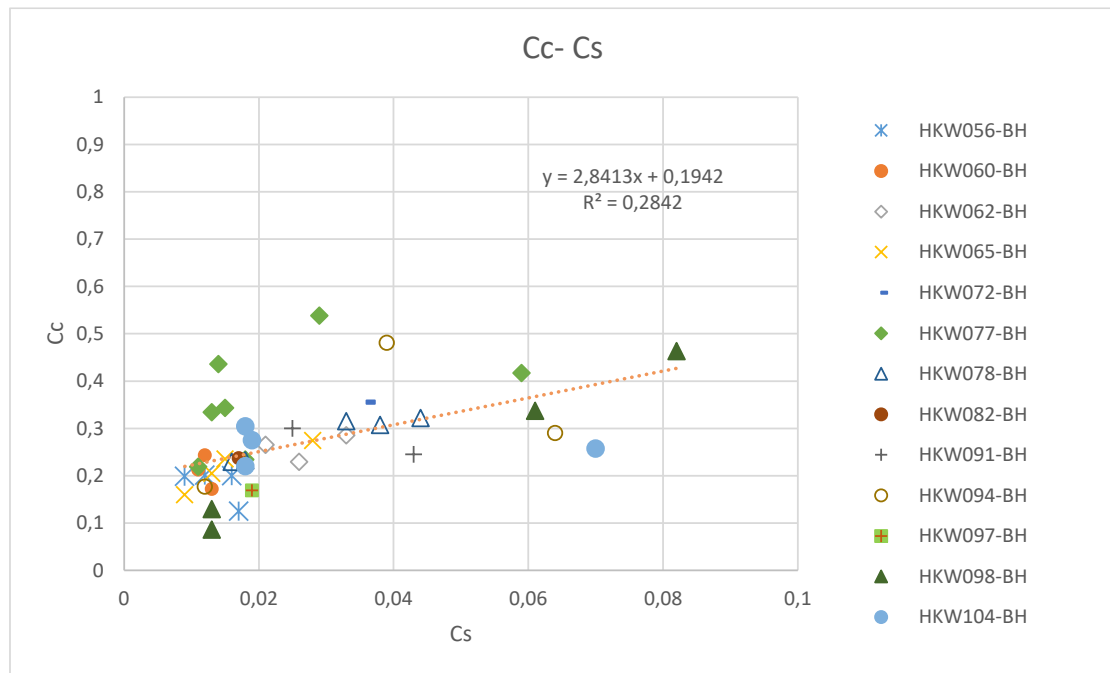
Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Test Type	Initial*			Consolidation†					Bender Element		Mohr Envelope		At Peak Deviator Stress			At Peak Principal Effective Stress Ratio	
					w [%]	γ [kN/m ³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m ³]	σ' _{vc} [kPa]	σ' _{vc} [kPa]	ε _{vol} [%]	v _B [m/s]	G _{max} [MPa]	φ' [°]	c' [kPa]	q [kPa]	ε _a [%]	ε ₉₀ [%]	q [kPa]	ε _a [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CIDcBE02	CIDc + BE	10.3	17.5	0.638	24.0	19.7	20	20	0.08	121.21	29.50	41	0	82	2.54	0.19	82	2.84
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CIDcBE03R	CIDc + BE	9.8	17.3	0.653	24.5	19.6	45	45	0.15	157.11	49.36	42	5	181	2.58	0.30	181	2.80
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CIDcBE01	CIDc + BE	9.8	16.7	0.714	26.1	19.4	146	146	1.31	200.24	79.20	33	0	344	14.72	1.07	344	15.15
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CIDcBE04	CIDc + BE	10.2	17.7	0.620	23.1	19.8	80	80	0.43	178.01	64.11	40	0	293	3.32	0.83	291	3.57
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CADcBE01	CADc + BE	9.9	18.1	0.575	21.4	20.1	150	120	0.46	215.09	94.96	33	0	1015	14.33	3.30	434	2.40
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CADcBE02R	CADc + BE	10.9	17.7	0.628	23.6	19.7	150	105	0.13	197.95	78.96	38	0	353	2.96	0.33	352	3.22



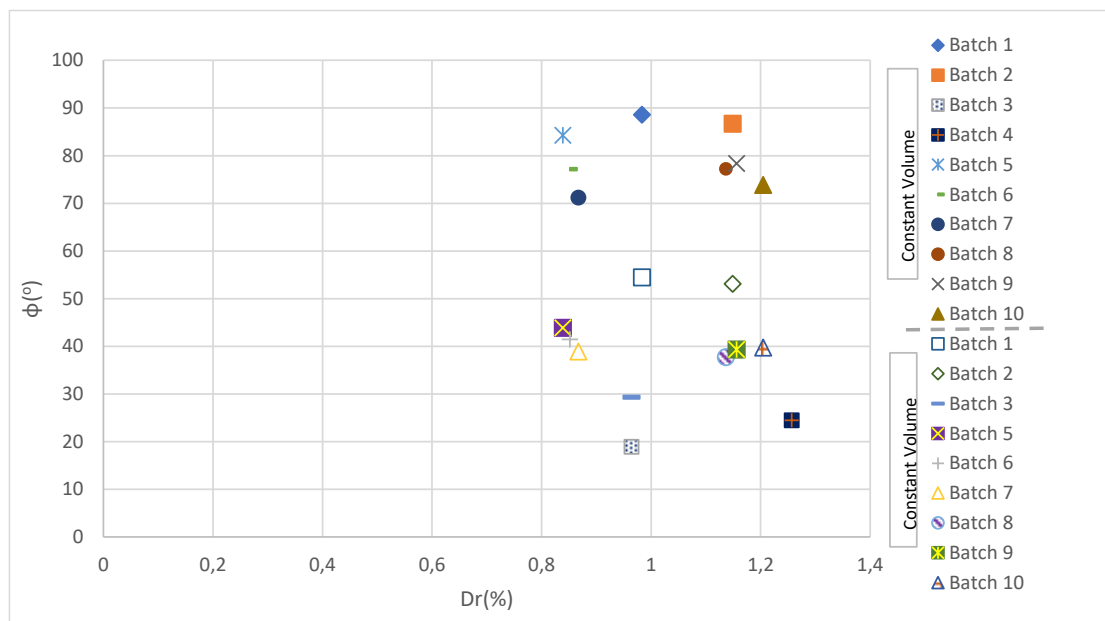
Σχήμα 4.2. 1: C_c - PI , C_c - W_L , C_c - w , C_c - e για όλα τα εδάφη των πινάκων 4.2.2 και 4.2.3



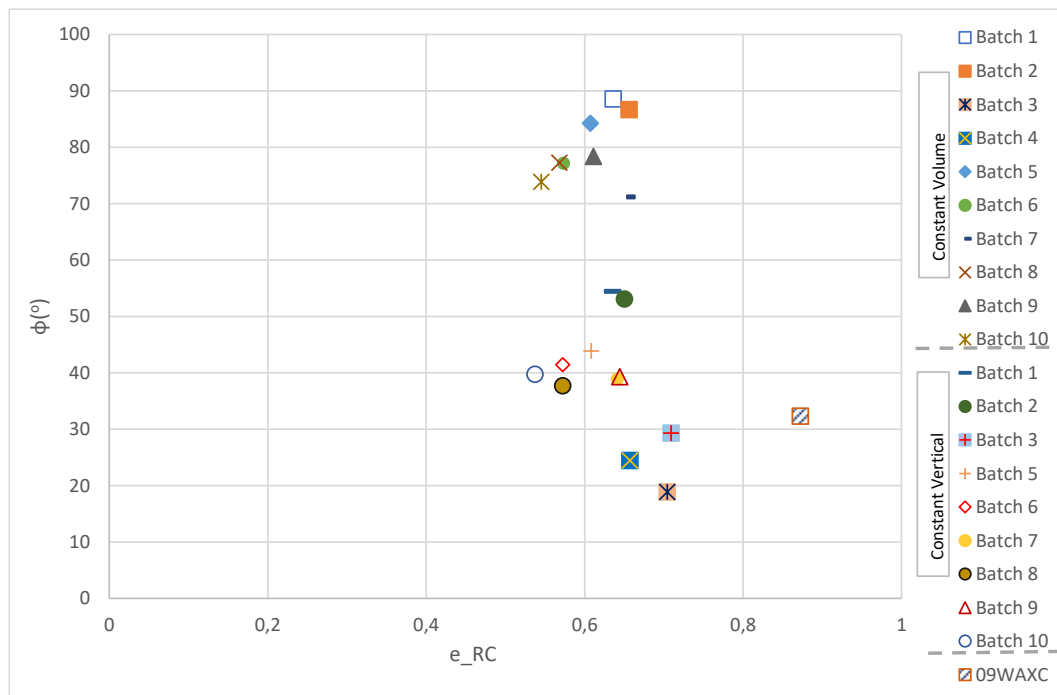
Σχήμα 4.2. 2: C_s -PI, C_s -W_L, C_s -w, C_s -e για όλα τα εδάφη των πινάκων 4.2.2 και 4.2.3



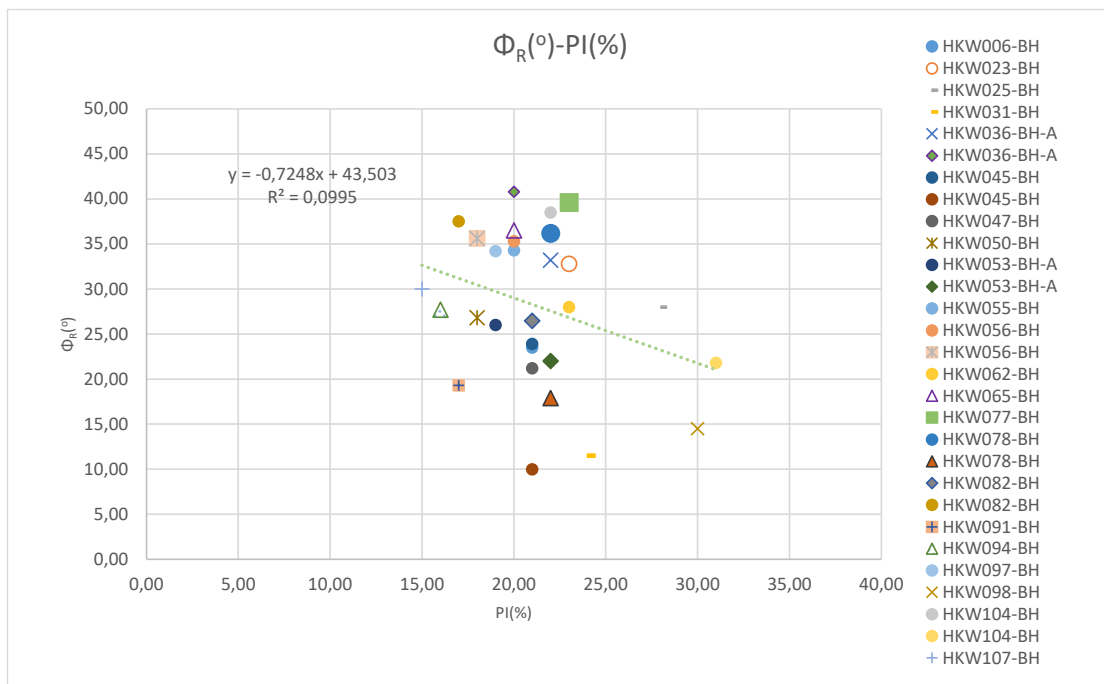
Σχήμα 4.2. 3: C_c - C_s για όλα τα εδάφη των πινάκων 4.2.2 και 4.2.3



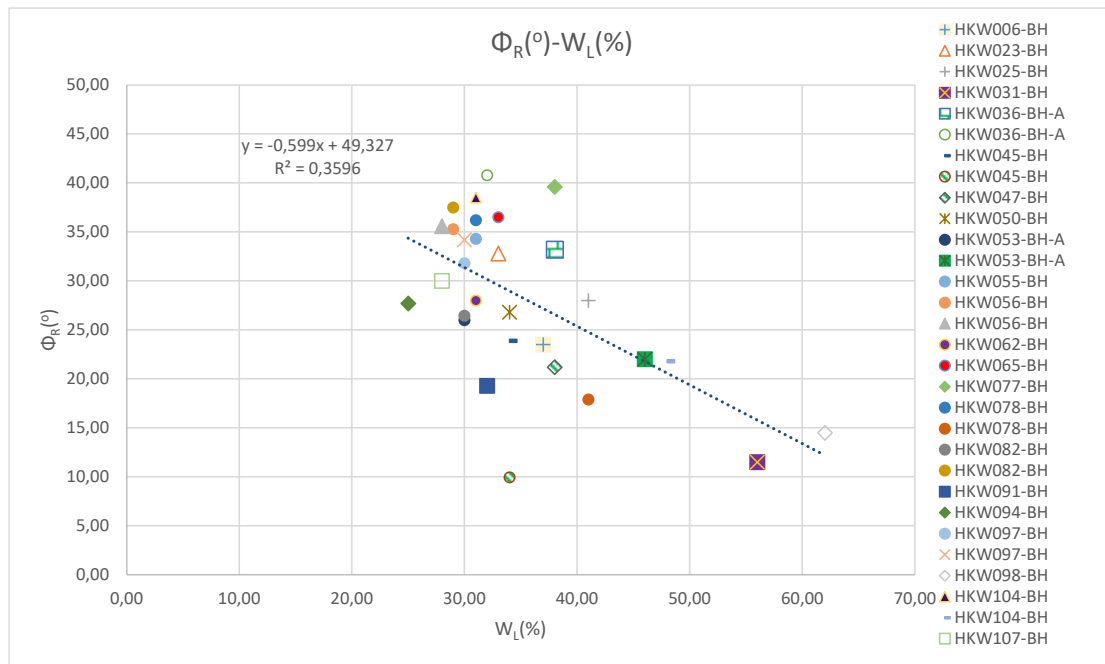
Σχήμα 4.2. 4: ϕ - Dr για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη των Πινάκων 4.2.5 και 4.2.6



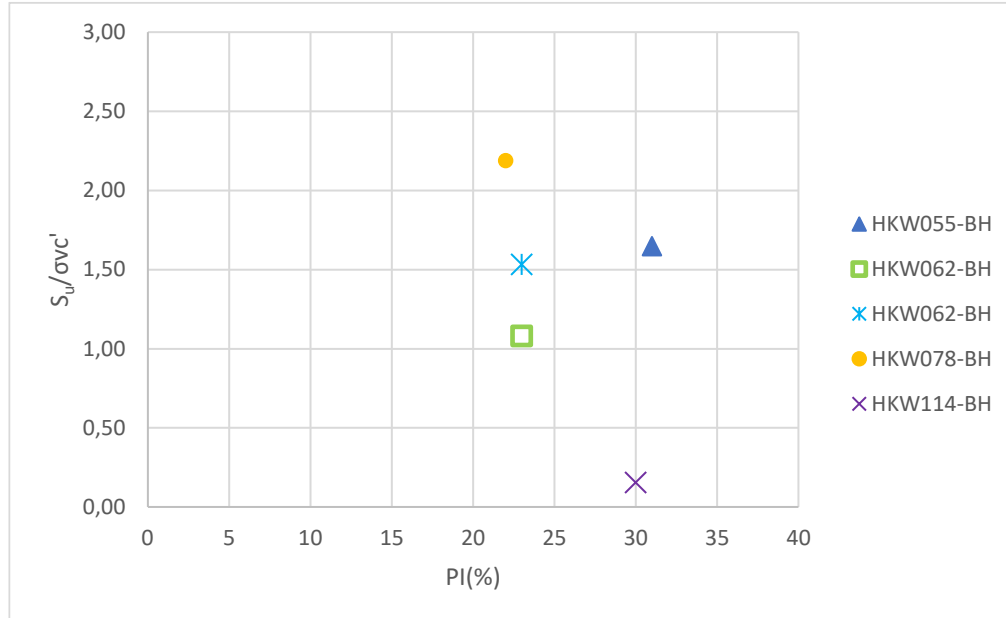
Σχήμα 4.2. 5: ϕ - e για όλα τα εδάφη των Πινάκων 4.2.5 και 4.2.6



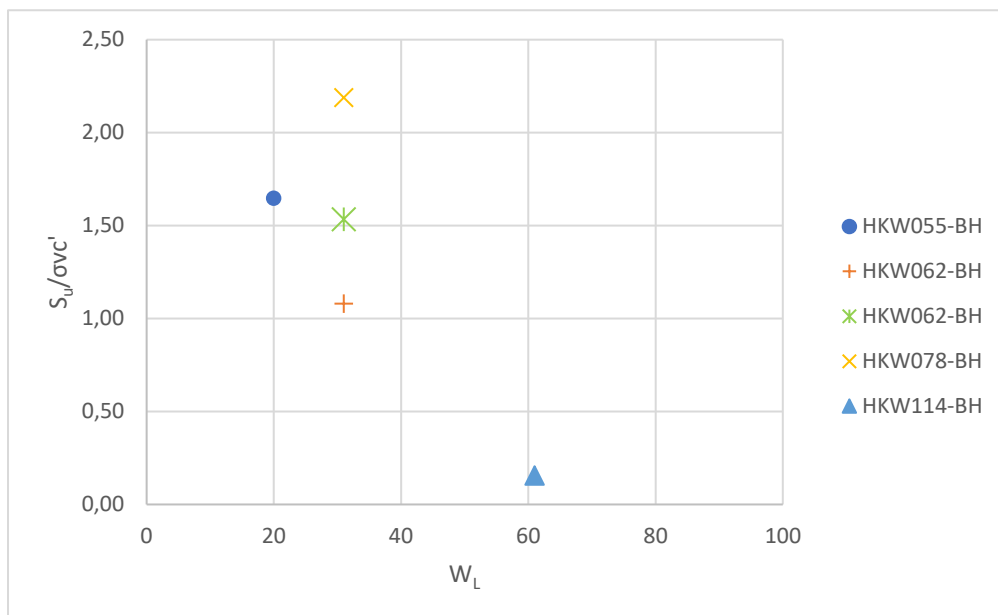
Σχήμα 4.2. 6: ϕ -PI για όλα τα εδάφη του πίνακα 4.2.7



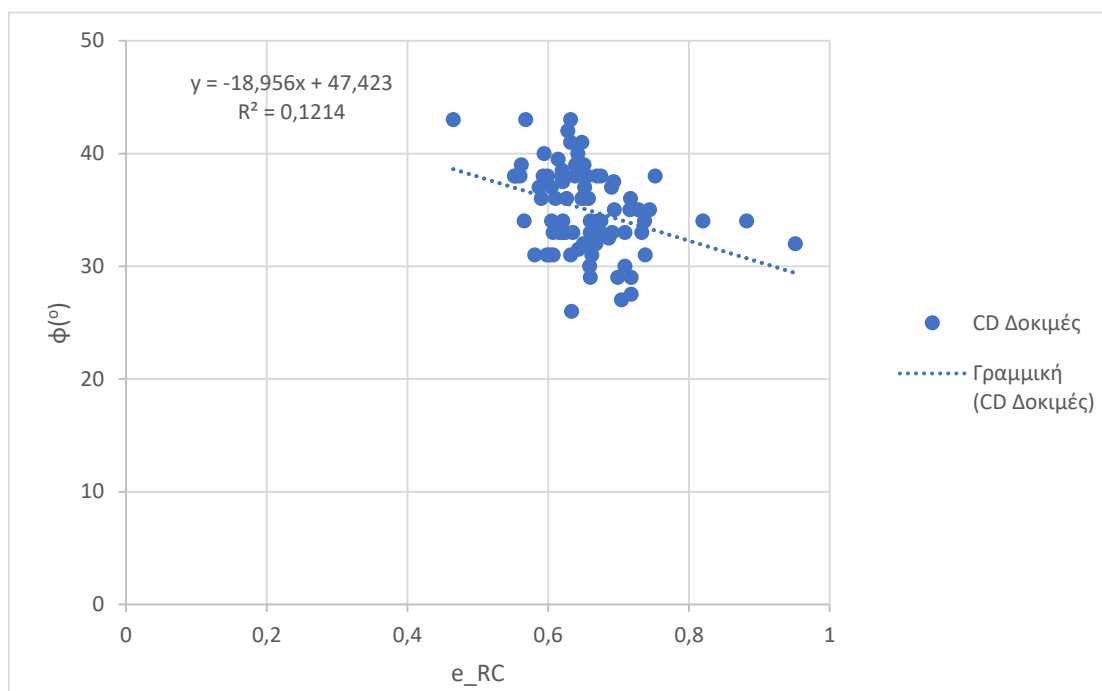
Σχήμα 4.2. 7: ϕ_R - W_L για όλα τα εδάφη του Πίνακα 4.2.7



Σχήμα 4.2. 8: $(S_u / \sigma_v c')$ -PI για τα αδιατάρακτα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.2.8



Σχήμα 4.2. 9: (S_u/σ_{vc}') - W_L για τα αδιατάρακτα λεπτόκοκκα εδάφη του πίνακα 4.2.8



Σχήμα 4.2. 10: ϕ - e_{RC} για τα χονδρόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές CID και CAD

4.3 Δοκιμές Κυκλικής και Δυναμικής Φόρτισης

Οι δοκιμές κυκλικής και δυναμικής φόρτισης είναι γεωτεχνικές δοκιμές κατά τις οποίες το εδαφικό δείγμα υποβάλλεται σε κύκλους φόρτισης που προσομοιώνουν φαινόμενα όπως σεισμοί, κύματα, δονήσεις από μηχανήματα ή και κίνηση οχημάτων. Ο κύριος στόχος τους είναι να εκτιμηθεί η απόκριση του εδάφους σε συνθήκες, οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ρευστοποίηση, μείωση διατμητικής αντοχής ή αυξημένη παραμόρφωση.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται ανάλυση στις εξής δυναμικές δοκιμές: Πιεζοηλεκτρικά στοιχεία, Κυκλική απλή διάτμηση, Κυκλική τριαξονική φόρτιση και Στήλη συντονισμού.

4.3.1 Πιεζοηλεκτρικά Στοιχεία (BE)

Τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία μπορούν να τοποθετηθούν στη βάση και το καπάκι οιδημέτρου, τριαξονικής συσκευής κτλ.

Η σύνθεση των στοιχείων είναι τέτοια που η εφαρμογή μιας κυματομόρφης τάσης στις πλάκες των στοιχείων προκαλεί κάμψη, η οποία όταν τα στοιχεία είναι εγκατεστημένα σε ένα εδαφικό δείγμα, διαδίδει ένα κύμα διάτμησης μέσω αυτού. Μετά την ηλεκτρική διέγερση των στοιχείων μετάδοσης, ο χρόνος άφιξης στο στοιχείο λήψης καθορίζεται με τη χρήση ενός υψηλής συχνότητας παλμογράφου.

Η ταχύτητα του κύματος διάτμησης (S-wave velocity, V_s) υπολογίζεται από το χρόνο διάδοσης του κύματος και την απόσταση μεταξύ των στοιχείων. Οι τιμές του μέγιστου μέτρου διατμητικής δυσκαμψίας του εδάφους στις μικρές παραμορφώσεις, G_{max} , μπορούν να υπολογιστούν από την ταχύτητα V_s χρησιμοποιώντας τη σχέση $G_{max} = \rho \times V_s^2$.

Έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι ερμηνείας για την αξιολόγηση του χρόνου διάδοσης του κύματος διάτμησης σε ένα δείγμα εδάφους. Αυτή η μέθοδος δοκιμής περιγράφει μόνο δύο από αυτές, την Start to Start και την Peak to Peak, χρησιμοποιώντας ένα απλό ημιτονοειδές σήμα που αποστέλλεται στα στοιχεία του πομπού.

Τα στοιχεία μπορεί να μη λειτουργούν πολύ καλά σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε εξαιρετικά σκληρά εδάφη, όπου το παραγόμενο πλάτος του κύματος διάτμησης μπορεί να είναι εξαιρετικά μικρό.

Δοκιμές μονοτονικής τριαξονικής φόρτισης με BE σε λεπτόκοκκα εδάφη:

Από τις τεχνικές εκθέσεις των εργαστηριακών δοκιμών BE προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις αναφορικά με τις αρχικές συνθήκες των δοκιμών:

α) Στις τριαξονικές δοκιμές (CU) στο δείγμα 22WAXE από τη γεώτρηση HKW025-BH, στο δείγμα 21WAXB από τη γεώτρηση HKW053-BH, στο δείγμα 26WAXC από τη γεώτρηση HKW106-BH και στο δείγμα 42WAXC από τη γεώτρηση HKW110-BH, παρατηρείται πτώση στην αποκλίνουσα τάση (q) στα διαγράμματα « q έναντι αξονικής παραμόρφωσης» και μια κορύφωση στην πίεση πόρων (PWP) στα διαγράμματα «PWP έναντι αξονικής παραμόρφωσης». Αυτό οφείλεται στην επαναρύθμιση του ελεγκτή πίεσης μεταξύ των μεμονωμένων σταδίων της φάσης διάτμησης. Οι δοκιμές συνεχίστηκαν μετά την επαναρύθμιση και τα αποτελέσματα των δοκιμών δεν επηρεάστηκαν.

β) Η πίεση πόρων κατά τη φάση διάτμησης της τριαξονικής δοκιμής CU στο δείγμα 06WAXB από τη γεώτρηση HKW025-BH-A παρουσιάζει ακανόνιστη συμπεριφορά. Αυτό πιθανά οφείλεται σε μερικώς φραγμένο αισθητήρα πίεσης πόρων. Τα αποτελέσματα της δοκιμής ελέγχθηκαν και κρίθηκαν ικανοποιητικά.

(γ) Ο εξωτερικός αισθητήρας μετατόπισης ενδέχεται να σταμάτησε τη λειτουργία του κατά τη διάρκεια των σταδίων στερεοποίησης της δοκιμής CU στο δείγμα 36WAXC από τη γεώτρηση HKW047-BH. Ως εκ τούτου, δεν καταγράφηκαν εξωτερικές μετρήσεις αξονικής παραμόρφωσης και, κατά συνέπεια, δεν παρουσιάστηκαν. Κατά τη φάση της διάτμησης, ο αισθητήρας λειτούργησε ξανά κανονικά. Τα αποτελέσματα της δοκιμής κρίθηκαν ικανοποιητικά, αλλά θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν με προσοχή.

Οι αρχικές συνθήκες των δοκιμών BE για τα λεπτόκοκκα εδάφη παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.1. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των δοκιμών αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.2.

Στο Σχήμα 4.3.1.α παρουσιάζεται η μεταβολή του G_{max} με τη σ'_o για το σύνολο των λεπτόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν με τα BE. Παρατηρείται αύξηση του G_{max} με τη σ'_o . Αυτό είναι σύμφωνο με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Στο Σχήμα 4.3.1.β παρουσιάζεται ξανά η μεταβολή του G_{max} με τη σ'_o διαχωρίζοντας τα εδάφη σε δύο κατηγορίες: αυτά με $PI > 20\%$ και αυτά με $PI < 20\%$. Παρατηρείται η ίδια επίδραση της τάσης στο G_{max} και για τις δύο κατηγορίες λεπτόκοκκων εδαφών.

Στα Σχήματα 4.3.2 και 4.3.3 παρουσιάζεται η συσχέτιση του G_{max} με την αστράγγιστη διατμητική αντοχή, S_u , και την κανονικοποιημένη αντοχή, S_u/σ'_v , για τα λεπτόκοκκα εδάφη, βάσει των τιμών του Πίνακα 4.3.3. Παρατηρείται αύξηση του G_{max} με τη S_u , και μείωσή του με την αύξηση της S_u/σ'_v .

Δοκιμές μονοτονικής τριαξονικής φόρτισης με BE σε χονδρόκοκκα εδάφη:

Τα δοκίμια που μελετήθηκαν προήλθαν από ανάμειξη δειγμάτων χονδρόκοκκων εδαφών από γειτονικές περιοχές. Οι αρχικές συνθήκες των δοκιμών BE για τα χονδρόκοκκα εδάφη παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.4. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των δοκιμών αυτών μαζί με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των δοκιμών CIU και CAU παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.5.

Στο Σχήμα 4.3.4 παρουσιάζεται η μεταβολή του $G_{\max}$ με τη σ'_o για το σύνολο των χονδρόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν με τα ΒΕ. Παρατηρείται αύξηση του $G_{\max}$ με τη σ'_o .

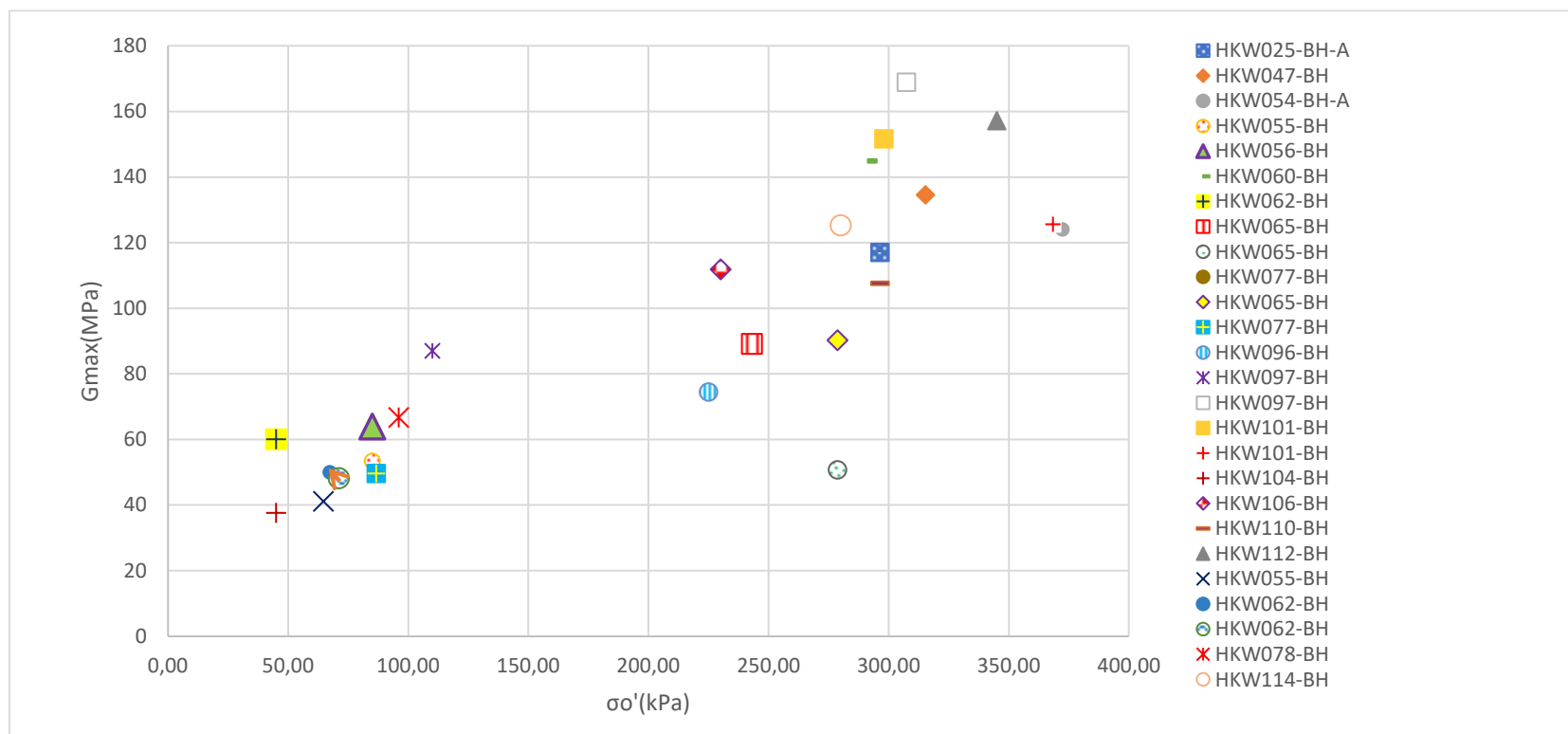
Για το σύνολο των λεπτόκοκκων και των χονδρόκοκκων εδαφών δίνεται ο Πίνακας 4.3.6. Στο Σχήμα 4.3.5 παρουσιάζεται η μεταβολή του $G_{\max}$ με τη ϕ' για τα εδάφη του Πίνακα 4.3.6.

Πίνακας 4.3. 1: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές BE (CIU & CAU) για τα λεπτόκοκκα εδάφη

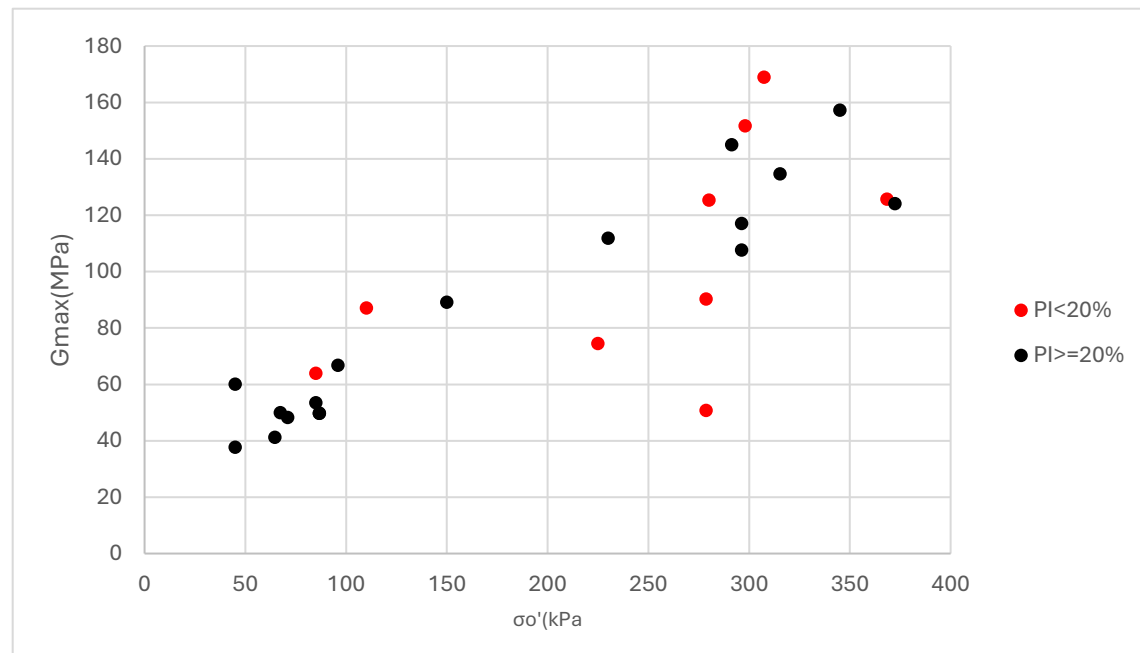
Borehole	Sample	Test No	Depth	PI(%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	Gs	Sr(%)	w(%)	eo	OCR
HKW006-BH	24WAXC	CIUcBE18	23,02	21	0,940	2,70	2,67	100	35	0,935	
HKW025-BH	22WAXE	CIUcBE06	20,60	28	0,756	2,70	2,69	100	30,2	0,812	
HKW025-BH-A	08WAXA	CAUcBE28	37,50	24	0,741	2,70	2,7	100	28,9	0,780	
HKW036-BH-A	43WAXB	CAUcBE41	36,75	20	0,652	2,70	2,72	100	24,9	0,677	2,6
HKW036-BH-A	46WAXE	CAUcBE42	40,15	21	0,508	2,70	2,73	100	19	0,519	
HKW045-BH	53WAXD	CAUcBE45	47,80	33	0,967	2,70	2,69	100	36	0,968	
HKW047-BH	36WAXC	CAUcBE31	28,62	21	0,734	2,70	2,69	100	27,8	0,748	
HKW047-BH	54WAXB	CAUcBE32R	42,10	22	0,696	2,65	2,69	100	26,7	0,718	
HKW050-BH	04WAXB	CIUcBE09	3,10	18	0,746	2,70	2,67	100	28,4	0,758	
HKW050-BH	53WAXC	CAUcBE33	52,50	22	0,909	2,70	2,68	100	33,6	0,900	
HKW053-BH-A	21WAXB	CIUcBE12	24,15	22	0,691	2,70	2,67	100	26,1	0,697	
HKW054-BH-A	42WAXC	CAUcBE34	43,50	21	0,840	2,70	2,7	100	31,3	0,845	
HKW055-BH	08WAXB	CIUcBE13	6,65	20	0,708	2,70	2,71	100	26,4	0,715	
HKW056-BH	11WAXB	CIUcBE14	8,71	18	0,650	2,70	2,7	100	24,3	0,656	
HKW060-BH	42WAXB	CAUcBE36	37,20	26	0,561	2,70	2,74	99	20,6	0,570	
HKW062-BH	07WAXB	CIUcBE15	4,65	23	0,823	2,70	2,67	100	32	0,854	
HKW065-BH	17WAXC	CIUcBE17	15,40	28	0,867	2,70	2,69	100	32,1	0,863	
HKW065-BH	39WAXB	CAUcBE51	37,17	17	0,518	2,70	2,71	77	14,17	0,499	
HKW077-BH	08WAXC	CAUcBE44	7,20	22	1,051	2,70	2,74	100	39,9	1,093	
HKW077-BH	24WAXE	CIUcBE21	23,45	35	0,961	2,70	2,74	100	35,7	0,978	
HKW096-BH	23WAXD	CIUcBE05	22,21	19	0,782	2,69	2,69	100	31,4	0,845	
HKW097-BH	11WAXC	CIUcBE02	10,70	13	0,614	2,70	2,7	100	25,9	0,699	
HKW097-BH	40WAXB	CAUcBE12	37,25	16	0,739	2,70	2,7	100	28,4	0,767	
HKW098-BH	28WAXC	CAUcBE13	27,55	23	1,322	2,70	2,61	100	63,1	1,647	
HKW101-BH	44WAXC	CAUcBE14	43,10	18	0,625	2,70	2,68	100	24	0,643	
HKW101-BH	48WAXC	CAUcBE15	46,93	16	0,761	2,71	2,71	100	28,1	0,762	
HKW104-BH	05WAXC	CIUcBE22	4,25	22	0,838	2,70	2,7	100	31,1	0,840	
HKW104-BH	23WAXC	CIUcBE23	21,42	31	0,900	2,70	2,68	100	33,3	0,892	
HKW106-BH	26WAXC	CIUcBE03	23,30	20	0,713	2,70	2,75	100	26,6	0,732	
HKW110-BH	34WAXB	CAUcBE17	32,70	20	0,748	2,70	2,66	100	28,2	0,750	2,9
HKW110-BH	42WAXC	CAUcBE53	40,35	23	0,858	2,70	2,68	100	38,2	1,024	
HKW110-BH	44WAXC	CAUcBE19	42,60	25	0,869	2,70	2,68	100	32,3	0,866	
HKW112-BH	45WAXD	CAUcBE52	41,45	31	0,717	2,70	2,71	90	23,8	0,717	
HKW055-BH	07WAXB	CAUcBE03	5,70	20	0,763	2,70	2,66	100	28,4	0,755	
HKW062-BH	08WAXC	CAUcBE05	5,80	23	0,842	2,70	2,75	100	30,9	0,850	
HKW062-BH	08WAXE	CAUcBE04	6,17	23	0,719	2,70	2,75	100	28,7	0,789	
HKW078-BH	12WAXC	CAUcBE01	8,95	22	0,691	2,70	2,71	100	24	0,650	
HKW114-BH	38WAXD	CAUcBE02	35,55	19	0,925	2,70	2,68	100	32,3	0,866	

Πίνακας 4.3. 2 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών BE (CIU & CAU) για τα λεπτόκοκκα εδάφη

Borehole	Από τις δοκιμές που έχω στοιχεία τελικά:					Stage 1 (consolidation - isotropic)				Stage 2(consolidation -anisotropic)					
	Sample	Test No	Depth	PI(%)	Στερεοποίηση	$\sigma'_{RC}(kPa)$	e_{RC}	$V_s(m/s)$	$G_{max}(Mpa)$	$\sigma'_{RC}(kPa)$	$\sigma'_{RC}(kPa)$	$\sigma'_{RC}(kPa)$	e_{RC}	$V_s(m/s)$	$G_{max}(MPa)$
HKW025-BH-A	08WAXA	CAUcBE28	37,50	24	Ανισότροπη	256	0,687	89,48	16,03	377,00	256,00	296,33	0,677	238,49	117,02
HKW047-BH	54WAXB	CAUcBE32R	42,10	22	Ανισότροπη	279	0,669	241,48	116,71	388	279	315,33	0,661	259,7	134,64
HKW054-BH-A	42WAXC	CAUcBE34	43,50	21	Ανισότροπη	300	0,745	242,57	116,17	727	195	372,33	0,729	250,18	124,11
HKW055-BH	08WAXB	CIUcBE13	6,65	20	Ισότροπη	85	0,66	162,39	53,47						
HKW056-BH	11WAXB	CIUcBE14	8,71	18	Ισότροπη	85	0,615	176,28	63,92						
HKW060-BH	42WAXB	CAUcBE36	37,20	26	Ανισότροπη	255	0,556	252,08	132,74	364	255	291,33	0,55	263,15	144,92
HKW062-BH	07WAXB	CIUcBE15	4,65	23	Ισότροπη	45	0,801	174,71	60,04						
HKW065-BH	17WAXC	CIUcBE17	15,40	28	Ισότροπη	150	0,811	214,43	89,15						
HKW065-BH	39WAXB	CAUcBE51	37,17	17	Ανισότροπη	243	0,439	191,25	79,8	350	243	278,667	0,424	163,8	50,71
HKW077-BH	08WAXC	CAUcBE44	7,20	22	Ανισότροπη	96	1,024	165,45	50,71	68	96	86,667	1,027	163,8	49,68
HKW065-BH	39WAXB	CAUcBE51	37,17	17	Ανισότροπη	243	0,439	191,25	79,8	350	243	278,667	0,424	202,87	90,31
HKW077-BH	08WAXC	CAUcBE44	7,20	22	Ανισότροπη	96	1,024	164,32	50,08	68	96	86,667	1,027	163,8	49,68
HKW096-BH	23WAXD	CIUcBE05	22,21	19	Ισότροπη	225	0,735	192,46	74,46						
HKW097-BH	11WAXC	CIUcBE02	10,70	13	Ισότροπη	110	0,558	201,38	87,03						
HKW097-BH	40WAXB	CAUcBE12	37,25	16	Ανισότροπη	269	0,735	280,4	156,94	384	269	307,33	0,73	290,72	168,95
HKW101-BH	44WAXC	CAUcBE14	43,10	18	Ανισότροπη	245	0,615	240,96	119,99	404	245	298	0,606	270,57	151,71
HKW101-BH	48WAXC	CAUcBE15	46,93	16	Ανισότροπη	322	0,688	231,93	108,32	461	322	368,33	0,589	245,96	125,66
HKW104-BH	05WAXC	CIUcBE22	4,25	22	Ισότροπη	45	0,753	138,27	37,67						
HKW106-BH	26WAXC	CIUcBE03	23,30	20	Ισότροπη	230	0,648	234,47	111,84						
HKW110-BH	42WAXC	CAUcBE53	40,35	23	Ανισότροπη	251	0,755	216,22	96,67	387	251	296,333	0,745	227,89	107,68
HKW112-BH	45WAXD	CAUcBE52	41,45	31	Ανισότροπη	302	0,696	266,6	142,33	431	302	345	0,689	279,91	157,23
HKW055-BH	07WAXB	CAUcBE03	5,70	20	Ανισότροπη	70	0,74	136,47	37,12	54	70	64,667	0,738	143,7	41,17
HKW062-BH	08WAXC	CAUcBE05	5,80	23	Ανισότροπη	73	0,836	162,3	51,34	56	73	67,333	0,833	160,1	50
HKW062-BH	08WAXE	CAUcBE04	6,17	23	Ανισότροπη	77	0,688	154,17	48,23	59	77	71	0,682	154,06	48,25
HKW078-BH	12WAXC	CAUcBE01	8,95	22	Ανισότροπη	99	0,576	173,81	64,82	90	99	96	0,543	175,32	66,72
HKW114-BH	38WAXD	CAUcBE02	35,55	19	Ανισότροπη	245	0,848	230,85	103,43	350	245	280	0,834	253,68	125,36



Σχήμα 4.3. 1α: Μεταβολή του G_{max} με σ_o' από τις δοκιμές BE (CIU & CAU) για τα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.3.2



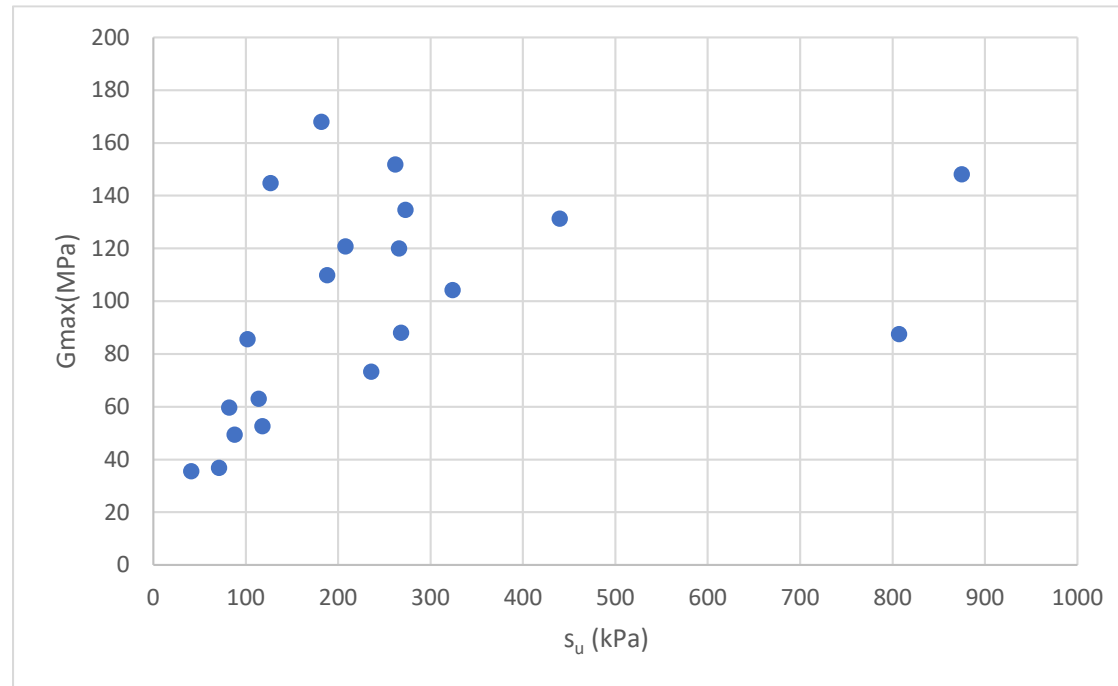
Σχήμα 4.3.1β: Μεταβολή του G_{max} με σ'_o από τις δοκιμές BE (CIU & CAU) για τα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.3.2

Πίνακας 4.3. 3: Συγκεντρωτικός Πίνακας δεδομένων δοκιμών BE (CIU & CAU) για τα αδιατάρακτα δείγματα

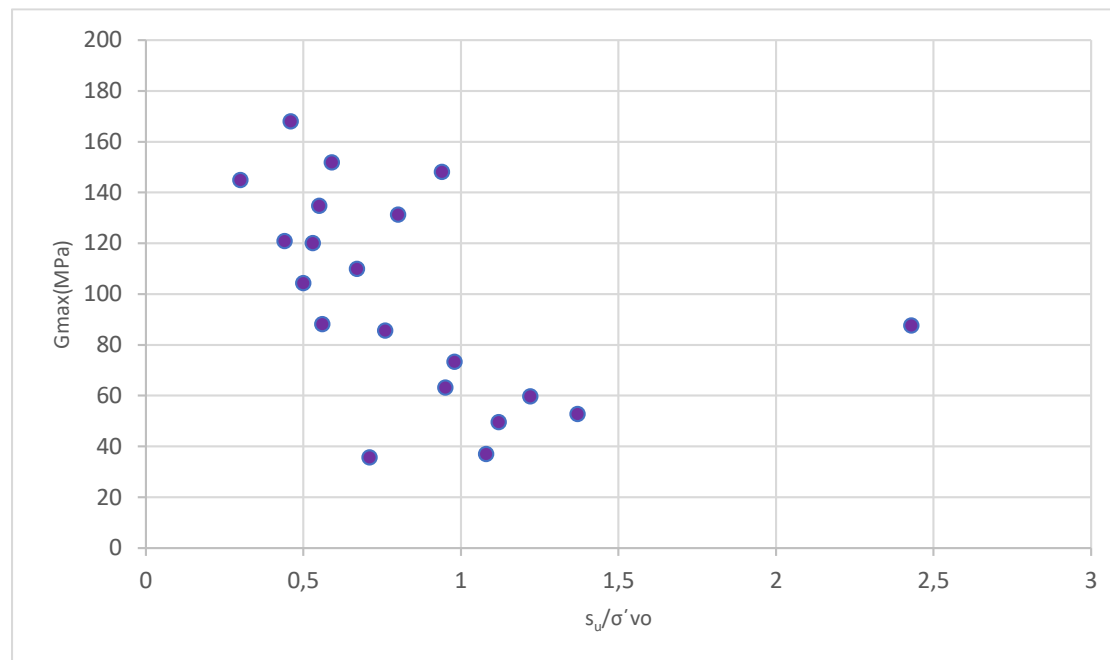
Location	Sample No.	Depth [m BSF]	Specimen	Test Type	σ'_{v0} [kPa]	w_i [%]	γ_1 [kN/m ³]	γ_2 [kN/m ³]	ρ_s [Mg/m ³]	$\Delta e/e_0$ [-]	γ_{pe} [kN/m ³]	$\sigma'_{v,pe}$ [kPa]	$\sigma'_{r,pe}$ [kPa]	$\varepsilon_{v,pe}$ [%]	v_s [m/s]	G_{max} [MPa]	s_u [kPa]	ε_a [%]	s_u/σ'_{v0} [-]	s_u [kPa]	ε_a [%]	s_u/σ'_{v0} [-]
HKW002-BH	W43	33.36	Undisturbed	ac	341	29.1	19.1	19.1	2.70	0.08	19.5	335	268	3.36	-	-	193	9.5	0.56	177	4.3	0.52
HKW006-BH	W24	23.02	Undisturbed	ic+be	233	35.0	18.4	18.4	2.70	0.14	19.1	230	230	7.01	-	-	151	16.8	0.65	136	8.6	0.59
HKW019-BH	W20	18.25	Undisturbed	ic	181	26.4	19.3	19.6	2.65	0.12	20.1	175	175	4.66	-	-	750	19.2	4.15	282	5.5	1.56
HKW023-BH	W58	38.14	Undisturbed	ac	390	31.5	18.9	19.0	2.71	0.17	19.8	362	268	7.58	-	-	166	19.2	0.43	160	13.2	0.41
HKW025-BH	W22	20.60	Undisturbed	ic+be	210	30.2	19.0	19.6	2.70	0.12	20.2	205	205	5.24	-	-	196	16.9	0.93	141	5.7	0.67
HKW025-BH-A	W06	35.62	Undisturbed	ac	365	28.6	19.2	19.9	2.70	0.12	20.5	360	251	5.09	-	-	303	16.2	0.83	248	6.7	0.68
HKW025-BH-A	W08	37.50	Undisturbed	ac+be	384	28.9	19.2	19.6	2.70	0.09	20.0	377	256	3.68	256.3	131.3	440	17.0	1.14	307	7.3	0.80
HKW031-BH	W45	41.23	Undisturbed	ac	409	24.6	19.8	19.6	2.70	0.05	19.8	393	275	2.03	-	-	176	8.8	0.43	173	7.5	0.42
HKW033-BH	W46	44.14	Undisturbed	ac	442	30.6	18.9	19.3	2.70	0.20	20.2	439	307	8.86	-	-	293	16.1	0.66	246	7.8	0.56
HKW036-BH-A	W43	36.75	Undisturbed	ac+be	355	24.9	19.8	20.0	2.70	0.16	20.7	347	239	6.36	-	-	379	18.4	1.07	274	7.5	0.77
HKW036-BH-A	W46	40.15	Undisturbed	ac+be	388	19.0	20.8	20.9	2.70	0.00	20.9	378	266	0.00	-	-	231	4.5	0.59	222	3.6	0.57
HKW040-BH	W34	30.50	Undisturbed	ac	298	23.2	20.1	18.2	2.70	0.02	19.3	303	242	1.06	-	-	789	20.0	2.85	349	6.0	1.17
HKW042-BH	W23	20.55	Undisturbed	ic	200	34.7	18.4	19.9	2.70	0.13	20.5	195	195	5.70	-	-	191	17.3	0.95	136	6.0	0.69
HKW045-BH	W53	47.80	Undisturbed	ac+be	492	36.0	18.3	18.3	2.70	0.03	18.4	483	338	1.53	-	-	267	13.1	0.54	254	10.5	0.52
HKW045-BH	W58	52.66	Undisturbed	ac	542	26.4	19.5	20.3	2.70	0.04	20.4	533	373	1.69	-	-	313	3.3	0.58	281	9.4	0.52
HKW047-BH	W36	28.62	Undisturbed	ac+be	286	27.8	19.3	19.5	2.70	0.11	20.0	273	218	4.79	-	-	105	16.3	0.37	86	5.6	0.30
HKW047-BH	W54	42.10	Undisturbed	ac+be	418	26.7	19.3	19.4	2.65	0.05	19.6	399	279	2.06	261.0	134.7	273	15.5	0.65	230	6.7	0.55
HKW050-BH	W04	3.10	Undisturbed	ic+be	32	28.4	19.2	19.5	2.70	0.05	19.7	30	30	2.06	133.9	35.6	41	7.1	1.30	23	2.5	0.71
HKW050-BH	W53	52.50	Undisturbed	ac+be	525	33.6	18.6	18.5	2.70	0.01	18.5	356	509	0.31	-	-	237	3.2	0.45	235	4.0	0.45
HKW053-BH-A	W05	8.41	Undisturbed	ic	85	29.2	19.3	20.0	2.73	0.12	20.6	85	85	4.98	-	-	108	18.6	1.26	74	5.3	0.87
HKW053-BH-A	W21	24.15	Undisturbed	ic+be	247	26.1	19.6	19.7	2.70	0.13	20.3	240	240	5.38	-	-	173	17.4	0.70	135	4.7	0.55
HKW054-BH-A	W42	43.50	Undisturbed	ac+be	433	31.3	18.8	18.8	2.70	0.13	19.4	429	300	6.03	250.2	120.0	266	10.9	0.61	226	3.5	0.53
HKW055-BH	W08	6.65	Undisturbed	ic+be	64	26.4	19.5	19.6	2.70	0.07	19.9	85	85	2.81	162.4	52.7	118	14.0	1.82	88	4.0	1.37
HKW056-BH	W11	8.71	Undisturbed	ic+be	85	24.3	19.9	19.9	2.70	0.05	20.2	85	85	2.12	176.3	63.1	114	15.6	1.34	81	4.7	0.95
HKW056-BH	W39	34.82	Undisturbed	ac	349	28.8	19.2	19.5	2.70	0.16	20.2	342	243	6.64	-	-	273	20.2	0.78	214	8.5	0.61
HKW060-BH	W42	37.20	Undisturbed	ac+be	398	20.6	20.5	20.5	2.70	0.02	20.5	255	364	0.71	263.2	144.8	127	16.4	0.32	120	20.0	0.30
HKW062-BH	W07	4.65	Undisturbed	ic+be	47	32.0	18.8	19.2	2.70	0.03	19.3	45	45	1.21	174.7	59.7	82	13.5	1.75	57	2.6	1.22
HKW065-BH	W12	10.70	Undisturbed	ic	106	23.6	20.0	21.0	2.70	0.10	21.5	105	105	3.54	-	-	166	19.8	1.55	101	9.9	0.94
HKW065-BH	W17	15.40	Undisturbed	ic+be	150	32.1	18.7	18.7	2.70	0.08	19.0	150	150	3.00	214.4	87.6	807	11.1	5.36	365	5.1	2.43
HKW065-BH	W39	37.17	Undisturbed	ac+be	363	14.7	21.7	20.0	2.70	0.18	20.7	350	243	6.19	200.4	88.1	268	20.0	0.74	203	6.2	0.56
HKW072-BH	W32	28.60	Undisturbed	ic	293	28.8	19.0	19.0	2.66	0.06	19.3	267	267	2.68	-	-	229	7.8	0.78	216	5.1	0.74
HKW072-BH	W35	32.01	Undisturbed	ac	327	27.0	19.5	19.8	2.70	0.02	19.9	318	254	0.89	-	-	212	2.3	0.65	178	11.5	0.54
HKW077-BH	W08	7.20	Undisturbed	ac+be	70	39.9	17.8	18.1	2.70	0.02	18.1	68	96	1.17	163.8	48.5	88	5.6	1.25	78	3.5	1.12
HKW077-BH	W24	23.45	Undisturbed	ic+be	228	35.7	18.3	18.3	2.70	0.02	18.3	225	225	0.77	-	-	134	11.8	0.59	130	1.2	0.57
HKW077-BH	W32	30.65	Undisturbed	ac	295	30.3	19.1	20.1	2.73	0.15	20.8	289	222	6.18	-	-	249	18.4	0.85	152	5.6	0.51
HKW078-BH	W11	7.73	Undisturbed	ic	81	29.4	19.1	17.3	2.70	0.05	18.4	80	80	2.37	-	-	75	8.4	0.92	63	3.0	0.78
HKW078-BH	W30	27.05	Undisturbed	ac	277	21.6	20.3	20.3	2.70	0.14	20.9	257	206	4.99	-	-	169	15.3	0.61	149	8.7	0.54

Πίνακας 4.3.3: Συγκεντρωτικός Πίνακας δεδομένων δοκιμών BE (CIU & CAU) για τα αδιατάρακτα δείγματα- Συνεχεία

Location	Sample No.	Depth [m BSF]	Specimen	Test Type	σ'_{v0} [kPa]	w_i [%]	γ_1 [kN/m ³]	γ_2 [kN/m ³]	ρ_s [Mg/m ³]	$\Delta e/e_0$ [-]	γ_{pe} [kN/m ³]	$\sigma'_{v,pe}$ [kPa]	$\sigma'_{r,pe}$ [kPa]	$\varepsilon_{v,pe}$ [%]	V_s [m/s]	G_{max} [MPa]	At Peak Deviator Stress			At Peak Principal Effective Stress Ratio		
																	s_u [kPa]	e_a [%]	s_u/σ'_{v0} [-]	s_u [kPa]	e_a [%]	s_u/σ'_{v0} [-]
HKW078-BH	W56	55.15	Undisturbed	ac	-	26.6	19.5	18.6	2.70	0.15	19.8	533	266	6.79	-	-	233	9.5	-	225	6.2	-
HKW082-BH	W06	5.26	Undisturbed	ac	50	33.3	18.7	18.7	2.72	0.10	19.2	48	68	4.49	-	-	97	15.8	1.94	65	3.5	1.30
HKW082-BH	W22	20.30	Undisturbed	ic	199	34.7	18.4	18.4	2.70	0.08	18.7	195	195	3.00	-	-	235	20.1	1.18	168	7.4	0.84
HKW091-BH	W54	51.77	Undisturbed	ac	505	27.7	19.5	19.3	2.73	0.11	19.8	494	346	4.70	-	-	245	9.6	0.49	239	6.7	0.47
HKW094-BH	W33	30.65	Undisturbed	ac	319	23.4	20.0	20.0	2.70	0.04	20.1	320	225	1.53	-	-	801	21.0	2.51	352	8.9	1.10
HKW094-BH	W34	32.12	Undisturbed	ac	335	27.0	19.5	19.5	2.71	0.18	20.3	328	230	7.73	-	-	173	20.1	0.52	148	10.7	0.44
HKW094-BH	W40	37.65	Undisturbed	ac	391	35.7	18.3	18.3	2.70	0.04	18.5	355	230	1.99	-	-	163	7.6	0.42	162	6.9	0.41
HKW096-BH	W23	22.21	Undisturbed	ic+be	232	31.4	18.8	19.4	2.69	0.06	19.7	225	225	2.64	192.5	73.3	236	20.0	1.02	227	16.2	0.98
HKW097-BH	W11	10.70	Undisturbed	ic+be	110	25.9	19.6	20.7	2.70	0.09	21.1	110	110	3.47	201.4	85.6	102	13.7	0.93	84	7.3	0.76
HKW097-BH	W23	22.70	Undisturbed	ac	236	24.0	19.9	19.9	2.70	0.02	20.0	231	185	0.67	-	-	206	3.3	0.87	180	1.8	0.76
HKW097-BH	W40	37.25	Undisturbed	ac+be	392	28.4	19.2	19.5	2.70	0.01	19.6	384	269	0.52	290.7	168.0	182	1.8	0.46	182	1.9	0.46
HKW098-BH	W28	27.55	Undisturbed	ac+be	279	63.1	16.0	18.6	2.70	0.05	18.8	273	219	2.78	-	-	154	9.1	0.55	141	20.3	0.51
HKW098-BH	W32	31.40	Undisturbed	ac	315	17.2	21.0	21.0	2.67	0.03	21.2	321	219	1.10	-	-	467	20.1	1.48	294	6.0	0.93
HKW098-BH	W34	37.63	Undisturbed	ac	380	34.7	18.6	18.6	2.76	0.06	18.9	373	224	3.17	-	-	172	9.2	0.45	167	7.5	0.44
HKW101-BH	W44	43.10	Undisturbed	ac+be	432	24.0	19.9	20.2	2.70	0.03	20.2	404	245	1.17	268.2	148.1	875	20.0	2.02	405	5.9	0.94
HKW101-BH	W48	46.93	Undisturbed	ac+be	471	28.1	19.3	19.3	2.71	0.23	20.4	461	322	9.77	247.8	120.8	208	12.8	0.44	207	11.5	0.44
HKW104-BH	W05	4.25	Undisturbed	ic+be	45	31.1	18.9	18.9	2.70	0.10	19.3	45	45	4.63	138.3	36.9	71	14.3	1.55	49	5.1	1.08
HKW104-BH	W23	21.42	Undisturbed	ic+be	220	33.3	18.6	18.5	2.70	0.08	18.9	215	215	3.68	-	-	253	17.9	1.15	181	5.2	0.82
HKW104-BH	W33	31.39	Undisturbed	ac	324	28.5	19.2	19.3	2.70	0.08	19.7	318	453	3.47	-	-	416	17.0	1.28	343	7.0	1.06
HKW106-BH	W26	23.30	Undisturbed	ic+be	234	26.6	19.5	19.6	2.70	0.09	19.9	230	230	3.80	234.5	109.9	188	16.5	0.80	157	8.4	0.67
HKW106-BH	W40	37.60	Undisturbed	ac	373	28.6	19.2	22.5	2.69	0.14	23.0	365	255	4.83	-	-	243	20.2	0.65	415	6.5	1.11
HKW106-BH	W50	46.31	Undisturbed	ac	463	31.0	18.9	18.8	2.70	0.15	19.4	451	315	6.93	-	-	197	16.1	0.43	196	18.4	0.42
HKW107-BH	W41	37.98	Undisturbed	ac	1581	30.1	19.0	19.2	2.70	0.12	19.7	371	260	5.31	-	-	188	10.3	0.12	184	7.0	0.12
HKW110-BH	W34	32.70	Undisturbed	ac+be	325	28.2	19.3	19.4	2.70	0.03	19.6	319	255	1.43	-	-	200	10.6	0.62	197	4.3	0.61
HKW110-BH	W42	40.35	Undisturbed	ac+be	404	38.2	18.0	19.7	2.70	0.13	20.3	387	271	6.08	227.9	104.3	324	20.0	0.80	200	5.1	0.50
HKW110-BH	W44	42.60	Undisturbed	ac+be	425	32.3	18.7	18.7	2.70	0.05	18.9	417	292	2.14	-	-	266	11.8	0.62	214	4.0	0.50
HKW112-BH	W45	41.45	Undisturbed	ac+be	431	23.8	20.0	19.1	2.70	0.04	19.2	431	302	1.63	275.0	151.8	262	3.3	0.61	254	2.2	0.59
HKW113-BH	W51	50.76	Undisturbed	ac	528	29.0	19.2	19.7	2.72	0.08	20.1	518	363	3.61	-	-	260	8.3	0.49	251	5.3	0.48
HKW114-BH	W18	17.45	Undisturbed	ic	178	26.9	19.5	19.5	2.70	0.06	19.7	175	175	2.32	-	-	180	7.0	1.01	149	1.8	0.83
HKW114-BH	W36	33.10	Undisturbed	ac	340	27.5	19.3	19.7	2.68	0.04	19.9	334	267	1.71	-	-	216	6.6	0.64	195	3.5	0.57
HKW114-BH	W40	37.25	Undisturbed	ac	383	20.1	20.6	20.9	2.70	0.12	21.4	375	263	4.20	-	-	656	20.3	1.71	354	7.0	0.92



Σχήμα 4.3. 2: G_{max} - S_u για τα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.3.3



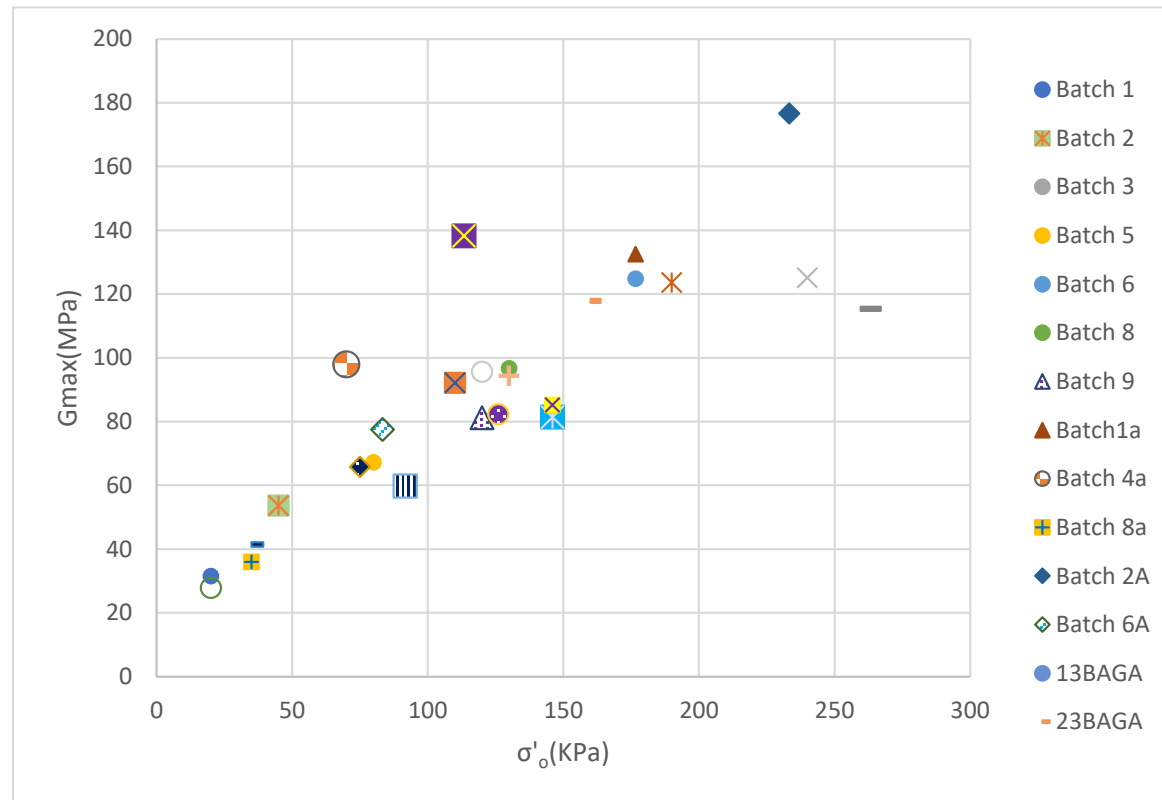
Σχήμα 4.3. 3: G_{max} - S_u/σ'_{vo} για τα λεπτόκοκκα εδάφη του Πίνακα 4.3.3

Πίνακας 4.3. 4: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές BE (CIU & CAU) για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Borehole	Sample	Test No	Depth	PI(%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	Gs	Sr(%)	w(%)	eo	OCR
HKW006-BH	24WAXC	CIUcBE18	23,02	21	0,940	2,70	2,67	100	35	0,935	
HKW025-BH	22WAXE	CIUcBE06	20,60	28	0,756	2,70	2,69	100	30,2	0,812	
HKW025-BH-A	08WAXA	CAUcBE28	37,50	24	0,741	2,70	2,7	100	28,9	0,780	
HKW036-BH-A	43WAXB	CAUcBE41	36,75	20	0,652	2,70	2,72	100	24,9	0,677	2,6
HKW036-BH-A	46WAXE	CAUcBE42	40,15	21	0,508	2,70	2,73	100	19	0,519	
HKW045-BH	53WAXD	CAUcBE45	47,80	33	0,967	2,70	2,69	100	36	0,968	
HKW047-BH	36WAXC	CAUcBE31	28,62	21	0,734	2,70	2,69	100	27,8	0,748	
HKW047-BH	54WAXB	CAUcBE32R	42,10	22	0,696	2,65	2,69	100	26,7	0,718	
HKW050-BH	04WAXB	CIUcBE09	3,10	18	0,746	2,70	2,67	100	28,4	0,758	
HKW050-BH	53WAXC	CAUcBE33	52,50	22	0,909	2,70	2,68	100	33,6	0,900	
HKW053-BH-A	21WAXB	CIUcBE12	24,15	22	0,691	2,70	2,67	100	26,1	0,697	
HKW054-BH-A	42WAXC	CAUcBE34	43,50	21	0,840	2,70	2,7	100	31,3	0,845	
HKW055-BH	08WAXB	CIUcBE13	6,65	20	0,708	2,70	2,71	100	26,4	0,715	
HKW056-BH	11WAXB	CIUcBE14	8,71	18	0,650	2,70	2,7	100	24,3	0,656	
HKW060-BH	42WAXB	CAUcBE36	37,20	26	0,561	2,70	2,74	99	20,6	0,570	
HKW062-BH	07WAXB	CIUcBE15	4,65	23	0,823	2,70	2,67	100	32	0,854	
HKW065-BH	17WAXC	CIUcBE17	15,40	28	0,867	2,70	2,69	100	32,1	0,863	
HKW065-BH	39WAXB	CAUcBE51	37,17	17	0,518	2,70	2,71	77	14,17	0,499	
HKW077-BH	08WAXC	CAUcBE44	7,20	22	1,051	2,70	2,74	100	39,9	1,093	
HKW077-BH	24WAXE	CIUcBE21	23,45	35	0,961	2,70	2,74	100	35,7	0,978	
HKW096-BH	23WAXD	CIUcBE05	22,21	19	0,782	2,69	2,69	100	31,4	0,845	
HKW097-BH	11WAXC	CIUcBE02	10,70	13	0,614	2,70	2,7	100	25,9	0,699	
HKW097-BH	40WAXB	CAUcBE12	37,25	16	0,739	2,70	2,7	100	28,4	0,767	
HKW098-BH	28WAXC	CAUcBE13	27,55	23	1,322	2,70	2,61	100	63,1	1,647	
HKW101-BH	44WAXC	CAUcBE14	43,10	18	0,625	2,70	2,68	100	24	0,643	
HKW101-BH	48WAXC	CAUcBE15	46,93	16	0,761	2,71	2,71	100	28,1	0,762	
HKW104-BH	05WAXC	CIUcBE22	4,25	22	0,838	2,70	2,7	100	31,1	0,840	
HKW104-BH	23WAXC	CIUcBE23	21,42	31	0,900	2,70	2,68	100	33,3	0,892	
HKW106-BH	26WAXC	CIUcBE03	23,30	20	0,713	2,70	2,75	100	26,6	0,732	
HKW110-BH	34WAXB	CAUcBE17	32,70	20	0,748	2,70	2,66	100	28,2	0,750	2,9
HKW110-BH	42WAXC	CAUcBE53	40,35	23	0,858	2,70	2,68	100	38,2	1,024	
HKW110-BH	44WAXC	CAUcBE19	42,60	25	0,869	2,70	2,68	100	32,3	0,866	
HKW112-BH	45WAXD	CAUcBE52	41,45	31	0,717	2,70	2,71	90	23,8	0,717	
HKW055-BH	07WAXB	CAUcBE03	5,70	20	0,763	2,70	2,66	100	28,4	0,755	
HKW062-BH	08WAXC	CAUcBE05	5,80	23	0,842	2,70	2,75	100	30,9	0,850	
HKW062-BH	08WAXE	CAUcBE04	6,17	23	0,719	2,70	2,75	100	28,7	0,789	
HKW078-BH	12WAXC	CAUcBE01	8,95	22	0,691	2,70	2,71	100	24	0,650	
HKW114-BH	38WAXD	CAUcBE02	35,55	19	0,925	2,70	2,68	100	32,3	0,866	

Πίνακας 4.3. 3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών BE (CIU & CAU, CID& CAD) για τα χονδρόκοκκα εδάφη

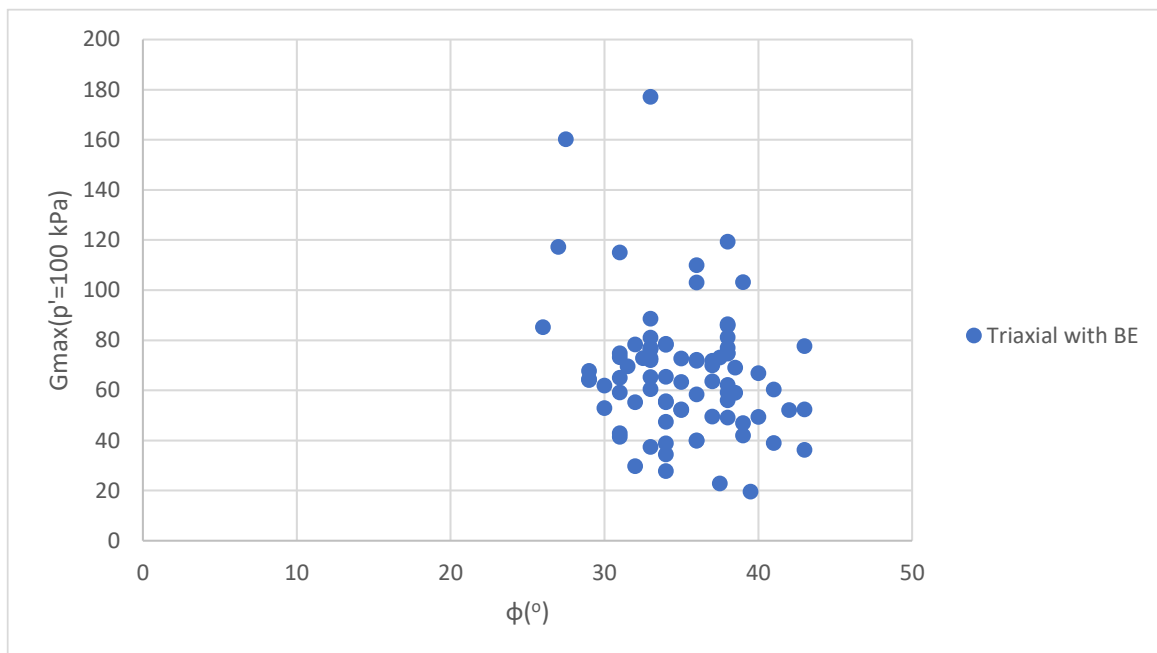
	Borehole	Sample	Test No	Depth(m)	Stage 1(isotropic consolidation)				Stage 2(anisotropic consolidation)					
					σσ'RC(kPa)	erc	vs(m/s)	Gmax(Mpa)	σσ'RC(kPa)	σr'RC(kPa)	σσ'RC(kPa)	erc	vs(m/s)	Gmax(Mpa)
CU		Batch 1	CIUcBE02	0,00-4,15	20	0,634	125,3	31,53						
		Batch 2	CIUcBE05	1,70-7,60	45	0,654	163,84	53,68						
		Batch 3	CIUcBE01	13,35-7,30	146	0,705	202,91	81,32						
		Batch 4	CIUcBE08	11,60-17,85	145	0,617	-	-						
		Batch 5	CIUcBE09	4,00-11,50	80	0,62	182,31	67,24						
		Batch 6	CAUcBE06R	15,00-22,20	170	0,564	245,78	120,66	190	170	176,66667	0,563	246,39	124,79
		Batch 8	CAUcBE11	6,85-20,05	120	0,584	210,61	91,03	150	120	130	0,583	216,99	96,65
		Batch 9	CAUcBE16	24,50-34,30	105	0,601	190,93	73,46	150	105	120	0,601	200,76	81,22
	HKW002-BH	Batch1a	CAUcBE21	18,75-19,40	170	0,603	246,45	123,24	190	170	176,66667	0,602	255,47	132,5
	HKW023-BH	54BAGA	CIUcBE11	34,5	350	0,645	-	-						
	HKW025-BH	Batch 4a	CAUcBE24	8,20-8,70	65	0,636	165,64	55,11	80	65	70	0,636	220,72	97,86
	HKW026-BH	Batch 8a	CIUcBE14R	2,90-4,00	35	0,635	133,76	35,94						
	HKW026-BH	Batch 2A	CAUcBE22	28,50-29,50	205	0,561	269,66	149,59	290	205	233,33333	0,561	293	176,61
	HKW031-BH	Batch 6A	CAUcBE26	8,30-9,80	80	0,554	190,45	74,77	90	80	83,333333	0,554	193,92	77,53
	HKW031-BH	13BAGA	CIUcBE12	11,5	110	0,598	212,88	92,11						
	HKW035-BH	23BAGA	CAUcBE10R	20,75	140	0,638	228,66	104,96	200	140	160	0,637	242,25	117,85
	HKW035-BH	32BAGB	CAUcBE09	29,55	210	0,631	235,42	111,48	300	210	240	0,627	249,28	125,15
	HKW050-BH	13BAGA	CAUcBE02	12	130	0,657	204,58	83,53	118	130	126	0,656	203,05	82,3
	HKW053-BH	Batch 3a	CAUcBE23	10,25-1070	85	0,575	-	-	105	85	91,666667	0,573	170,86	59,81
	HKW063-BH	18BAGB	CAUcBE15	13,7	105	0,625	213,18	91,59	130	105	113,33333	0,622	261,82	138,27
	HKW073-BH	Batch 7a	CIUcBE13	11,30-13,30	110	0,672	215,3	92,1						
	HKW073-BH	24BAGC	CAUcBE12	22,35	175	0,598	235,07	112,33	220	175	190	0,594	246,44	123,59
	HKW078-BH	Batch 5A	CAUcBE25	33,50-34,50	230	0,628	225,62	102,49	330	230	263,33333	0,628	239,39	115,38
	HKW113-BH	08BAGB	CIUcBE04	7,25	75	0,627	184,82	65,8						
	HKW114-BH	04BAGC	CIUcBE03	3,5	35	0,65	143,84	41,37						
CD		Batch 1	CIDcBE02	0,00-4,15	20	0,637	117,73	27,86						
		Batch 2	CIDcBE03R	1,70-7,60	45	0,65	156,83	49,13						
		Batch 3	CIDcBE01	13,35-17,3	146	0,692	208,04	85,17						
		Batch 5	CIDcBE04	4,00-11,50	80									
		Batch 8	CADcBE01	6,85-20,05	120	0,568	208,12	88,44	150	120	130	0,568	214,97	94,38
		Batch 9	CADcBE02R		105	0,626	210,37	89,85	150	105	120	0,625	217,03	95,65



Σχήμα 4.3.4: Μεταβολή του G_{max} με τη σ'_0 από τις δοκιμές BE (CIU & CAU, CID & CAD) για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Πίνακας 4.3. 4: Αποτελέσματα TRX δοκιμών για χονδρόκοκκα εδάφη

	Borehole	Sample	Depth(m)	$\phi(^{\circ})$	$\phi'(\text{radians})$	$c'(\text{kPa})$
C D	HKW002-BH	Batch 51	11	38	0,663225116	18
	HKW002-BH	47BAGA	22,50-23,50	35	0,610865238	0
	HKW006-BH	12BAGB	10,8	35	0,610865238	17
	HKW006-BH	15BAGA	13,5	38,5	0,671951762	4
	HKW006-BH	33BAGB	31,4	36	0,628318531	0
	HKW009-BH	04BAGB	3,3	38	0,663225116	0
	HKW016-BH	04BAGC	3,4	39	0,680678408	0
	HKW016-BH	Batch 50	15,75-16,20	38	0,663225116	0
	HKW019-BH	06BAGA	5	37	0,645771823	8
	HKW019-BH	25BAGA	22,5	30	0,523598776	12
	HKW023-BH	07BAGA	5,5	31	0,541052068	30
	HKW023-BH	Batch 52	20,20-21,00	36	0,628318531	6
	HKW025-BH	03BAGB	2,3	38,5	0,671951762	7
	HKW025-BH	15BAGA	13	32,5	0,567232007	37
	HKW026-BH	07BAGA	5,5	38	0,663225116	9
	HKW026-BH	24BAGA	19	33	0,575958653	35
	HKW031-BH	09BAGA	8	38	0,663225116	9
	HKW033-BH	04BAGA	2,5	42	0,733038286	0
	HKW033-BH	17BAGA	15,5	39,5	0,689405055	0
	HKW033-BH	28BAGB	26,65	29	0,506145483	63
	HKW035-BH	03BAGA	1,5	43	0,750491578	0
	HKW035-BH	10BAGA	8	33	0,575958653	6
	HKW035-BH	20BAGB	17,8	33	0,575958653	25
	HKW036-BH	02BAGB	1,3	40	0,698131701	0
	HKW036-BH	19BAGB	14	36	0,628318531	5
	HKW038-BH	03BAGA	14,5	36	0,628318531	10
	HKW038-BH	26BAGA	22,5	36,5	0,637045177	0
	HKW040-BH	14BAGA	11	34	0,593411946	9
	HKW040-BH	22BAGA	19	34	0,593411946	0
	HKW040-BH	33BAGA	29,5	31	0,541052068	32
	HKW042-BH	03BAGB	2,3	37,5	0,654498469	16
	HKW042-BH	Batch 59	12,30-13,30	27,5	0,479965544	59
	HKW042-BH	Batch 60	34,20-35,65	27	0,471238898	77
	HKW045-BH	Batch 62	6,55-7,30	43	0,750491578	0
	HKW045-BH	41BAGA	35	33	0,575958653	22
	HKW047-BH	05BAGB	3,8	37	0,645771823	17
	HKW047-BH	Batch 58	14,8-15,75	37	0,645771823	0
	HKW050-BH	06BAGB	5,45	34	0,593411946	0
	HKW050-BH	12BAGA	11	36	0,628318531	15
	HKW053-BH	01BAGC	5,25	40	0,698131701	3
	HKW053-BH	Batch 55	36,25-37,00	32	0,558505361	0
	HKW054-BH	04BAGA	8	34	0,593411946	0
	HKW054-BH	08BAGB	10,8	38	0,663225116	21
	HKW054-BH	13BAGB	15,75	33	0,575958653	11
	HKW055-BH	04BAGA	2,5	39	0,680678408	0
	HKW055-BH	15BAGA	13	33	0,575958653	32
	HKW055-BH	Batch 54	34,75-35,95	34	0,593411946	67
	HKW056-BH	18BAGA	15,5	31	0,541052068	49
	HKW056-BH	43WAXB	38,7	33	0,575958653	0
	HKW060-BH	08BAGA	6,5	38	0,663225116	6
	HKW060-BH	Batch 64	15,5-16,5	31,5	0,549778714	41
	HKW060-BH	33bagb	28,8	33	0,575958653	16
	HKW062-BH	05BAGA	2,5	43	0,750491578	0
	HKW063-BH	16BAGA	12	38	0,663225116	0
	HKW063-BH	28BAGA	23,5	35	0,610865238	17
	HKW065-BH	07BAGB	6,2	41	0,715584993	0
	HKW065-BH	Batch 53	24,2-24,65	33	0,575958653	44
	HKW073-BH	11BAGC	9,2	37	0,645771823	5
	HKW077-BH	02BAGB	1,2	29	0,506145483	12
	HKW077-BH	13BAGC	12,4	31	0,541052068	0
	HKW091-BH	13BAGA	11,5	37,5	0,654498469	9
	HKW096-BH	02BAGA	0,5	34	0,593411946	0
	HKW096-BH	09BAGA	7,5	32	0,558505361	27
	HKW096-BH	35BAGB	25,1	38	0,663225116	0
	HKW096-BH	26BAGC	33,3	34	0,593411946	10
	HKW096-BH	35BAGB	42,8	35	0,610865238	0
	HKW101-BH	07BAGC	6,6	32	0,558505361	0
	HKW101-BH	13BAGA	12	34	0,593411946	0
	HKW101-BH	26BAGB	25,45	31	0,541052068	50
	HKW101-BH	Batch 56	31,75-32,8	34	0,593411946	18
	HKW104-BH	02BAGB	1,3	41	0,715584993	0
	HKW104-BH	08BAGE	7,55	38	0,663225116	0
	HKW104-BH	Batch 49	16-16,5	33	0,575958653	63
	HKW110-BH	13BAGC	12,6	26	0,453785606	63
	HKW110-BH	Batch 63	8,5-18,9	31	0,541052068	64
	HKW110-BH	27BAGA	25,5	29	0,506145483	35
	HKW112-BH	Batch 57	3-3,75	39	0,680678408	0
	HKW112-BH	10BAGB	7,3	36	0,628318531	0
	HKW112-BH	20BAGA	17	36	0,628318531	0
	HKW112-BH	37BAGD	34,1	33	0,575958653	5
	HKW118-BH	08BAGA	6,5	35	0,610865238	0
	HKW118-BH	18BAGA	14,5	38	0,663225116	0
	HKW118-BH	Batch 61	26-27	30	0,523598776	32
	HKW118-BH	42BAGB	34,75	31	0,541052068	11



Σχήμα 4.3.5: Μεταβολή G_{max} με ϕ σε επίπεδο τάσης 100 kPa

4.3.2 Δοκιμή Κυκλικής Απλής Διάτμησης (CSS)

Εκτελείται σε κυλινδρικό δοκίμιο με διάμετρο 50 mm ή 67 mm και ύψος 19 mm. Η πλευρική συγκράτηση του δείγματος επιτυγχάνεται είτε με μια μεμβράνη σε συνδυασμό με μια σειρά ορειχάλκινων δακτυλίων διάτμησης, είτε με μια ενισχυμένη μεμβράνη. Οι περισσότερες συσκευές δεν επιτρέπουν τον έλεγχο του κορεσμού ή τη μέτρηση της πίεσης των πόρων κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Δεν είναι εφικτό να εφαρμοστεί κυκλική συμπίεση στο δοκίμιο.

Κυκλική και μονοτονική διάτμηση μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε υπό συνθήκες σταθερού όγκου είτε σταθερής κατακόρυφης τάσης. Η συνθήκη σταθερού όγκου ισοδυναμεί με την αστράγγιστη κατάσταση για ένα κορεσμένο δοκίμιο. Η συνθήκη σταθερής κατακόρυφης τάσης ισοδυναμεί με την αποστραγγισμένη κατάσταση για ένα κορεσμένο δοκίμιο και επιτυγχάνεται με συνεχή ρύθμιση του ύψους του δείγματος κατά τη διάτμηση, έτσι ώστε η κατακόρυφη τάση να παραμένει σταθερή.

Για μη συνεκτικά δείγματα, μπορεί να εφαρμοστεί μια αρχική κυκλική διάτμηση για να προσομοιωθεί η συμπίκνωση του εδάφους υπό χαμηλής έντασης κυκλική φόρτιση. Εάν απαιτείται, μετά την ολοκλήρωση του σταδίου στερεοποίησης, εφαρμόζεται μια κυκλική διατμητική τάση χαμηλού πλάτους (που ορίζεται με βάση τα θεμέλια και το βάθος του δείγματος) υπό συνθήκες σταθερής κατακόρυφης τάσης.

Η δοκιμή CSS μπορεί να πραγματοποιηθεί ως ελεγχόμενη με βάση την τάση ή με βάση την παραμόρφωση. Μετά την ολοκλήρωση του σταδίου στερεοποίησης ή μετά την αρχική διάτμηση (εάν απαιτείται), εφαρμόζεται είτε ένας συνδυασμός αρχικής μέσης διατμητικής τάσης (τ_{av}) και κυκλικής διατμητικής τάσης (τ_{cy}) σε δοκιμές ελεγχόμενης τάσης, είτε μια αρχική μέση διατμητική παραμόρφωση (γ_{av}) και κυκλική διατμητική παραμόρφωση (γ_{cy}) σε δοκιμές ελεγχόμενης παραμόρφωσης. Η κυκλική διατμητική τάση, τ_{cy} , ορίζεται ως το μισό της μέγιστης μεταβολής της διατμητικής τάσης κατά τη διάρκεια ενός κύκλου φόρτισης. Όπου απαιτείται, η τ_{av} εφαρμόζεται στο δείγμα πριν την εφαρμογή της κυκλικής διατμητικής τάσης ή παραμόρφωσης. Αυτή η αρχική διατμητική τάση μπορεί να εφαρμοστεί υπό συνθήκες σταθερού όγκου ή σταθερής κατακόρυφης τάσης. Μετά την εφαρμογή της αρχικής τάσης, το δείγμα αφήνεται να επέλθει σε κατάσταση ηρεμίας για ένα διάστημα (συνήθως 1 ώρα). Στη συνέχεια, εφαρμόζεται κυκλική τάση τ_{cy} με ημιτονοειδή μορφή γύρω από την αρχική τιμή τ_{av} (σε δοκιμές ελεγχόμενης τάσης) ή ημιτονοειδής κυκλική διατμητική παραμόρφωση (γ_{cy}) με συγκεκριμένο πλάτος (σε δοκιμές ελεγχόμενης παραμόρφωσης). Η κυκλική φόρτιση εφαρμόζεται σε σταθερή συχνότητα, συνήθως 0.1 Hz ή 1 Hz.

Στις κοινές πρακτικές των δοκιμών CSS ελεγχόμενης τάσης περιλαμβάνονται:

- Σταθερός λόγος κυκλικής τάσης (τ_{cy}/σ'_{ref}), όπου η σ'_{ref} είναι η τάση αναφοράς που συνήθως επιλέγεται από τη μέγιστη διατμητική τάση μιας στατικής δοκιμής απλής διάτμησης.
- Σταθερός λόγος μέσης τάσης (τ_{av}/σ'_{ref}) ανά δοκιμή.
- Μια σειρά δοκιμών σε διάφορους λόγους τάσης.

Μια προαιρετική διαδικασία είναι η μεταβολή του επιπέδου τάσης και η εφαρμογή διαφόρων σεναρίων. Συνήθως, χρησιμοποιείται ένας μέγιστος αριθμός κύκλων ή ένα όριο μέσης ή κυκλικής διατμητικής παραμόρφωσης (π.χ. 15%).

Μετά τον τερματισμό του σταδίου κυκλικής διάτμησης, το δοκίμιο μπορεί (προαιρετικά) να διατμηθεί μονοτονικά μέχρι την αστοχία για να προσδιοριστεί η συμπεριφορά μετά από κυκλική διάτμηση. Μια διατμητική τάση εφαρμόζεται στο δοκίμιο με σταθερό ρυθμό διατμητικής παραμόρφωσης μέσω του φορτίου της βάσης. Η μονοτονική διάτμηση μπορεί να πραγματοποιηθεί υπό συνθήκες σταθερού όγκου ή σταθερής κατακόρυφης τάσης. Δεν επιτρέπεται καμία αλλαγή όγκου μεταξύ της κυκλικής και της μονοτονικής διάτμησης, εκτός εάν υποδεικνύεται διαφορετικά.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής συνήθως περιλαμβάνουν τα εξής διαγράμματα:

- Αριθμός κύκλων φόρτισης έναντι (α) διατμητικής τάσης, (β) διατμητικής παραμόρφωσης, (γ) μεταβολής της κατακόρυφης τάσης (δοκιμή σταθερού όγκου), (δ) κανονικοποιημένης μεταβολής της κατακόρυφης τάσης (δοκιμή σταθερού όγκου), και (ε) κατακόρυφης παραμόρφωσης (δοκιμή σταθερής κατακόρυφης τάσης).
- Κατακόρυφη τάση έναντι διατμητικής τάσης.
- Διατμητική παραμόρφωση έναντι διατμητικής τάσης.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.3.7 έως 4.3.9 για το σύνολο των λεπτόκοκκων εδαφών. Τα αποτελέσματα για τα χονδρόκοκκα εδάφη παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.3.10-4.3.12. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας δημιουργήθηκαν πίνακες που παρουσιάζουν τις τιμές του μέτρου δυσκαμψίας και λόγου απόσβεσης για τα μελετηθέντα εδάφη. Στον Πίνακα 4.3.13 παρουσιάζονται οι τιμές του μέτρου διάτμησης, G , καθώς και του λόγου απόσβεσης, λ , στο μικρότερο επίπεδο της παραμόρφωσης, γ_{cy} , που μετρήθηκαν για τα λεπτόκοκκα εδάφη. Ο λόγος που κάποιες τιμές των e_o έχουν τονιστεί με κίτρινο χρώμα είναι διότι αποκλίνουν από την αρχική θεώρηση ($G_s=2,7$ και $S_r=100\%$) με την οποία έχει γίνει στην έρευνα. Η μεταβολή του G με την παραμόρφωση για τα λεπτόκοκκα εδάφη παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.3.6. Η μεταβολή του λ με τη παραμόρφωση δίνεται στο Σχήμα 4.3.7. Παρατηρείται μείωση του G και αύξηση του λ με την αύξηση της παραμόρφωσης.

Στους Πίνακες 4.3.14 έως 4.3.21 παρουσιάζονται οι τιμές του μέτρου διάτμησης, G , καθώς και του λόγου απόσβεσης, λ , στο μικρότερο επίπεδο της παραμόρφωσης, γ_{cy} , που μετρήθηκαν για τα χονδρόκοκκα εδάφη.

Η μεταβολή του G με την παραμόρφωση και η μεταβολή του λ με την παραμόρφωση για τα χονδρόκοκκα εδάφη θα παρουσιαστεί στα σχήματα στο τέλος του κεφαλαίου μαζί με τα αποτελέσματα των άλλων τύπων των δοκιμών για λόγους σύγκρισης. Πρέπει ωστόσο να αναφερθεί πως παρατηρείται μείωση του G και αύξηση του λ με την αύξηση της παραμόρφωσης.

Πίνακας 4.3. 5: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†					$\Delta e/e_0$ [-]
					w [%]	γ [kN/m ³]	e_0 [-]	w [%]	γ [kN/m ³]	σ_{vc} [kPa]	e [-]	ε_v [%]	
HKW077-BH	09WAXB	8.28	C-FG-T	CSS84	37.5	18.5	0.968	36.9	18.5	78	0.950	0.89	0.018
HKW077-BH	08WAXF	7.76	C-FG-T	CSS118	39.0	18.0	1.052	38.2	18.1	74	1.029	1.10	0.022
HKW077-BH	08WAXF	7.95	C-FG-T	CSS151	34.3	17.3	1.056	30.8	17.7	76	0.960	4.65	0.091
HKW077-BH	08WAXF	7.75	C-FG-T	CSS202	40.6	17.5	1.137	39.4	17.6	78	1.105	1.50	0.028
HKW077-BH	09WAXC	8.40	C-FG-T	CSS205	35.6	18.4	0.944	34.4	18.6	79	0.910	1.74	0.036
HKW114-BH	37WAXB	34.10	F-FG-T	CSS85	25.7	19.8	0.680	22.8	20.3	340	0.600	4.74	0.117
HKW114-BH	36WAXD	33.41	F-FG-T	CSS119	23.3	20.4	0.601	22.9	20.5	335	0.589	0.76	0.020
HKW114-BH	36WAXD	33.48	F-FG-T	CSS153	23.7	20.0	0.636	22.5	20.2	335	0.603	2.03	0.052
HKW114-BH	37WAXB	34.40	F-FG-T	CSS190	26.1	19.4	0.718	24.2	19.7	340	0.667	2.96	0.072
HKW114-BH	37WAXB	34.40	F-FG-T	CSS200	22.6	20.1	0.611	21.4	20.4	340	0.579	1.96	0.052
HKW114-BH	37WAXD	34.40	F-FG-T	CSS86	25.9	19.9	0.677	24.9	20.0	345	0.650	1.61	0.039
HKW114-BH	37WAXD	34.60	F-FG-T	CSS155	24.4	19.9	0.655	22.9	20.1	345	0.616	2.39	0.060
HKW114-BH	37WAXD	34.60	F-FG-T	CSS198	25.3	20.3	0.635	24.4	20.5	345	0.609	1.62	0.041
HKW114-BH	38WAXB	22.06	F-FG-T	CSS201	29.4	17.5	0.966	26.9	17.8	355	0.898	3.50	0.071
HKW114-BH	38WAXB	35.05	F-FG-T	CSS203	32.2	18.5	0.892	28.6	18.9	355	0.797	5.05	0.107

Πίνακας 4.3. 6: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CSS για τα λεπτόκοκκα (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	S _{u,DSS} [kPa]	Cyclic Loading Stage						Post-Cyclic Monotonic Loading Stage				
												At Peak Shear Stress			At 15 % Shear Strain	
						τ _{av} /S _{u,DSS} * [-]	τ _{cy} /S _{u,DSS} * [-]	N _r [-]	γ _{av} [%]	γ _{cy} [%]	-Δσ _v [kPa]	τ [kPa]	γ [%]	-Δσ _v [kPa]	τ [kPa]	-Δσ _v [kPa]
HKW077-BH	09WAXB	8.28	C-FG-T	CSS84	50	0.00 (0.00)	0.20 (0.20)	1500	-0.02	0.15	19	53	7.29	-7	52	9
HKW077-BH	08WAXF	7.76	C-FG-T	CSS118	50	0.00 (0.00)	0.30 (0.30)	1500	-0.02	0.17	18	73	10.79	-8	72	-1
HKW077-BH	08WAXF	7.95	C-FG-T	CSS151	50	0.00 (0.00)	0.54 (0.60)	61	-0.57	15.19	56	-	-	-	-	-
HKW077-BH	08WAXF	7.75	C-FG-T	CSS202	50	0.00 (0.00)	0.46 (0.50)	744	-0.67	15.03	59	-	-	-	-	-
HKW077-BH	09WAXC	8.40	C-FG-T	CSS205	50	0.00 (0.00)	0.54 (0.55)	68	2.06	15.94	61	-	-	-	-	-
HKW114-BH	37WAXB	34.10	F-FG-T	CSS85	160	0.00 (0.00)	0.20 (0.20)	1500	0.00	0.11	57	132	29.98	127	121	121
HKW114-BH	36WAXD	33.41	F-FG-T	CSS119	160	0.00 (0.00)	0.40 (0.40)	1500	0.00	0.57	97	158	7.31	43	150	88
HKW114-BH	36WAXD	33.48	F-FG-T	CSS153	160	0.00 (0.00)	0.59 (0.60)	180	0.71	15.22	212	-	-	-	-	-
HKW114-BH	37WAXB	34.40	F-FG-T	CSS190	160	0.00 (0.00)	0.49 (0.50)	1407	0.04	15.17	260	-	-	-	-	-
HKW114-BH	37WAXB	34.40	F-FG-T	CSS200	160	0.00 (0.00)	0.54 (0.55)	695	-1.62	15.22	236	-	-	-	-	-
HKW114-BH	37WAXD	34.40	F-FG-T	CSS86	160	0.20 (0.20)	0.20 (0.20)	1500	0.43	0.11	58	160	10.04	94	156	123
HKW114-BH	37WAXD	34.60	F-FG-T	CSS155	160	0.20 (0.20)	0.40 (0.40)	1500	2.05	0.78	159	144	10.05	95	141	101
HKW114-BH	37WAXD	34.60	F-FG-T	CSS198	160	0.21 (0.20)	0.58 (0.60)	112	15.46	6.47	234	-	-	-	-	-
HKW114-BH	38WAXB	22.06	F-FG-T	CSS201	160	0.40 (0.40)	0.39 (0.40)	1500	7.71	0.99	185	136	10.36	137	134	138
HKW114-BH	38WAXB	35.05	F-FG-T	CSS203	160	0.21 (0.20)	0.48 (0.50)	183	15.22	3.82	244	-	-	-	-	-

Πίνακας 4.3. 7: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης παραμόρφωσης)

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†					$\Delta e/e_0$ [-]
					w [%]	γ_1 [kN/m ³]	e_0 [-]	w [%]	γ_1 [kN/m ³]	σ_{vc} [kPa]	e [-]	ε_v [%]	
HKW077-BH	08WAXF	7.95	C-FG-T	CSS08	40.4	18.1	1.052	38.5	18.3	74	1.002	2.46	0.048
HKW077-BH	09WAXA	8.06	C-FG-T	CSS09	43.8	17.5	1.182	42.7	17.6	74	1.154	1.29	0.024
HKW077-BH	09WAXC	8.36	C-FG-T	CSS10RR	33.3	18.6	0.900	32.7	18.6	76	0.884	0.83	0.018
HKW077-BH	09WAXB	8.40	C-FG-T	CSS11	32.8	18.6	0.890	32.1	18.7	78	0.871	1.00	0.022
HKW114-BH	39WAXB	36.10	F-FG-T	CSS66	47.6	17.2	1.283	42.9	17.6	360	1.155	5.59	0.100
HKW114-BH	39WAXB	36.10	F-FG-T	CSS66R	50.2	15.2	1.614	45.6	15.5	360	1.490	4.73	0.077
HKW114-BH	39WAXB	36.30	F-FG-T	CSS67	52.0	16.5	1.443	48.1	16.8	360	1.340	4.24	0.072
HKW114-BH	39WAXB	36.30	F-FG-T	CSS68	45.0	16.7	1.298	42.7	16.9	360	1.234	2.77	0.049
HKW114-BH	38WAXB	35.05	F-FG-T	CSS69R	38.3	17.1	1.148	35.8	17.3	355	1.079	3.18	0.060

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Cyclic Loading Stage					Post-Cyclic Monotonic Loading Stage						
										At Peak Shear Stress				At 15 % Shear Strain		
					γ_{cy} [%]	N _r [-]	τ_{av} [kPa]	τ_{cy} [kPa]	$-\Delta\sigma_v$ [kPa]	τ [kPa]	γ_2 [%]	$-\Delta\sigma_v$ [kPa]	σ_v [kPa]	τ [kPa]	$-\Delta\sigma_v$ [kPa]	σ_v [kPa]
HKW077-BH	08WAXF	7.95	C-FG-T	CSS08	0.10	200	1	8	10	45	29.68	18	57	41	20	54
HKW077-BH	09WAXA	8.06	C-FG-T	CSS09	0.31	200	0	13	20	47	29.87	25	49	46	25	48
HKW077-BH	09WAXC	8.36	C-FG-T	CSS10RR	1.01	200	-1	14	54	45	9.90	6	70	44	10	66
HKW077-BH	09WAXB	8.40	C-FG-T	CSS11	3.00	200	1	14	65	53	21.21	7	71	51	11	67
HKW114-BH	39WAXB	36.10	F-FG-T	CSS66	0.02	200	0	5	12	134	13.39	96	264	133	104	256
HKW114-BH	39WAXB	36.10	F-FG-T	CSS66R	0.10	200	-1	20	11	138	12.54	118	242	137	125	235
HKW114-BH	39WAXB	36.30	F-FG-T	CSS67	0.30	1500	0	47	80	145	13.03	125	236	143	129	231
HKW114-BH	39WAXB	36.30	F-FG-T	CSS68	1.00	200	2	84	116	149	9.20	106	254	139	103	257
HKW114-BH	38WAXB	35.05	F-FG-T	CSS69R	3.00	200	0	100	203	142	7.20	123	232	133	118	237

Πίνακας 4.3. 8: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†				
				w [%]	γ [kN/m³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS12	9.9	17.5	0.634	23.9	19.7	20	0.633	0.06
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS13	9.8	17.5	0.634	23.9	19.7	20	0.632	0.09
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS93	10.1	17.5	0.637	23.9	19.7	20	0.635	0.12
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS106	9.9	17.5	0.634	23.8	19.7	20	0.632	0.14
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS140R	10.9	17.7	0.637	10.9	17.7	20	0.636	0.07
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS20	9.9	17.5	0.635	23.8	19.7	20	0.632	0.18
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS87	10.0	17.5	0.635	23.7	19.7	20	0.629	0.40
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS101	10.2	17.5	0.639	24.0	19.7	20	0.637	0.13
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS14	10.4	17.5	0.641	24.1	19.7	20	0.640	0.07
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS15	9.8	17.5	0.633	23.8	19.7	20	0.630	0.16
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS100	10.0	17.4	0.645	24.2	19.6	20	0.643	0.14
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS115	10.0	17.5	0.635	23.9	19.7	20	0.632	0.17
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS143R	10.2	17.6	0.636	23.9	19.7	20	0.634	0.12
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS143RR	10.1	17.5	0.640	24.1	19.7	20	0.638	0.07
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS192	10.6	17.5	0.644	24.1	19.7	20	0.639	0.34
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS21	10.0	17.3	0.655	24.6	19.6	45	0.652	0.20
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS22R	10.8	17.3	0.668	25.0	19.5	45	0.662	0.36
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS107b	10.0	17.3	0.655	24.5	19.6	45	0.648	0.45
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS149	10.9	17.3	0.669	25.1	19.5	45	0.666	0.21
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS29R	10.1	17.4	0.652	24.4	19.6	45	0.646	0.35
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS150	10.3	17.3	0.660	24.8	19.6	45	0.657	0.17
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS103R	9.8	17.3	0.653	24.5	19.6	45	0.648	0.29
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS23	10.3	17.3	0.661	24.8	19.6	45	0.657	0.23
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS24	9.9	17.5	0.641	24.1	19.7	45	0.638	0.19
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS102RR	10.1	17.3	0.658	24.7	19.6	45	0.653	0.30
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS144RR	10.1	17.3	0.658	24.8	19.6	45	0.656	0.13
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS185	9.8	17.3	0.653	24.5	19.6	45	0.649	0.22
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS194	10.2	17.3	0.659	24.8	19.6	45	0.656	0.16

Πίνακας 4.3.10: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελέγχόμενης τάσης) - Συνέχεια

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†				
				w [%]	γ [kN/m³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS01	9.7	16.6	0.717	25.3	19.5	146	0.670	2.69
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS02	11.7	16.6	0.747	27.6	19.1	146	0.731	0.91
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS94	9.9	16.6	0.720	26.9	19.2	146	0.712	0.46
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS108	10.0	16.6	0.721	26.3	19.3	146	0.697	1.41
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS108b	10.2	16.6	0.723	26.7	19.3	146	0.708	0.90
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS104	10.6	16.6	0.730	25.5	19.4	146	0.676	3.11
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS88	10.0	16.6	0.720	26.7	19.3	146	0.708	0.72
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS03	10.1	16.6	0.723	26.5	19.3	146	0.703	1.19
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	CSS30	9.8	17.2	0.664	24.1	19.7	145	0.637	1.60
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	CSS31	9.6	17.2	0.661	24.6	19.6	145	0.652	0.56
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	CSS95	10.1	17.2	0.668	24.3	19.6	145	0.643	1.48
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	CSS109	9.9	17.2	0.665	23.3	19.8	145	0.617	2.83
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS32	10.0	17.7	0.616	23.0	19.8	80	0.610	0.35
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS33	10.0	17.7	0.616	23.0	19.8	80	0.610	0.33
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS96	10.4	17.7	0.622	23.4	19.8	80	0.619	0.21
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS110	9.9	17.7	0.614	23.0	19.9	80	0.610	0.28
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS141	9.8	17.7	0.614	22.7	19.9	80	0.602	0.72
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS40	11.0	17.7	0.631	23.5	19.8	80	0.622	0.56
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS92	9.8	17.7	0.616	23.1	19.8	80	0.611	0.31
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS130	10.0	17.7	0.616	23.0	19.9	80	0.609	0.44
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS34	10.2	17.7	0.619	23.2	19.8	80	0.615	0.24
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS35R	10.1	17.6	0.631	23.1	19.8	80	0.613	1.09
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS116	10.2	17.7	0.619	23.0	19.8	80	0.611	0.53
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS145R	9.6	17.8	0.602	22.6	19.9	80	0.599	0.20
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS186	9.8	17.7	0.614	23.0	19.9	80	0.609	0.28
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS195	10.6	17.8	0.617	23.1	19.8	80	0.613	0.30
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS41	10.1	18.1	0.579	21.6	20.1	190	0.572	0.50
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS42	10.0	18.1	0.578	21.5	20.1	190	0.571	0.44

Πίνακας 4.3.10: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης) - Συνέχεια

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†				
				w [%]	γ [kN/m ³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m ³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS97	10.1	18.1	0.578	21.6	20.1	190	0.573	0.35
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS111	9.7	18.1	0.573	21.4	20.1	190	0.566	0.47
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS142	10.2	18.1	0.580	21.7	20.1	190	0.574	0.37
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS193	9.9	18.1	0.582	21.6	20.1	190	0.572	0.67
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS152R	10.1	18.1	0.578	21.4	20.1	190	0.566	0.79
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS47R	10.1	18.1	0.579	21.6	20.1	190	0.571	0.48
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	CSS113	10.2	17.3	0.659	24.2	19.7	250	0.641	1.09
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	CSS138	10.7	17.3	0.666	23.4	19.8	250	0.620	2.79
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	CSS147	10.1	17.3	0.658	9.0	17.4	250	0.629	1.73
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	CSS165	10.2	17.3	0.659	24.4	19.6	250	0.647	0.73
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	CSS191	10.9	17.3	0.669	24.4	19.6	250	0.648	1.31
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS48R	9.8	18.1	0.575	21.5	20.1	150	0.569	0.41
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS49	10.4	18.1	0.584	21.7	20.1	150	0.576	0.49
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS98	10.9	18.1	0.590	21.9	20.0	150	0.581	0.58
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS114	9.7	18.1	0.573	21.3	20.1	150	0.565	0.51
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS139R	10.3	18.1	0.581	21.7	20.1	150	0.575	0.39
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS154	10.3	18.1	0.582	21.7	20.1	150	0.575	0.44
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS56R	10.0	18.1	0.577	21.6	20.1	150	0.572	0.33
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS89R	10.1	18.1	0.579	21.6	20.1	150	0.571	0.50
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS50	10.7	18.1	0.588	21.9	20.0	150	0.580	0.50
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS51	9.9	18.1	0.576	21.3	20.1	150	0.565	0.68
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS91R	10.3	18.1	0.582	21.5	20.1	150	0.570	0.78
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS117R	10.0	18.1	0.578	9.7	18.1	150	0.568	0.63
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS117RR	10.1	18.2	0.567	21.1	20.2	150	0.558	0.62
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS187	10.2	18.1	0.580	21.5	20.1	150	0.570	0.61
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS196	9.6	18.1	0.572	21.2	20.2	150	0.562	0.65
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS57	10.1	17.7	0.617	23.0	19.8	150	0.611	0.40
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS58	9.7	17.7	0.612	22.8	19.9	150	0.604	0.49

Πίνακας 4.3.10: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης) - Συνέχεια

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†				
				w [%]	γ [kN/m ³]	e_0 [-]	w [%]	γ [kN/m ³]	σ_{vc} [kPa]	e [-]	ε_v [%]
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS99R	9.8	17.7	0.613	22.9	19.9	150	0.606	0.46
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS99Rb	9.9	17.7	0.614	22.8	19.9	150	0.603	0.67
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS65	10.1	17.7	0.617	22.9	19.9	150	0.608	0.60
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS90	9.9	17.7	0.614	22.9	19.9	150	0.606	0.47
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS120	9.9	17.7	0.614	22.9	19.9	150	0.608	0.40
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS59R	9.9	17.7	0.614	22.9	19.9	150	0.606	0.47
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS60	9.7	17.8	0.602	22.5	19.9	150	0.596	0.41
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS105RR	10.1	17.7	0.618	22.6	19.9	150	0.599	1.16
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS148R	10.3	17.8	0.616	10.0	17.8	150	0.607	0.57
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS188	10.4	17.7	0.622	23.0	19.9	150	0.610	0.74
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS197	10.0	17.7	0.615	22.2	20.0	150	0.588	1.70
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	CSS112	9.9	18.3	0.558	20.7	20.3	250	0.549	0.58
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	CSS137	10.1	18.3	0.564	19.5	20.5	250	0.517	3.02
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	CSS146	10.2	18.3	0.562	20.8	20.2	250	0.552	0.60
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	CSS164	10.2	18.3	0.564	20.9	20.2	250	0.554	0.65
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	CSS189	10.4	18.3	0.565	21.0	20.2	250	0.557	0.47

Πίνακας 4.3. 9:Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)

	[m BSF]			W	γ	e ₀	W	γ	σ _{vc}	e	ε _v
				[%]	[kN/m ³]	[-]	[%]	[kN/m ³]	[kPa]	[-]	[%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS70	10.0	17.5	0.636	23.9	19.7	20	0.634	0.13
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS121	9.9	17.5	0.635	23.7	19.7	20	0.627	0.44
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS135	10.0	17.5	0.636	23.8	19.7	20	0.630	0.35
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS156	10.1	17.5	0.638	24.0	19.7	20	0.637	0.07
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS77	10.2	17.5	0.639	24.1	19.7	20	0.638	0.07
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS122	10.6	17.5	0.644	24.2	19.6	20	0.642	0.12
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS170	9.6	17.5	0.630	23.7	19.7	20	0.629	0.08
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS171	9.9	17.5	0.634	23.9	19.7	20	0.632	0.14
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS71	9.7	17.3	0.651	24.4	19.6	45	0.647	0.26
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS124	10.0	17.3	0.656	24.6	19.6	45	0.651	0.32
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS136	10.3	17.3	0.660	24.7	19.6	45	0.656	0.26
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS157	10.2	17.2	0.666	24.9	19.5	45	0.660	0.37
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS78	9.1	17.3	0.643	24.1	19.7	45	0.638	0.34
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS123	10.3	17.3	0.660	24.8	19.6	45	0.658	0.13
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS172	10.1	17.3	0.657	24.7	19.6	45	0.654	0.23
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS173	10.1	17.3	0.657	24.7	19.6	45	0.654	0.19
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS72	9.8	16.6	0.717	26.1	19.4	145	0.691	1.52
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS125	10.1	16.6	0.722	26.3	19.3	146	0.696	1.53
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS158	10.1	16.6	0.726	26.5	19.3	146	0.703	1.32
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS199	10.3	16.6	0.726	26.1	19.4	146	0.691	2.03
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS79RR	9.9	16.6	0.720	26.6	19.3	145	0.704	0.89
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS174	10.4	16.7	0.722	26.5	19.3	146	0.701	1.20
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS175	10.3	16.7	0.720	25.7	19.4	146	0.682	2.18
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS204	10.5	16.6	0.728	26.2	19.3	146	0.694	1.94
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS73	10.0	17.7	0.616	23.1	19.8	80	0.612	0.28
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS126	10.6	17.7	0.624	23.3	19.8	80	0.619	0.35
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS160	10.3	17.9	0.610	22.9	19.9	80	0.607	0.22

Πίνακας 4.3.11: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)- Συνέχεια

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†				
				w [%]	γ [kN/m ³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m ³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS161	10.5	17.7	0.624	23.4	19.8	80	0.619	0.30
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS80	10.7	17.7	0.626	23.4	19.8	80	0.621	0.28
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS131	10.2	17.7	0.619	23.1	19.8	80	0.613	0.39
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS177	9.8	17.7	0.613	23.0	19.8	80	0.610	0.19
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS178	9.9	17.7	0.614	22.9	19.9	80	0.608	0.36
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS74	9.9	18.1	0.576	21.5	20.1	190	0.570	0.38
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS127R	10.3	18.1	0.583	21.6	20.1	190	0.572	0.70
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS127RR	10.7	18.1	0.587	21.8	20.1	190	0.579	0.53
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS162	10.8	18.1	0.589	22.0	20.0	190	0.584	0.35
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS163R	10.4	18.1	0.583	21.6	20.1	190	0.574	0.59
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS81	10.1	18.1	0.578	21.6	20.1	190	0.573	0.35
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS132	9.8	18.1	0.574	21.5	20.1	190	0.569	0.34
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS179	9.4	18.1	0.569	21.2	20.2	190	0.562	0.44
Batch 6	15.00 - 22.00	E-CG-H	CSS180	9.9	18.1	0.577	21.3	20.1	190	0.564	0.80
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS75	9.7	18.1	0.573	21.2	20.2	150	0.561	0.82
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS128	10.5	18.1	0.584	21.8	20.1	150	0.578	0.39
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS166	10.0	18.1	0.578	21.6	20.1	150	0.573	0.34
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS167R	10.0	18.1	0.578	21.6	20.1	150	0.573	0.34
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS82	10.1	18.1	0.579	21.4	20.1	150	0.567	0.76
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS133	10.2	18.1	0.581	21.6	20.1	150	0.571	0.59
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS181	10.8	18.1	0.589	22.0	20.0	150	0.582	0.45
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS182	10.7	18.3	0.572	21.3	20.2	150	0.564	0.55
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS76	9.7	17.7	0.611	22.7	19.9	150	0.603	0.51
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS129	9.6	17.7	0.610	22.8	19.9	150	0.604	0.42
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS168	10.0	17.7	0.616	9.6	17.8	150	0.605	0.66
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS169	10.9	17.7	0.629	23.4	19.8	150	0.619	0.59
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS83	10.5	17.7	0.624	23.3	19.8	150	0.616	0.45

Πίνακας 4.3.11: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης) - Συνέχεια

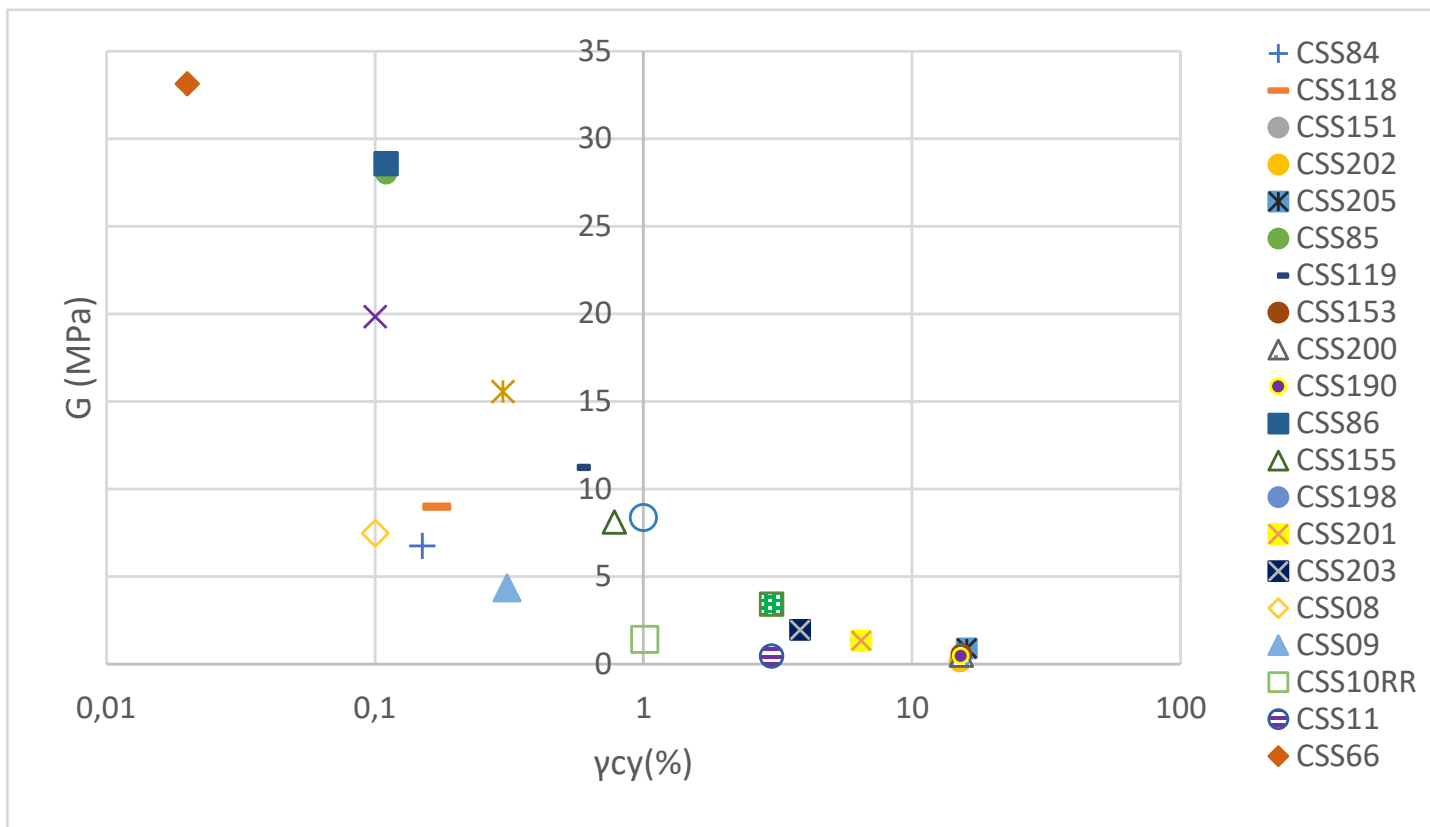
Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†				
				w [%]	γ [kN/m³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS134	10.3	17.7	0.620	23.1	19.8	150	0.613	0.46
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS183	10.2	17.7	0.619	23.1	19.8	150	0.611	0.47
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS184	10.5	17.7	0.624	23.2	19.8	150	0.614	0.60

Πίνακας 4.3. 10: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CSS για τα χονδρόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης παραμόρφωσης)

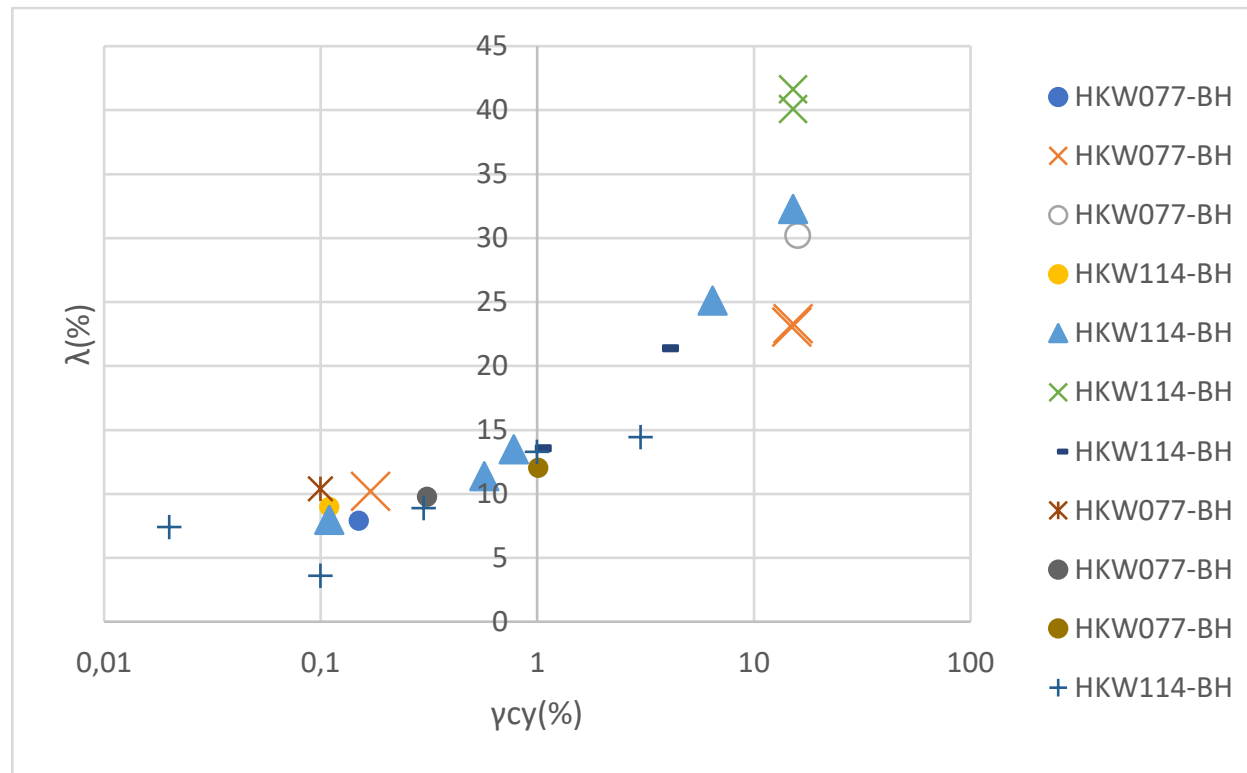
Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†				
				w [%]	γ [kN/m³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m³]	σ _{vc} [kPa]	e [-]	ε _v [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS16	9.9	17.5	0.635	23.2	19.8	20	0.615	1.23
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS17	10.7	17.5	0.646	24.3	19.6	20	0.644	0.09
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS18	10.1	17.5	0.637	24.0	19.7	20	0.635	0.11
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	CSS19	10.0	17.5	0.637	23.9	19.7	20	0.634	0.16
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS25	10.2	17.3	0.660	24.7	19.6	45	0.655	0.25
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS26	9.8	17.3	0.652	24.5	19.6	45	0.649	0.24
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS27R	10.2	17.3	0.661	24.8	19.6	45	0.657	0.23
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	CSS28	10.1	17.3	0.658	24.0	19.7	45	0.636	1.31
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS04	10.1	16.6	0.722	26.7	19.3	146	0.707	0.86
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS05	10.7	16.7	0.729	27.2	19.2	146	0.720	0.55
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS06	10.1	16.6	0.723	27.0	19.2	146	0.716	0.40
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	CSS07	10.1	16.6	0.722	26.7	19.3	146	0.709	0.79
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS36	10.8	17.7	0.628	23.4	19.8	80	0.621	0.40
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS37	10.9	17.7	0.628	23.5	19.8	80	0.623	0.34
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS38	9.9	17.7	0.615	23.0	19.9	80	0.609	0.35
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	CSS39	9.7	17.7	0.612	22.8	19.9	80	0.605	0.44
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS43	10.0	18.1	0.578	21.6	20.1	190	0.571	0.41
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS44	10.1	18.1	0.579	21.6	20.1	190	0.572	0.47
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS45	10.0	18.1	0.577	21.5	20.1	190	0.571	0.40
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CSS46	10.5	18.1	0.585	21.8	20.1	190	0.577	0.50
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS52	10.1	18.1	0.579	21.7	20.1	150	0.575	0.25
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS53	9.9	18.1	0.576	21.5	20.1	150	0.569	0.44
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS54	10.1	18.1	0.579	21.6	20.1	150	0.571	0.49
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CSS55	10.0	18.1	0.578	21.6	20.1	150	0.572	0.39
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS61	10.4	17.7	0.621	23.1	19.8	150	0.613	0.52
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS62	10.1	17.7	0.617	23.0	19.8	150	0.610	0.47
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS63	10.1	17.7	0.618	22.9	19.9	150	0.607	0.66
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CSS64	10.2	17.7	0.619	23.0	19.9	150	0.610	0.55

Πίνακας 4.3. 11: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη (υπό συνθήκες ελεγχόμενης τάσης)

	Borehole	Sample	Depth(m)	Test No	γ _{cy} (%)	G (MPa)	e	λ(%)	G _s (Assumed)	eo(Assumed)	Sr(%)	w(%)	eo
C O N S T A N T V O L U M E	HKW077-BH	09WAXB	8,28	CSS84	0,15	6,74	0,95	7,88	2,7	0,968	100	36,9	0,996
	HKW077-BH	08WAXF	7,76	CSS118	0,17	8,98	1,029	10,19	2,7	1,052	100	38,2	1,031
	HKW077-BH	08WAXF	7,95	CSS151	15,19	0,18	0,96	23,3	2,7	1,056	88	30,8	0,945
	HKW077-BH	08WAXF	7,75	CSS202	15,03	0,15	1,105	23,02	2,7	1,137	96	39,4	1,108
	HKW077-BH	09WAXF	8,4	CSS205	15,94	0,17	0,91	30,18	2,7	0,944	100	34,4	0,929
	HKW114-BH	37WAXB	34,1	CSS85	0,11	28,01	0,6	8,98	2,7	0,68	100	22,8	0,616
	HKW114-BH	36WAXD	33,41	CSS119	0,57	11,22	0,589	11,38	2,7	0,601	100	22,9	0,618
	HKW114-BH	36WAXD	33,48	CSS153	15,22	0,57	0,603	32,27	2,7	0,636	100	22,5	0,608
	HKW114-BH	37WAXB	34,4	CSS190	15,17	0,46	0,667	40,07	2,7	0,718	98	24,2	0,667
	HKW114-BH	37WAXB	34,4	CSS200	15,22	0,5	0,579	41,63	2,7	0,611	100	21,4	0,578
	HKW114-BH	37WAXD	34,4	CSS86	0,11	28,57	0,65	7,95	2,7	0,677	100	24,9	0,672
	HKW114-BH	37WAXD	34,6	CSS155	0,78	8,12	0,616	13,47	2,7	0,655	100	22,9	0,618
	HKW114-BH	37WAXD	34,6	CSS198	6,47	1,34	0,609	25,09	2,7	0,635	100	24,4	0,659
	HKW114-BH	38WAXB	22,06	CSS201	0,99	6,37	0,898	13,54	2,7	0,966	82	26,9	0,886
	HKW114-BH	38WAXB	35,05	CSS203	3,82	1,96	0,797	21,35	2,7	0,892	97	28,6	0,796
	HKW077-BH	08WAXF	7,95	CSS08	0,1	7,48	1,002	10,38	2,7	1,052	100	38,5	1,040
	HKW077-BH	09WAXA	8,06	CSS09	0,31	4,34	1,154	9,76	2,7	1,182	100	42,7	1,153
	HKW077-BH	09WAXC	8,36	CSS10RR	1,01	1,41	0,884	12,04	2,7	0,9	100	32,7	0,883
	HKW077-BH	09WAXB	8,4	CSS11	3	0,45	0,871	14,02	2,7	0,89	100	32,1	0,867
	HKW114-BH	39WAXB	36,1	CSS66	0,02	33,14	1,155	7,39	2,7	1,283	100	42,9	1,158
	HKW114-BH	39WAXB	36,1	CSS66RR	0,1	19,83	1,49	3,58	2,7	1,614	84	45,6	1,466
	HKW114-BH	39WAXB	36,3	CSS67	0,3	15,57	1,34	8,88	2,7	1,443	97	48,1	1,339
	HKW114-BH	39WAXB	36,3	CSS68	1	8,38	1,234	13,28	2,7	1,298	94	42,7	1,226
	HKW114-BH	39WAXB	36,3	CSS69R	3	3,43	1,079	14,42	2,7	1,148	90	35,8	1,074



Σχήμα 4.3. 6: Μεταβολή του G με τη γ_{γ} από τις δοκιμές CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη



Σχήμα 4.3. 7: Μεταβολή του λ με τη γ_{cy} από τις δοκιμές CSS για τα λεπτόκοκκα εδάφη

Πίνακας 4.3. 12: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 1

DSS	Sample	Depth(m)	Test No	γcy (%)	G(MPa)	e	λ(%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
c o n s t a n t v o l u m e	Batch 1	0,00-4,15	CSS12	1,97	10	0,633	15,72	0,634	2,65	23,9	100	0,633
	Batch 1	0,00-4,15	CSS13	3,2	15,06	0,632	11,89	0,634	2,65	23,9	100	0,633
	Batch 1	0,00-4,15	CSS93	9,74	12,78	0,635	9,32	0,637	2,65	23,9	100	0,633
	Batch 1	0,00-4,15	CSS106	14,72	13,85	0,632	7,43	0,634	2,65	23,8	100	0,631
	Batch 1	0,00-4,15	CSS140R	10,58	11,46	0,636	2,07	0,637	2,65	10,9	45	0,642
	Batch 1	0,00-4,15	CSS20	3,45	0,11	0,632	19,37	0,635	2,65	23,8	100	0,631
	Batch 1	0,00-4,15	CSS87	7	0,11	0,629	11,44	0,635	2,65	23,7	100	0,628
	Batch 1	0,00-4,15	CSS101	13,44	0,11	0,637	8,14	0,639	2,65	24	100	0,636
	Batch 1	0,00-4,15	CSS14	0,02	13,74	0,64	6,48	0,6341	2,65	24,1	100	0,639
	Batch 1	0,00-4,15	CSS15	0,02	13,74	0,63	6,48	0,633	2,65	23,8	100	0,631
	Batch 1	0,00-4,15	CSS100	0,17	8,25	0,643	10,21	0,645	2,65	24,2	100	0,641
	Batch 1	0,00-4,15	CSS115	0,08	28,91	0,632	14,83	0,635	2,65	23,9	100	0,633
	Batch 1	0,00-4,15	CSS143R	1,87	14,41	0,634	17,27	0,636	2,65	23,9	100	0,633
	Batch 1	0,00-4,15	CSS143RR	5,41	11,64	0,638	8,11	0,64	2,65	24,1	100	0,639
	Batch 1	0,00-4,15	CSS192	0,12	11,26	0,639	14,25	0,644	2,65	24,1	100	0,639
constant stress	Batch 1	0,00-4,15	CSS70	0,03	15,58	0,634	4,67	0,636	2,65	23,9	100	0,633
	Batch 1	0,00-4,15	CSS121	0,09	12,58	0,627	13,63	0,635	2,65	23,7	100	0,628
	Batch 1	0,00-4,15	CSS135	0,3	8,38	0,63	19,13	0,636	2,65	23,8	100	0,631
	Batch 1	0,00-4,15	CSS156	0,58	10,83	0,637	25,54	0,638	2,65	24	100	0,636
	Batch 1	0,00-4,15	CSS77	0,02	18,32	0,638	7,07	0,639	2,65	24,1	100	0,639
	Batch 1	0,00-4,15	CSS122	0,11	7,23	0,642	12,58	0,644	2,65	24,2	100	0,641
	Batch 1	0,00-4,15	CSS170	0,3	3,91	0,629	24,08	0,63	2,65	24,2	100	0,641
	Batch 1	0,00-4,15	CSS171	0,53	2,56	0,632	26,72	0,634	2,65	23,7	100	0,628
constant volume	Batch 1	0,00-4,15	CSS16	0,1	10,54	0,615	20,9	0,635	2,65	23,2	100	0,615
	Batch 1	0,00-4,15	CSS17	0,3	12,01	0,644	16,1	0,646	2,65	24,3	100	0,644
	Batch 1	0,00-4,15	CSS18	1	13,45	0,635	23,32	0,637	2,65	24	100	0,636
	Batch 1	0,00-4,15	CSS19	3	9,8	0,634	19,2	0,637	2,65	23,9	100	0,633

Πίνακας 4.3. 13: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 2

DSS	Sample	Depth(m)	Test No	γ_{cy} (%)	G(MPa)	e	λ (%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
C O N S T A N T	Batch 2	1,70-7,60	CSS21	12,83	9,48	0,652	7,32	0,655	2,65	24,6	100	0,652
	Batch 2	1,70-7,60	CSS22R	12,5	15,18	0,662	8,18	0,668	2,65	25	100	0,663
	Batch 2	1,70-7,60	CSS107b	5,16	15,97	0,648	13,89	0,655	2,65	24,5	100	0,649
	Batch 2	1,70-7,60	CSS149	15,11	16,59	0,666	14,27	0,669	2,65	25,1	100	0,665
	Batch 2	1,70-7,60	CSS29R	4,2	0,2	0,646	15,76	0,652	2,65	24,4	100	0,647
	Batch 2	1,70-7,60	CSS150	13,39	0,08	0,657	8,22	0,66	2,65	24,8	100	0,657
	Batch 2	1,70-7,60	CSS103R	15,02	0,11	0,648	8,61	0,653	2,65	24,5	100	0,649
	Batch 2	1,70-7,60	CSS23	0,06	20,72	0,657	14,14	0,661	2,65	24,8	100	0,657
	Batch 2	1,70-7,60	CSS24	0,03	16,66	0,638	5,3	0,641	2,65	24,1	100	0,639
	Batch 2	1,70-7,60	CSS102RR	0,18	17,34	0,653	2,86	0,658	2,65	24,7	100	0,655
	Batch 2	1,70-7,60	CSS144RR	0,06	15,9	0,656	4,49	0,658	2,65	24,8	100	0,657
C O N S T A N T	Batch 2	1,70-7,60	CSS185	0,12	17,89	0,649	10,78	0,653	2,65	24,5	100	0,649
	Batch 2	1,70-7,60	CSS194	7,65	18,34	0,656	12,66	0,659	2,65	24,8	100	0,657
	Batch 2	1,70-7,60	CSS71	0,06	17,2	0,647	6,57	0,651	2,65	24,4	100	0,647
	Batch 2	1,70-7,60	CSS124	0,2	13,21	0,651	4,38	0,656	2,65	24,6	100	0,652
	Batch 2	1,70-7,60	CSS136	0,33	15,93	0,656	18,92	0,66	2,65	24,7	100	0,655
	Batch 2	1,70-7,60	CSS157	1,19	15,53	0,66	26,5	0,666	2,65	24,9	100	0,660
	Batch 2	1,70-7,60	CSS78	0,1	8,6	0,638	6,57	0,643	2,65	24,1	100	0,639
	Batch 2	1,70-7,60	CSS123	0,16	10,98	0,658	4,63	0,66	2,65	24,8	100	0,657
CONSTANT VOLUME	Batch 2	1,70-7,60	CSS172	0,35	7,46	0,654	20,84	0,657	2,65	24,7	100	0,655
	Batch 2	1,70-7,60	CSS173	0,91	3,76	0,654	20,55	0,657	2,65	24,7	100	0,655
	Batch 2	1,70-7,60	CSS25	0,1	15,84	0,655	16,91	0,66	2,65	24,7	100	0,655
	Batch 2	1,70-7,60	CSS26	0,3	5,66	0,649	18,23	0,652	2,65	24,5	100	0,649
	Batch 2	1,70-7,60	CSS27R	1	16,83	0,657	13,82	0,66	2,65	24,8	100	0,657
	Batch 2	1,70-7,60	CSS28	3	17,36	0,636	16,22	0,658	2,65	24	100	0,636

Πίνακας 4.3. 14: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 3

	Depth(m)	Test No	γ_{cy} (%)	G(MPa)	e	λ (%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
CONSTANT VOLUME	13,35-17,30	CSS01	7,65	25,96	0,67	19,81	0,717	2,65	25,3	100	0,670
	13,35-17,31	CSS02	23,87	25,04	0,731	10,39	0,747	2,65	27,6	100	0,731
	13,35-17,32	CSS94	15,19	22,65	0,712	12,66	0,72	2,65	26,9	100	0,713
	13,35-17,33	CSS108	16,86	21,38	0,697	4,05	0,721	2,65	26,3	100	0,697
	13,35-17,34	CSS108b	0,04	24,78	0,708	10,09	0,723	2,65	26,7	100	0,708
	13,35-17,35	CSS104	15	0,06	0,676	10,76	0,73	2,65	25,5	100	0,676
	13,35-17,36	CSS88	16,1	0,08	0,708	16,16	0,72	2,65	26,7	100	0,708
	13,35-17,37	CSS03	15,64	0,06	0,703	20,73	0,723	2,65	26,5	100	0,702
CONSTANT STRESS	13,35-17,30	CSS72	0,14	24,64	0,691	7,7	0,717	2,65	26,1	100	0,692
	13,35-17,30	CSS125	0,67	12,26	0,696	7,52	0,722	2,65	26,3	100	0,697
	13,35-17,30	CSS158	2,1	18,27	0,703	35,8	0,726	2,65	26,5	100	0,702
	13,35-17,30	CSS199	0,48	21,77	0,691	12,43	0	2,65	26,1	100	0,692
	13,35-17,30	CSS79RR	0,17	17,26	0,704	10,47	0,72	2,65	26,6	100	0,705
	13,35-17,30	CSS174	0,44	13,21	0,701	10,71	0,722	2,65	26,5	100	0,702
	13,35-17,30	CSS175	0,73	11,99	0,682	14,26	0,72	2,65	25,7	100	0,681
	13,35-17,30	CSS204	0,55	13,14	0,694	15,42	0,728	2,65	26,2	100	0,694
CONSTANT VOLUME	13,35-17,30	CSS04	0,1	19,45	0,707	15,82	0,722	2,65	26,7	100	0,708
	13,35-17,30	CSS05	0,3	10,36	0,72	27,37	0,729	2,65	27,2	100	0,721
	13,35-17,30	CSS06	1	21,05	0,716	26,58	0,723	2,65	27	100	0,716
	13,35-17,30	CSS07	3	18,43	0,709	23,19	0,722	2,65	26,7	100	0,708

Πίνακας 4.3. 15: Μέτρο δυσκαμψιάς και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 4

<u>DSS</u>	Sample	Depth(m)	Test No	γ _{cy} (%)	G(MPa)	e	λ(%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
CONSTANT VOLUME	Batch 4	11,60-17,85	CSS30	17,4	24,49	0,637	12,84	0,664	2,65	24,1	100	0,639
	Batch 4	11,60-17,85	CSS31	36,35	22,57	0,652	21,01	0,661	2,65	24,6	100	0,652
	Batch 4	11,60-17,85	CSS95	21,41	21,04	0,643	16,92	0,668	2,65	24,3	100	0,644
	Batch 4	11,60-17,85	CSS109	0,03	22,84	0,617	4,31	0,665	2,65	23,3	100	0,617

Πίνακας 4.3. 16: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκκα εδάφη του Batch 5

DSS	Depth(m)	Test No	γcy (%)	G(MPa)	e	λ(%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
CONSTANT VOLUME	4,00-11,50	CSS32	15	17,54	0,61	8,93	0,616	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS33	11,54	18,68	0,61	9,56	0,616	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS96	8,6	24,98	0,619	9,11	0,622	2,65	23,4	100	0,620
	4,00-11,50	CSS110	15,01	20,59	0,61	8,71	0,614	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS141	8,7	21,51	0,602	15,38	0,614	2,65	22,7	100	0,602
	4,00-11,50	CSS40	8,75	0,17	0,622	11,51	0,631	2,65	23,5	100	0,623
	4,00-11,50	CSS92	9,37	0,24	0,611	8,36	0,616	2,65	23,1	100	0,612
	4,00-11,50	CSS130	15,05	0,3	0,609	10,01	0,616	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS34	0,08	22	0,615	8,79	0,619	2,65	23,2	100	0,615
	4,00-11,50	CSS35R	0,11	10,36	0,613	4,22	0,631	2,65	23,1	100	0,612
	4,00-11,50	CSS116	0,48	22,12	0,611	17,48	0,619	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS145R	0,19	22,04	0,599	13,11	0,602	2,65	22,6	100	0,599
	4,00-11,50	CSS186	5,48	21,79	0,609	12,1	0,614	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS195	10,81	10,79	0,613	12,77	0,617	2,65	23,1	100	0,612
CONSTANT STRESS	4,00-11,50	CSS73	0,12	17,93	0,612	5,32	0,616	2,65	23,1	100	0,612
	4,00-11,50	CSS126	0,2	22,59	0,619	8,71	0,624	2,65	23,3	100	0,617
	4,00-11,50	CSS160	0,43	23,17	0,607	17,88	0,61	2,65	22,9	100	0,607
	4,00-11,50	CSS161	1,28	15,14	0,619	23,36	0,624	2,65	23,4	100	0,620
	4,00-11,50	CSS80	0,08	19,85	0,621	3,62	0,626	2,65	23,4	100	0,620
	4,00-11,50	CSS131	0,2	15,83	0,613	10,24	0,619	2,65	23,1	100	0,612
	4,00-11,50	CSS177	0,38	12,47	0,61	14,16	0,613	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS178	0,24	16,32	0,608	13,44	0,614	2,65	22,9	100	0,607
CONSTANT VOLUME	4,00-11,50	CSS36	0,1	20,52	0,621	12,28	0,628	2,65	23,4	100	0,620
	4,00-11,50	CSS37	0,3	22,5	0,623	28,09	0,628	2,65	23,5	100	0,623
	4,00-11,50	CSS38	1	24,22	0,609	11,94	0,615	2,65	23	100	0,610
	4,00-11,50	CSS39	3	16,57	0,605	15,01	0,612	2,65	22,8	100	0,604

Πίνακας 4.3. 17: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 6

DSS	Sample	Depth(m)	Test No	γ_{cy} (%)	G(MPa)	e	λ (%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
CONSTANT VOLUME	Batch 6	15,00-22,20	CSS41	13,93	28,18	0,572	11,51	0,579	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 6	15,00-22,20	CSS42	15	27,24	0,571	10,6	0,578	2,65	21,5	100	0,570
	Batch 6	15,00-22,20	CSS97	15	30,79	0,573	17,21	0,578	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 6	15,00-22,20	CSS11	15,73	22,7	0,566	15,04	0,573	2,65	21,4	100	0,567
	Batch 6	15,00-22,20	CSS142	10,53	28,39	0,574	9,76	0,58	2,65	21,7	100	0,575
	Batch 6	15,00-22,20	CSS193	0,04	25,82	0,572	1,74	0,582	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 6	15,00-22,20	CSS152R	11,19	0,16	0,566	7,35	0,578	2,65	21,4	100	0,567
	Batch 6	15,00-22,20	CSS47R	15,01	0,24	0,571	9,54	0,579	2,65	21,6	100	0,572
CONSTANT STRESS	Batch 6	15,00-22,20	CSS74	0,16	28,2	0,57	3,95	0,576	2,65	21,5	100	0,570
	Batch 6	15,00-22,20	CSS127R	0,19	21,74	0,572	1,74	0,583	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 6	15,00-22,20	CSS127RR	0,35	31,15	0,579	9,1	0,587	2,65	21,8	100	0,578
	Batch 6	15,00-22,20	CSS162	0,92	15,34	0,584	10,4	0,589	2,65	22	100	0,583
	Batch 6	15,00-22,20	CSS163R	0,52	25,13	0,574	10,46	0,583	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 6	15,00-22,20	CSS81	0,15	25,15	0,573	5,5	0,578	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 6	15,00-22,20	CSS132	0,53	14,42	0,569	7,55	0,574	2,65	21,5	100	0,570
	Batch 6	15,00-22,20	CSS179	0,62	18,19	0,562	15,87	0,569	2,65	21,2	100	0,562
CONSTANT VOLUME	Batch 6	15,00-22,20	CSS180	0,49	19,15	0,564	9,66	0,577	2,65	21,3	100	0,564
	Batch 6	15,00-22,20	CSS43	0,1	25,25	0,571	3,65	0,578	2,65	20,1	100	0,533
	Batch 6	15,00-22,20	CSS44	0,3	27,37	0,572	22,32	0,579	2,65	20,1	100	0,533
	Batch 6	15,00-22,20	CSS45	1	27,78	0,571	15,88	0,577	2,65	20,1	100	0,533
	Batch 6	15,00-22,20	CSS46	3	11,62	0,577	9,37	0,585	2,65	20,1	100	0,533

Πίνακας 4.3. 18: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 8

<u>DSS</u>	Sample	Depth(m)	Test No	γ _{cy} (%)	G(MPa)	e	λ(%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
CONSTANT VOLUME	Batch 8	6,85-20,05	CSS48R	15,09	28,32	0,569	9,79	0,575	2,65	21,5	100	0,570
	Batch 8	6,85-20,05	CSS49	15,01	18,61	0,576	9,66	0,584	2,65	21,7	100	0,575
	Batch 8	6,85-20,05	CSS98	15,59	24,95	0,581	10,67	0,59	2,65	21,9	100	0,580
	Batch 8	6,85-20,05	CSS114	0,08	22,6	0,565	1,91	0,573	2,65	21,3	100	0,564
	Batch 8	6,85-20,05	CSS139R	15,16	22,64	0,575	10,92	0,581	2,65	21,7	100	0,575
	Batch 8	6,85-20,05	CSS154	14,86	0,14	0,575	10,15	0,582	2,65	21,7	100	0,575
	Batch 8	6,85-20,05	CSS56R	15	0,19	0,572	9,35	0,577	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 8	6,85-20,05	CSS89R	15,12	0,38	0,571	14,39	0,579	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 8	6,85-20,05	CSS50	0,15	21,61	0,58	8,17	0,588	2,65	21,9	100	0,580
	Batch 8	6,85-20,05	CSS51	0,12	17,71	0,565	4,25	0,576	2,65	21,3	100	0,564
	Batch 8	6,85-20,05	CSS91R	0,47	22,04	0,57	13,21	0,582	2,65	21,5	100	0,570
	Batch 8	6,85-20,05	CSS117R	0,19	24,32	0,568	6,7	0,578	2,65	9,7	46	0,559
	Batch 8	6,85-20,05	CSS117RR	0,17	26,17	0,558	6,84	0,567	2,65	21,1	100	0,559
	Batch 8	6,85-20,05	CSS187	10,77	17,95	0,57	12,37	0,58	2,65	21,5	100	0,570
CONSTANT STRESS	Batch 8	6,85-20,05	CSS196	15,22	26,1	0,562	11,73	0,572	2,65	21,2	100	0,562
	Batch 8	6,85-20,05	CSS75	0,15	23,07	0,561	5,16	0,573	2,65	21,2	100	0,562
	Batch 8	6,85-20,05	CSS128	0,45	20,14	0,578	9,9	0,584	2,65	21,8	100	0,578
	Batch 8	6,85-20,05	CSS166	0,65	27,84	0,573	17,26	0,578	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 8	6,85-20,05	CSS167R	2,71	25,41	0,573	28,28	0,578	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 8	6,85-20,05	CSS82	0,15	19,81	0,567	6,95	0,579	2,65	21,4	100	0,567
	Batch 8	6,85-20,05	CSS133	0,41	14,48	0,571	8,19	0,581	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 8	6,85-20,05	CSS181	2,49	3,58	0,582	33,51	0,589	2,65	22	100	0,583
CONSTANT VOLUME	Batch 8	6,85-20,05	CSS182	1,83	6,2	0,564	26,65	0,572	2,65	21,3	100	0,564
	Batch 8	6,85-20,05	CSS52	0,1	19,94	0,575	5,25	0,579	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 8	6,85-20,05	CSS53	0,3	20,81	0,569	23,48	0,576	2,65	21,6	100	0,572
	Batch 8	6,85-20,05	CSS54	1	26,07	0,571	25,74	0,579	2,65	21,5	100	0,570
	Batch 8	6,85-20,05	CSS55	3	16,99	0,572	21,31	0,578	2,65	21,8	100	0,578

Πίνακας 4.3. 19: Μέτρο δυσκαμψίας και λόγος απόσβεσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών CSS στα χονδρόκοκα εδάφη του Batch 9

DSS	Sample	Depth(m)	Test No	γ _{cy} (%)	G(MPa)	e	λ(%)	eo(Assumed)	Gs(Assumed)	w(%)	Sr(%)	eo
CONSTANT VOLUME	Batch 9	24,50-34,30	CSS57	15,11	12,84	0,611	0,76	0,617	2,65	23	100	0,610
	Batch 9	24,50-34,30	CSS58	15,05	24	0,604	11,66	0,612	2,65	22,8	100	0,604
	Batch 9	24,50-34,30	CSS99R	0,07	24,73	0,606	3,13	0,613	2,65	22,9	100	0,607
	Batch 9	24,50-34,30	CSS99Rb	15,46	11,23	0,603	13,99	0,614	2,65	22,8	100	0,604
	Batch 9	24,50-34,30	CSS65	15,02	0,19	0,608	10,09	0,617	2,65	22,9	100	0,607
	Batch 9	24,50-34,30	CSS90	15,02	0,28	0,606	10,53	0,614	2,65	22,9	100	0,607
	Batch 9	24,50-34,30	CSS120	15,48	0,35	0,608	12,44	0,614	2,65	22,9	100	0,607
	Batch 9	24,50-34,30	CSS59R	0,09	21,72	0,606	5,65	0,614	2,65	22,9	100	0,607
	Batch 9	24,50-34,30	CSS60	0,09	21,21	0,596	4,64	0,602	2,65	22,5	100	0,596
	Batch 9	24,50-34,30	CSS105RR	0,7	24,65	0,599	15,24	0,618	2,65	22,6	100	0,599
	Batch 9	24,50-34,30	CSS148R	0,18	24,02	0,607	9,25	0,616	2,65	10	44	0,602
	Batch 9	24,50-34,30	CSS188	0,32	27,03	0,61	14,2	0,622	2,65	23	100	0,610
CONSTANT STRESS	Batch 9	24,50-34,30	CSS197	15,1	26,6	0,588	12,23	0,615	2,65	22,2	100	0,588
	Batch 9	24,50-34,30	CSS76	0,15	23,56	0,603	4,64	0,611	2,65	22,7	100	0,602
	Batch 9	24,50-34,30	CSS129	1,27	19,78	0,604	25,85	0,61	2,65	22,8	100	0,604
	Batch 9	24,50-34,30	CSS168	0,24	26,,96	0,605	7,74	0,616	2,65	9,6	43	0,592
	Batch 9	24,50-34,30	CSS169	0,44	27,72	0,619	13,31	0,629	2,65	23,4	100	0,620
	Batch 9	24,50-34,30	CSS83	0,14	21,09	0,616	5,79	0,624	2,65	23,3	100	0,617
	Batch 9	24,50-34,30	CSS134	0,73	8,16	0,613	6,12	0,62	2,65	23,1	100	0,612
	Batch 9	24,50-34,30	CSS183	0,24	18,89	0,611	8,27	0,619	2,65	23,1	100	0,612
CONSTANT VOLUME	Batch 9	24,50-34,30	CSS184	0,79	9,36	0,614	9,87	0,624	2,65	23,2	100	0,615
	Batch 9	24,50-34,30	CSS61	0,1	19,74	0,613	4,21	0,621	2,65	23,1	100	0,612
	Batch 9	24,50-34,30	CSS62	0,3	23,68	0,61	18,66	0,6174	2,65	23	100	0,610
	Batch 9	24,50-34,30	CSS63	1	13,6	0,607	20,11	0,618	2,65	22,9	100	0,607
	Batch 9	24,50-34,30	CSS64	3	23,58	0,61	18,65	0,619	2,65	23	100	0,610

4.3.3 Κυκλική τριαξονική φόρτιση (CTX)

Οι δοκιμές πραγματοποιούνται σε αδιατάρακτα ή αναζυμωμένα δοκίμια εδάφους με λόγο ύψους προς διάμετρο περίπου 2:1. Η διαδικασία της δοκιμής είναι ουσιαστικά παρόμοια με αυτή της μονοτονικής τριαξονικής δοκιμής, εκτός από το γεγονός ότι η αξονική τάση είναι κυκλική, γενικά σε συχνότητα 0,1 Hz ή 1 Hz.

Η κυκλική τριαξονική δοκιμή μπορεί να πραγματοποιηθεί ως δοκιμή ελεγχόμενης τάσης ή ελεγχόμενης παραμόρφωσης και συχνά υπό αστράγγιστες συνθήκες. Μετά την ολοκλήρωση της φάσης στερεοποίησης, πραγματοποιείται το στάδιο της αρχικής διάτμησης. Η κυκλική αποκλίνουσα πίεση, q_{cy} , ορίζεται ως το ήμισυ της μέγιστης μεταβολής της αποκλίνουσας τάσης σε έναν κύκλο φόρτισης.

Η q_{av} εφαρμόζεται και αφήνεται για μια χρονική περίοδο (κατά μέσο όρο 1 ώρα). Στη συνέχεια, εφαρμόζεται στο δείγμα είτε ημιτονοειδής q_{cy} με καθορισμένο πλάτος (δοκιμές ελεγχόμενης τάσης) είτε ημιτονοειδής αξονική παραμόρφωση (ϵ) με καθορισμένο πλάτος (δοκιμές ελεγχόμενης παραμόρφωσης).

Η συνήθης πρακτική για τις δοκιμές κυκλικής τριαξονικής φόρτισης ελεγχόμενης τάσης είναι:

- Σταθερός λόγος αποκλίνουσας τάσης q_{cy}/σ'_{ref} , όπου σ'_{ref} είναι η τάση αναφοράς για την οποία επιλέγεται η ενεργός κατακόρυφη τάση στερεοποίησης.
- Σταθερός μέσος λόγος αποκλίνουσας πίεσης (q_{av}/σ'_{ref}) ανά δοκιμή.
- Μια σειρά δοκιμών σε διάφορους λόγους

Οι πρώτες δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας ένα εύρος τάσης 10% ή 20% της αναφοράς τάσης. Οι επόμενες δοκιμές προγραμματίστηκαν με βάση τα αποτελέσματα των πρώτων δοκιμών. Παρά τα χαμηλά επίπεδα τάσης, τα περισσότερα δοκίμια αστόχησαν κατά το πρώτο στάδιο της κυκλικής φόρτισης. Για τις υπόλοιπες δοκιμές, επιλέχθηκαν μικρότερα επίπεδα τάσης με στόχο την αποφυγή αστοχίας κατά τα δύο στάδια της κυκλικής φόρτισης, λαμβάνοντας τους περιορισμούς του εξοπλισμού και την ακρίβεια των δοκιμών σε χαμηλά επίπεδα τάσης.

Οι CTX δοκιμές, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με χαμηλές πιέσεις εμφάνισαν διακυμάνσεις τιμών στις αξονικές και ογκομετρικές παραμορφώσεις κατά τη φάση της στερεοποίησης (π.χ. δοκιμή CTX13 Batch 1). Αυτό οφείλεται στη χρήση μίας δυναμοκυψέλης μεγάλων πιέσεων η οποία μπορεί να είναι ελαφρώς ανακριβής σε χαμηλά επίπεδα τάσης. Η επιλογή αυτής της δυναμοκυψέλης έγινε για να διασφαλιστεί η μέγιστη εκτροπική τάση.

Σε ορισμένες δοκιμές, παρατηρείται στα διαγράμματα στερεοποίησης αντιστροφή της ογκομετρικής παραμόρφωσης. Η συνολική μεταβολή της ογκομετρικής

παραμόρφωσης εκτιμάται στο δοκίμιο (μέγιστο ~0.05%) και δεν επηρεάζει τα τελικά αποτελέσματα. Ένας πιθανός λόγος θα μπορούσε να είναι ότι το δεν έχει πλήρως κορεστεί.

Το αρχικό μέρος της φάσης στερεοποίησης της δοκιμής CTX27 πραγματοποιήθηκε κατά λάθος με τη βαλβίδα στράγγισης κλειστή, με αποτέλεσμα μηδενική ογκομετρική παραμόρφωση. Παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση της πίεσης των πόρων, αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό που να προκαλούσε διαταραχή στο δείγμα.

Οι CTX δοκιμές υπό στραγγιζόμενες συνθήκες πραγματοποιήθηκαν με συχνότητα φόρτισης 0.02 Hz και σχετικά χαμηλά εύρη τάσεων. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με δυνατότητα αποστράγγισης του δοκιμίου συνθήκες μέσω της άνω πλάκας ενώ η πίεση των πόρων μετρήθηκε στη βάση του δοκιμίου.

Οι δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες έχουν πραγματοποιηθεί για να αξιολογήσουν (1) τη συσσώρευση κυκλικής αξονικής παραμόρφωσης και πίεσης νερού πόρων, (2) την υποβάθμιση της αντοχής και της ακαμψίας του εδάφους, και τα δύο όταν υποβάλλονται σε δύο στάδια (1500 κύκλοι ακολουθούμενοι από 400 κύκλους) κυκλικής φόρτισης χωρίς αποστράγγιση, και (3) για να αξιολογηθούν οι επιδράσεις της κυκλικής φόρτισης στη συμπεριφορά του δείγματος μετά την κυκλική φόρτιση κατά τη διάρκεια στατικής διάτμησης.

Δοκιμές CTX που επιτρέπουν την στράγγιση έχουν επίσης πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος. Τα δείγματα υποβλήθηκαν σε δύο στάδια (1500 και 400 κύκλοι) κυκλικής φόρτισης και σε στατικές δοκιμές μετά την κυκλική φόρτιση, όπου ήταν εφαρμόσιμο. Αυτές οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν μόνο σε δείγματα χονδρόκοκκων εδαφών.

Οι κυκλικές δοκιμές ολοκληρώθηκαν όταν η αστοχία του δοκιμίου ήταν εμφανής ή όταν επιτεύχθηκε ο καθορισμένος αριθμός κύκλων. Η αστοχία του δοκιμίου επιτεύχθηκε όταν πληρώθηκε μία από τις ακόλουθες συνθήκες:

- Η μέση αξονική παραμόρφωση (μονού πλάτους) υπερβαίνει το 10%.
- Η μέση διατμητική παραμόρφωση (μονού πλάτους) υπερβαίνει το 15%.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των χονδρόκοκκων εδαφών, στα οποία πραγματοποιήθηκαν δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.22. Παρατηρείται πως πρόκειται για χαλαζιακές άμμους.

Οι αρχικές συνθήκες των παραπάνω δοκιμών CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες στα χονδρόκοκκα εδάφη παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.3.23 και 4.3.24, ενώ τα αποτελέσματα των δοκιμών στον Πίνακα 4.3.25.

Στο Σχήμα 4.3.5 παρουσιάζεται η διακύμανση της αξονικής κυκλικής παραμόρφωσης με τη σχετική πυκνότητα, η οποία θεωρήθηκε ίδια με τα δοκίμια που μελετήθηκαν με τη μέθοδο στήλης συντονισμού.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες στα χονδρόκοκκα εδάφη και στα λεπτόκοκκα εδάφη παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.3.26 και 4.3.27. αντίστοιχα. Η ανάλυση αυτών των αποτελεσμάτων δεν περιλαμβάνεται σε αυτήν την ενότητα.

Πίνακας 4.3. 20: Φυσικά χαρακτηριστικά χονδρόκοκκων εδαφών από τις δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες

Γεώτρηση	BSCS	CO ₂ (%)	Ποσοστό χαλαζία (%)	Σχήμα κόκκων	Σφαιρικότητα	Περιγραφή
HKW053-BH	SP	8	95	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία-Υψηλή (rK=0,5 to 0,9)	Ανοιχτόχρωμη γκρι (ομοιόμορφη)
HKW056-BH		5				
HKW053-BH	SP	5	95	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία-Υψηλή (rK=0,5 to 0,9)	Ανοιχτόχρωμη καφε-γκρι (ομοιόμορφη)
HKW053-BH-A						
HKW056-BH						
HKW107-BH	SM	2	95	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία-Υψηλή (rK=0,5 to 0,9)	Γκρι (ομοιόμορφη) χαλαζιακή
HKW065-BH	SM	4	84	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Χαμηλή- Μεσαία (rK=0,3 to 0,7)	Ανοιχτόχρωμη καφε-γκρι (ομοιόμορφη)
HKW016-BH	SP	5	98	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία (rK=0,5 to 0,7)	Γκρι χονδροκοκκη άμμος
HKW016-BH	SW	2	98	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία-Υψηλή (rK=0,5 to 0,9)	Ανοιχτόχρωμη γκρι χαλαζιακή μεσόκοκκη-
HKW112-BH	SM	2	94	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία (rK=0,5 to 0,7)	Ανοιχτόχρωμη πρασινή-καφε χονδρόκοκκη
HKW062-BH	SW	2	97	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία-Υψηλή (rK=0,5 to 0,9)	Ανοιχτόχρωμη πράσινη-γκρι μεσόκοκκη-
HKW113-BH		4				
HKW062-BH	SP	8	95	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Χαμηλή- Μεσαία (rK=0,3 to 0,7)	Ανοιχτόχρωμη πράσινη-γκρι μεσόκοκκη-
HKW113-BH		4				
HKW038-BH	SP	4	95	Ημιγωνιώδες έως στρογγυλό σχήμα κόκκων	Μεσαία-Υψηλή (rK=0,5 to 0,9)	Ανοιχτόχρωμη πράσινη-γκρι μεσόκοκκη-
HKW045-BH		2				

Πίνακας 4.3. 21: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών στις δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκκα εδάφη

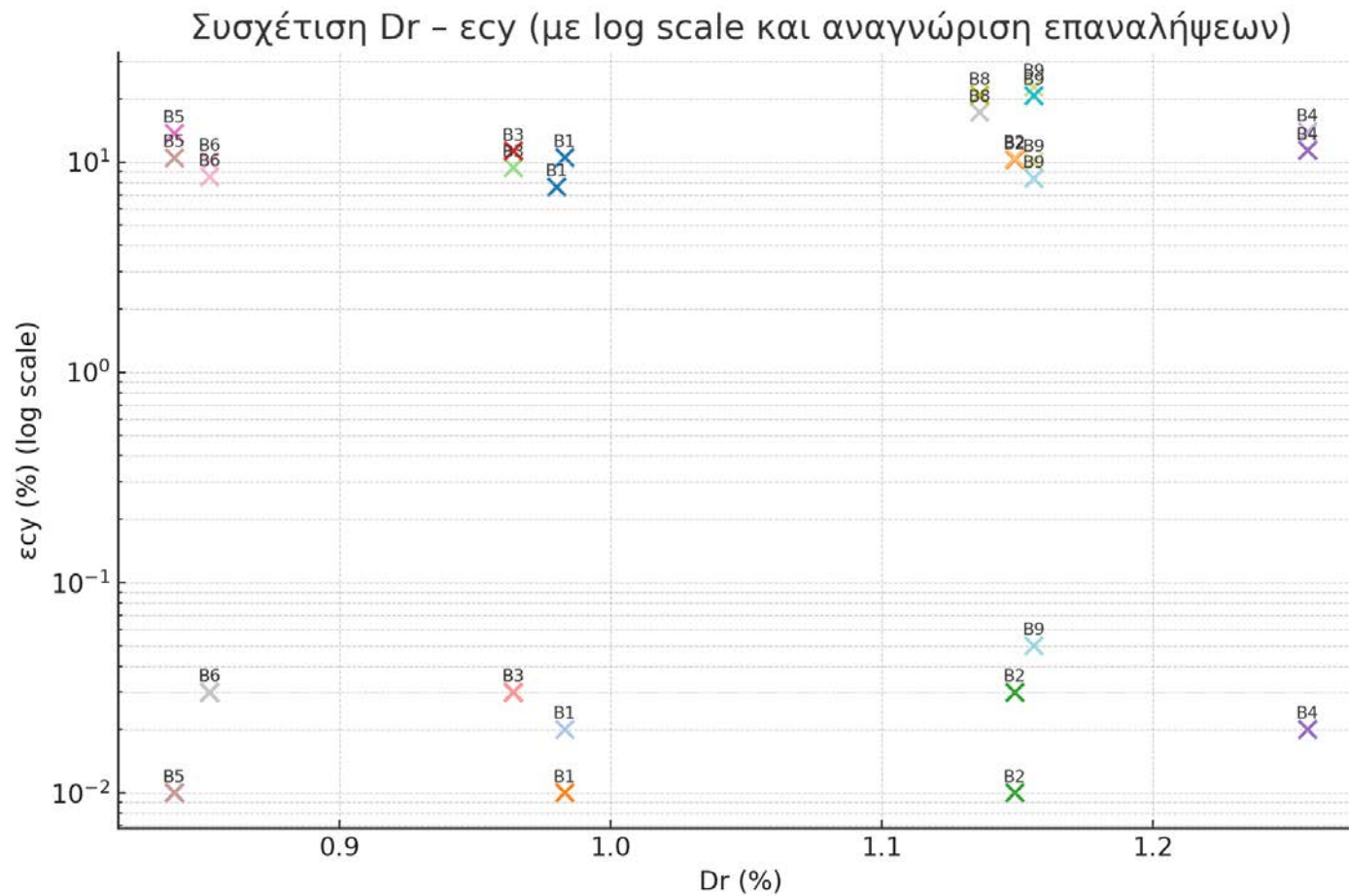
Γεώτρηση	Sample	Test No	Βάθος(m)	Sr(%)	Gs(Assumed)	eo(Assumed)	w(%)	eo
	Batch 1	CTX02	0-4,15	41	2,65	0,641	10	0,646
	Batch 1	CTX09	0-4,15	42	2,65	0,644	10,1	0,637
	Batch 1	CTX13	0-4,15	41	2,65	0,642	10	0,646
	Batch 1	CTX21	0-4,15	42	2,65	0,636	10	0,631
	Batch 1	CTX30	0-4,15	43	2,65	0,651	10,5	0,647
	Batch 2	CTX03	1,70-7,60	42	2,65	0,667	10,5	0,663
	Batch 2	CTX10	1,70-7,60	41	2,65	0,667	10,4	0,672
	Batch 2	CTX22	1,70-7,60	40	2,65	0,655	10	0,663
	Batch 2	CTX33	1,70-7,60	40	2,65	0,654	10	0,663
	Batch 2	CTX35	1,70-7,60	41	2,65	0,662	10,3	0,666
	Batch 3	CTX01	13,35-17,30	38	2,65	0,725	10,4	0,725
	Batch 3	CTX19R	13,35-17,30	38	2,65	0,717	10,2	0,711
	Batch 3	CTX28	13,35-17,30	38	2,65	0,713	9,9	0,690
	Batch 3	CTX36	13,35-17,30	37	2,65	0,718	10	0,716
	Batch 3	CTX41	13,35-17,30	38	2,65	0,728	10,4	0,725
	Batch 4	CTX04	11,60-17,85	41	2,65	0,664	10,2	0,659
	Batch 4	CTX11	11,60-17,85	41	2,65	0,666	10,2	0,659
	Batch 4	CTX14	11,60-17,85	40	2,65	0,663	10,1	0,669
	Batch 4	CTX23	11,60-17,85	42	2,65	0,678	10,7	0,675
	Batch 5	CTX05	4-11,5	41	2,65	0,621	9,6	0,620
	Batch 5	CTX12	4-11,5	44	2,65	0,629	10,4	0,626
	Batch 5	CTX15	4-11,5	43	2,65	0,622	10,2	0,629
	Batch 5	CTX24R	4-11,5	44	2,65	0,625	10,3	0,620
	Batch 5	CTX44	4-11,5	43	2,65	0,621	10,1	0,622
	Batch 6	CTX20	15-22,2	47	2,65	0,58	10,2	0,575
	Batch 6	CTX29	15-22,2	46	2,65	0,587	10,1	0,582
	Batch 6	CTX32R	15-22,2	42	2,65	0,565	8,9	0,562
	Batch 6	CTX40	15-22,2	47	2,65	0,583	10,3	0,581
	Batch 6	CTX43	15-22,2	46	2,65	0,58	10,1	0,582
	Batch 8	CTX07	6,85-20,05	46	2,65	0,582	10,1	0,582
	Batch 8	CTX16	6,85-20,05	46	2,65	0,583	10,2	0,588
	Batch 8	CTX25	6,85-20,05	45	2,65	0,584	10	0,589
	Batch 8	CTX33	6,85-20,05	45	2,65	0,577	9,7	0,571
	Batch 8	CTX37	6,85-20,05	45	2,65	0,579	9,9	0,583
	Batch 9	CTX08	24,5-34,3	40	2,65	0,613	9,2	0,610
	Batch 9	CTX17	24,5-34,3	44	2,65	0,615	10,1	0,608
	Batch 9	CTX26	24,5-34,3	43	2,65	0,615	9,9	0,610
	Batch 9	CTX34	24,5-34,3	44	2,65	0,614	10,3	0,620
	Batch 9	CTX38	24,5-34,3	43	2,65	0,614	10,1	0,622

Πίνακας 4.3. 22: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και στερεοποίησης στις δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Undrained								
				Initial*			Consolidation†					
				w [%]	γ [kN/m ³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m ³]	σ' _{vc} [kPa]	σ' _{rc} [kPa]	e [-]	ε _{vol} [%]
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CTX40	10.3	18.1	0.583	21.4	20.1	190	170	0.568	0.90
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	CTX43	10.1	18.1	0.580	21.5	20.1	190	170	0.571	0.57
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CTX07	10.1	18.1	0.582	21.4	20.1	150	120	0.568	0.86
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CTX16	10.2	18.1	0.583	21.3	20.2	150	120	0.564	1.21
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CTX16	10.0	18.1	0.584	21.7	20.1	150	120	0.574	0.62
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CTX33	9.7	18.1	0.577	21.4	20.1	150	120	0.568	0.58
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	CTX37	9.9	18.1	0.579	21.6	20.1	150	120	0.571	0.52
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CTX08	9.2	17.6	0.613	22.8	19.9	150	105	0.604	0.59
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CTX17	10.1	17.8	0.615	22.9	19.9	150	105	0.607	0.50
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CTX26	9.9	17.7	0.615	22.9	19.9	150	105	0.607	0.52
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CTX34	10.3	17.8	0.614	22.3	20.0	150	105	0.592	1.36
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	CTX38	10.1	17.8	0.614	22.9	19.9	150	105	0.606	0.46

Πίνακας 4.3. 23: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Sample	Test No	Βάθος(m)	e	Dr(%)	σo'(kPa)	qcy(kPa)	qav(kPa)	εcy(%)	N	N1	qcy1(kPa)	σ1(kPa)	σ2(kPa)	CSR	
Batch 1	CTX02	0-4,15	0,639	0,98	20	8	0	10,5	40			20	20		ISO
Batch 1	CTX09	0-4,15	0,643	0,98	20	4	0	10,22	485			20	20		ISO
Batch 1	CTX13	0-4,15	0,641	0,98	20	2	0	7,6	1500	197	4	20	20		ISO
Batch 1	CTX21	0-4,15	0,635	0,98	20	2	0	0,02	1500	400	2	20	20		ISO
Batch 1	CTX30	0-4,15	0,65	0,98	20	4	0	0,04	1500	400	4	20	20		ISO
Batch 2	CTX03	1,70-7,60	0,67	1,00	45	18	0	10,24	4			20	20		ISO
Batch 2	CTX10	1,70-7,60	0,663	1,00	45	5	0	0,01	1500	400	9	45	45		ISO
Batch 2	CTX22	1,70-7,60	0,651	1,00	45	14	0	10,42	1500	215	9	45	45		ISO
Batch 2	CTX33	1,70-7,60	0,65	1,00	45	7	0	0,03	1500	400	12	45	45		ISO
Batch 2	CTX35	1,70-7,60	0,657	1,00	45	7	0	9,38	1500	174	14	45	45		ISO
Batch 3	CTX01	13,35-17,30	0,692	0,96	146	55	3	11,27	1			146	146		ISO
Batch 3	CTX19R	13,35-17,30	0,702	0,96	146	6	0	0,01	1500	400	6	146	146		ISO
Batch 3	CTX28	13,35-17,30	0,688	0,96	146	9	0	0,03	1500	400	15	146	146		ISO
Batch 3	CTX36	13,35-17,30	0,691	0,96	146	15	0	19,5	1500	220	29	146	146		ISO
Batch 3	CTX41	13,35-17,30	0,718	0,96	146	16	0	0,02	1500	400	22	146	146		ISO
Batch 4	CTX04	11,60-17,85	0,634	1,00	145	53	5	13,87	2			145	145		ISO
Batch 4	CTX11	11,60-17,85	0,644	1,00	145	15	0	11,35	957			145	145		ISO
Batch 4	CTX14	11,60-17,85	0,648	1,00	145	29	0	10,46	33			145	145		ISO
Batch 4	CTX23	11,60-17,85	0,64	1,00	145	2	0	0,01	1500	400	3	145	145		ISO
Batch 5	CTX05	4-11,5	0,612	0,84	80	32	0	13,66	89			80	80		ISO
Batch 5	CTX12	4-11,5	0,625	0,84	80	16	0	8,5	1500	32	32	80	80		ISO
Batch 5	CTX15	4-11,5	0,614	0,84	80	16	0	10,07	1053			80	80		ISO
Batch 5	CTX24R	4-11,5	0,616	0,84	80	3	0	0,01	1500	400	6	80	80		ISO
Batch 5	CTX44	4-11,5	0,616	0,84	80	8	0	0,03	1500	400	16	80	80		ISO
Batch 6	CTX20	15-22,2	0,569	0,85	190	38	0	0,06	1500	400	38	190	170	0,105	ANISO
Batch 6	CTX29	15-22,2	0,582	0,85	190	38	0	17,21	1500	76	76	190	170	0,105	ANISO
Batch 6	CTX32R	15-22,2	0,553	0,85	190	38	0	20,78	516			190	190		ISO
Batch 6	CTX40	15-22,2	0,568	0,85	190	31	0	20,13	1500	11	31	190	190		ISO
Batch 6	CTX43	15-22,2	0,571	0,85	190	19	0	22,68	1500	133	47	190	190		ISO
Batch 8	CTX07	6,85-20,05	0,568	1,00	150	60	0	10	13			150	120	0,2	ANISO
Batch 8	CTX16	6,85-20,05	0,564	1,00	150	30	0	10	1500	76	60	150	120	0,2	ANISO
Batch 8	CTX25	6,85-20,05	0,574	1,00	150	15	0	0,05	1500	400	30	150	120	0,2	ANISO
Batch 8	CTX33	6,85-20,05	0,567	1,00	150	30	0	0,05	1500	400	45	150	120	0,2	ANISO
Batch 8	CTX37	6,85-20,05	0,571	1,00	150	24	0	20,66	1500	148	24	150	120	0,2	ANISO
Batch 9	CTX08	24,5-34,3	0,604	1,00	150	60	0	8,34	110			150	105	0,3	ANISO
Batch 9	CTX17	24,5-34,3	0,607	1,00	150	30	0	10,15	1500	22	60	150	105	0,3	ANISO
Batch 9	CTX26	24,5-34,3	0,607	1,00	150	15	0	0,05	1500	400	30	150	105	0,3	ANISO
Batch 9	CTX34	24,5-34,3	0,592	1,00	150	30	0	10,11	1500	23	30	150	105	0,3	ANISO
Batch 9	CTX38	24,5-34,3	0,606	1,00	150	45	0	0,06	1500	400	45	150	105	0,3	ANISO



Σχήμα 4.3. 8: Μεταβολή της e_{cy} με τη D_r από τις δοκιμές CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Πίνακας 4.3. 24: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και στερεοποίησης στις δοκιμές CTX υπό στραγγιζόμενες συνθήκες για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Sample ID	Depth	Test Series	Test ID	With Drainage								
				Initial*			Consolidation†					
	w [%]			γ [kN/m³]	e ₀ [-]	w [%]	γ [kN/m³]	σ' _{vc} [kPa]	σ' _{rc} [kPa]	e [-]	ε _{vol} [%]	
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	DCTX03	10.1	17.4	0.646	23.9	19.7	99	99	0.634	0.69
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	DCTX09	10.6	17.5	0.642	23.9	19.7	100	100	0.634	0.49
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	DCTX14	10.5	17.5	0.643	23.9	19.7	100	100	0.634	0.55
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	DCTX04	10.3	17.3	0.657	24.4	19.6	100	100	0.646	0.64
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	DCTX10	10.5	17.3	0.659	24.6	19.6	100	100	0.651	0.45
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	DCTX17	10.0	17.2	0.662	24.7	19.6	100	100	0.656	0.38
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	DCTX05	9.8	16.7	0.712	26.2	19.3	146	146	0.693	1.09
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	DCTX11R	10.0	16.7	0.718	26.6	19.3	146	146	0.704	0.83
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	DCTX19	10.0	16.7	0.710	27.0	19.2	146	146	0.715	-0.30
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	DCTX06	10.1	17.7	0.620	23.1	19.8	100	100	0.613	0.41
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	DCTX12	10.3	17.8	0.618	23.1	19.8	100	100	0.611	0.45
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	DCTX15	10.0	17.8	0.614	22.9	19.9	100	100	0.607	0.44
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	DCTX07	10.0	18.1	0.580	21.6	20.1	150	120	0.572	0.53
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	DCTX13	9.9	18.2	0.570	21.3	20.2	150	120	0.563	0.39
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	DCTX18	10.1	18.1	0.578	21.4	20.1	150	120	0.568	0.61
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	DCTX08R	10.5	17.7	0.625	23.3	19.8	150	105	0.617	0.51
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	DCTX16	10.2	17.7	0.622	23.2	19.8	150	105	0.615	0.43
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	DCTX20	10.0	17.7	0.616	22.9	19.9	150	105	0.608	0.52

Πίνακας 4.3. 25: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών CTX υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα λεπτόκοκκα εδάφη

Borehole	Sample ID	Depth	Test Series	Test ID	Undrained									$\Delta e/e_0$
					Initial*			Consolidation†						
		[m BSF]			w [%]	γ [kN/m³]	e_0 [-]	w [%]	γ [kN/m³]	σ'_{vc} [kPa]	σ'_{rc} [kPa]	e [-]	ε_{vol} [%]	
HKW055-BH	07WAXC	5.95	C-FG-T	CTX39	26.6	19.6	0.711	25.9	19.7	56	67	0.692	1.13	0.027
HKW062-BH	06WAXD	4.07	C-FG-T	CTX27	32.7	18.8	0.869	32.0	18.9	40	53	0.849	1.06	0.023
HKW062-BH	08WAXB	5.62	C-FG-T	CTX18	28.8	19.1	0.781	27.5	19.3	54	71	0.746	1.94	0.045
HKW077-BH	09WAXF	8.71	C-FG-T	CTX42	35.2	18.0	0.996	35.2	18.0	82	90	0.994	0.08	0.002

Borehole	Sample ID	Depth	Test Series	Test ID	s _{u,C}	Undrained												
						Cyclic Loading Stage 1					Cyclic Loading Stage 2					Post-Cyclic Monotonic Loading Stage (At Peak Deviator Stress)		
		[m BSF]				τ _{av} /s _{u,C} ^I [-]	τ _{cy} /s _{u,C} ^I [-]	N _f [-]	ε _{av} [%]	ε _{cy} [%]	τ _{av} /s _{u,C} ^I [-]	τ _{cy} /s _{u,C} ^I [-]	N _f [-]	ε _{av} [%]	ε _{cy} [%]	q [kPa]	ε _a [%]	ε ₅₀ [%]
HKW055-BH	07WAXC	5.95	C-FG-T	CTX39	90	0.00 (0.00)	0.08 (0.08)	1500	0.09	0.04	0.00 (0.00)	0.14 (0.15)	400	0.20	0.08	183	8.90	1.30
HKW062-BH	06WAXD	4.07	C-FG-T	CTX27	90	0.00 (0.00)	0.06 (0.05)	1500	0.12	0.02	0.00 (0.00)	0.10 (0.10)	400	0.14	0.06	180	18.18	2.93
HKW062-BH	08WAXB	5.62	C-FG-T	CTX18	90	0.00 (0.00)	0.10 (0.10)	1500	0.24	0.06	0.00 (0.00)	0.20 (0.20)	199	-3.17	10.10	-	-	-
HKW077-BH	09WAXF	8.71	C-FG-T	CTX42	90	0.00 (0.00)	0.10 (0.10)	1500	-0.03	0.05	0.00 (0.00)	0.15 (0.15)	400	-0.04	0.08	164	2.49	0.42

4.3.4 Δοκιμή Στήλης Συντονισμού (RC)

Η δοκιμή επιτρέπει τον προσδιορισμό του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης σε μικρές παραμορφώσεις ενός κυλινδρικού εδαφικού δοκιμίου. Στο δοκίμιο εφαρμόζονται ελεγχόμενες καταστάσεις πίεσης κυψέλης και πίεσης πόρων. Η δοκιμή μπορεί να διεξαχθεί σε αδιατάρακτα ή αναζυμωμένα δοκίμια με λόγο ύψους προς διάμετρο συνήθως 2:1.

Ο βαθμός κορεσμού ελέγχεται μέσω της απόκρισης πίεσης πόρων σε ελεγχόμενες μεταβολές στην πίεση της κυψέλης (μέθοδος B-value). Για ανισότροπη στερεοποίηση, το δοκίμιο στερεοποιείται στις εκτιμώμενες κατακόρυφες και οριζόντιες ενεργές τάσεις πεδίου. Μια σειρά σταδίων στερεοποίησης μπορεί να υιοθετηθεί για να προσομοιώσει ιστορία φόρτισης του εδάφους.

Κατά τη διάρκεια της δόνησης, το δοκίμιο είναι πλήρως πακτωμένο στην κάτω βάση και ένας ηλεκτρομαγνητικός ταλαντωτής εφαρμόζει μια ημιτονοειδή στρεπτική δόνηση στην κορυφή. Μια σειρά ροπών εφαρμόζεται, προκαλώντας διατμητικές παραμορφώσεις 0,0001 % έως 0,1 %. Η αρχική ροπή επαναεφαρμόζεται μετά από την ολοκλήρωση κάθε σταδίου δόνησης για να ελεγχθεί αν υπάρχει οποιαδήποτε διατάραξη του δοκιμίου.

Η ταλάντωση μπορεί να εφαρμοστεί υπό αστράγγιστες συνθήκες. Η συχνότητα συντονισμού επιτυγχάνεται αυξάνοντας τη συχνότητα φόρτισης από περίπου 10 Hz μέχρι τη στιγμή που το πλάτος ταλάντωσης είναι σε φάση με την ταχύτητα ταλάντωσης. Οι διατμητικές παραμορφώσεις διάτμησης και το μέτρο διάτμησης του δοκιμίου υπολογίζονται από την επιτάχυνση και τη συχνότητα συντονισμού. Ο λόγος απόσβεσης προκύπτει με τη μέθοδο της φθίνουσας ελεύθερης ταλάντωσης.

Κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης φόρτισης της δοκιμής RC03 Batch, καταγράφησαν λιγότερα σημεία μέτρησης λόγω ανθρώπινου λάθους του χειριστή. Η επίδραση αποτελέσματα της δοκιμής εκτιμάται ως αμελητέα.

Οι δοκιμές RC03 Batch 1 και RC04 Batch 2 παρουσιάζουν μεγαλύτερη από την αναμενόμενη παραμόρφωση στο τέλος της δοκιμής, πιθανώς λόγω διαρροής.

Η RC03 στη Batch 1 είχε μικρότερη αρχική φάση φόρτισης σε σχέση με τη φάση επαναφόρτισης, καθώς το δείγμα υπέστη ζημιά στην πρώτη φάση.

Στους Πίνακες 4.3.28 και 4.3.29 παρουσιάζονται οι αρχικές συνθήκες και τα αποτελέσματα των δοκιμών στα λεπτόκοκκα και τα χονδρόκοκκα εδάφη αντίστοιχα.

Πίνακας 4.3. 26: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών RC υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα λεπτόκοκκα εδάφη

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†						$\Delta e/e_0$ [-]
					w [%]	γ_1 [kN/m ³]	e_0 [-]	w [%]	γ_1 [kN/m ³]	σ'_{ve} [kPa]	σ'_{re} [kPa]	e [-]	ε_v [%]	
HKW055-BH	08WAXD	7.05	C-FG-T	RC02	22.1	19.7	0.607	16.5	20.3	67	80	0.459	0.36	0.244
HKW114-BH	38WAXC	35.25	F-FG-T	RC12	26.5	19.0	0.731	24.7	19.2	355	250	0.683	1.43	0.066

Borehole	Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial Loading			Repeat Loading		
					G_{max} [MPa]	γ_2 at G_{max} [%]	D at G_{max} [%]	G_{max} [MPa]	γ_2 at G_{max} [%]	D at G_{max} [%]
HKW055-BH	08WAXD	7.05	C-FG-T	RC02	84.52	0.0000435	1.32	83.40	0.0000435	1.24
HKW114-BH	38WAXC	35.25	F-FG-T	RC12	99.82	0.0000365	2.56	99.47	0.0000248	2.31

Πίνακας 4.3. 27: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών και αποτελέσματα δοκιμών RC υπό αστράγγιστες συνθήκες για τα χονδρόκοκκα εδάφη

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial*			Consolidation†					
				w [%]	γ_1 [kN/m ³]	e_0 [-]	w [%]	γ_1 [kN/m ³]	σ'_{vc} [kPa]	σ'_{rc} [kPa]	e [-]	ε_v [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	RC03	11.0	17.5	0.654	24.5	24.5	20	20	0.649	0.05
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	RC04	10.1	17.3	0.658	23.3	23.3	45	45	0.618	0.06
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	RC01	10.2	16.7	0.720	24.5	19.6	20	20	0.649	0.05
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	RC05	10.3	17.2	0.667	23.3	19.8	45	45	0.618	0.06
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	RC06	10.4	17.7	0.624	26.7	19.3	146	146	0.708	0.27
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	RC07	10.7	18.1	0.587	21.6	20.1	190	170	0.573	0.30
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	RC08	9.9	17.3	0.655	24.4	19.6	250	176	0.647	0.51
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	RC09	10.1	18.1	0.582	21.8	20.1	150	120	0.578	0.35
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	RC10	9.7	17.7	0.616	22.9	19.9	150	105	0.606	0.42
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	RC11	10.0	18.3	0.559	21.0	20.2	250	200	0.557	0.43

Sample ID	Depth [m BSF]	Test Series	Test ID	Initial Loading			Repeat Loading		
				G_{max} [MPa]	γ_2 at G_{max} [%]	D at G_{max} [%]	G_{max} [MPa]	γ_2 at G_{max} [%]	D at G_{max} [%]
Batch 1	0.00 - 4.15	A-CG-T	RC03	28.36	0.0002070	1.45	25.73	0.0002220	1.21
Batch 2	1.70 - 7.60	B-CG-T	RC04	48.84	0.0000324	0.94	46.82	0.0000392	0.77
Batch 3	13.35 - 17.30	C-CG-T	RC01	108.81	0.0000555	0.90	106.27	0.0000672	0.83
Batch 4	11.60 - 17.85	D-CG-T	RC05	75.17	0.0000548	0.94	73.98	0.0000564	0.83
Batch 5	4.00 - 11.50	E-CG-T	RC06	70.24	0.0001110	0.81	67.23	0.0001620	0.71
Batch 6	15.00 - 22.20	E-CG-H	RC07	111.05	0.0000917	0.77	105.63	0.0000622	0.67
Batch 7	19.50 - 28.80	F-CG-L	RC08	106.73	0.0000296	1.24	106.36	0.0000318	1.04
Batch 8	6.85 - 20.05	F-CG-T1	RC09	94.93	0.0000461	0.89	89.20	0.0000496	0.83
Batch 9	24.50 - 34.30	F-CG-T2	RC10	90.28	0.0000799	0.69	86.42	0.0000824	0.67
Batch 10	14.25 - 26.65	F-CG-H	RC11	129.70	0.0002240	0.51	126.37	0.0000570	0.46

4.3.4.1 Αποτελέσματα δοκιμών RC στα λεπτόκοκκα εδάφη

Στον Πίνακα 4.3.30 παρουσιάζονται οι αρχικές συνθήκες των δειγμάτων με τους επαναυπολογισμούς που έγιναν.

Οι φυσικές ιδιότητες των μελετηθέντων λεπτόκοκκων εδαφών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.31, και η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.3.32 και 4.3.33.

Οι τιμές του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης στις μικρές παραμορφώσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.34. Παρατηρείται πως υπάρχουν δεδομένα μόνο σε ένα επίπεδο τάσης για κάθε μελετηθέν έδαφος. Για τη σύγκριση των τιμών του G_{max} του Πίνακα, προσδιορίζονται οι τιμές των συναρτήσεων $f(PI)$ και $f(e)$.

$$f(PI) = 6290 - 80 * PI \quad (4.3)$$

$$f(e) = \left(\frac{1}{e}\right)^{0.63} \quad (4.4)$$

Οι συναρτήσεις δίνονται από τους Kalliolgou et al. (2008) και δείχνουν πως ότι καθώς αυξάνεται ο δείκτης PI και ο δείκτης πόρων e το G_{max} μειώνεται. Έτσι υπολογίζεται για τα δεδομένα των λεπτόκοκκων εδαφών λόγος $\frac{G_{max}}{f(PI)*f(e)}$ που δίνει το κανονικοποιημένο μέγιστο μέτρο διάτμησης. Τέλος υπολογίζεται και η τετραγωνική ρίζα της τάσης στερεοποίησης των δοκιμών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.3.9, που μέσω της κανονικοποίησης επιτρέπει τη σύγκριση του G_{max} δύο λεπτόκοκκων εδαφών διαφορετικής σύστασης και δομής που στερεοποιήθηκαν σε διαφορετική τάση. Παρατηρείται αύξηση του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης με την αύξηση της μέσης ενεργής τάσης στερεοποίησης

Οι τιμές του λόγου απόσβεσης στα μικρά πλάτη παραμόρφωσης και στο επίπεδο της ενεργής ισότροπης τάσης, στο οποίο προσδιορίστηκαν, παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.3.10. Παρατηρείται πως το δοκίμιο με τη μεγαλύτερη πλαστικότητα (RC12) έχει τη μεγαλύτερη τιμή D_{min} , και ότι η επίδραση του PI υπερισχύει της επίδρασης της σ'_0 , η αύξηση της οποίας αναμένεται να προκαλεί μείωση της D_{min} .

Στα Σχήματα 4.3.11 και 4.3.12 παρουσιάζεται η μεταβολή του κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης ως προς τη μέγιστη τιμή του (G/G_{max}) και του λόγου απόσβεσης (D) αντίστοιχα με τη διατμητική παραμόρφωση.

Παρατηρείται μείωση του G/G_{max} με την αύξηση της παραμόρφωσης, η οποία είναι εντονότερη για το έδαφος με την μικρότερη πλαστικότητα (RC02).

Επίσης, παρατηρείται αύξηση του λόγου απόσβεσης (D) με την αύξηση της παραμόρφωσης

Το δείγμα RC12 παρουσιάζει υψηλότερη απόσβεση σε σχέση με το RC02 σε όλο το εύρος των παραμορφώσεων. Αυτό αποδίδεται στον υψηλότερο PI . Για τη μελέτη της επίδρασης του δείκτη πλαστικότητας στη μεταβολή της καμπύλης απόσβεσης με την

παραμόρφωση (πέραν της επίδρασης του PI στο $D_{\min}$) στο Σχήμα 4.3.13 παρουσιάζεται η διαφορά απόσβεσης $D-D_{\min}$. Παρατηρείται για το συγκεκριμένο εύρος παραμορφώσεων, το οποίο περιορίζεται στην ελαστική περιοχή, πως οι καμπύλες απόσβεσης πρακτικά συμπίπτουν και συνεπώς δεν υπάρχει επίδραση του PI. Στο Σχήμα 4.3.14 παρουσιάζεται η σχέση $G/G_{\max}-(D-D_{\min})$ όπου φαίνεται επίσης σύμπτωση των καμπυλών.

Οι τιμές του D και G για λόγο $G/G_{\max}=0.98$ προσδιορίστηκαν και για τα δύο δοκίμια, όπως επίσης και η παραμόρφωση (γ^e) στην οποία αντιστοιχούν. Για μικρότερες παραμορφώσεις το έδαφος συμπεριφέρεται ως ισοδύναμο ελαστικό μέσο, δηλαδή οι παραμορφώσεις είναι πολύ μικρές και δεν παρατηρούνται σημαντικές μη γραμμικές συμπεριφορές. Η εκτίμηση της γ^e έγινε με γραμμική παρεμβολή από τα δεδομένα των Πινάκων 4.3.32 και 4.3.33.

Στα Σχήματα 4.3.15, 4.3.16 και 4.3.17 και βάσει του Πίνακα 4.3.35 παρουσιάζονται αντίστοιχα οι σχέσεις γ^e -PI, γ^e -e και γ^e - σ_o' .

Παρατηρείται πως η αύξηση του δείκτη πλαστικότητας και του δείκτη πόρων συνεπάγεται αύξηση της γραμμικής ελαστικής παραμόρφωσης. Συγκεκριμένα, το δοκίμιο με PI=31% και $e=0.690$ (RC12) εμφανίζει μεγαλύτερη γ^e σε σχέση με το δοκίμιο με PI=11% και $e=0.461$ (RC02).

Τέλος, παρατηρείται ότι το δοκίμιο RC12 το οποίο στερεοποιήθηκε σε υψηλότερη τάση παρουσιάζει μεγαλύτερη γ^e σε σύγκριση με το RC02. Ωστόσο, τούτο πιθανότατα αποδίδεται κυρίως στην επίδραση των PI και e, και όχι στην επίδραση της τάσης στερεοποίησης.

Πίνακας 4.3. 28: Συγκεντρωτικά στοιχεία αρχικών συνθηκών των δοκιμών RC υπό αστράγιστες συνθήκες για τα λεπτόκοκκα εδάφη

Αρχικές Συνθήκες												
Γεώτρηση	Sample	Test No	Βάθος(m)	Do(mm)	Ho(mm)	Sr(%)	B	Gs(Assumed)	e _o (Assumed)	w(%)	Gs	e _o
HKW055-BH	08WaxD	RC02	7,05	49,5	99,7	97	1	2,65	0,528	16,5	2,71	0,461
HKW114-BH	38WaxC	RC12	35,25	49,5	99,2	96	0,98	2,65	0,696	24,7	2,68	0,6895

Πίνακας 4.3. 29: Φυσικές ιδιότητες των λεπτόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στη RC

Φυσικές Ιδιότητες												
Γεώτρηση	Sample	Test No	Βάθος(m)	Type of drains fitted	LL(%) -Όριο Υδαρότητας	PI	USCS	Gs(Assumed)	e _o (Assumed)	CO ₂ (%)		
HKW055-BH	08WaxD	RC02	7,05	Undrained	31	<50	11	>7	CL	2,65	0,528	18
HKW114-BH	38WaxC	RC12	35,25	Undrained	61	>50	31		CH	2,65	0,696	2

Atterberg Limits					
Sample	Test No	Βάθος(m)	LL(%)	PL(%)	PI(%)
08WaxD	RC02	7,05	31	20	11
38WaxC	RC12	35,25	61	30	31

Πίνακας 4.3.30: Αποτελέσματα της δοκιμής RC02 που πραγματοποιήθηκε στο λεπτόκοκκα έδαφος HKW114-BH 38WaxC στην $\sigma'_0=285kPa$

Average shear strain , γ (%)	Shear Modulus, G (Mpa)	G/Gmax	Damping ratio, D (%)	D-Dmin(%)
0,000044	84,52	1	1,32	0
0,000064	84,52	1	1,38	0,06
0,000085	84,4	0,999	1,47	0,15
0,000167	84,07	0,995	1,55	0,23
0,00025	83,85	0,992	1,55	0,23
0,000416	83,52	0,988	1,61	0,29
0,00062	83,07	0,983	1,67	0,35
0,000813	81,97	0,97	1,74	0,42
Γραμμική Παρεμβολή				
0,000664	82,77	0,98	1,69	

Πίνακας 4.3.31: Αποτελέσματα της δοκιμής RC12 που πραγματοποιήθηκε στο λεπτόκοκκα έδαφος HKW114-BH 38WaxC στην $\sigma'_0=285kPa$

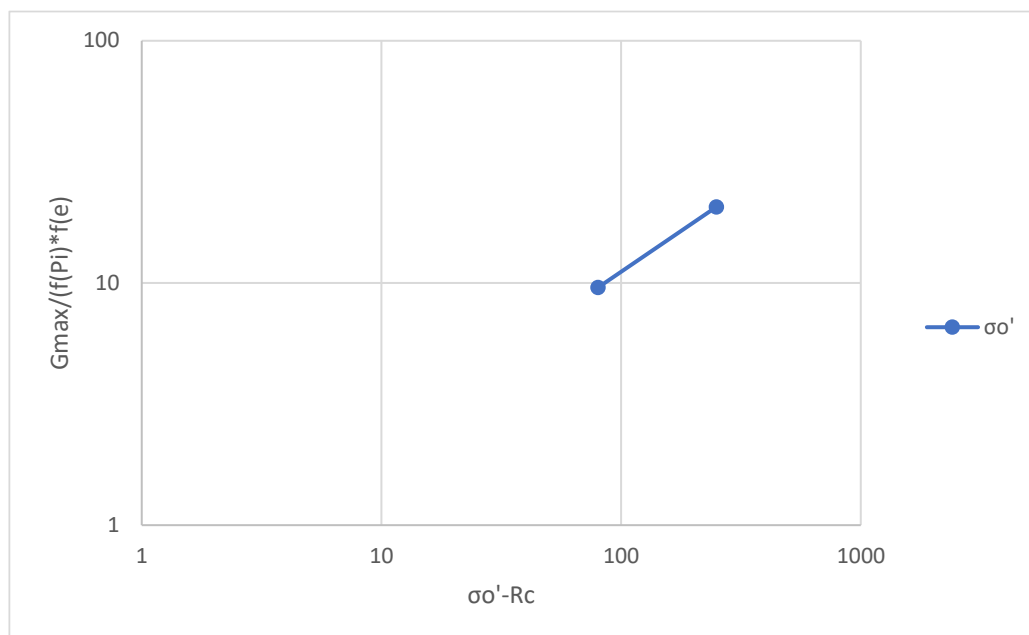
Average shear strain , γ (%)	Shear Modulus, G (Mpa)	G/Gmax	Damping ratio, D (%)	D-Dmin (%)
0,000025	99,73	0,999	2,45	0
0,000037	99,82	1	2,56	0,11
0,000048	99,73	0,999	2,7	0,25
0,000095	99,64	0,998	2,85	0,4
0,000142	99,64	0,998	2,9	0,45
0,000236	99,56	0,997	2,93	0,48
0,000352	99,56	0,997	2,99	0,54
0,000467	99,56	0,997	3,04	0,59
0,000925	99,56	0,997	2,94	0,49
0,001381	99,47	0,996	2,99	0,54
0,002292	99,38	0,996	2,94	0,49
0,003433	98,94	0,991	2,9	0,45
0,004555	98,42	0,986	2,97	0,52
0,005655	97,89	0,981	2,96	0,51
0,006708	97,19	0,974	3,09	0,64
Γραμμική Παρεμβολή				
0,005805	97,79	0,98	2,99	

Πίνακας 4.3.32: Δυναμικές ιδιότητες στις μικρές παραμορφώσεις των λεπτόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στη RC

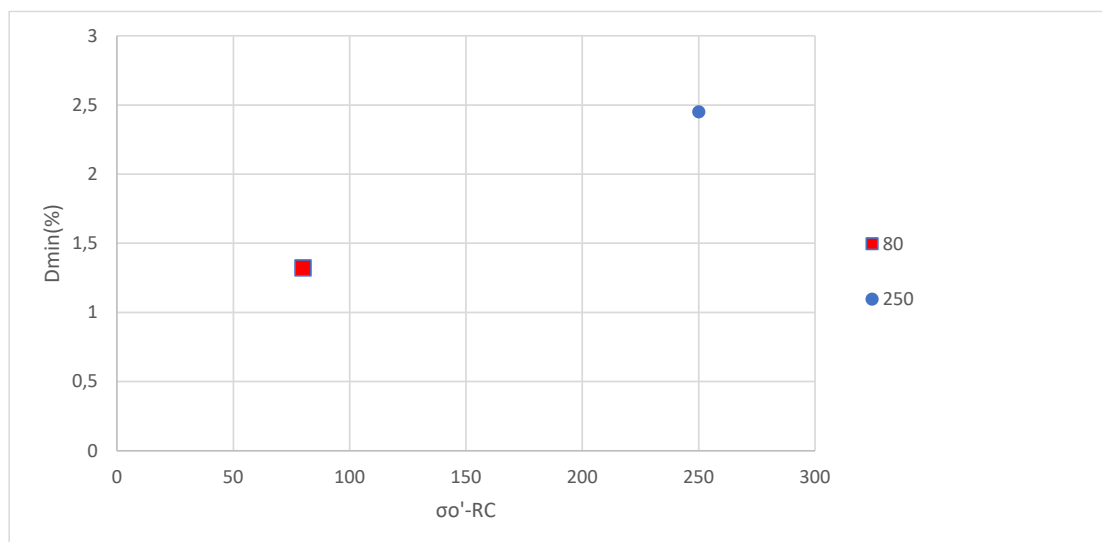
Γεώτρηση	Sample	Test No	Βάθος(m)	Dmin(%)	σ _o '-RC(kPa)	Gmax(Mpa)	f(PI)	f(e)	Gmax/f(PI)*f(e)	σ _o '^0.5
HKW055-BH	08WaxD	RC02	7,05	1,32	80	84,52	5410	1,63	9,57	8,94
HKW114-BH	38WaxC	RC12	35,25	2,45	250	99,73	3810	1,27	20,59	15,81

Πίνακας 4.3.33: Οριακή ελαστική παραμόρφωση των λεπτόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στη RC

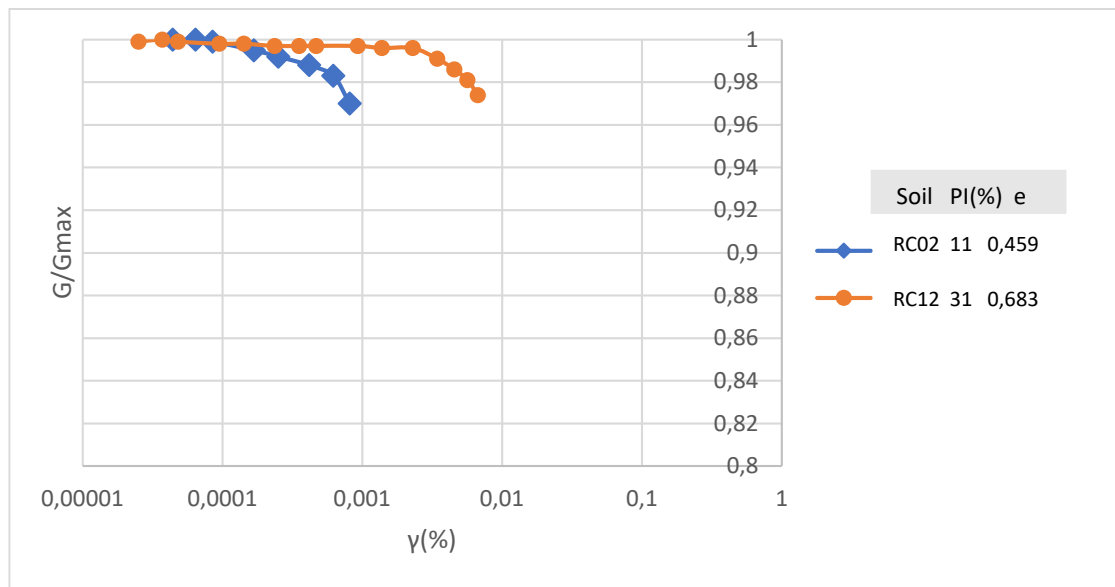
Οριακές Παραμορφώσεις										
Γεώτρηση	Sample	Test No	Βάθος(m)	σ _o '(Kpa)	G/Gmax	γ _{te} (%)	D(%)	e _o	PI(%)	σ _o -RC
HKW055-BH	08WaxD	RC02	7,05	75	0,98	0,000664	1,69	0,461	11	80,00
HKW114-BH	38WaxC	RC12	35,25	285	0,98	0,005805	2,99	0,690	31	250,00



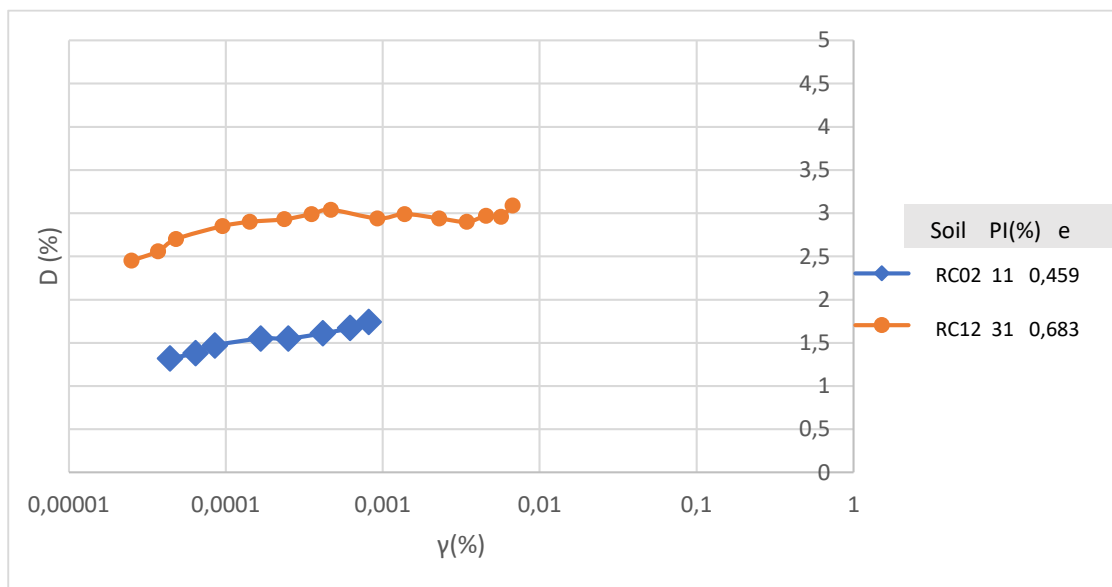
Σχήμα 4.3.9: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης με την ενεργή ισότροπη τάση για τα λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC



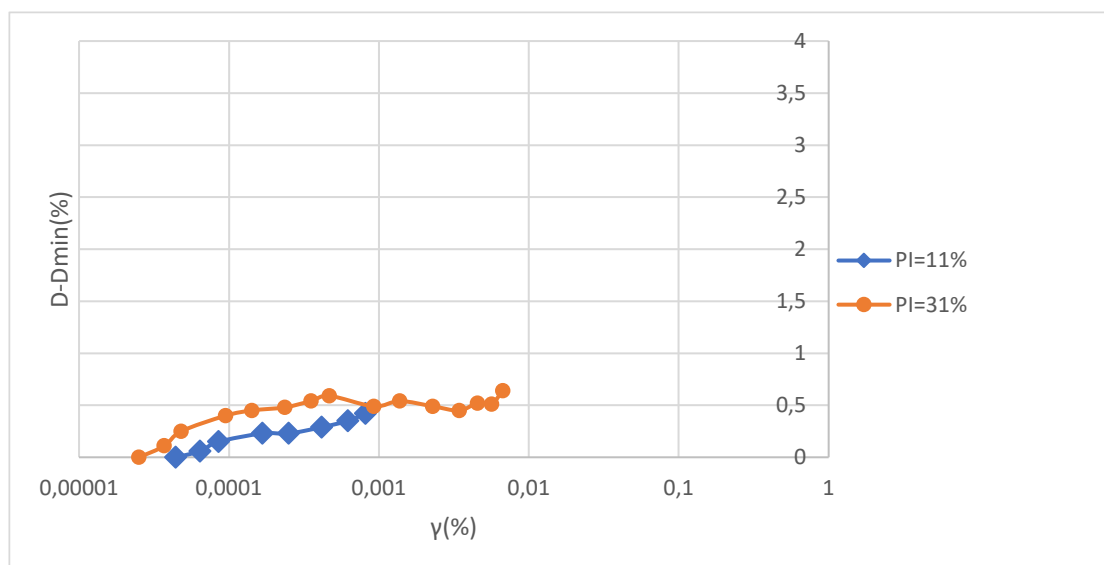
Σχήμα 4.3.10: Τιμές του ελάχιστου λόγου απόσβεσης και της ενεργής ισότροπης τάσης για τα λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC



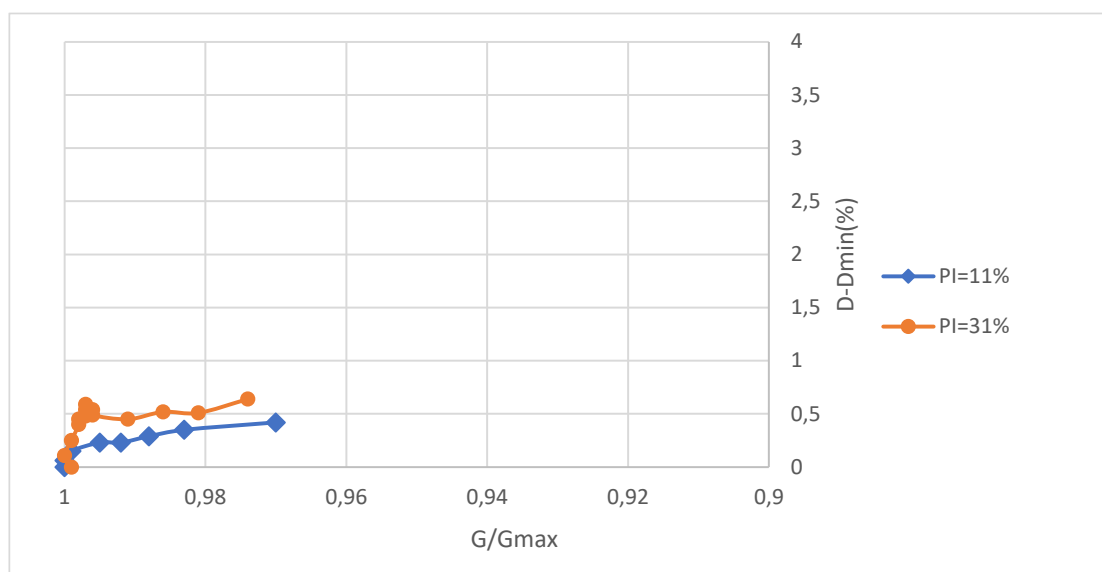
Σχήμα 4.3.11: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για τα λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC



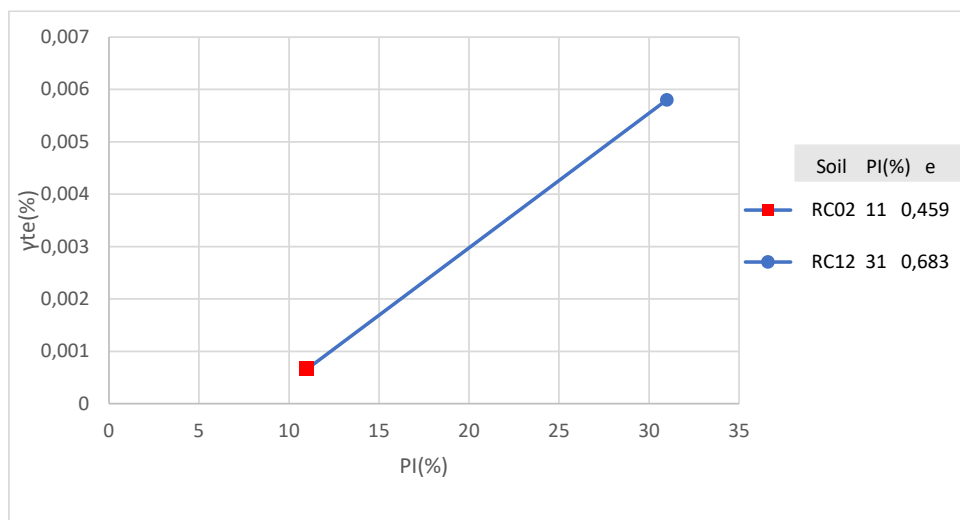
Σχήμα 4.3.12: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για τα λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC



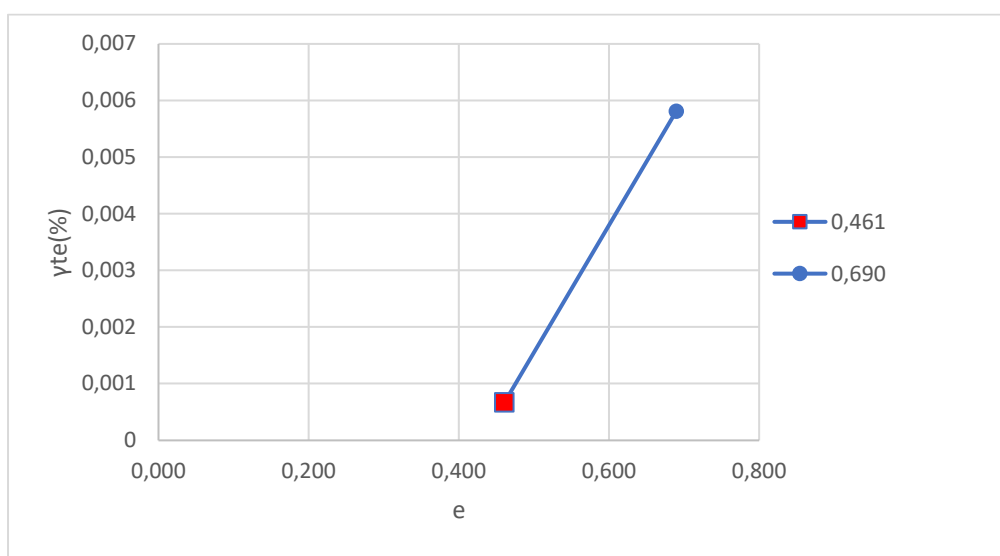
Σχήμα 4.3.13: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με διατμητική παραμόρφωση για τα λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC



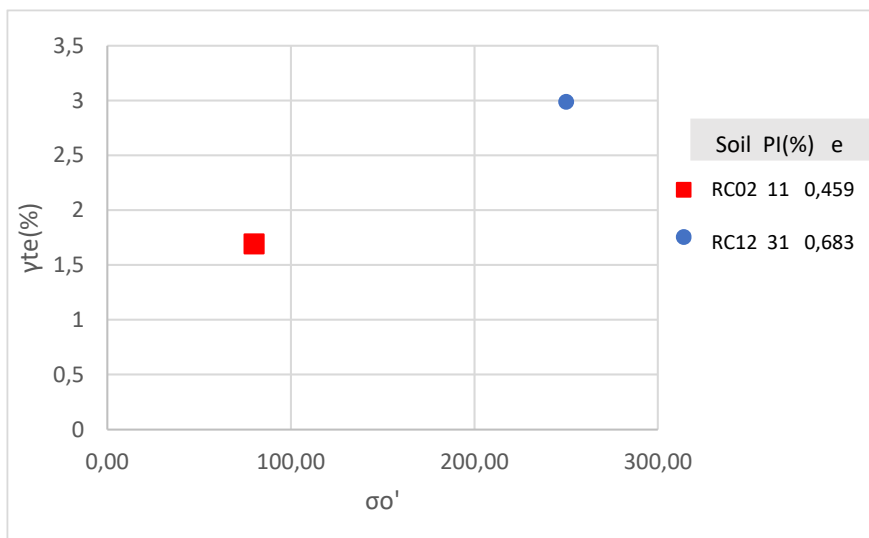
Σχήμα 4.3.14: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με το κανονικοποιημένο μέτρο διάτμησης για τα λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC



Σχήμα 4.3.15: Μεταβολή της γ_t με το PI



Σχήμα 4.3.16: Μεταβολή της γ_t με το δείκτη πόρων e



Σχήμα 4.3.17: Μεταβολή της γ_{te} με τη σ_0'

4.3.4.2 Αποτελέσματα δοκιμών RC στα χονδρόκοκκα εδάφη

Οι φυσικές ιδιότητες του συνόλου των χονδρόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στη RC παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.36. Πρόκειται για άμμους με ή χωρίς την παρουσία λεπτοκόκκων, που παρασκευάστηκαν από τη μίξη δύο ή και περισσοτέρων φυσικών δειγμάτων άμμου από γειτονικές περιοχές. Οι αρχικές συνθήκες των δοκιμών καθώς η πυκνότητα των δοκιμών που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.37.

Τα δείγματα χωρίστηκαν στη συνέχεια δύο κατηγορίες: (α) αυτά που περιέχουν λεπτόκοκκα (FC), και (β) αυτά που δεν περιέχουν. Όταν στο κείμενο αναφέρεται πως ένα αμμόδες δείγμα δεν περιέχει λεπτόκοκκα, εννοείται ότι αποτελείται αποκλειστικά ή σχεδόν αποκλειστικά από κόκκους άμμου ή χαλικιών, και δεν περιλαμβάνει σημαντική ποσότητα κόκκων με διάμετρο μικρότερη από 0.075 mm (ποσοστό F.C.<4%), όπως είναι η άργιλος και η ιλύς.

4.3.4.2.1 Χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα

Στο Σχήμα 4.3.18 παρουσιάζεται η συσχέτιση του G_{max} με την ενεργό τάση στερεοποίησης και το δείκτη πόρων για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς FC. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των δοκιμών σε αυτά τα εδάφη παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.38. Για την κανονικοποίηση του G_{max} χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση του δείκτη πόρων. Η συσχέτιση που εκτιμήθηκε και παρουσιάζεται στο σχήμα, έχει συντελεστή $R^2=0,998$, και περιγράφει τη θετική επίδραση της αύξησης της τάσης στερεοποίησης μέσω μιας εκθετικής συνάρτησης σ'_0^n , όπου $n=0.56$. Η συσχέτιση περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$G_{max} = A \cdot f(e) \cdot \sigma'_0{}^n = 3868 \cdot \frac{(2.17-e)^2}{1+e} \cdot \sigma'_0{}^{0.56} \quad (4.4)$$

Η παραπάνω συσχέτιση περιγράφεται σε λογαριθμικό διάγραμμα από μια ευθεία που συνδέει το $G_{max}/f(e)$ με την σ'_0 . Στο Σχήμα 4.3.19 παρουσιάζεται η συσχέτιση του λόγου ελάχιστης απόσβεσης D_{min} με την ενεργό τάση στερεοποίησης για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα. Δίπλα παρατίθεται πίνακας με δεδομένα όπως ο δείκτης πόρων, e , η μέση διάμετρος των κόκκων D_{50} και ο συντελεστής ομοιομορφίας C_u . Παρατηρείται μείωση του D_{min} με την αύξηση της σ'_0 . Επίσης, παρατηρείται μείωση του D_{min} με την αύξηση του e , ενώ δεν παρατηρείται σαφής επίδραση του D_{50} και του C_u .

Στο Σχήμα 4.3.20 παρουσιάζεται για τα ίδια εδάφη η μεταβολή του κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης ως προς τη μέγιστη τιμή του με την αύξηση της παραμόρφωσης γ . Παρά τη διαφορά στις τάσεις στερεοποίησης τα δεδομένα ακολουθούν μια παρόμοια πορεία μείωσης του G/G_{max} με την αύξηση του γ και με μικρό εύρος διακύμανσης.

Στο Σχήμα 4.3.21 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του λόγου απόσβεσης D και της διατμητικής παραμόρφωσης γ για το σύνολο των χονδρόκοκκων εδαφών χωρίς F.C. Παρατηρείται αύξηση της απόσβεσης με την αύξηση της διατμητικής παραμόρφωσης.

Στο Σχήμα 4.3.22 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ της διατμητικής παραμόρφωσης και της διαφοράς απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του. Όπως αναμένεται για όλα τα δείγματα, υπάρχει αύξηση του $(D-D_{\min})$ καθώς αυξάνεται η παραμόρφωση, ένδειξη προοδευτικής ενεργοποίησης μη γραμμικών μηχανισμών διάτμησης εντός του εδάφους. Στο Σχήμα 4.3.23 παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ του $G/G_{\max}$ και του $D-D_{\min}$, η οποία κρίνεται πολύ καλή.

4.3.4.2.2 Χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των χονδρόκοκκων εδαφών με λεπτόκοκκα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.39.

Στο Σχήμα 4.3.24 παρουσιάζεται η $G_{\max}/f(e)$ με τη σ'_0 . Χρησιμοποιήθηκε η ίδια συνάρτηση του δείκτη πόρων $f(e)$ που χρησιμοποιήθηκε και παραπάνω. Δεν παρατηρείται σαφής συσχέτιση πιθανά λόγω της παρουσίας των λεπτόκοκκων.

Για το λόγο αυτό υπολογίστηκε ο δείκτης πόρων του εδαφικού σκελετού καθώς και η τιμή της συνάρτησης $f(e_g)$ η οποία προέκυψε από την αντικατάσταση του e από το e_g . Οι τιμές αυτές δίνονται στον Πίνακα 4.3.40. Το Σχήμα 4.3.25 παρουσιάζει τη μεταβολή του $G_{\max}/f(e_g)$ με την σ'_0 και δείχνει την αυξητική τάση του κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης με την τάση στερεοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση του ποσοστού των λεπτοκόκκων. Παρατηρείται γενικά καλή συσχέτιση, με εξαίρεση το έδαφος με το μεγαλύτερο ποσοστό λεπτόκοκκων. Αυτό υποδεικνύει πως μια διαφορετική συνάρτηση του e_g θα έδινε καλύτερη συσχέτιση. Για τον παραπάνω λόγο, δίνεται το Σχήμα 4.3.26 παρουσιάζεται η αρνητική επίδραση του e_g στο κανονικοποιημένο μέγιστο μέτρο διάτμησης $G_{\max}/\sigma'_0^{0.5}$. Η συσχέτιση είναι συνεπής με πειραματικά ευρήματα των Yoshimine et al. (2006).

Στο Σχήμα 4.3.27 παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ του ελάχιστου λόγου απόσβεσης και της τάσης σε διάφορα ποσοστά FC και παρατηρείται αύξηση του $D_{\min}$ με την αύξηση της σ'_0 . Καθώς το αντίθετο αποτέλεσμα θα ήταν αναμενόμενο, αυτή η συμπεριφορά πιθανά αποδίδεται στην παρουσία των λεπτοκόκκων.

Στο Σχήμα 4.3.28 που παρουσιάζει τη συσχέτιση του $G/G_{\max}$ με τη διατμητική παραμόρφωση παρατηρείται ότι ο λόγος μειώνεται με την αύξηση της διατμητικής παραμόρφωσης. Ως προς την επίδραση των F.C. δεν παρατηρείται κάποια σαφής επιρροή. Παρατηρείται ωστόσο μια διαφοροποίηση για το έδαφος RC08.

Στο Σχήμα 4.3.29, όπου παρουσιάζεται η μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση, φαίνεται ότι η απόσβεση αυξάνεται με την αύξηση της παραμόρφωσης. Δεν παρατηρείται σαφής επίδραση του ποσοστού λεπτοκόκκων. Παρατηρείται ωστόσο μια διαφοροποίηση για το έδαφος RC08.

Στο Σχήμα 4.3.30 παρατηρείται αύξηση της $D-D_{\min}$ με την αύξηση της γ . Παρατηρείται ωστόσο μια διαφοροποίηση για το έδαφος RC08.

Στο Σχήμα 4.3.31 παρατηρείται ότι καθώς το $G/G_{\max}$ μειώνεται το $D-D_{\min}$ αυξάνεται, δηλαδή η απόσβεση αυξάνεται σε σχέση με την ελάχιστη τιμή της. Τα δεδομένα συμφωνούν μεταξύ τους, με εξαίρεση τη δοκιμή RC08.

Στο Σχήμα 4.3.32 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του γ_t^e , όπως αυτό υπολογίστηκε στο επίπεδο του $G/G_{\max}=0.98$, και της σ'_0 . Η παρατηρούμενη μείωση της γ_t^e με την σ'_0 δεν είναι αναμενόμενη και αυτό αποδίδεται στη συστηματική διαφοροποίηση της συμπεριφοράς του εδάφους RC08, καθώς και επίσης στο ότι η γ_t^e δεν επηρεάζεται αποκλειστικά από την τάση στερεοποίησης, αλλά και από το F.C. και την δομή του εδάφους.

4.3.4.2.3 Χονδρόκοκκα εδάφη με και χωρίς λεπτόκοκκα

Από το Σχήμα 4.3.33 παρατηρείται ότι τα δείγματα άμμων με παρουσία λεπτόκοκκων τείνουν να εμφανίζουν υψηλότερο κανονικοποιημένο μέγιστο μέτρο διάτμησης, $G_{\max}/f(e)$, σε σχέση με τις καθαρές άμμους, για ίδια επίπεδα ενεργούς τάσης. Η διαφορά αυτή δείχνει πως η παρουσία λεπτόκοκκων ενισχύει τη μέγιστη δυναμική απόκριση του εδάφους, πιθανώς λόγω της καλύτερης δομικής γεφύρωσης και επαφής μεταξύ των σωματιδίων. Η χρήση της συνάρτησης $f(e)$ γίνεται για την εξάλειψη της επίδρασης του πορώδους.

Στο Σχήμα 4.3.34 παρουσιάζεται η μεταβολή του $G_{\max}/f(e_g)$ με την σ'_0 . Παρατηρείται πως δεν υπάρχει καλή συσχέτιση μέσω της συγκεκριμένης συνάρτησης $f(e_g)$.

Στο Σχήμα 4.3.35 παρουσιάζεται η μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης $G_{\max}/\sigma'_0{}^{0.5}$ με το e_g για το σύνολο των χονδρόκοκκων εδαφών.

Το Σχήμα 4.3.36 παρουσιάζει τη μεταβολή του $D_{\min}$ με τη σ'_0 . Παρατηρείται μείωση του $D_{\min}$ με την αύξηση της σ'_0 (με εξαίρεση το χονδρόκοκκο έδαφος με λεπτόκοκκα RC08). Το εύρος τιμών του $D_{\min}$ είναι παρόμοιο για τις δυο κατηγορίες χονδρόκοκκων εδαφών.

Το Σχήμα 4.3.37 παρουσιάζει τη μεταβολή του $D_{\min}$ με το e_g . Δεν παρατηρείται σαφής συσχέτιση μεταξύ τους.

Στο Σχήμα 4.3.38 που παρουσιάζει τη συσχέτιση του $G/G_{\max}$ με τη διατμητική παραμόρφωση παρατηρείται ότι ο λόγος μειώνεται με την αύξηση της διατμητικής παραμόρφωσης.

Στο Σχήμα 4.3.39 παρουσιάζεται η αύξηση του D με την αύξηση της γ για το σύνολο των χονδρόκοκκων εδαφών.

Στα Σχήματα 4.3.40 και 4.3.41 παρουσιάζεται η μεταβολή του $(D-D_{\min})$ με τη γ και το $G/G_{\max}$ αντίστοιχα για το σύνολο των χονδρόκοκκων εδαφών.

Στο Σχήμα 4.3.42 παρουσιάζεται η μεταβολή της γ_t^c με τη σ'_0 για το σύνολο των χονδρόκοκκων εδαφών. Για την επίδραση του ποσοστού λεπτόκοκκων και του δείκτη πόρων παρουσιάζεται το σχήμα Σχήμα 4.3.43.

Πίνακας 4.3.34: Φυσικές Ιδιότητες των χονδρόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στην RC

Sample	Γεώτρηση	Test No	Βάθος (m)	Type of drains fitted	Cc	Cu	USCS	G _s	%<0.06mm	BSCS	CO ₂ (%)
Batch 1	HKW053-BH	RC03	0,00-4,15	Drained	1,44	0,88	SP	2,67	0-5	SP	8
	HKW056-BH								2		5
Batch 2	HKW053-BH	RC04	1,70-7,60	Drained	1,5	0,84	SP	2,7	0-5	SP	5
	HKW053-BH-A								1		
	HKW056-BH										
Batch 3	HKW107-BH	RC01	13,35-17,30	Drained	8,5	2,125	SW	2,67	>12	SM	2
									20		
Batch 4	HKW065-BH	RC05	11,60-17,85	Drained	10	1,379	SM	2,68	>12	SM	4
									54		
Batch 5	HKW016-BH	RC06	4,00-11,50	Drained	2,05	0,138	SP	2,67	0-5	SP	5
									3		
Batch 6	HKW016-BH	RC07	15,00-22,20	Drained	1,75	1,08	SW	2,66	0-5	SW	2
									3		
Batch 7	HKW112-BH	RC08	19,50-28,80	Drained	4,78	1,93	SP-SM	2,65	>12	SM	2
									21		
Batch 8	HKW062-BH	RC09	6,85-20,05	Drained	1,785	0,925	SP	2,65	0-5	SW	2
	HKW113-BH								4		4
Batch 9	HKW062-BH	RC10	24,50-34,30	Drained	2,31	1,82	SP	2,69	5-12	SP	8
	HKW113-BH								8		4
Batch 10	HKW038-BH	RC11	33,40-35,45	Drained	2,88	1,88	SP	2,67	0-5	SP	4
	HKW045-BH								4		2

Πίνακας 4.3.36: Φυσικές Ιδιότητες των χονδροκόκκων εδαφών που μελετήθηκαν στην RC - Συνέχεια

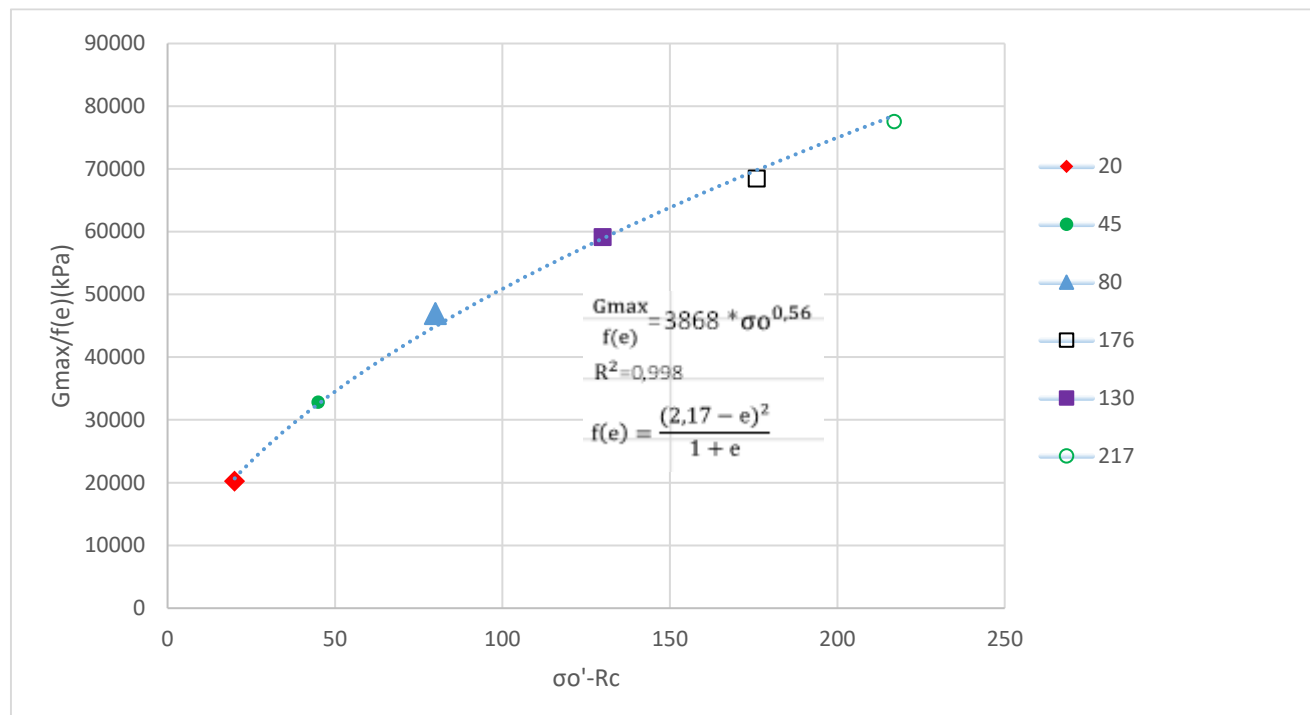
Sample	Γεώτρηση	Ποσοστό χαλαζία (%)	Σχήμα κόκκων	Σφαιρικότητα	Περιγραφή
Batch 1	HKW053-BH	95	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,7$)	Μεσαία-Υψηλή ($rK=0,5$ to $0,9$)	Ανοιχτόχρωμη γκρι (ομοιόμορφη) χαλαζιακή μεσόκοκκη-λεπτόκοκκη άμμος
	HKW056-BH				
Batch 2	HKW053-BH	95	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,7$)	Μεσαία-Υψηλή ($rK=0,5$ to $0,9$)	Ανοιχτόχρωμη καφε-γκρι (ομοιόμορφη) χαλαζιακή μεσόκοκκη-λεπτόκοκκη άμμος
	HKW053-BH-A				
	HKW056-BH				
Batch 3	HKW107-BH	95	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,7$)	Μεσαία-Υψηλή ($rK=0,5$ to $0,9$)	Γκρι (ομοιόμορφη) χαλαζιακή μεσόκοκκη-λεπτόκοκκη άμμος
Batch 4	HKW065-BH	84	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,1$ to $0,5$)	Χαμηλή-Μεσαία ($rK=0,3$ to $0,7$)	Ανοιχτόχρωμη καφε-γκρι (ομοιόμορφη) χαλαζιακή μεσόκοκκη-λεπτόκοκκη άμμος
Batch 5	HKW016-BH	98	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,5$)	Μεσαία ($rK=0,5$ to $0,7$)	Γκρι χονδροκοκκη άμμος
Batch 6	HKW016-BH	98	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,9$)	Μεσαία-Υψηλή ($rK=0,5$ to $0,9$)	Ανοιχτόχρωμη γκρι χαλαζιακή μεσόκοκκη-χονδροκοκκη
Batch 7	HKW112-BH	94	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,7$)	Μεσαία ($rK=0,5$ to $0,7$)	Ανοιχτόχρωμη πρασινη-καφε χονδροκοκκη άμμος
Batch 8	HKW062-BH	97	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,9$)	Μεσαία-Υψηλή ($rK=0,5$ to $0,9$)	Ανοιχτόχρωμη πράσινη-γκρι μεσόκοκκη-χονδροκοκκη άμμος
	HKW113-BH				
Batch 9	HKW062-BH	95	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,7$)	Χαμηλή-Μεσαία ($rK=0,3$ to $0,7$)	Ανοιχτόχρωμη πράσινη-γκρι μεσόκοκκη-χονδροκοκκη άμμος
	HKW113-BH				
Batch 10	HKW038-BH	95	Ημιγωνιώδεις έως στρογγυλό σχήμα κόκκων ($rK=0,3$ to $0,7$)	Μεσαία-Υψηλή ($rK=0,5$ to $0,9$)	Ανοιχτόχρωμη πράσινη-γκρι μεσόκοκκη-χονδροκοκκη άμμος
	HKW045-BH				

Πίνακας 4.3.35: Αρχικές Συνθήκες των δοκιμών των χονδρόκοκκων εδαφών που μελετήθηκαν στην RC

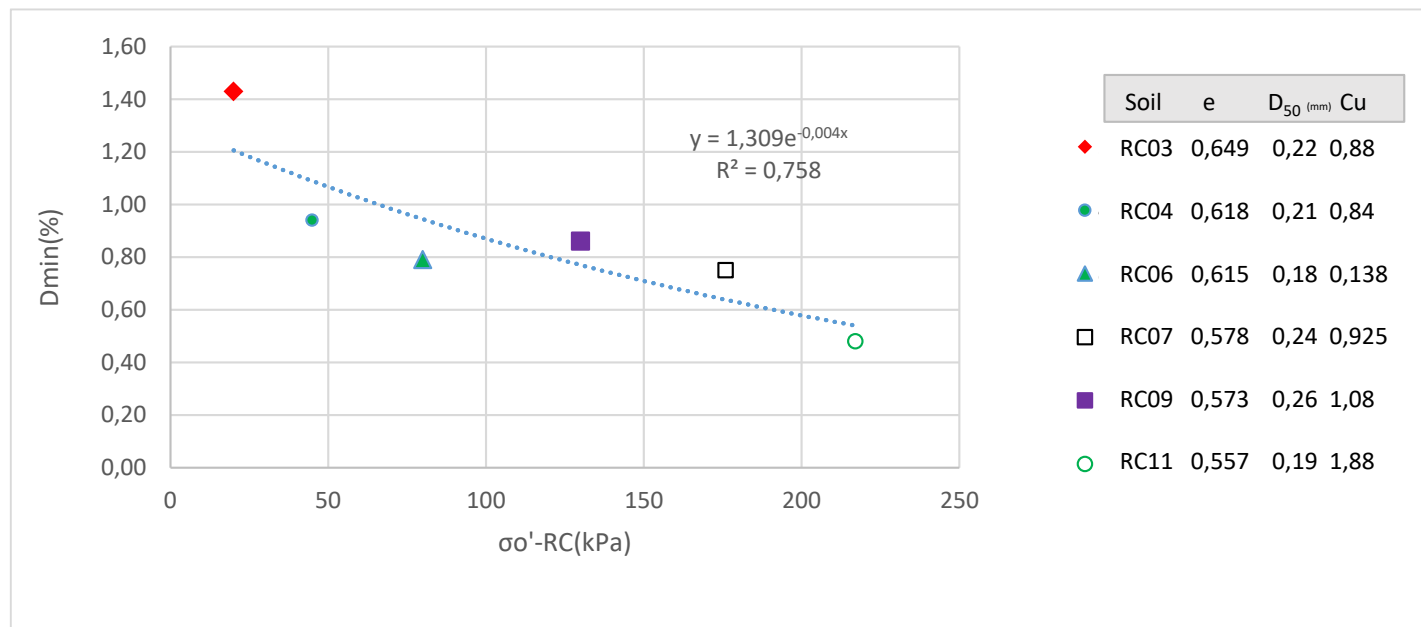
Sample	Γεώτρηση	Test No	Βάθος (m)	eo	Dr(%)	Μέθοδος προετοιμασίας	Do (mm)	Ho (mm)	Sr (%)	B
Batch 1	HKW053-BH	RC03	0,00-4,15		0,983	Συμπύκνωση	51,3	90	100	0,97
	HKW056-BH			0,654						
Batch 2	HKW053-BH	RC04	1,70-7,60		1,149		51,3	90	100	0,98
	HKW053-BH-A									
	HKW056-BH			0,629						
Batch 3	HKW107-BH	RC01	13,35-17,30	0,654	0,964		51,3	90	100	0,98
Batch 4	HKW065-BH	RC05	11,60-17,85	0,624	1,257		51,3	90	100	0,96
Batch 5	HKW016-BH	RC06	4,00-11,50	0,713	0,839		51,3	90	100	0,97
Batch 6	HKW016-BH	RC07	15,00-22,20	0,575	0,852		51,3	90	100	0,96
Batch 7	HKW112-BH	RC08	19,50-28,80	0,647	0,867		51,3	90	100	0,94
Batch 8	HKW062-BH	RC09	6,85-20,05				51,3	90	100	0,98
	HKW113-BH			0,578	1,136					
Batch 9	HKW062-BH	RC10	24,5-34,30				51,3	90	100	0,97
	HKW113-BH			0,616	1,156					
Batch 10	HKW038-BH	RC11	14,25-26,65				51,3	90	100	0,97
	HKW045-BH			0,561	1,205					

Πίνακας 4.3.36: Αποτελέσματα δοκιμών RC σε χονδρόκοκκα εδάφη με ποσοστό λεπτόκοκκων μικρότερο του 5%

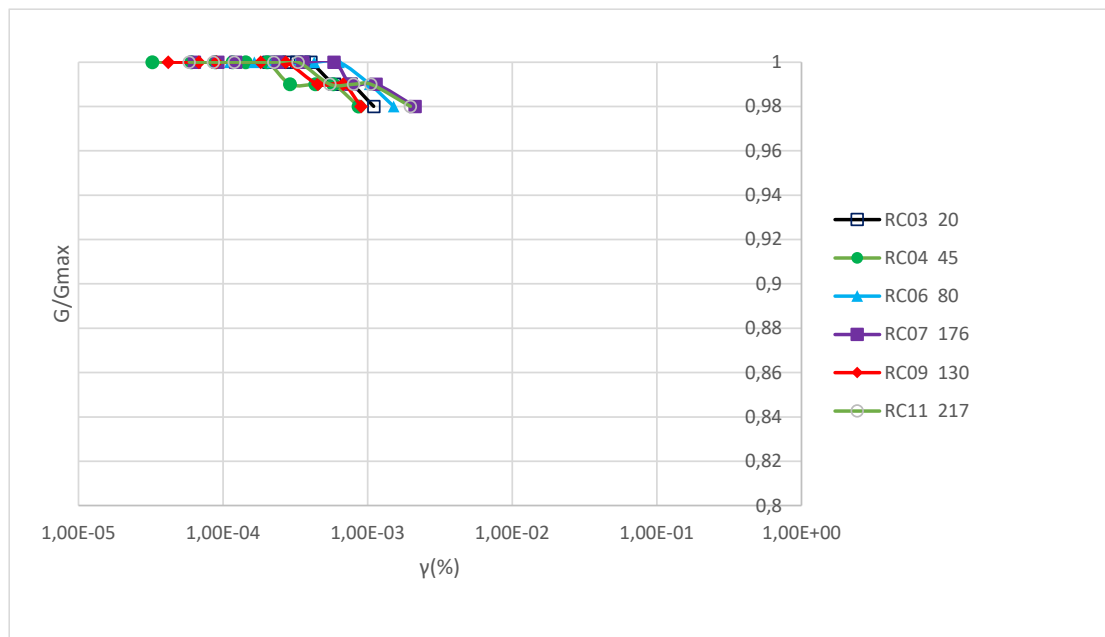
Sample	Γεώτρηση	Test No	Βάθος (m)	FC(1-4%)	USCS	D ₅₀	Cu	Gravel	e-RC	f(e)	σ _o '-RC(kPa)	Gmax-RC(MPa)	Gmax/f(e)	A*f(e)	Gmax/A*f(e)	σ _o '^0.5	Dmin	A'	Gmax/A'*f(e)
Batch 1	HKW053-BH	RC03	0,00-4,15	2	SP	0,22	0,88	1	0,649	1,402936	20	28,36	20214,754	5426,275	5,226	4,472	1,43	4520,16	4,47
	HKW056-BH																		
Batch 2	HKW053-BH	RC04	1,70-7,60	1	SP	0,21	0,84	0	0,618	1,488692	45	48,84	32807,319	5757,964	8,482	6,708	0,94		7,26
	HKW053-BH-A																		
	HKW056-BH																		
Batch 5	HKW016-BH	RC06	4,00-11,50	3	SP	0,18	0,138	0	0,615	1,497229	80	70,24	46913,328	5790,983	12,129	8,944	0,79		10,38
Batch 6	HKW016-BH	RC07	15,00-22,20	3	SW	0,26	1,08	0	0,573	1,621366	176	110,96	68436,114	6271,12	17,694	13,266	0,75		15,14
Batch 8	HKW062-BH	RC09	6,85-20,05	4	SP	0,24	0,925	0	0,578	1,606124	130	94,93	59105,018	6212,167	15,281	11,402	0,86		13,08
	HKW113-BH																		
Batch 10	HKW038-BH	RC11	33,40-35,45	4	SP	0,19	1,88	0	0,557	1,671014	217	129,53	77515,802	6463,148	20,041	14,731	0,48		17,15
	HKW045-BH																		



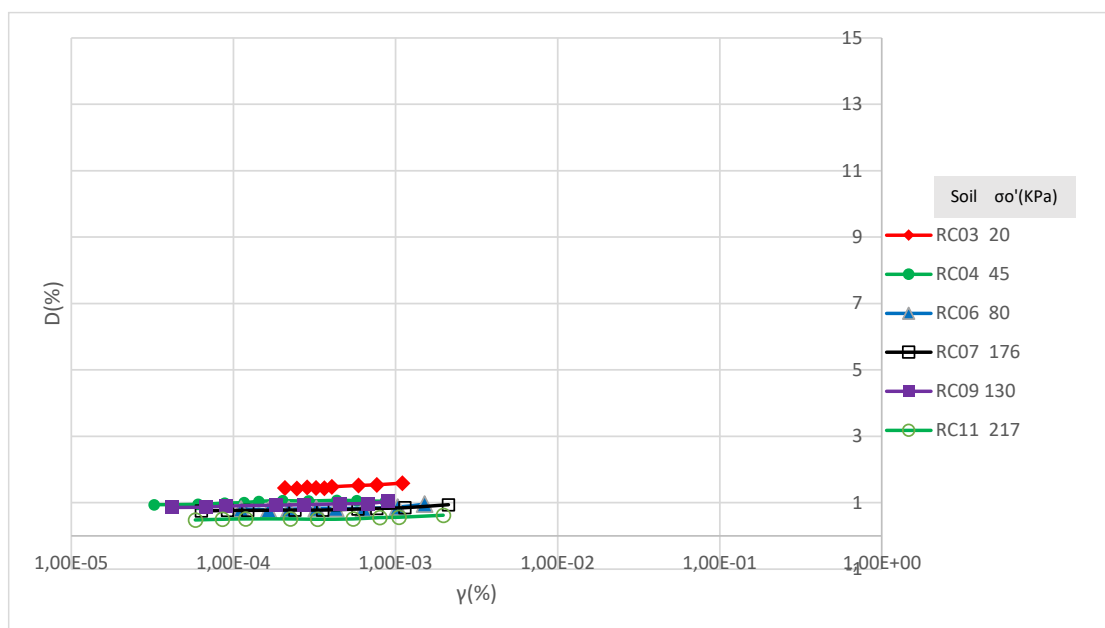
Σχήμα 4.3.18: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης με την ενεργή ισότροπης τάσης για χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



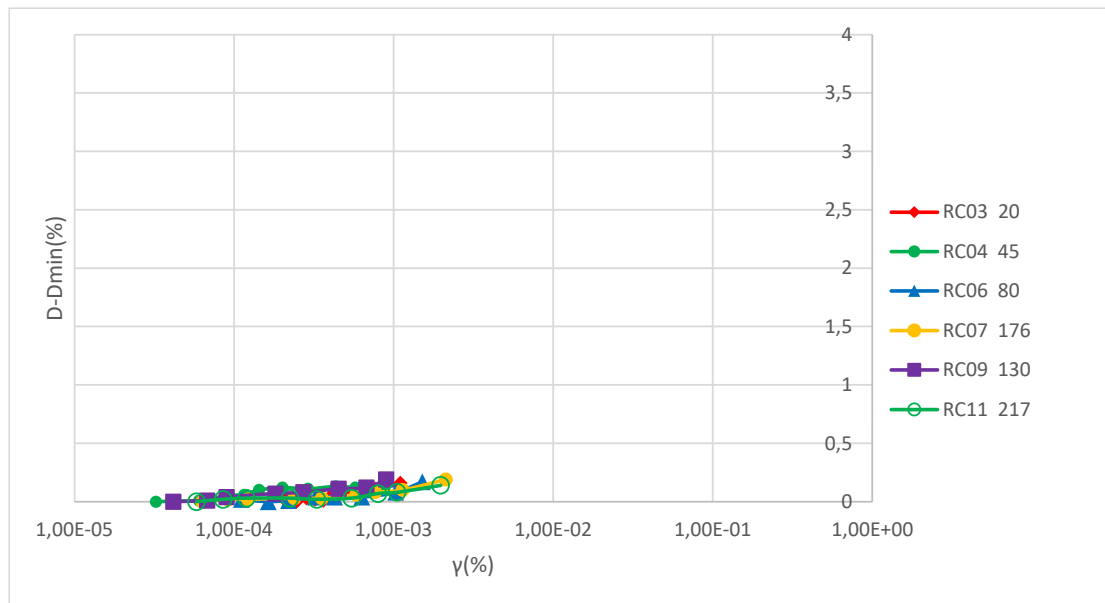
Σχήμα 4.3.19: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με την ενεργή ισότροπη τάση για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



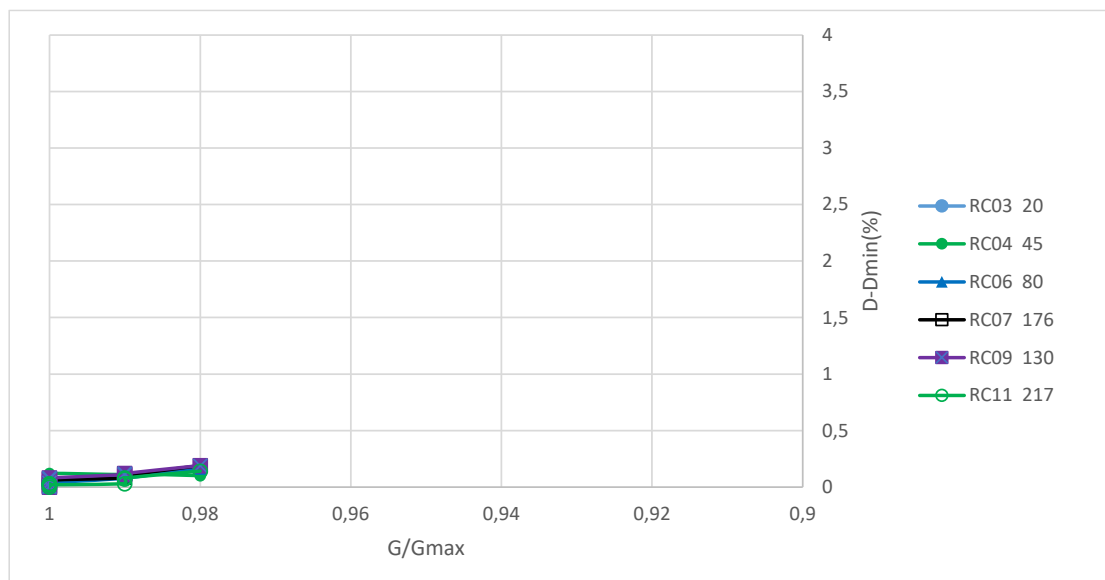
Σχήμα 4.3.20: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



Σχήμα 4.3.21: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



Σχήμα 4.3.22: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με διατμητική παραμόρφωση για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



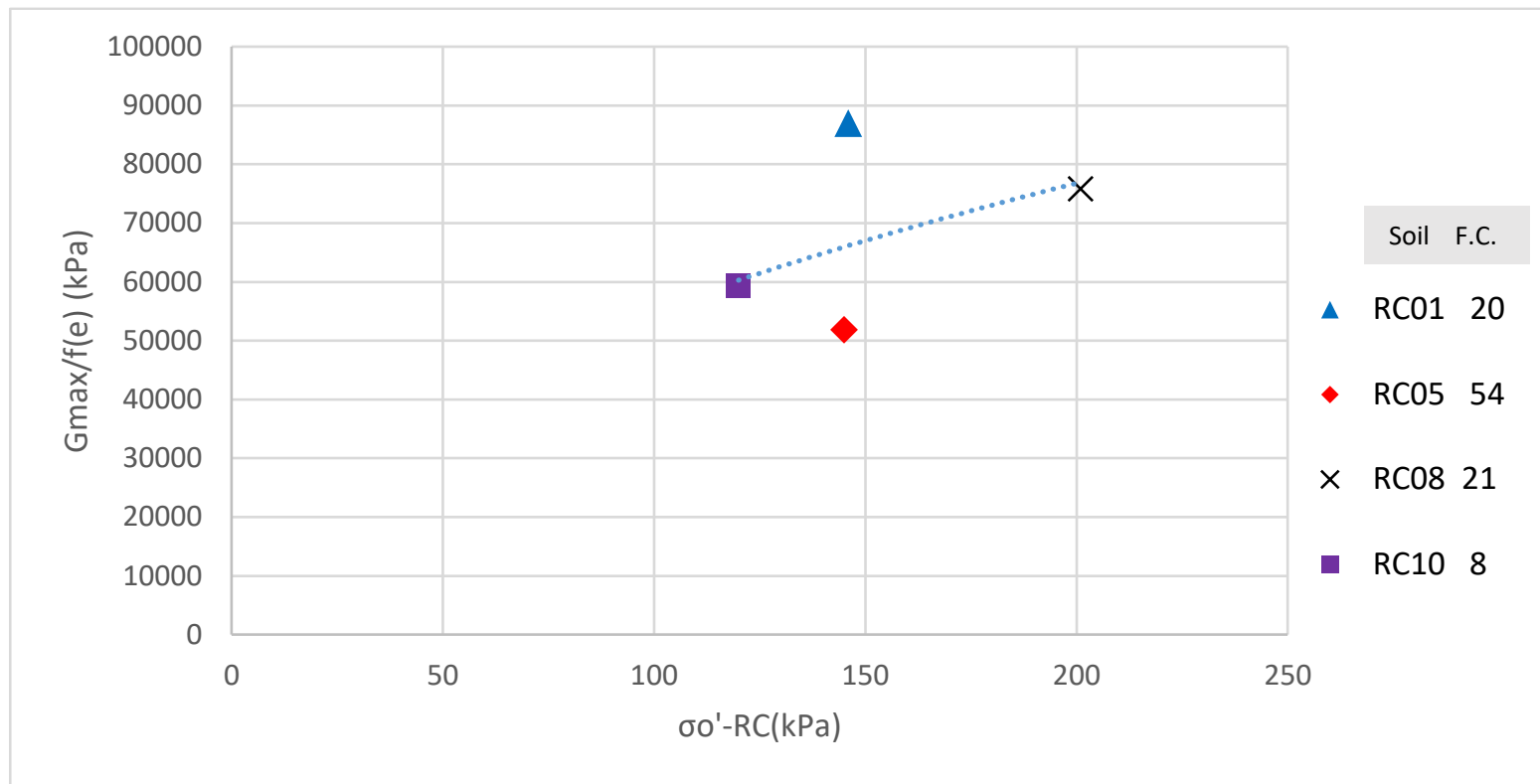
Σχήμα 4.3.23: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με κανονικοποιημένο μέτρο διάτμησης για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC

Πίνακας 4.3. 37: Αποτελέσματα δοκιμών RC σε χονδρόκοκκα εδάφη με ποσοστό λεπτοκόκκων μεγαλύτερο του 5%

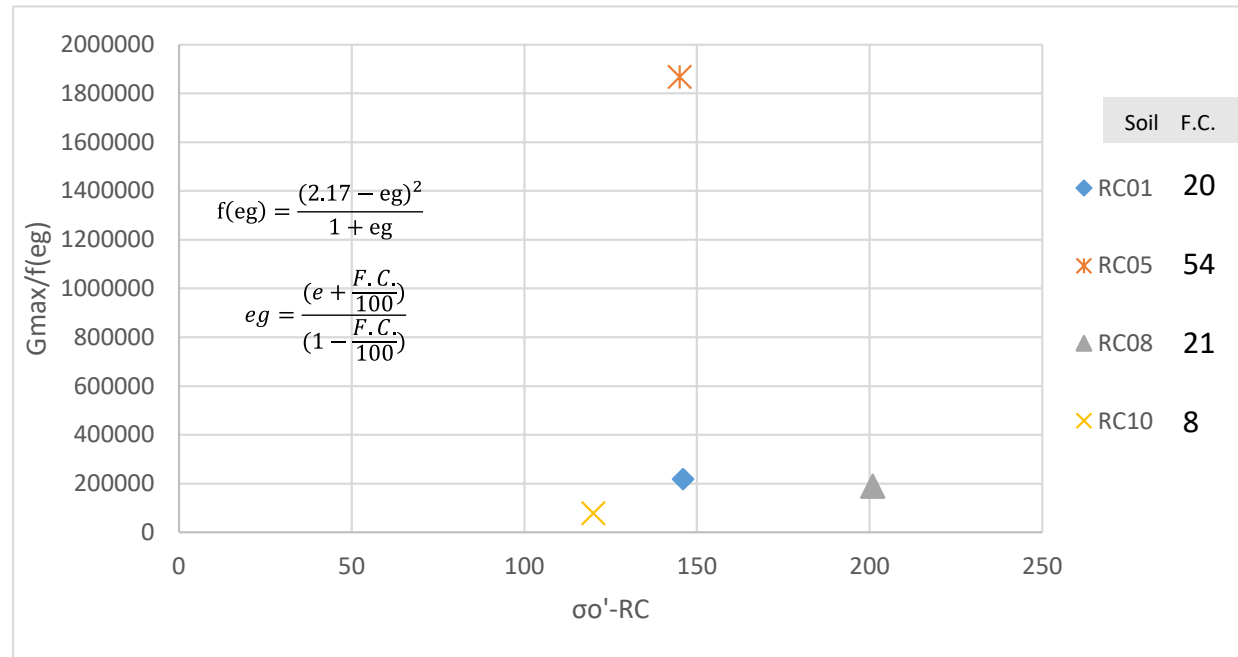
Sample	Γεώτρηση	Test No	Βάθος (m)	e-Rc	γτε(%)	σo'-RC(kPa)	Dmin	FC(8-54%)	Gmax	f(e)	Gmax/f(e)	σo'^0,5	Gmax/σ'^0.5
Batch 3	HKW107-BH	RC01	13,35-17,30	0,708	0,00106	146	0,9	20	108,81	1,251431	86948,4674	12,08304597	9005,179674
Batch 4	HKW065-BH	RC05	11,60-17,85	0,632	0,00159	145	0,94	54	75,17	1,449414	51862,3311	12,04159458	6242,528721
Batch 7	HKW112-BH	RC08	19,50-28,80	0,647	0,000459	201	1,24	21	106,73	1,408336	75784,4847	14,17744688	7528,153758
Batch 9	HKW062-BH	RC10	24,50-34,30	0,606	0,00146	120	0,69	8	90,28	1,523098	59273,9124	10,95445115	8241,398749
	HKW113-BH												

Πίνακας 4.3.38: Τιμές του eg και της f(eg) για τα χονδρόκοκκα εδάφη με ποσοστό λεπτοκόκκων μεγαλύτερο του 5%

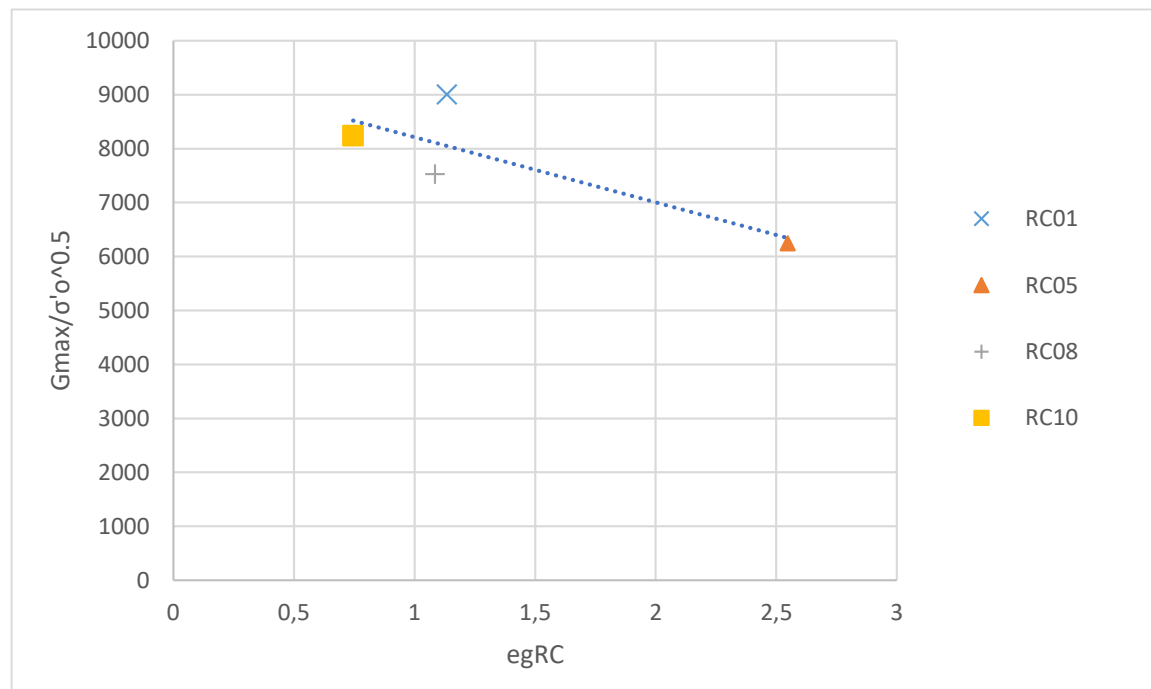
eg _{RC}	f(eg)	Gmax/f(eg)
1,135	0,5017447	216863,264
2,547826	0,0402366	1868198,384
1,08481	0,5648654	188947,6751
0,745652	1,1621827	77681,41894



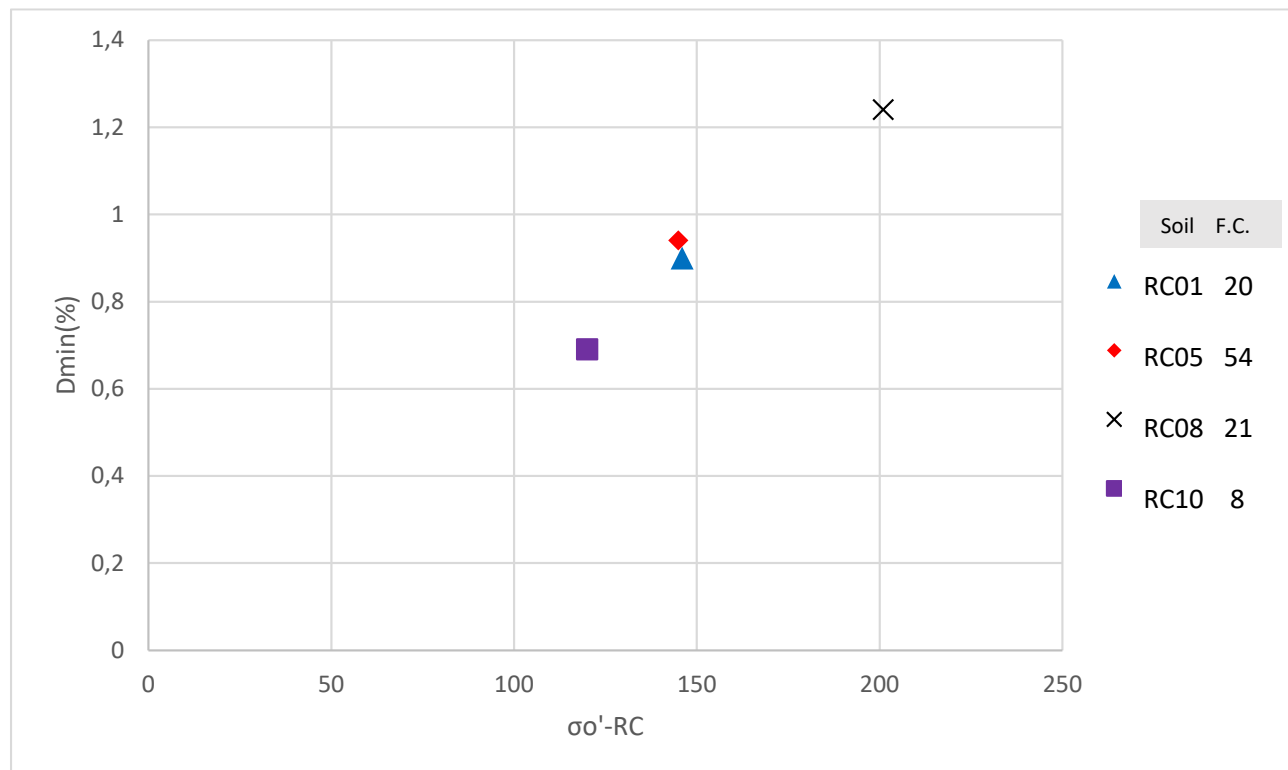
Σχήμα 4.3.24: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης $G_{max}/f(e)$ με την ενεργή ισότροπη τάση για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



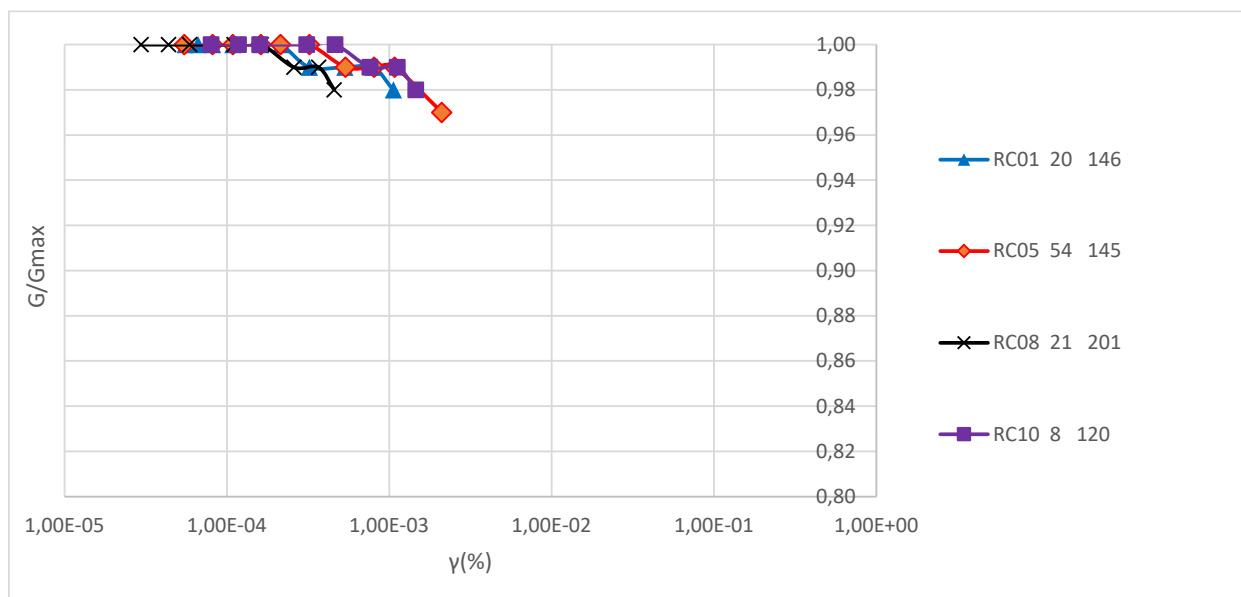
Σχήμα 4.3.25: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης $G_{max}/f(eg)$ με την ενεργή ισότροπη τάση για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



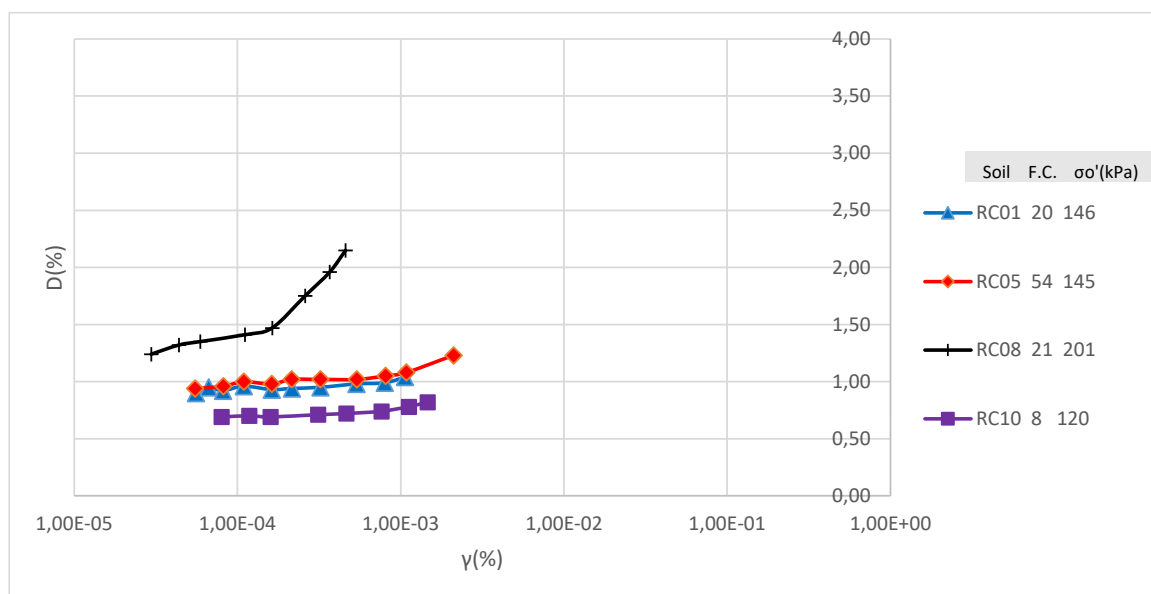
Σχήμα 4.3.26: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης $G_{max}/\sigma'^{0.5}$ με το δείκτη πόρων του εδαφικού σκελετού eg για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



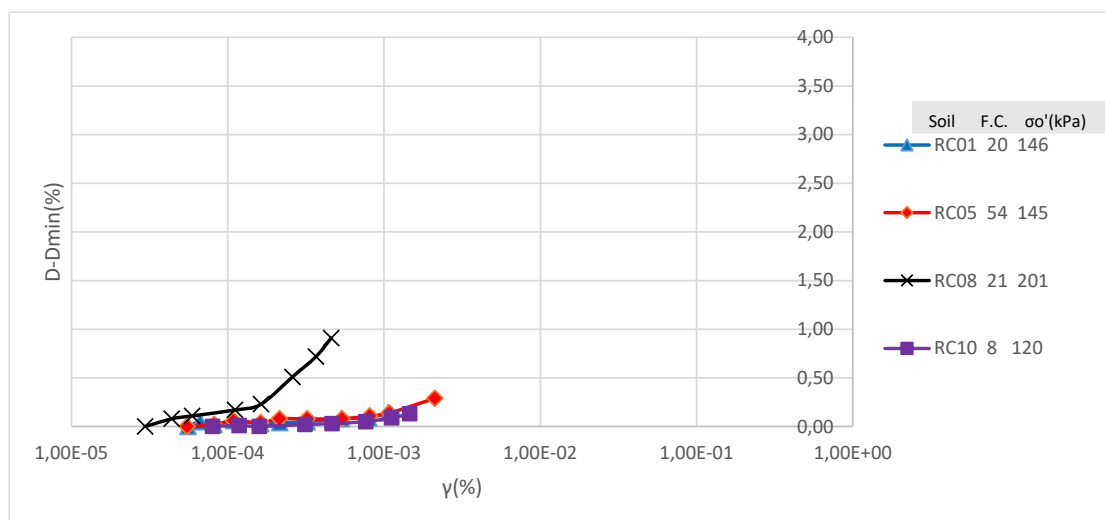
Σχήμα 4.3.27: Μεταβολή του ελάχιστου λόγου απόσβεσης με την ενεργή ισότροπη τάση για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



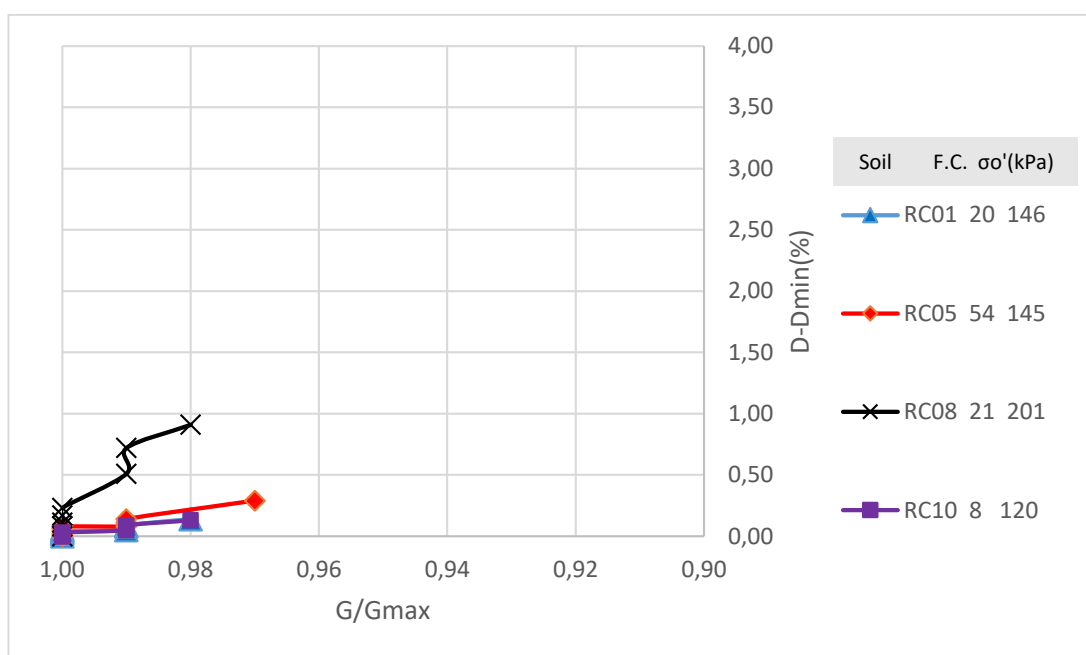
Σχήμα 4.3.28: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



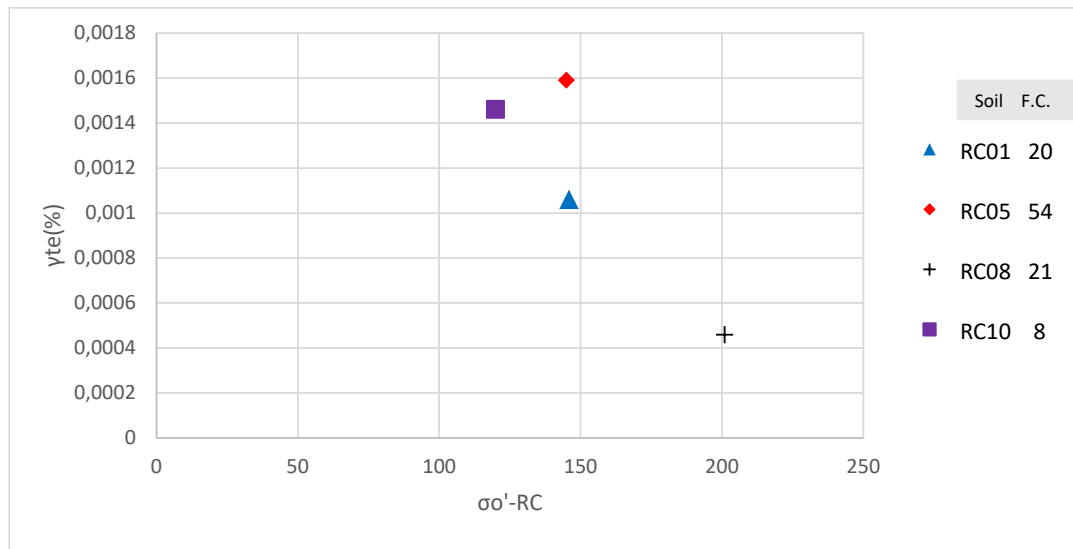
Σχήμα 4.3.29: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



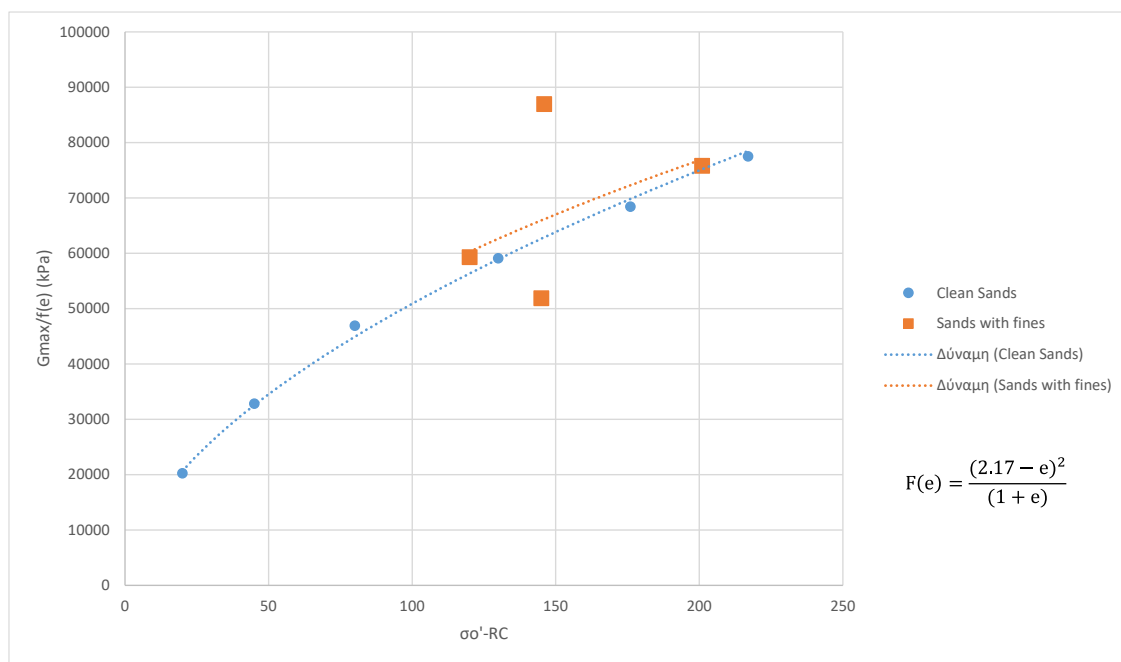
Σχήμα 4.3.30: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με διατηρητική παραμόρφωση για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



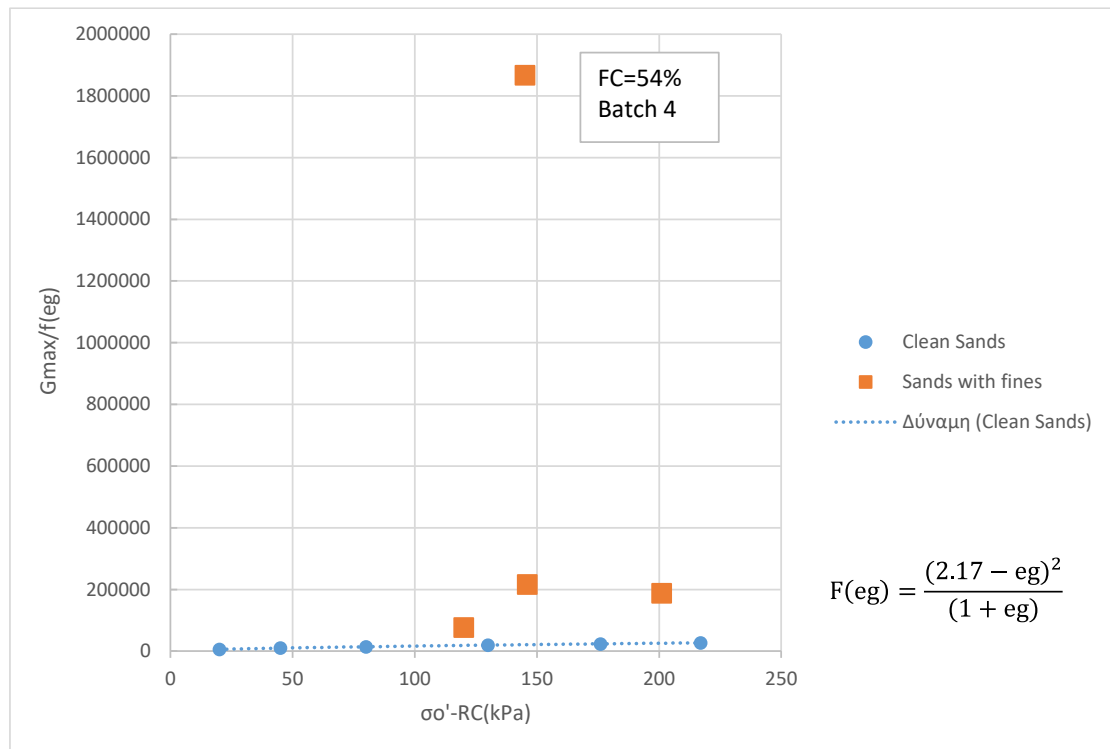
Σχήμα 4.3.31: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με κανονικοποιημένο μέτρο διάτμησης για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



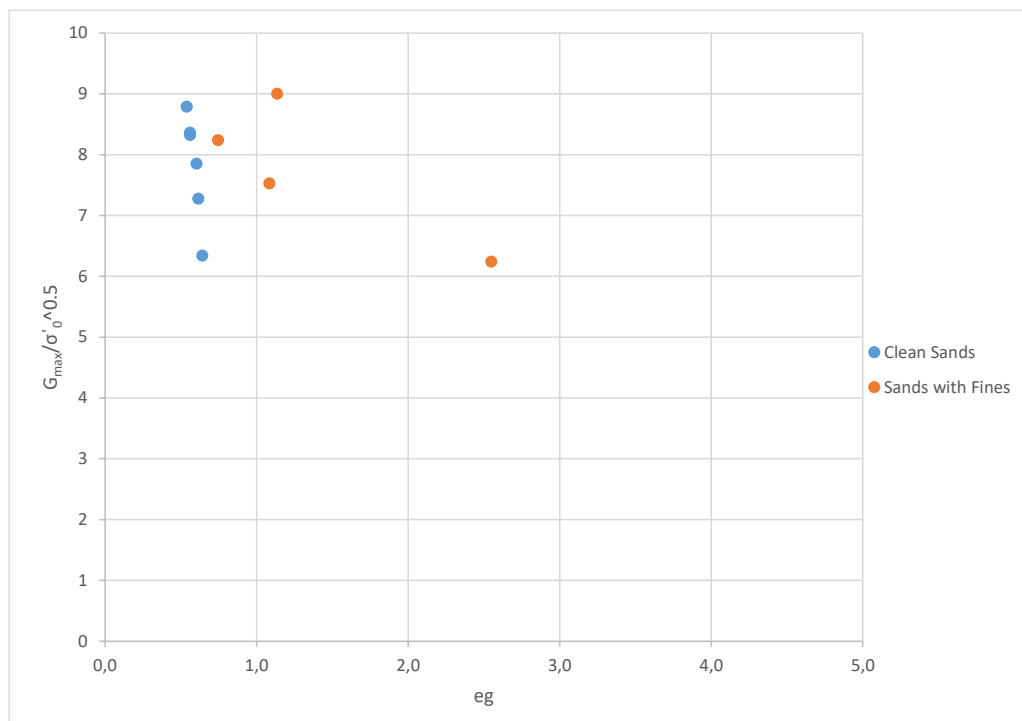
Σχήμα 4.3.32: Μεταβολή της γ_e με την ισότροπη τάση στερεοποίησης για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα από τις δοκιμές RC



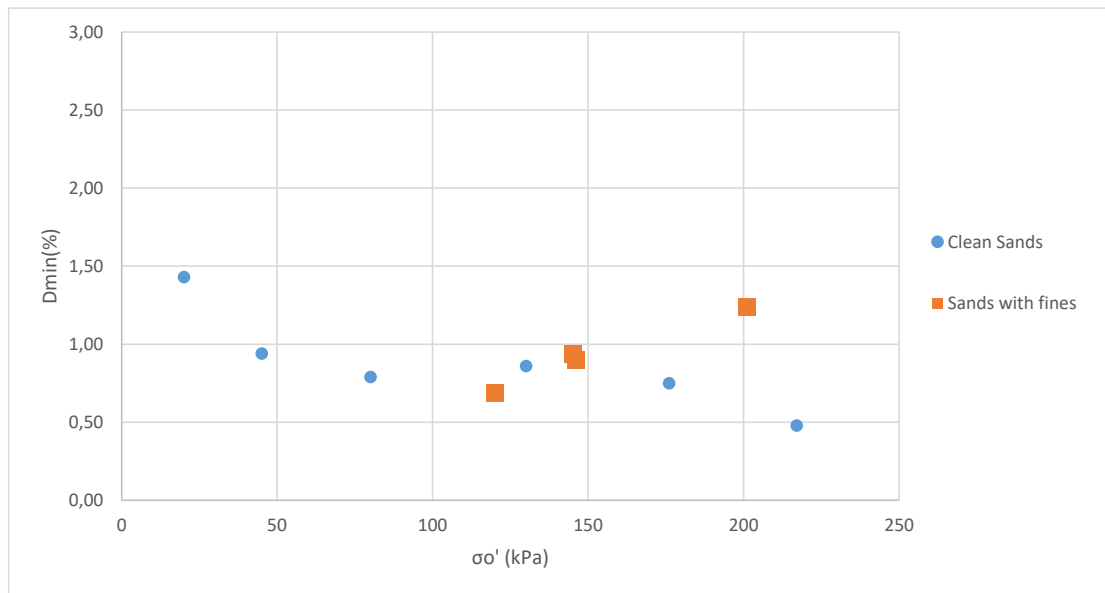
Σχήμα 4.3.33: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης $G_{max}/f(e)$ με την ενεργή ισότροπη τάση για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



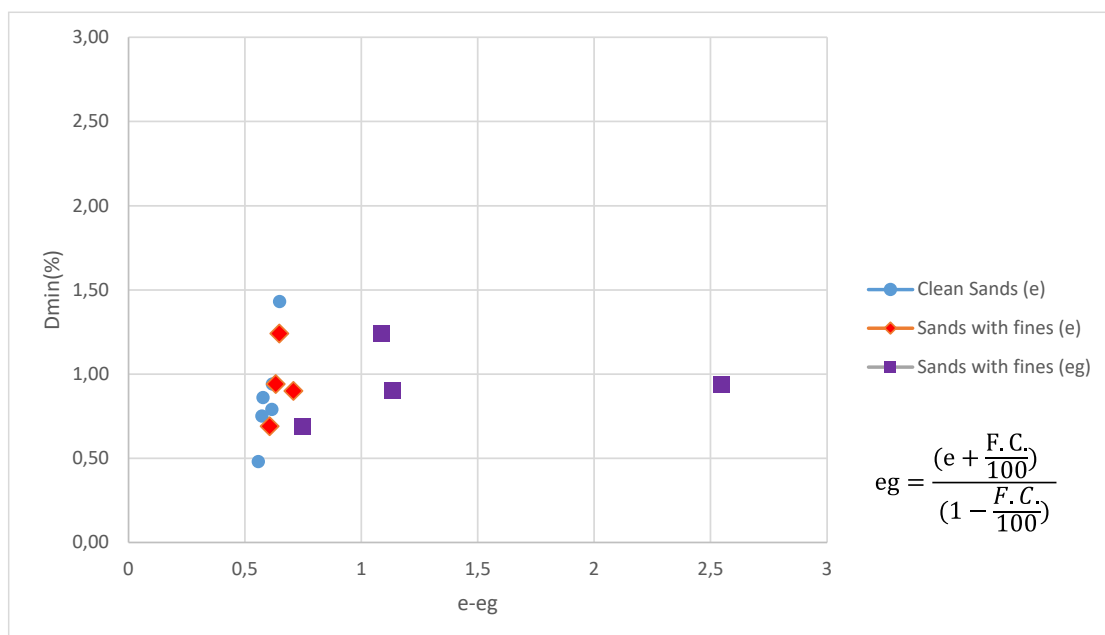
Σχήμα 4.3.34: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης $G_{max}/f(eg)$ με την ενεργή ισότροπη τάση για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



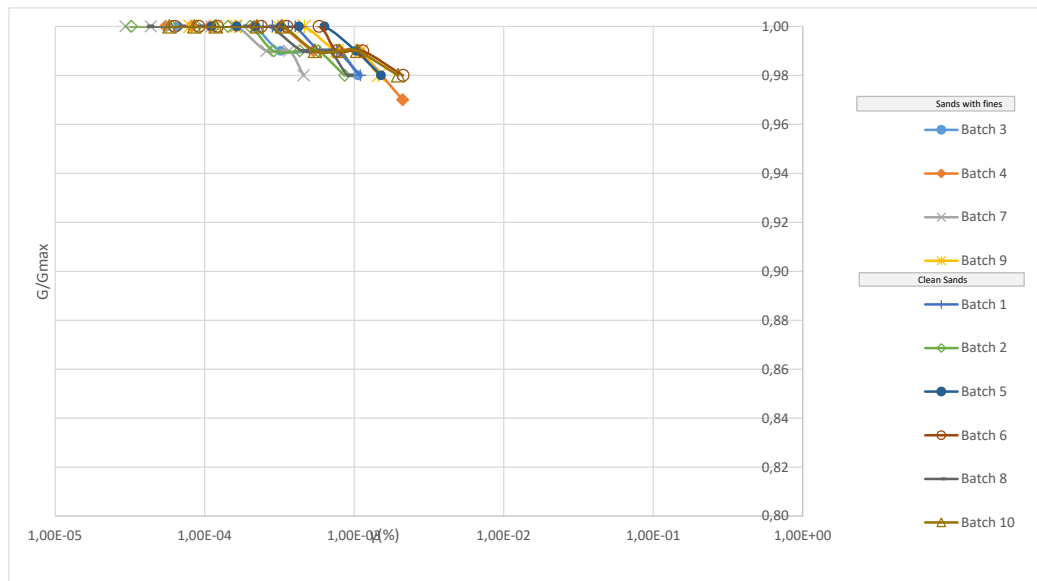
Σχήμα 4.3.35: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέγιστου μέτρου διάτμησης $G_{max}/\sigma'_0^{0.5}$ με το eg για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



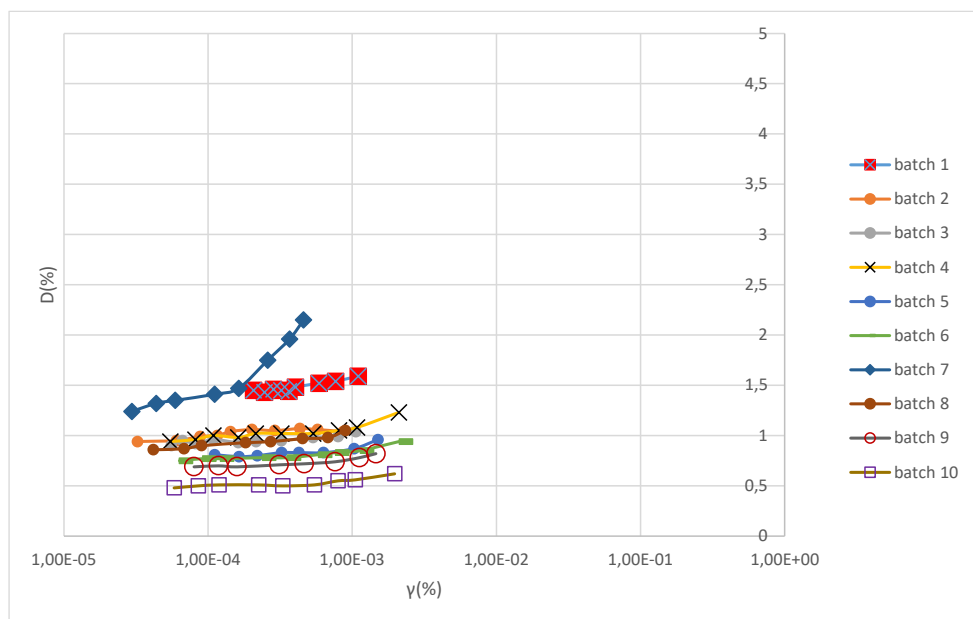
Σχήμα 4.3.36: Μεταβολή του ελάχιστου λόγου απόσβεσης με το δείκτη πόρων του εδαφικού σκελετού για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



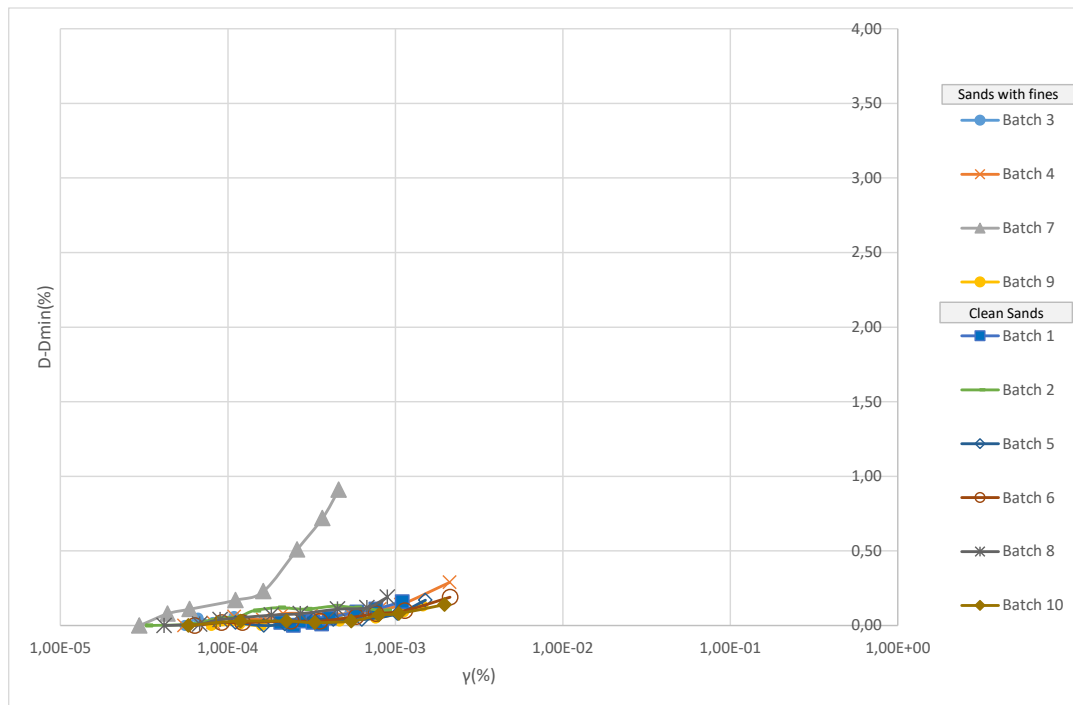
Σχήμα 4.3.37: Μεταβολή του ελάχιστου λόγου απόσβεσης με το δείκτη πόρων του εδαφικού σκελετού για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



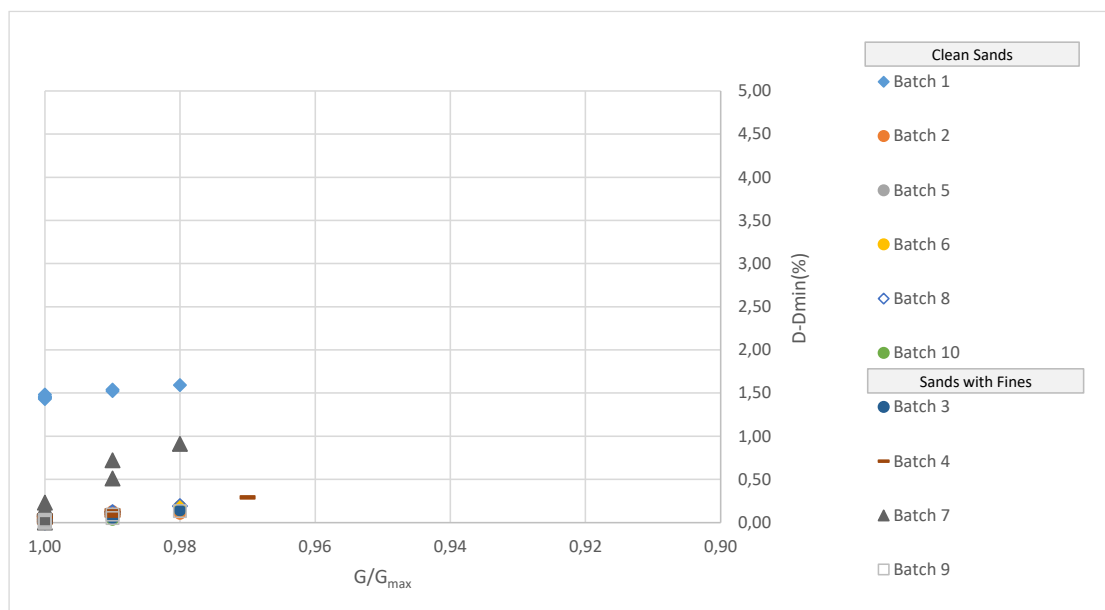
Σχήμα 4.3.38: Μεταβολή του κανονικοποιημένου μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



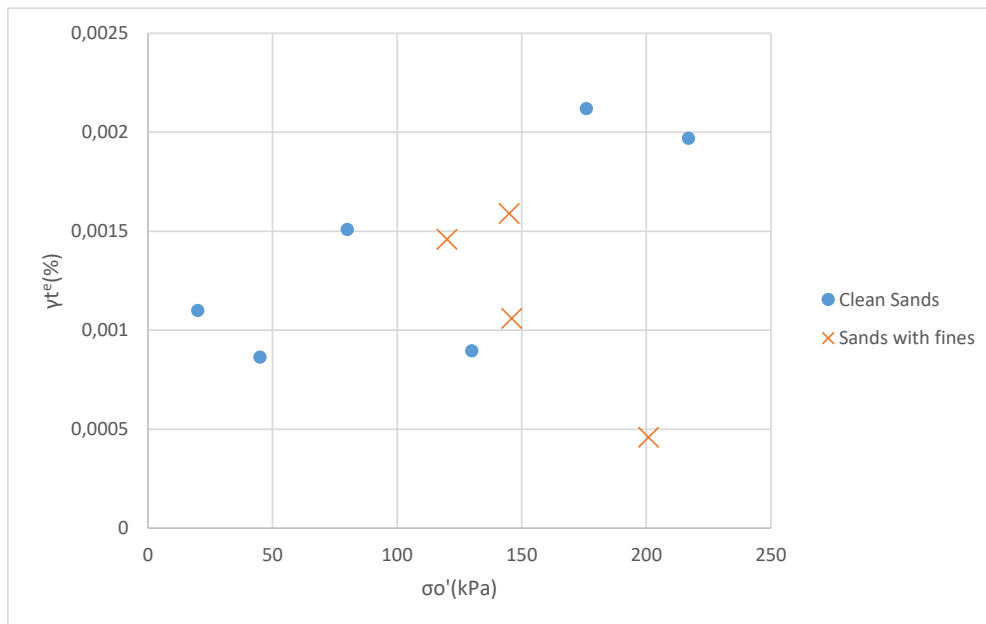
Σχήμα 4.3.39: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



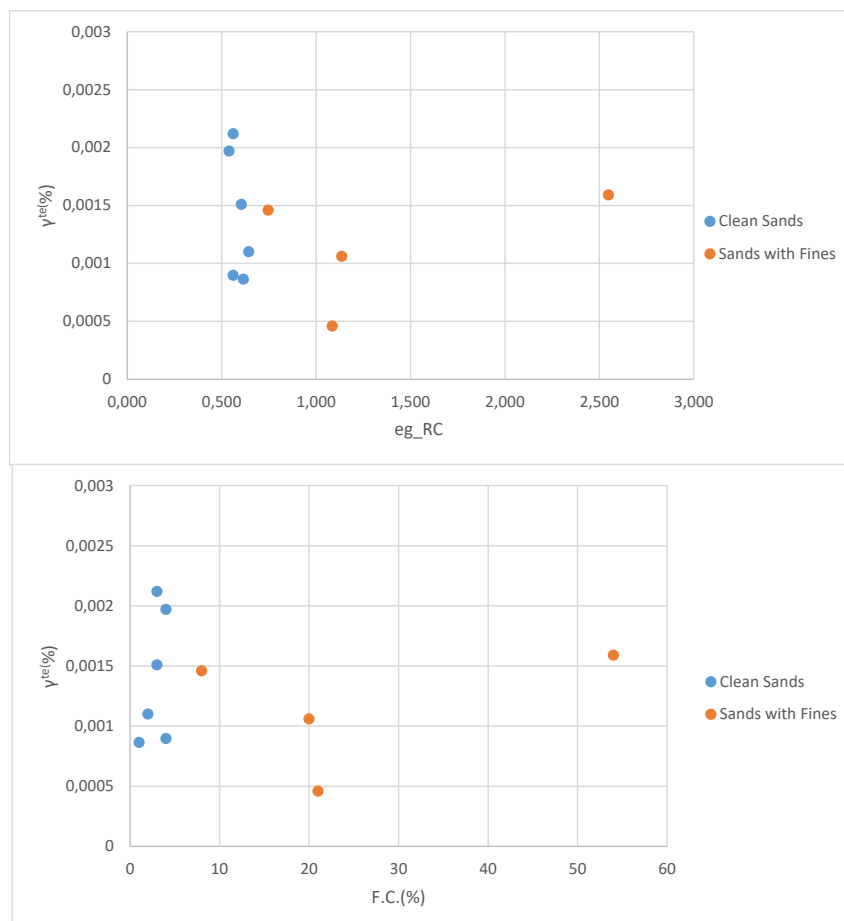
Σχήμα 4.3.40: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με τη διατμητική παραμόρφωση για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



Σχήμα 4.3.41: Μεταβολή της διαφοράς του λόγου απόσβεσης από την ελάχιστη τιμή του με το κανονικοποιημένο μέτρο διάτμησης για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



Σχήμα 4.3.42: Μεταβολή της γ_e με την ισότροπη τάση στερεοποίησης για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC



Σχήμα 4.3.43: Μεταβολή της γ_e με το eg (α) και το ποσοστό λεπτοκόκκων FC (β) για όλα τα χονδρόκοκκα εδάφη (με και χωρίς λεπτόκοκκα) από τις δοκιμές RC

4.3.5 Σύγκριση δυναμικών ιδιοτήτων μεταξύ των δοκιμών

Στα Σχήματα 4.3.44 και 4.3.45 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 1. Παρατηρείται ικανοποιητική συμφωνία μεταξύ των τιμών του $G_{\max}$ που εκτιμήθηκαν μέσω των δοκιμών RC και BE. Η έντονη μεταβολή των G και D με τη διατμητική παραμόρφωση παρατηρείται μόνο στα δεδομένα των δοκιμών CSS, και συνθέτουν μαζί με τις τιμές των $G_{\max}$ και $D_{\min}$ των δοκιμών RC τις καμπύλες G - γ και D - γ σε όλο το εύρος των παραμορφώσεων (από τη γραμμικά ελαστική περιοχή των παραμορφώσεων έως την εδαφική αστοχία).

Στα Σχήματα 4.3.46 και 4.3.47 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 2. Ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις με αυτές του εδάφους Batch 1.

Στα Σχήματα 4.3.48 και 4.3.49 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 3. Παρατηρείται πως οι τιμές του $G_{\max}$ που εκτιμήθηκαν μέσω των δοκιμών RC είναι μεγαλύτερες αυτών των δοκιμών BE.

Στα Σχήματα 4.3.50 και 4.3.51 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 4. Τα δεδομένα των δοκιμών RC και CSS συνθέτουν τις καμπύλες G - γ και D - γ .

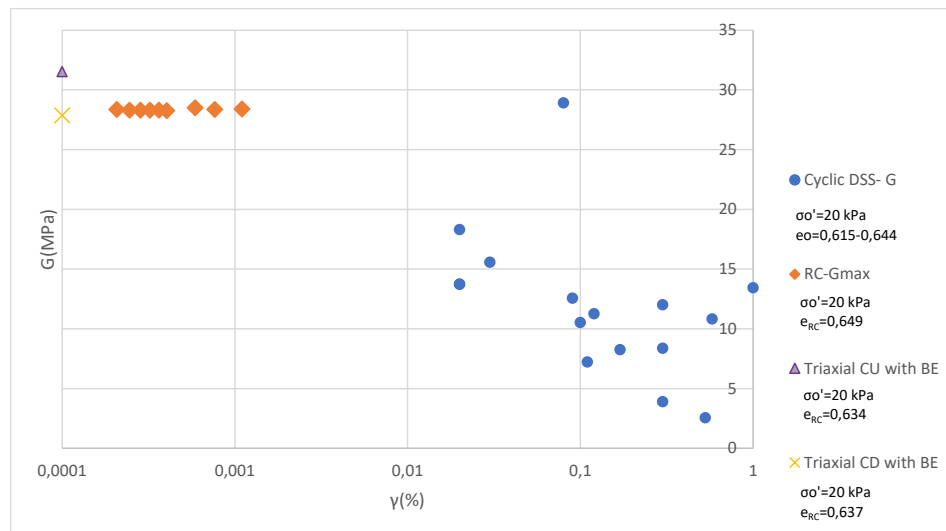
Στα Σχήματα 4.3.52 και 4.3.53 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 5. Παρατηρείται καλή συμφωνία μεταξύ των τιμών του $G_{\max}$ που εκτιμήθηκαν μέσω των δοκιμών RC και BE. Τα δεδομένα των δοκιμών RC και CSS συνθέτουν τις καμπύλες G - γ και D - γ .

Στα Σχήματα 4.3.54 και 4.3.55 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 6. Παρατηρείται ικανοποιητική συμφωνία μεταξύ των τιμών του $G_{\max}$ που εκτιμήθηκαν μέσω των δοκιμών RC και BE. Τα δεδομένα των δοκιμών RC και CSS συνθέτουν τις καμπύλες G - γ και D - γ .

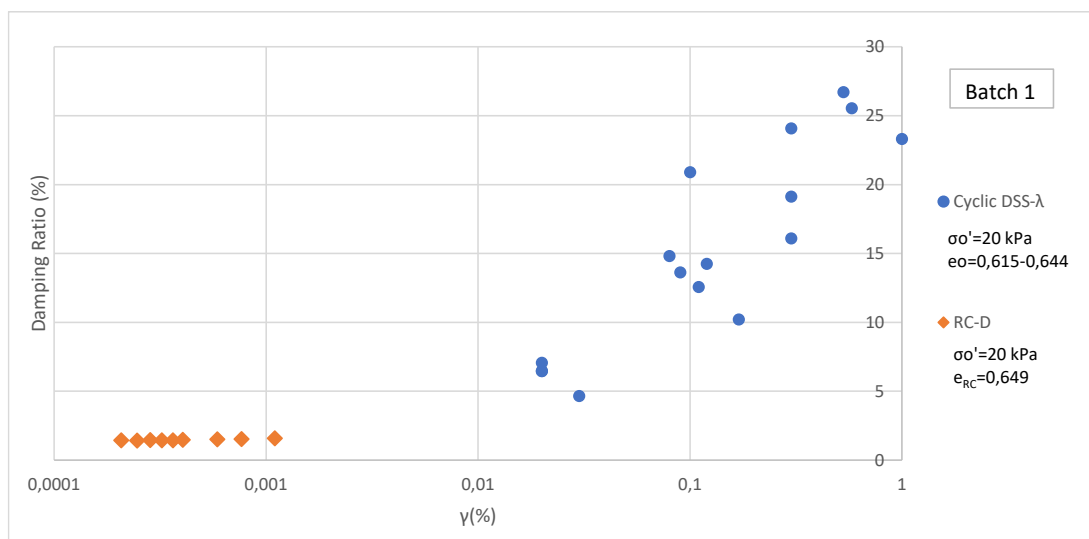
Στα Σχήματα 4.3.56 και 4.3.57 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 8. Παρατηρείται καλή συμφωνία μεταξύ των τιμών του $G_{\max}$ που εκτιμήθηκαν μέσω των δοκιμών RC και BE. Τα δεδομένα των δοκιμών RC και CSS συνθέτουν τις καμπύλες G - γ και D - γ .

Στα Σχήματα 4.3.58 και 4.3.59 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση αντίστοιχα για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 9. Παρατηρείται ικανοποιητική συμφωνία μεταξύ των τιμών του $G_{\max}$

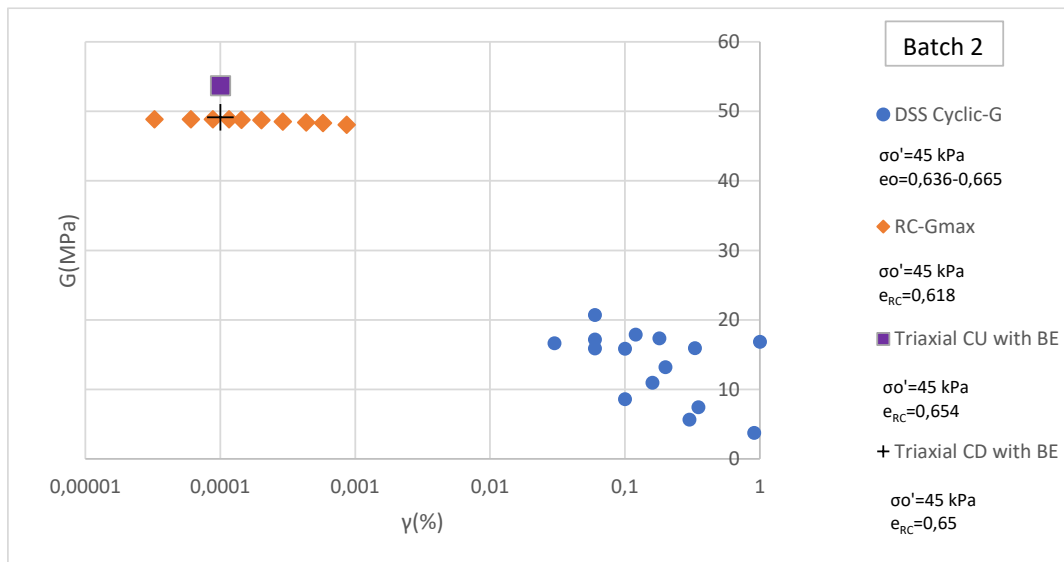
που εκτιμήθηκαν μέσω των δοκιμών RC και BE. Τα δεδομένα των δοκιμών RC και CSS συνθέτουν τις καμπύλες G-γ και D-γ.



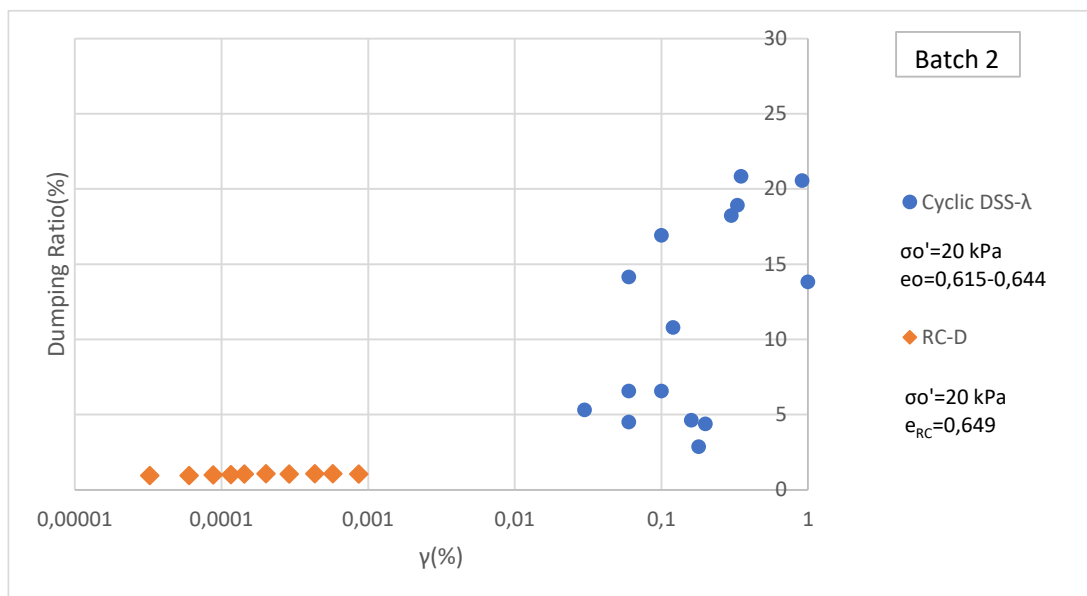
Σχήμα 4.3.44: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 1 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



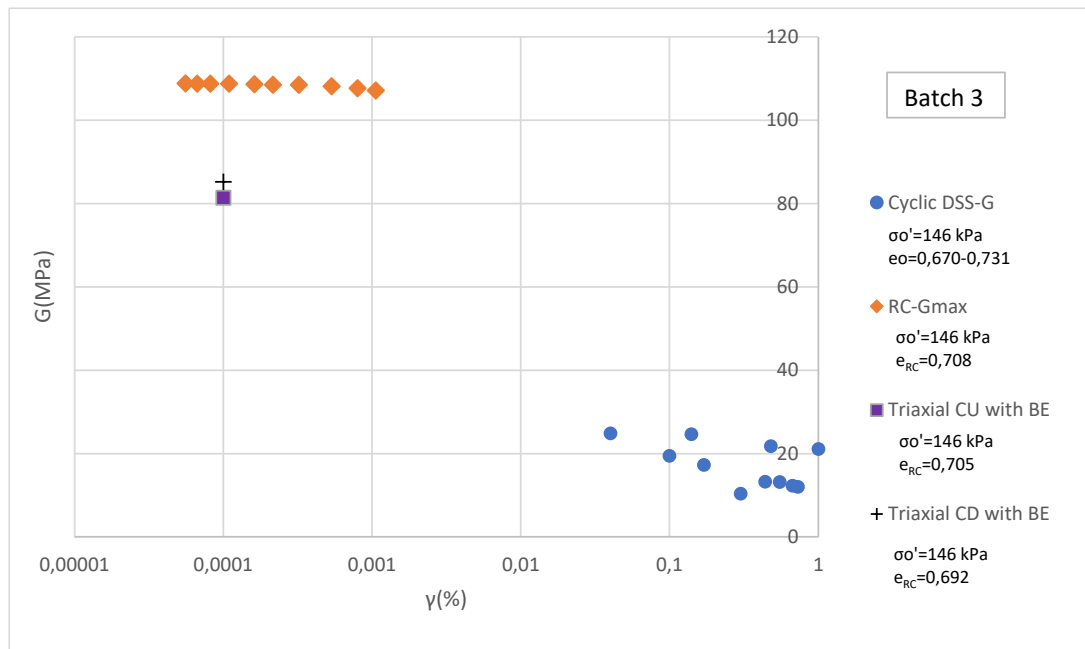
Σχήμα 4.3.45: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 1 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



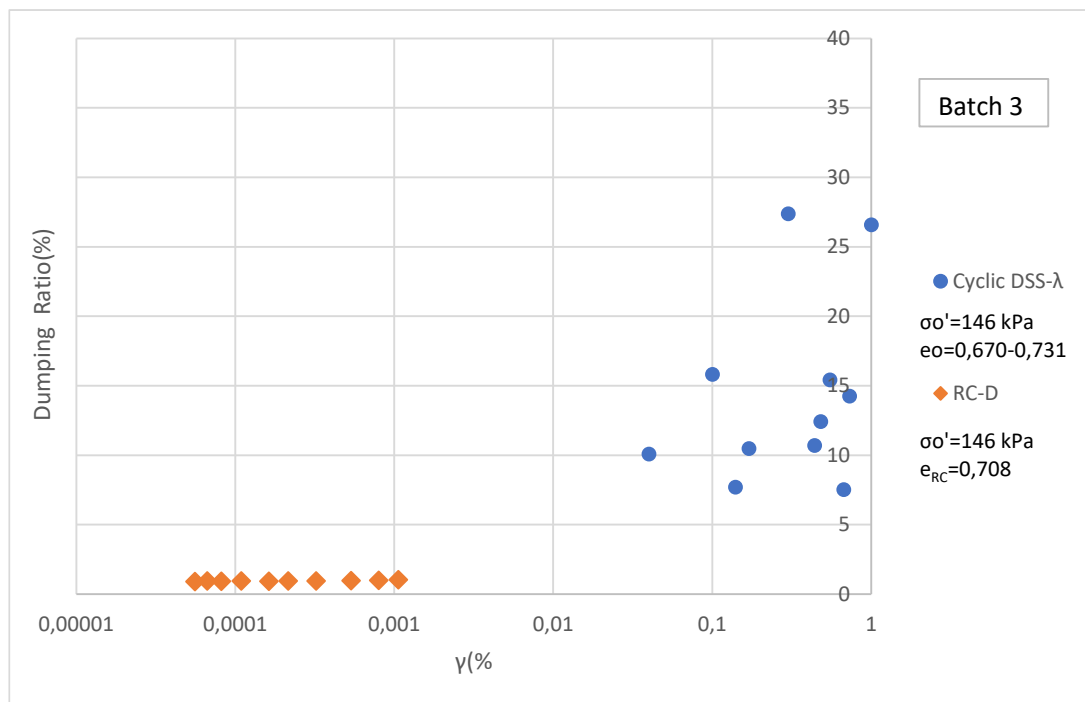
Σχήμα 4.3.6: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 2 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



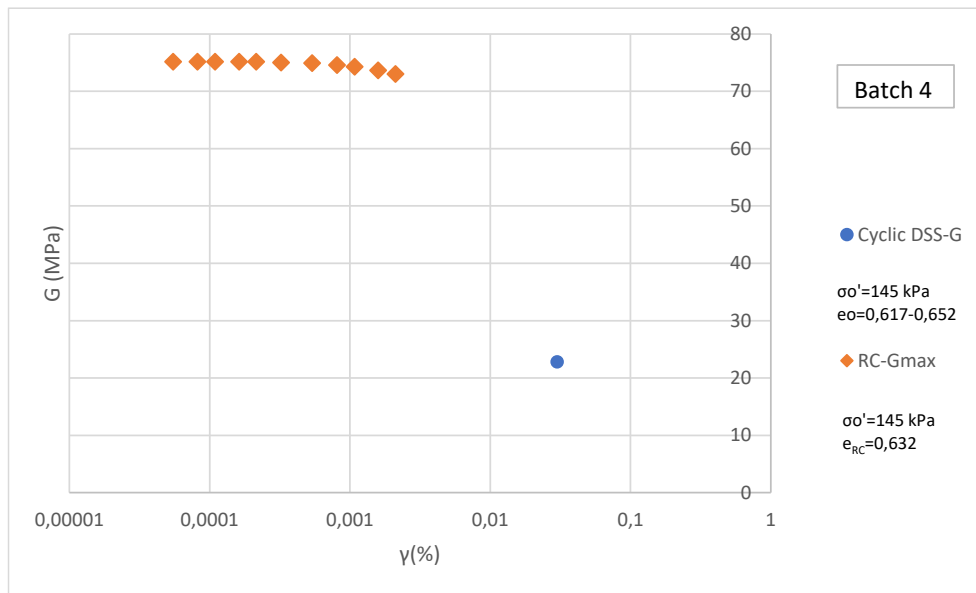
Σχήμα 4.3.7: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 2 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



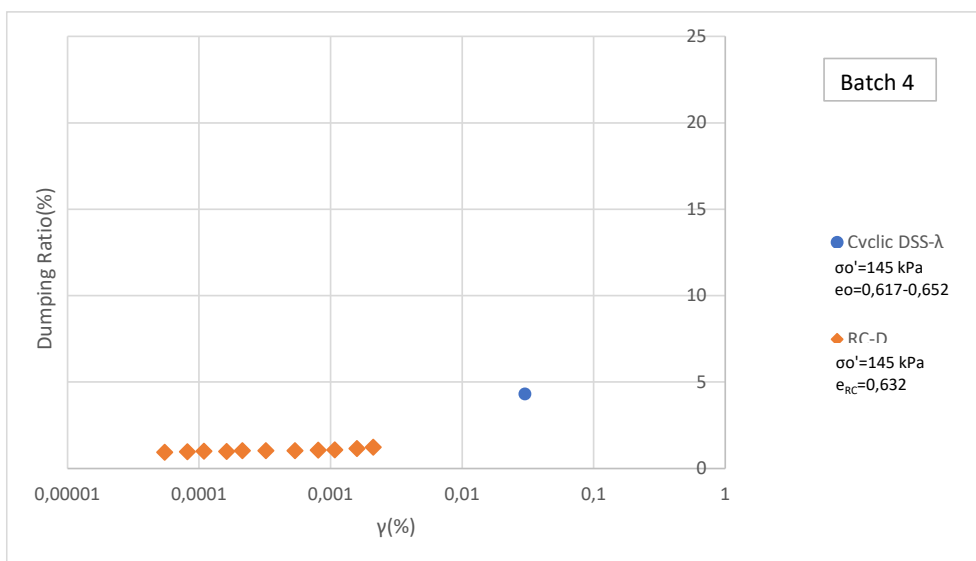
Σχήμα 4.3.8: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 3 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



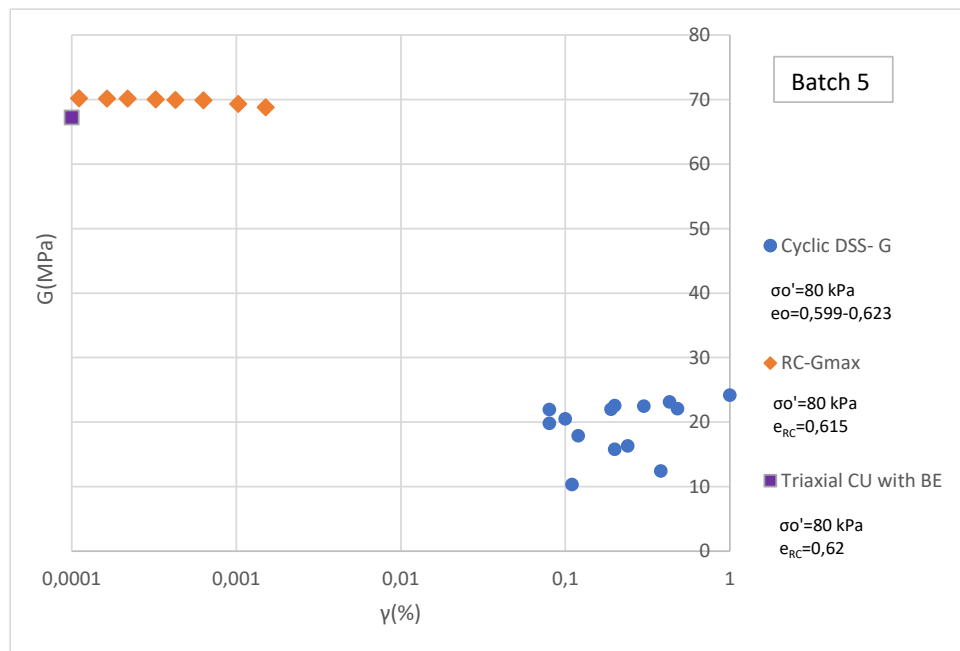
Σχήμα 4.3.9: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 3 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



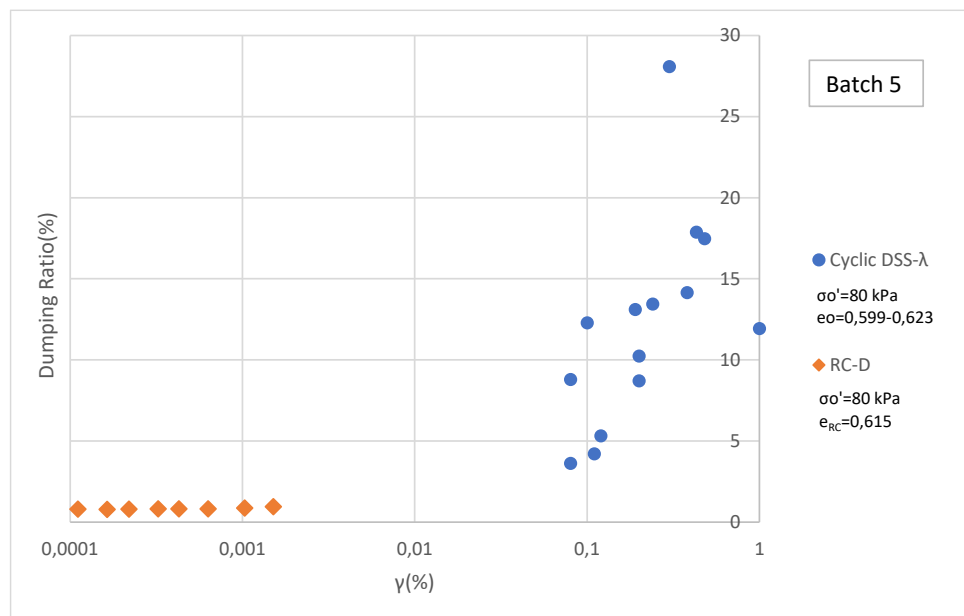
Σχήμα 4.3.10: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 4 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



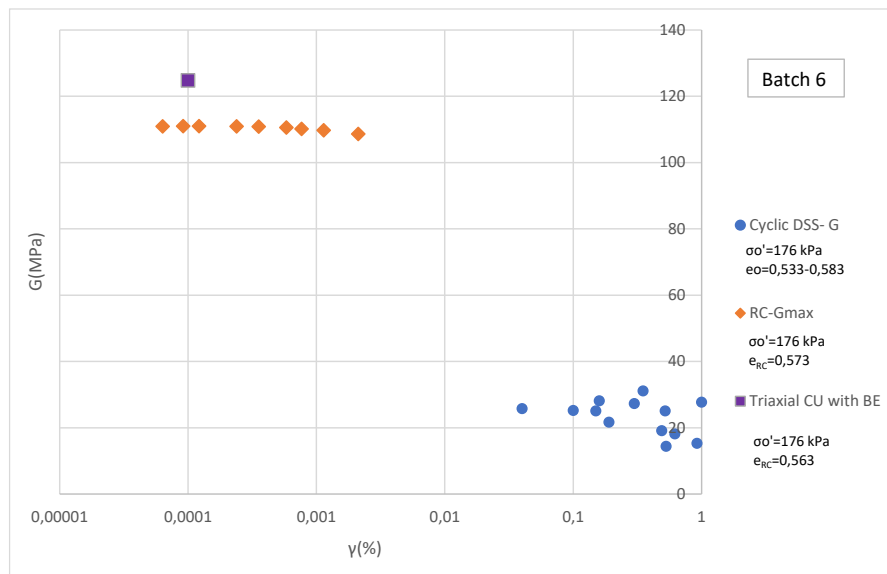
Σχήμα 4.3.11: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 4 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



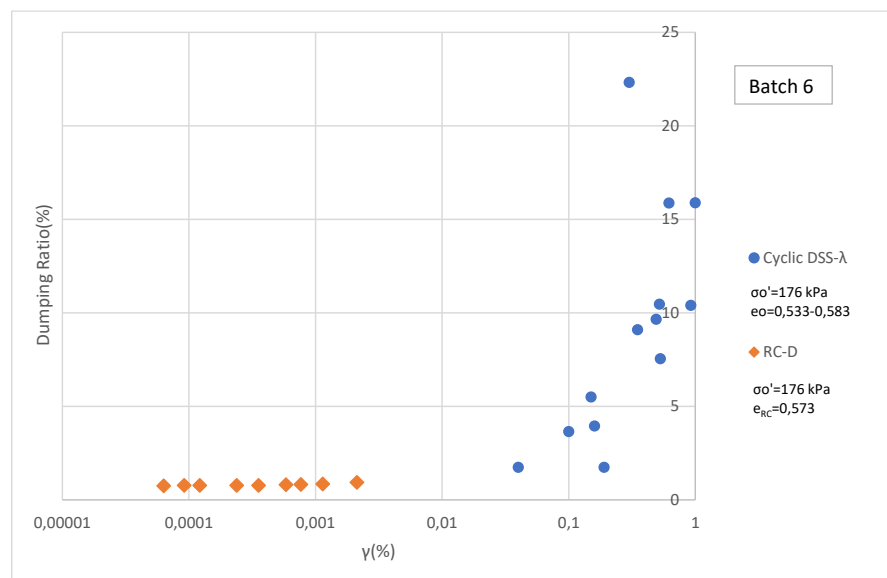
Σχήμα 4.3.12: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 5 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



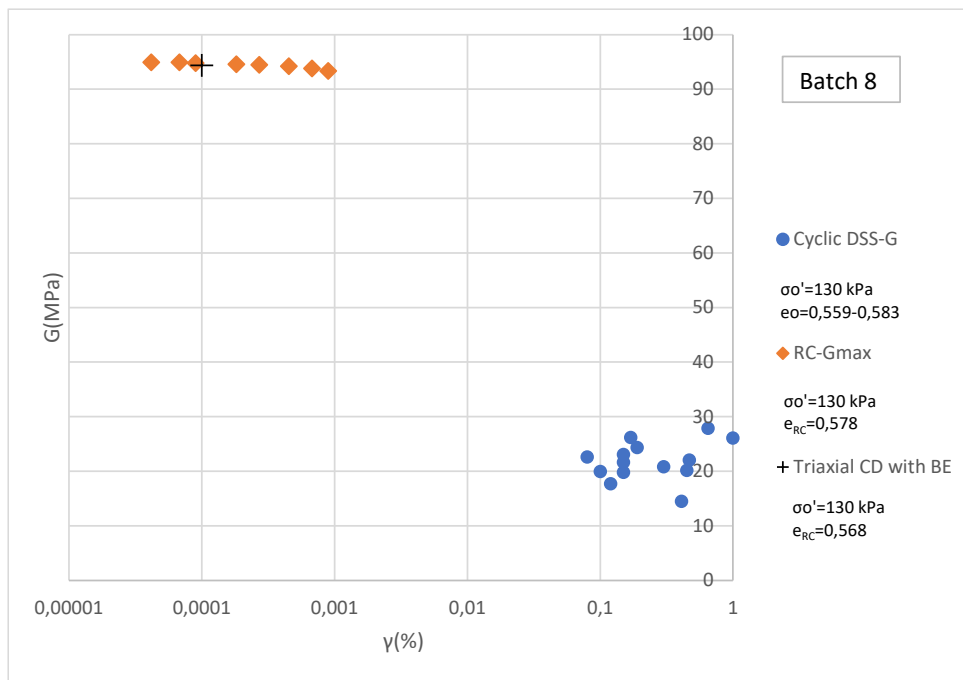
Σχήμα 4.3.13: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 5 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



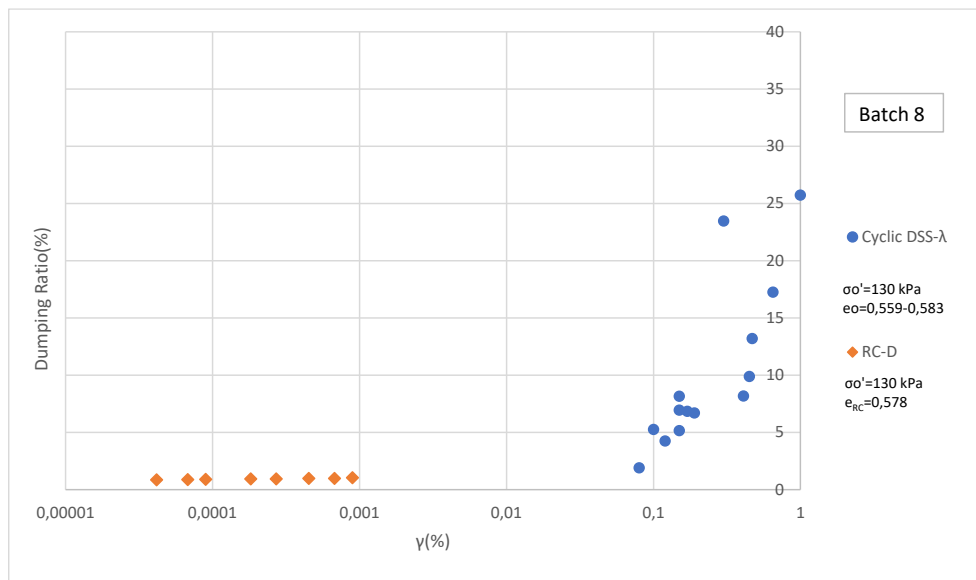
Σχήμα 4.3.14: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 6 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



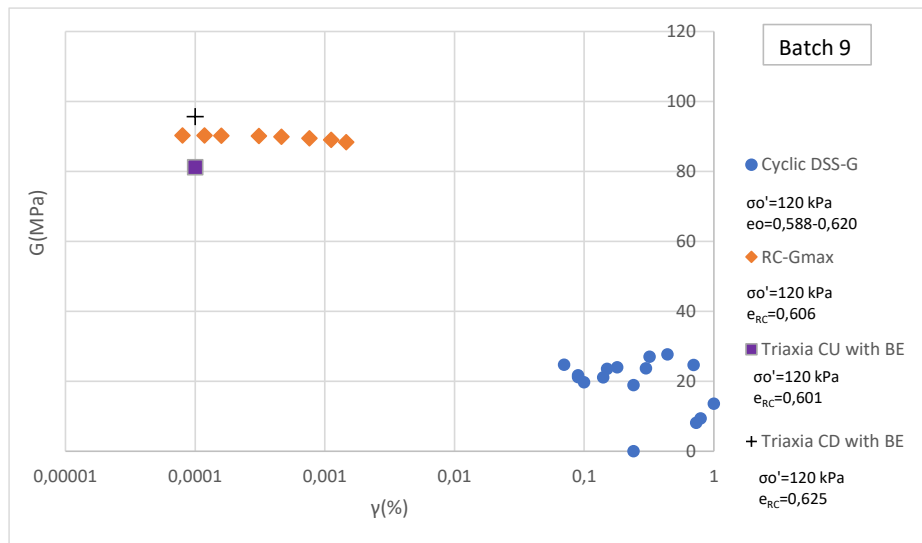
Σχήμα 4.3.15: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 6 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



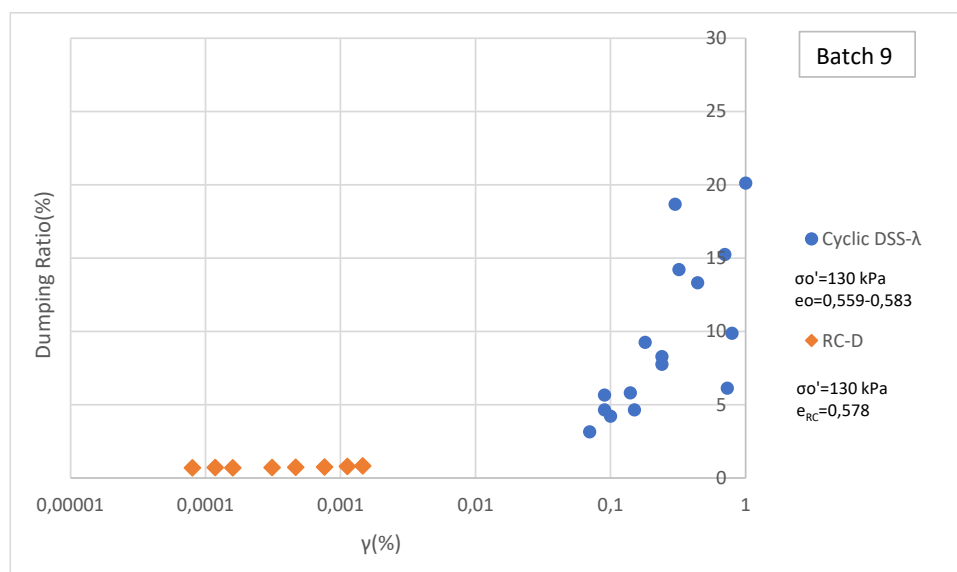
Σχήμα 4.3.16: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 8 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



Σχήμα 4.3.17: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 8 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



Σχήμα 4.3.18: Μεταβολή του μέτρου διάτμησης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 9 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης



Σχήμα 4.3.19: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση για το χονδρόκοκκο έδαφος Batch 9 από το σύνολο των δοκιμών κυκλικής φόρτισης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 Εδαφική Απόκριση Υπό Μονοτονική Φόρτιση

Παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των δοκιμών μονοδιάστατης στερεοποίησης και των δοκιμών τριαξονικής φόρτισης με τη βιβλιογραφία.

5.1.1 Χαρακτηριστικά συμπίεστότητας

Οι τιμές του συντελεστή συμπίεστότητας, C_c , όπως αυτός προσδιορίστηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας μέσω δοκιμών οιδημέτρου, συσχετίζεται βάσει της έρευνας των Κονίνη κ.ά. (2019), η οποία αναφέρεται σε πειραματικά δεδομένα φυσικών εδαφών από τον ελλαδικό και κυπριακό χώρο.

Η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων στη παρούσα εργασία έγινε βάσει της περιγραφής των εδαφικών δοκιμίων που βρέθηκαν στις τεχνικές εκθέσεις των δοκιμών οιδημέτρου, και προέκυψαν οι εξής Ομάδες Εδαφών: Α: Σκούρα γκρι άργιλος, Β: Άργιλος/ιλυώδης άργιλος χαμηλής πλαστικότητας και Γ: Αμμώδης Άργιλος

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προέκυψαν οι εξής εξισώσεις:

Ομάδα Α:

$$C_c = 0.426 * (e_0 - 0,256), R^2 = 0.75 \quad (5.1)$$

Ομάδα Β:

$$C_c = 0.68 * (e_0 - 0,36), R^2 = 0.74 \quad (5.2)$$

Ομάδα Γ:

$$C_c = 0.358 * (e_0 - 0,142), R^2 = 0.65 \quad (5.3)$$

Η επιλογή της μορφής των εξισώσεων έγινε σύμφωνα με την εργασία των Κονίνη κ.ά. (2019). Για το δείκτη συμπίεσης, C_c , οι καλύτερες συσχετίσεις είναι οι γραμμικές μονοπαραμετρικές με το e_0 και τη w_0 .

Η σύγκριση μεταξύ των πειραματικών τιμών C_c και αυτών που υπολογίστηκαν από τις παραπάνω εξισώσεις παρουσιάζεται τους Πίνακες 5.1.1, 5.1.2 και 5.1.3 για τις Ομάδες Α, Β, και Γ αντίστοιχα. Η διαφορά μεταξύ των τιμών είναι γενικά μικρή, δηλαδή οι εξισώσεις δίνουν καλή συσχέτιση, ενώ στις περιπτώσεις όπου η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 0.1 αυτή αποδίδεται στην υποκειμενική ομαδοποίηση των εδαφών (κάποια εδάφη είναι στο όριο μεταξύ των ομάδων). Η συσχέτιση μεταξύ των πειραματικών τιμών και των εξισώσεων παρουσιάζεται στα Σχήματα 5.1.1, 5.1.2 και 5.1.3 για τις Ομάδες Α, Β και Γ αντίστοιχα. Παρουσιάζεται επίσης η σύγκριση με την

πρόταση των Κονίνη κ.ά. (2019) για εδάφη χωρίς σημαντική παρουσία ανθρακικών και οργανικών συστατικών.

Παρόμοια ευρήματα παρουσιάζονται από Amir Al-Khafaji et al. (2018) για την εκτίμηση του δείκτη συμπίεστότητας C_c σε λεπτόκοκκα εδάφη με βάση το αρχικό πορώδες, όπου γίνεται μια σύγκριση στις εμπειρικές εξισώσεις που έχουν προταθεί προγενέστερα. Η σύγκρισή τους με τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται στα ίδια σχήματα.

Πίνακας 5.1.1: Σύγκριση μεταξύ πειραματικών και υπολογισμένων τιμών του C_c για την ομάδα Α

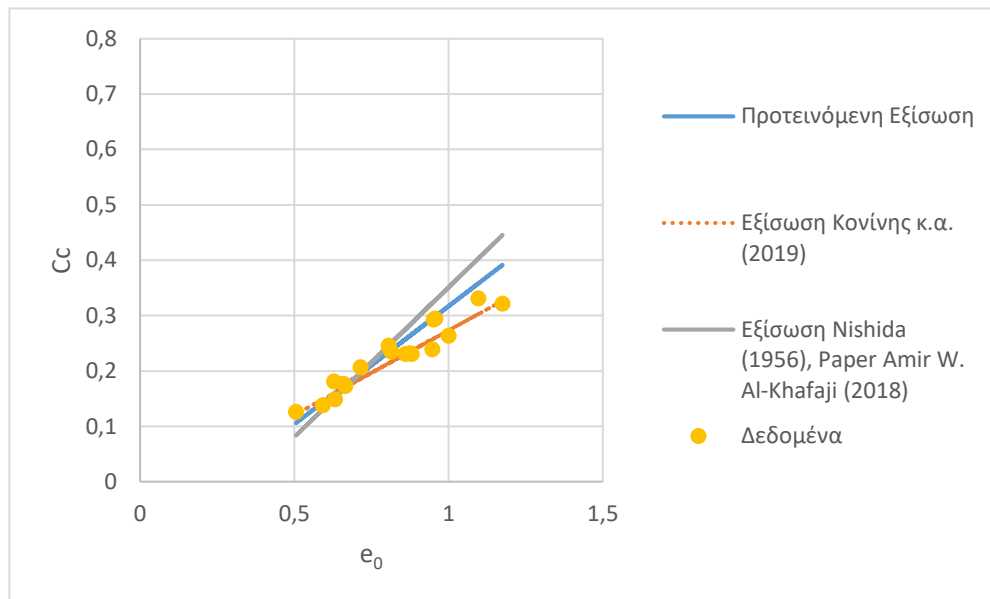
SAMPLE	TEST NUMBER	e_0	C_c (calculated)	C_c (study)	ΔC_c
30WAXC	CRS02B	0,881	0,231	0,26625	-0,03525
30WAXC	CRS02	0,86	0,231	0,257304	-0,0263
06WAXB		0,875	0,232	0,263694	-0,03169
58WAXB	CRS52	0,947	0,239	0,294366	-0,05537
11WAXC		0,632	0,149	0,160176	-0,01118
32WAXD	CRS11	0,592	0,138	0,143136	-0,00514
32WAXD	CRS11B	0,505	0,126	0,106074	0,019926
34WAXB		0,665	0,173	0,174234	-0,00123
41WAXC		1	0,264	0,316944	-0,05294
34WAXB	CRS24	1,175	0,322	0,391494	-0,06949
52WAXC		0,952	0,293	0,296496	-0,0035
25WAXB		0,814	0,235	0,237708	-0,00271
20WAXB		0,715	0,207	0,195534	0,011466
45WAXB	CRS33R	0,629	0,181	0,158898	0,022102
52WAXB	IL03	0,806	0,246	0,2343	0,0117
53WAXC	CRS37	0,957	0,295	0,298626	-0,00363
43WAXE	CRS546	0,66	0,177	0,172104	0,004896
24WAXC	CRS50	1,097	0,331	0,358266	-0,02727

Πίνακας 5.1.2 Σύγκριση μεταξύ πειραματικών και υπολογισμένων τιμών του C_c για την Ομάδα Β

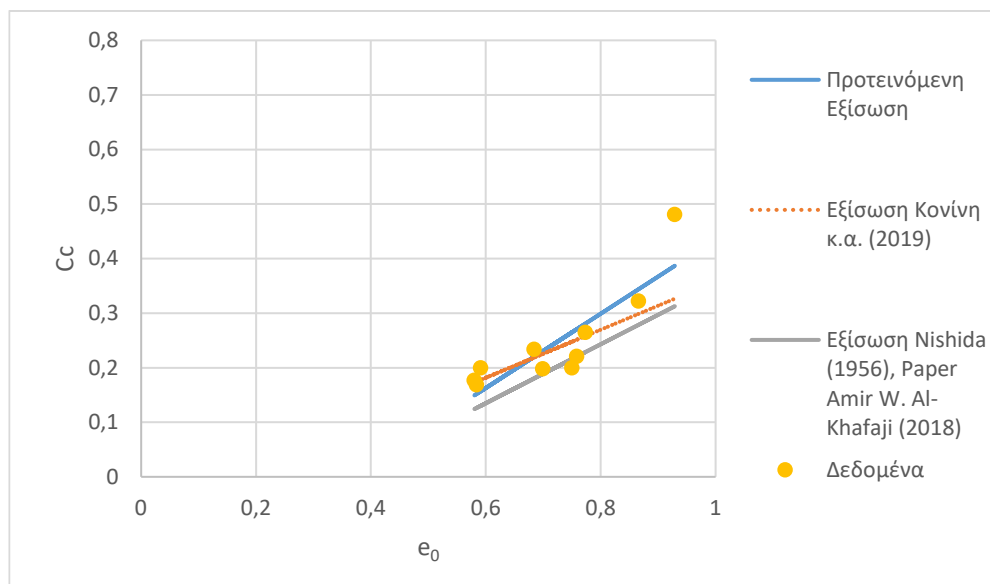
SAMPLE	TEST NUMBER	e_0	C_c (calculated)	C_c (Study)	ΔC_c
06WAXD	CRS32	0,773	0,265	0,28084	0,01584
32WAXD	CRS51	0,684	0,234	0,22032	-0,01368
34WAXB		0,58	0,177	0,1496	-0,0274
40WaxB		0,929	0,481	0,38692	-0,09408
56WAXD		0,866	0,322	0,34408	0,02208
23WAXD	CRS54D	0,591	0,2	0,15708	-0,04292
33WAXD		0,75	0,2	0,2652	0,0652
26WAXD		0,699	0,198	0,23052	0,03252
36WAXB	CRS25	0,758	0,221	0,27064	0,04964
36WAXB	CRS25B	0,584	0,169	0,15232	-0,01668

Πίνακας 5.1.3: Σύγκριση μεταξύ πειραματικών και υπολογισμένων τιμών του Cc για την Ομάδα Γ

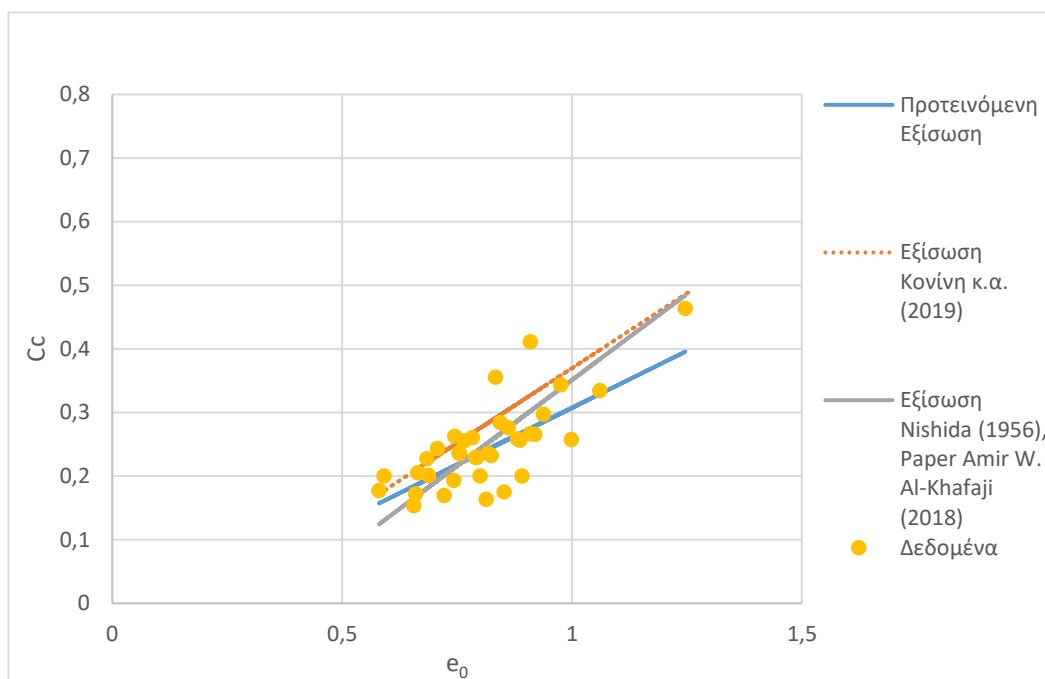
SAMPLE	TEST NUMBER	e0	Cc(calculated)	Cc(study)	ΔCc
45WAXB	CRS14	0,765	0,255	0,223034	-0,031966
03WAXC	CRS17	0,743	0,193	0,215158	0,022158
46WAXB		0,881	0,258	0,264562	0,006562
43WAXB		0,656	0,153	0,184012	0,031012
52WAXB	CRS18B	0,891	0,2	0,268142	0,068142
59WAXB		0,861	0,276	0,257402	-0,018598
52WAXC	CRS39	0,684	0,227	0,194036	-0,032964
05WAX	CRS41	0,938	0,297	0,284968	-0,012032
21WAXD	CRS41	0,813	0,163	0,240218	0,077218
43WAXC		0,852	0,175	0,25418	0,07918
08WAXC	IL08	0,722	0,169	0,20764	0,03864
08WAXC	CRS43B	0,754	0,236	0,219096	-0,016904
11WAXD	CRS44	0,688	0,201	0,195468	-0,005532
38WAXB		0,8	0,2	0,235564	0,035564
43WAXE	CRS46	0,66	0,172	0,185444	0,013444
07WAXC	CRS47B	0,707	0,243	0,20227	-0,04073
07WAXC	CRS47	0,919	0,265	0,278166	0,013166
12WAXD	CRS48	0,664	0,205	0,186876	-0,018124
17WAXE	CRS49	0,755	0,235	0,219454	-0,015546
32WAXB		0,833	0,355	0,247378	-0,107622
08WAXD	CRS56	1,06	0,334	0,328644	-0,005356
08WAXD	CRS56B	0,975	0,343	0,298214	-0,044786
11WAXB	CRS01	0,824	0,232	0,244156	0,012156
11WAXB	CRS01B	0,793	0,229	0,233058	0,004058
34WAXB	CRS05R	0,58	0,177	0,156804	-0,020196
23WAXD	CRS8R	0,591	0,2	0,160742	-0,039258
28WAXC		1,246	0,463	0,395232	-0,067768
23WAXD	CRS54	0,998	0,257	0,306448	0,049448
40WAXB		0,886	0,256	0,266352	0,010352
50WAXD	CRS22	0,745	0,262	0,215874	-0,046126
46WAXB		0,844	0,284	0,251316	-0,032684
50WAXB	CRS28	0,79	0,229	0,231984	0,002984
50WAXB	CRS28B	0,783	0,26	0,229478	-0,030522
18WAXD		0,818	0,235	0,242008	0,007008
36WAXB	CRS31	0,909	0,411	0,274586	-0,136414
41WAXD		0,909	0,266	0,274586	0,008586



Σχήμα 5.1. 1: Συσχέτιση του δείκτη συμπίεστότητας με τον αρχικό δείκτη πόρων για την Ομάδα Α



Σχήμα 5.1. 2: Συσχέτιση του δείκτη συμπίεστότητας με τον αρχικό δείκτη πόρων για την Ομάδα Β



Σχήμα 5.1. 3: Συσχέτιση του δείκτη συμπίεστικότητας με τον αρχικό δείκτη πόρων για την Ομάδα Γ

5.2 Εδαφική Απόκριση Υπό Κυκλική Φόρτιση

5.2.1 Δυναμικές Ιδιότητες στις μικρές παραμορφώσεις

Στο Σχήμα 5.2.1 γίνεται σύγκριση του μέτρου διάτμησης G_{max} των λεπτόκοκκων εδαφών από δοκιμές BE και RC με τιμές που προκύπτουν από την εξίσωση (5.4) Kalliolglou et al., 2008. Χρησιμοποιούνται τα PI και τα e των παραπάνω εδαφών.

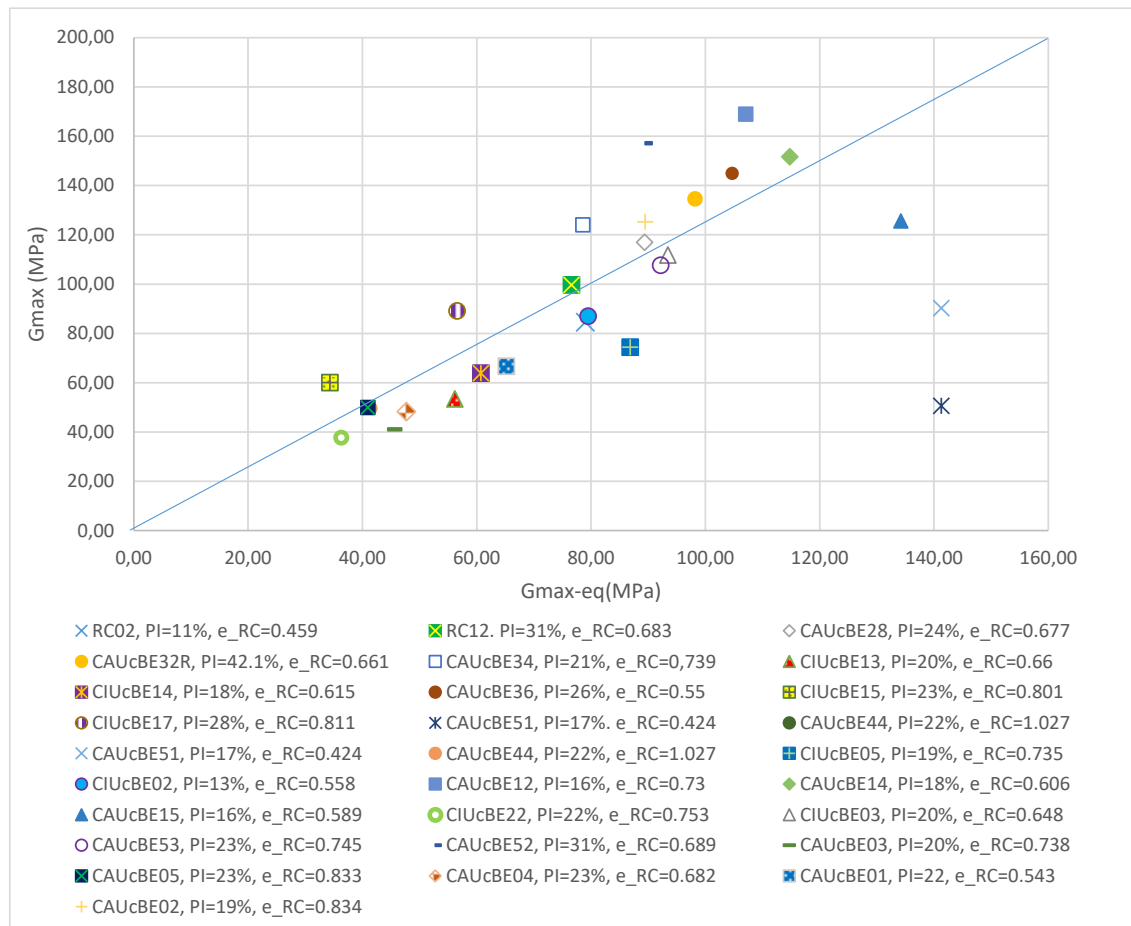
$$G_{max} = (6290 - 80PI)\sigma'^{0,5} \frac{1}{e^{0.63}} \quad (5.4)$$

Στο Σχήμα 5.2.1 δείχνει καλή συνολική συμφωνία τιμών του G_{max} . Για $G_{max} < 120$ MPa. Οι διαφορές που παρατηρούνται κυρίως για τιμές του $G_{max} > 120$ MPa αποδίδεται σε επιρροή παραγόντων που δεν περιλαμβάνονται στην εξίσωση. Συμπερασματικά, η εξίσωση είναι χρήσιμη για προκαταρκτικές εκτιμήσεις.

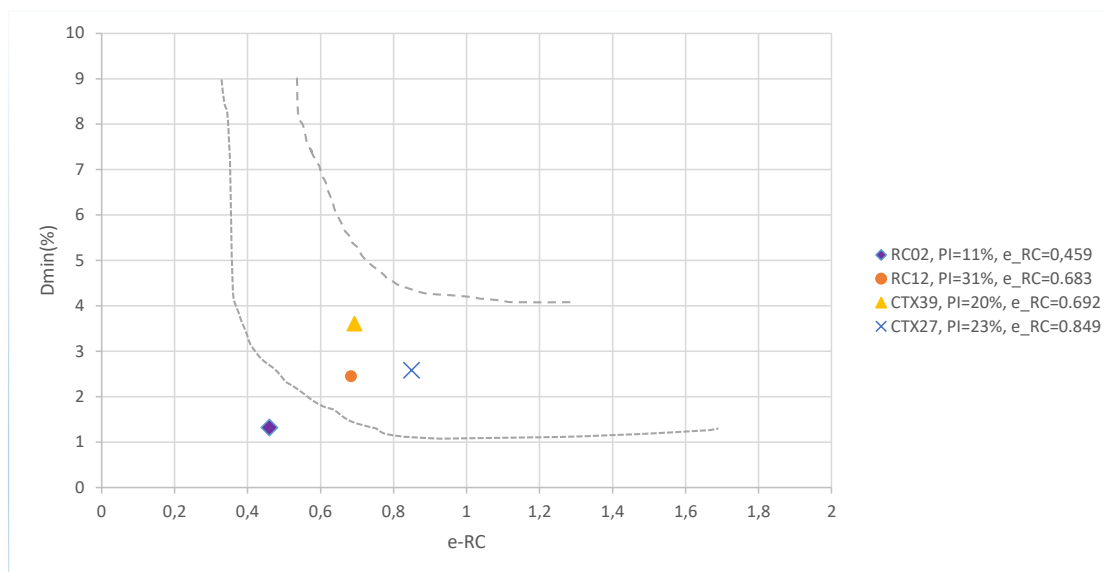
Στο Σχήμα 5.2.2 παρουσιάζεται η σχέση D_{min} - e -RC για τα λεπτόκοκκα εδάφη των δοκιμών CTX και RC. Χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά δεδομένα (Kalliolglou et al., 2008) όπου δημιούργησαν μια περιοχή που φαίνεται από τις διακεκομμένες γραμμές. Όπως παρατηρείται υπάρχει συμφωνία.

Στο Σχήμα 5.2.3 και Σχήμα 5.2.4 παρουσιάζεται η σχέση $G_{max}/f(e) - \sigma'_o$ και $D_{min}-\sigma'_o$ για τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα των δοκιμών RC. Στα δυο διαγράμματα χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά δεδομένα (Kalliolglou et al., 2008), τα οποία βρίσκονται στις κόκκινες περιοχές και επιβεβαιώνονται από τα δεδομένα της παρούσας διπλωματικής.

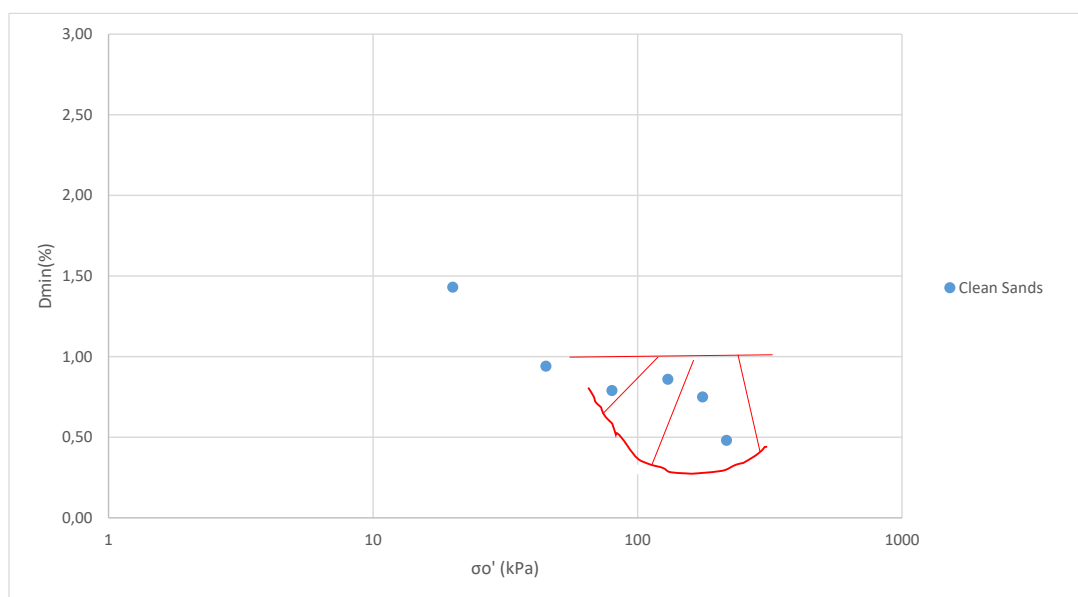
Στο Σχήμα 5.2.5 παρουσιάζεται η σχέση $D_{min}-\sigma'_o$ για τα χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα των δοκιμών RC αντιστοιχώς με παραπάνω και παρατηρείται πως η βιβλιογραφία επιβεβαιώνεται (Kalliolglou et al., 2008).



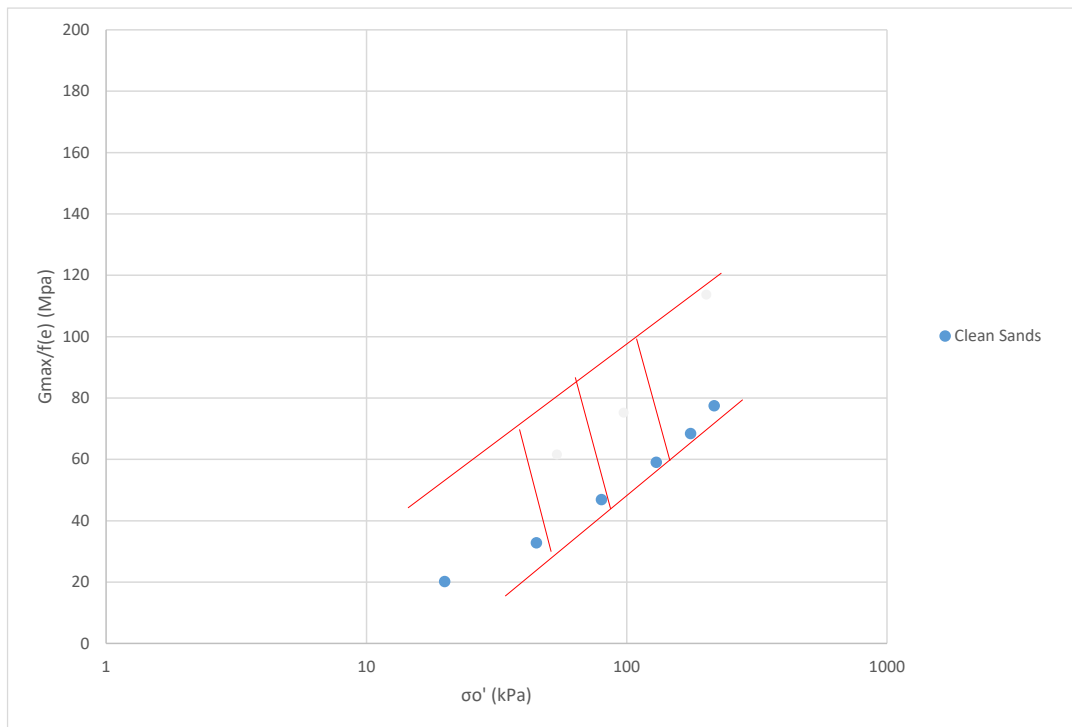
Σχήμα 5.2.1: Σχέση του μέγιστου μέτρου διάτμησης με το υπολογισμένο μέγιστο διάτμησης από τη βιβλιογραφία για λεπτόκοκκα εδάφη από τις δοκιμές RC και Triaxial with BE



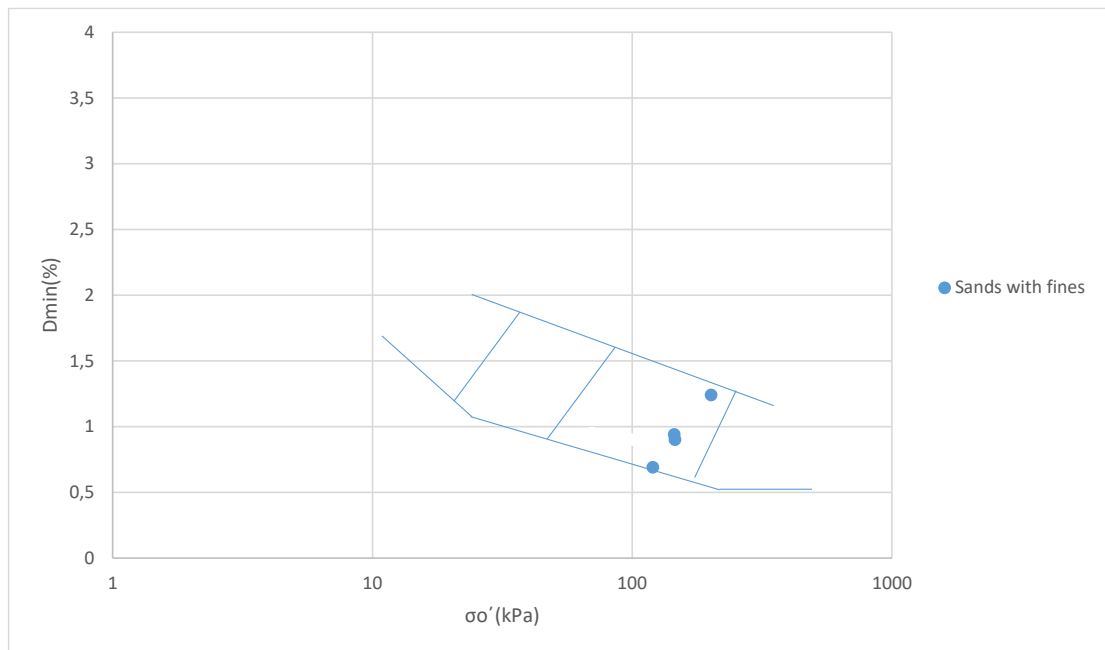
Σχήμα 5.2. 2: Σχέση ελάχιστης απόσβεσης με δείκτη πόρων δοκιμής για λεπτόκοκκα εδάφη από δοκιμές CTX και RC και σύγκριση με βιβλιογραφία



Σχήμα 5.2. 3: Μεταβολή κανονικοποιημένου μέτρου μέγιστης διάτμησης με την ενεργό τάση και σύγκριση με την βιβλιογραφία για χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα δοκιμών RC



Σχήμα 5.2. 4: Σχέση ελάχιστης απόσβεσης και ενεργού τάσης για χονδρόκοκκα εδάφη χωρίς λεπτόκοκκα δοκιμών RC και σύγκριση με βιβλιογραφία



Σχήμα 5.2. 5: Σχέση ελάχιστης απόσβεσης με ενεργό τάση για χονδρόκοκκα εδάφη με λεπτόκοκκα δοκιμών RC και σύγκριση με τη βιβλιογραφία

5.2.2 Δυναμικές Ιδιότητες στις μεσαίες παραμορφώσεις

Η μείωση του $G/G_{\max}$ με την αύξηση της παραμόρφωσης είναι έκφραση της μη-γραμμικής δυναμικής απόκρισης των εδαφών. Πρώτοι οι Hardin & Drnevich εισήγαγαν τη λογική της σιγμοειδούς μείωσης του G με την παραμόρφωση.

Η απόσβεση αυξάνεται με την παραμόρφωση γ , λόγω ενεργοποίησης μηχανισμών τριβής και ανακατανομής επαφών στους κόκκους.

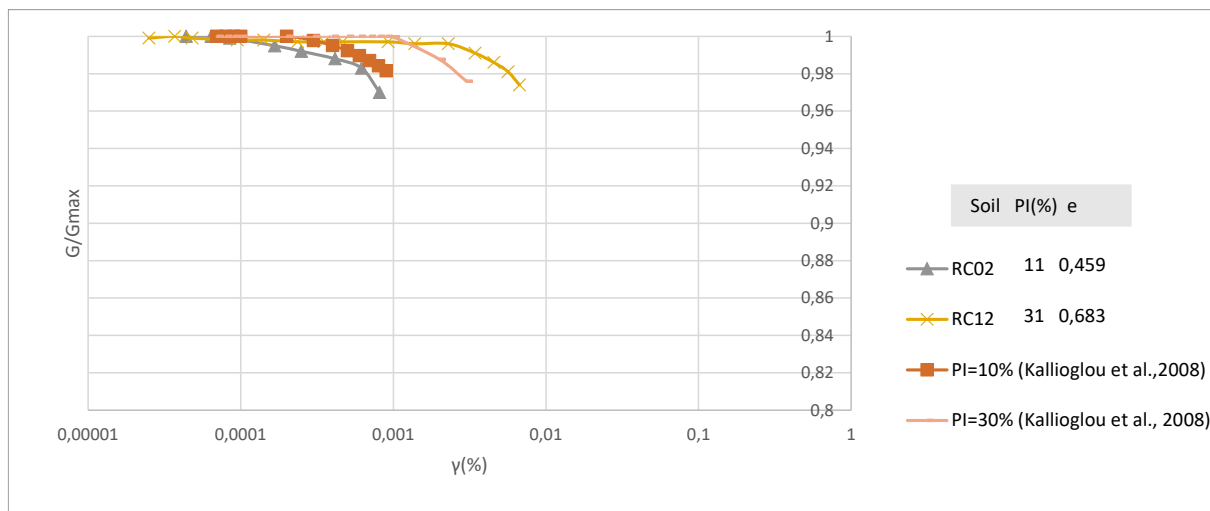
Στο Σχήμα 5.2.6 παρουσιάζεται η μεταβολή $G/G_{\max}$ - γ των λεπτόκοκκων εδαφών εν συγκρίσει με βιβλιογραφικά δεδομένα (Kalliolglou et al., 2008). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μικρής διαφοράς PI , όπου παρατηρείται σχετική σύγκλιση. Στο Σχήμα 5.2.7 παρουσιάζεται η μεταβολή του λόγου $G/G_{\max}$ -($D-D_{\min}$) των λεπτόκοκκων εδαφών των δοκιμών RC με επαναυπολογισμένη τη διαφορά ($D-D_{\min}$) βάσει εξίσωσης (5.5) της βιβλιογραφίας (Kalliolglou et al., 2008).

$$D - D_{\min} = 0.0741 - 8.2939 \ln \left(\frac{G}{G_{\max}} \right) \quad (5.5)$$

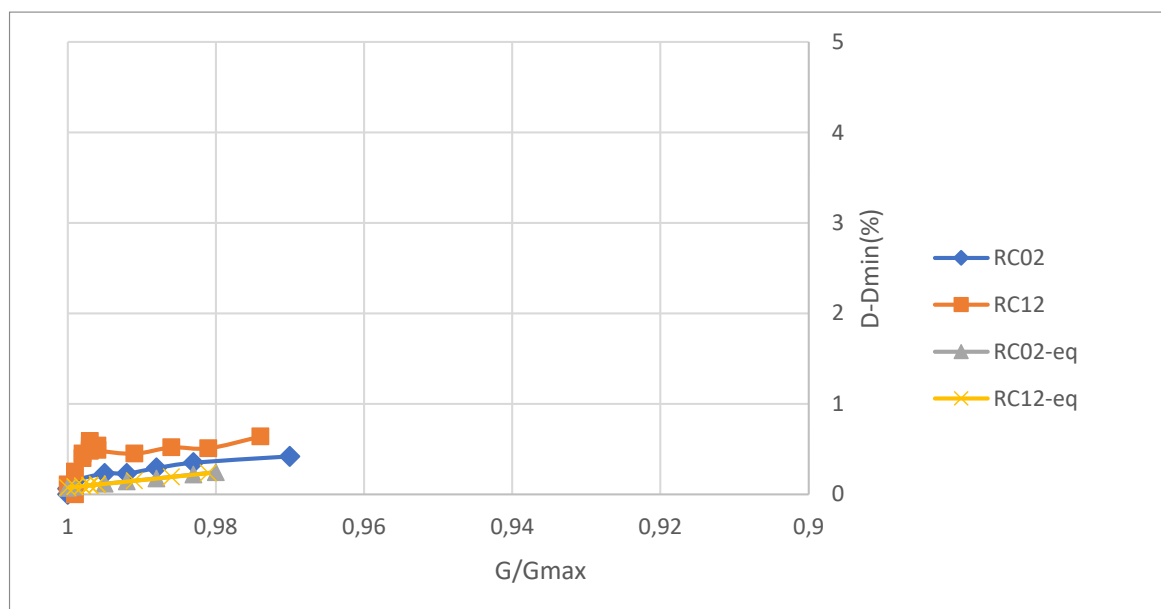
Στα Σχήματα 5.2.8 και 5.2.9 υπάρχουν οι σχέσεις $G/G_{\max}$ - γ και D - γ για το Batch 1 (χονδρόκοκκο χωρίς λεπτόκοκκα) με σκοπό τη σύγκρισή τους με βιβλιογραφικά δεδομένα (Kalliolglou et al., 2008), όπου είναι εμφανές ότι υπάρχει σύγκλιση.

Στα Σχήματα 5.2.10 και 5.2.11 παρουσιάζονται αντιστοίχως οι ίδιες σχέσεις με παραπάνω για το Batch 3 (χονδρόκοκκο με λεπτόκοκκα), όπου παρατηρείται συμφωνία με τη βιβλιογραφία.

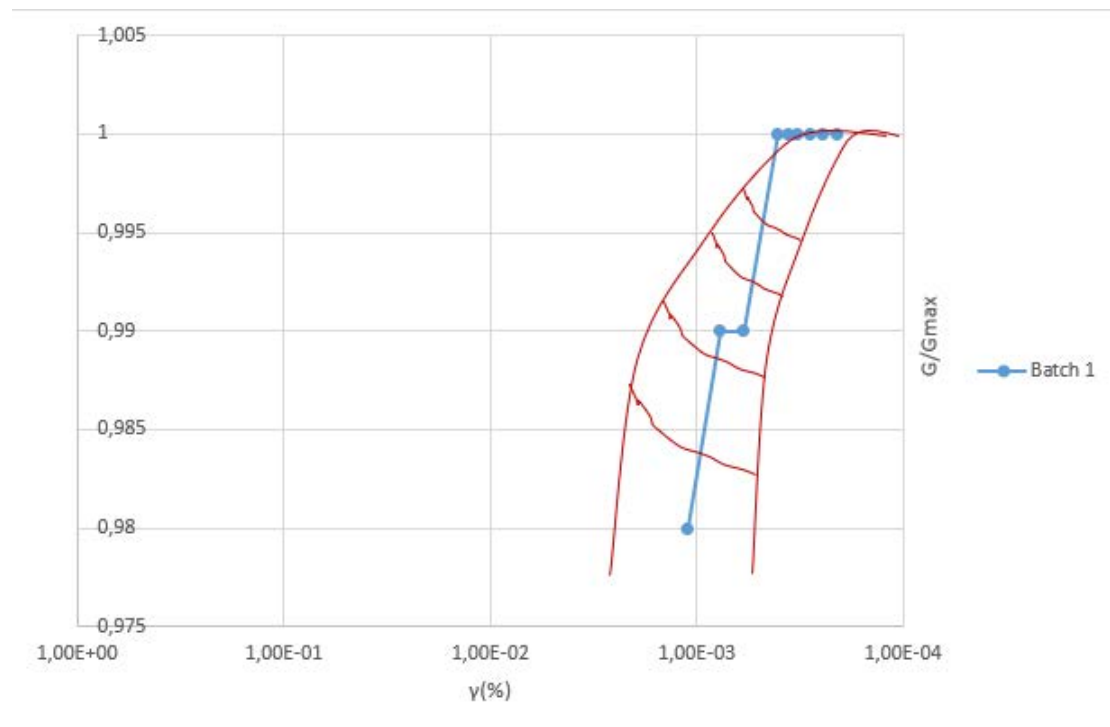
Τέλος, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2.12 η μεταβολή της παραμόρφωσης γ^e πλαστικότητας PI για τα λεπτόκοκκα μαζί με βιβλιογραφικά δεδομένα (Kalliolglou 2003), όπου υπάρχει συμφωνία.



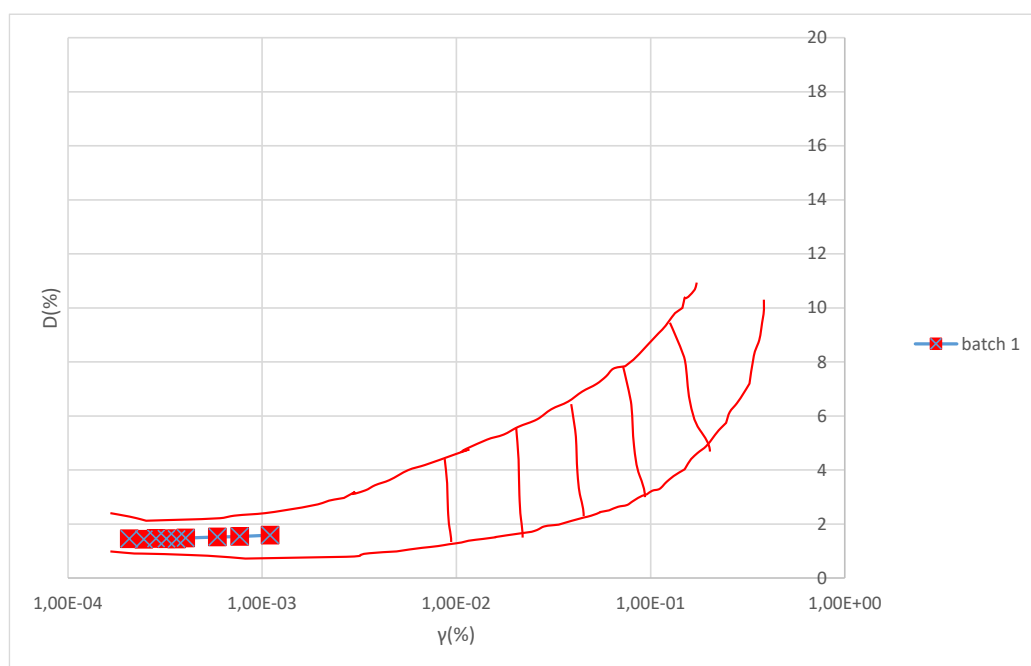
Σχήμα 5.2.6: Η μεταβολή G/G_{max} - γ των λεπτόκοκκων εδαφών εν συγκρίσει με βιβλιογραφικά δεδομένα



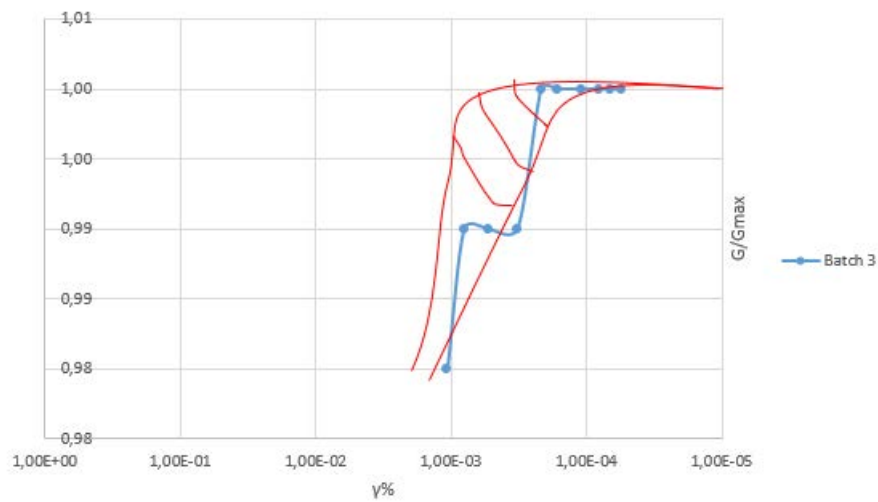
Σχήμα 5.2.7: Η μεταβολή $(D-D_{min})-(G/G_{max})$ των λεπτόκοκκων εδαφών εν συγκρίσει με βιβλιογραφικά δεδομένα



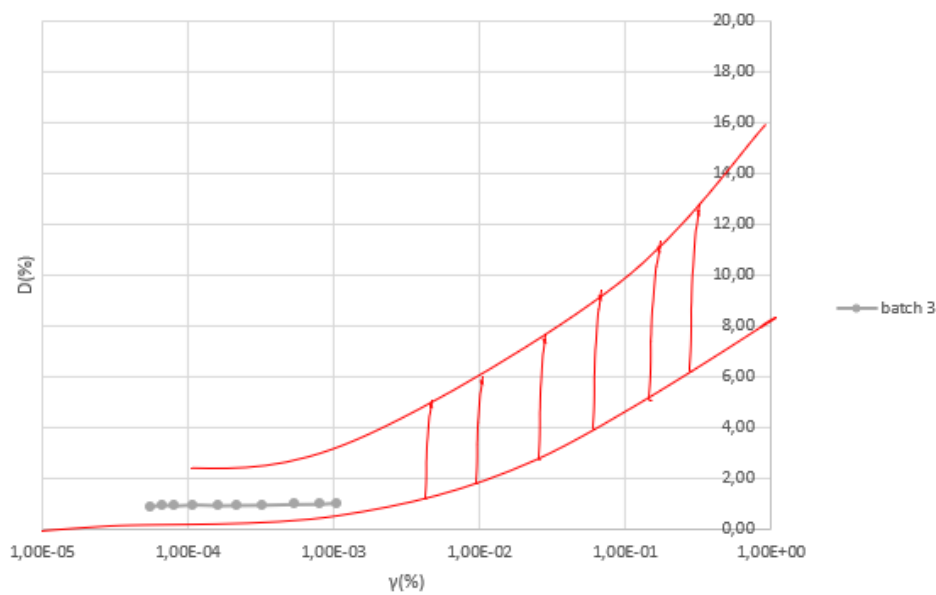
Σχήμα 5.2.8: Σχέση G/G_{max} - γ για το Batch 1 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία



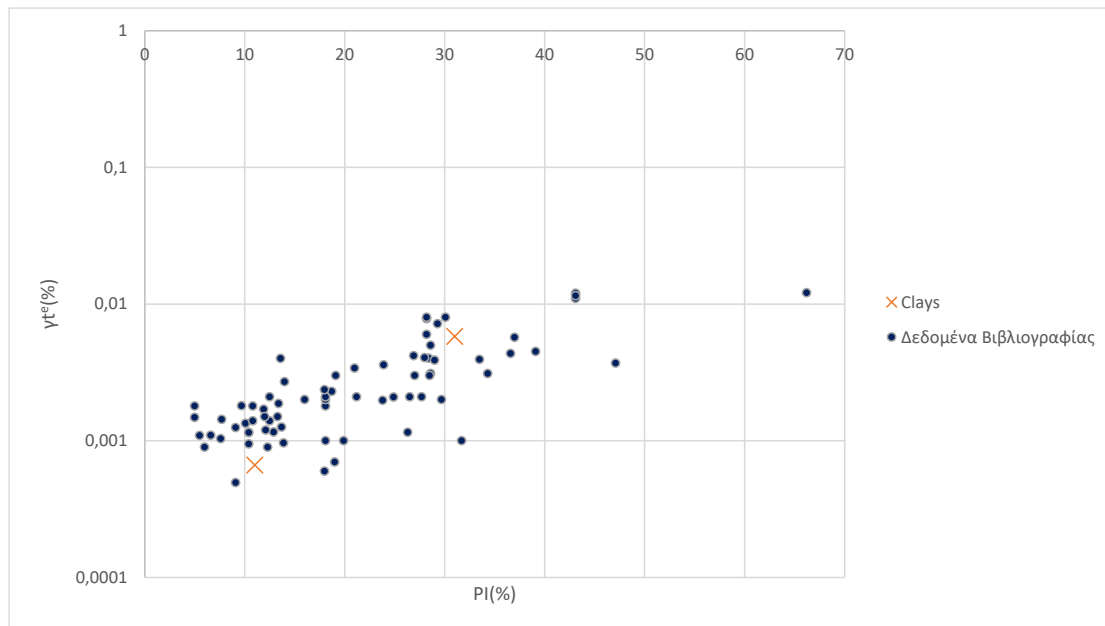
Σχήμα 5.2.9: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης σε σχέση με την παραμόρφωση για το Batch 1 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία



Σχήμα 5.2.10: Σχέση G/G_{max} - γ του Batch 3 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία



Σχήμα 5.2.11: Μεταβολή του λόγου απόσβεσης σε σχέση με τη παραμόρφωση για το Batch 3 και σύγκριση με τη βιβλιογραφία



Σχήμα 5.2. 12: Συσχέτιση του δείκτη πλαστικότητας με την οριακή ελαστική διατμητική παραμόρφωση για τα λεπτόκοκκα δοκιμών RC και σύγκριση με βιβλιογραφία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστίασε στη μελέτη απόκρισης θαλάσσιων ιζημάτων (άμμων και αργίλων) με στόχο την αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε περιβάλλοντα σχεδιασμού για θαλάσσια αιολικά πάρκα. Δόθηκε έμφαση σε συσχετίσεις μεταξύ γεωτεχνικών παραμέτρων και φυσικών ιδιοτήτων με σκοπό:

- Την εκτίμηση των χαρακτηριστικών συμπιεστότητας βάσει των φυσικών παραμέτρων
- Την εκτίμηση του G_{max} υπό κυκλική φόρτιση
- Την εκτίμηση του λόγου απόσβεσης
- Την εκτίμηση της μη-γραμμικής εδαφικής απόκρισης

Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και συγκρίθηκαν με βιβλιογραφικά δεδομένα.

Πρόεκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Το μέτρο διάτμησης στην περιοχή των πολύ μικρών παραμορφώσεων, G_{max} , είναι σταθερό με την αύξηση της παραμόρφωσης ($\gamma < \gamma_t^e$), γεγονός του υποδηλώνει τη γραμμική ισοδύναμη ελαστική απόκριση του εδάφους.
- Το G_{max} προσδιορίζεται πειραματικά και με καλή συμφωνία μεταξύ των μεθόδων στήλης-συντονισμού, κυκλικής τριαξονικής φόρτισης και πιεζοηλεκτρικών στοιχείων.
- Ο λόγος απόσβεσης στην περιοχή των πολύ μικρών παραμορφώσεων, D_{min} , είναι σταθερός με την αύξηση της παραμόρφωσης ($\gamma < \gamma_t^e$)

Για τα λεπτόκοκκα εδάφη ισχύουν τα εξής:

- Η εκτίμηση του G_{max} για τα λεπτόκοκκα εδάφη μπορεί να γίνει μέσω της προτεινόμενης εξίσωσης από τους Kalliotoglou et al. (2008), για φυσικές (μη-θαλάσσιες και μη-τσιμεντοποιημένες) αργίλους και πλαστικές ιλεις βάσει του δείκτη πόρων, του δείκτη πλαστικότητας και της ισότροπης ενεργής τάσης στερεοποίησης.
- Η αύξηση της ισότροπης ενεργής τάσης συνεπάγεται την αύξηση του G_{max} ενώ η αύξηση του δείκτη πόρων και του δείκτη πλαστικότητας στα λεπτόκοκκα εδάφη τη μείωση του G_{max} .
- Οι τιμές D_{min} των λεπτόκοκκων εδαφών είναι σύμφωνες με την βιβλιογραφία για φυσικές αργίλους/ιλεις και μειώνονται ελαφρώς με την αύξηση της σ'_o .
- Το μέγεθος της γ_t^e , που δηλώνει το εύρος παραμορφώσεων της περιοχής της γραμμικής ελαστικής απόκρισης του εδάφους, εξαρτάται από το δείκτη πλαστικότητας των λεπτόκοκκων εδαφών.
- Οι καμπύλες G/G_{max} - γ στα λεπτόκοκκα εδάφη εμφανίζουν μείωση δυσκαμψίας με την αύξηση της παραμόρφωσης για $\gamma > \gamma_t^e$. Επίσης, υπάρχει επίδραση του

δείκτη πλαστικότητας στις καμπύλες αυτές, παρόμοια με τις μη-θαλάσσιες αργίλους.

- Υπάρχει καλή συσχέτιση μεταξύ του $G/G_{\max}$ και του $D-D_{\min}$, παρόμοια με τις μη-θαλάσσιες αργίλους.
- Ο C_c παρουσιάζει θετική συσχέτιση με e_0 , WL και PI , ενώ ο C_s μειώνεται. Παράλληλα υπάρχει συμφωνία των προτεινόμενων εμπειρικών σχέσεων με τα δεδομένα.

Για τα χονδροκοκκα εδάφη ισχύουν τα εξής:

- Η αύξηση της ισότροπης ενεργής τάσης συνεπάγεται την αύξηση του $G_{\max}$, ενώ η αύξηση του δείκτη πόρων τη μείωση του $G_{\max}$.
- Η εκτίμηση του $G_{\max}$ για τα χονδροκοκκα εδάφη με $FC < 5\%$ μπορεί να γίνει μέσω της προτεινόμενης εξίσωσης (4.4), βάσει του δείκτη πόρων και της ισότροπης ενεργής τάσης στερεοποίησης.
- Η αύξηση της ισότροπης ενεργής τάσης συνεπάγεται τη μείωση του $D_{\min}$ για τα χονδροκοκκα εδάφη με $FC < 5\%$. Η εκτίμησή του $D_{\min}$ μπορεί να γίνει μέσω της προτεινόμενης εξίσωσης.
- Το εύρος τιμών του $D_{\min}$ για τα χονδροκοκκα εδάφη με $FC > 5\%$ είναι ίδιο με αυτό των χονδροκοκκων εδαφών με $FC < 5\%$ και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ίδια συνάρτηση.
- Με τη χρήση του όρου e_g και την κανονικοποίηση του $G_{\max}$ με τη συνάρτηση της τάσης απεικονίζεται η επίδραση της παρουσίας των λεπτόκοκκων στην εδαφική δυσκαμψία.
- Οι καμπύλες $G/G_{\max}$ - γ στα λεπτόκοκκα εδάφη εμφανίζουν μείωση δυσκαμψίας με ε την αύξηση της παραμόρφωσης για $\gamma > \gamma_t^e$. Τα δεδομένα των καμπυλών προκύπτουν από τον συνδυασμό των αποτελεσμάτων των δοκιμών RC και CSS.
- Υπάρχει καλή συσχέτιση μεταξύ του $G/G_{\max}$ και του $D-D_{\min}$, παρόμοια με τις μη-θαλάσσια χονδροκοκκα εδάφη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνικές Πηγές

Καλλιόγλου, Πολυξένη (2003, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) Μελέτη των δυναμικών ιδιοτήτων εδαφών στη συσκευή στήλης-συντονισμού

Κονίνης Γ., Τίκα Θ., Καλλιόγλου Π., (2019). Εκτίμηση των παραμέτρων συμπεριστασίας αργιλικών εδαφών βάσει των φυσικών χαρακτηριστικών τους. 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Αθήνα, Ελλάδα.

Ξενόγλωσσες Πηγές

A.W.N. Al-Khafaji and O.B. Andersland, Members, ASCE, (2005), Equations for Compression Index Approximation.

Bowles, J. E. (1996). Foundation analysis and design (5th ed.). McGraw-Hill.

Hardin, B. O., & Drnevich, V. P. (1972). Shear modulus and damping in soils: Design equations and curves. (Journal of Soil Mechanics and Foundations Division), ASCE.

Kallioglou, P., Tika, Th. and Pitilakis, K. (2008), Shear modulus and damping ratio of cohesive soils, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12, No. 6, pp. 879-913

Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1979). Soil mechanics. John Wiley & Sons.

Vucetic, M., & Dobry, R. (1991). Effect of soil plasticity on cyclic response. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE.

Yu-Shu Kuo, Chi-Sheng Lin, Juin-Fu Chai, Yu-Wen Chang and Yu-Hsiu Tseng (2019), (Case Study of the GROUND Motion Analyses and Seabed Soil Liquefaction Potential of Changbin Offshore Wind Farm), Journal Marine Science and Technology

Zhang Et Al. (2005), Normalized Shear Modulus and Material Damping Ratio Relationships.

Διαδίκτυο

<https://offshorewind.rvo.nl/cms/view/f4f39d87-68f8-4925-97c4-c49f6a07a001/soll-hollandse-kust-west>

ASTM D0854-23. (2023). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. ASTM. <https://www.astm.org/d0854-23.html>

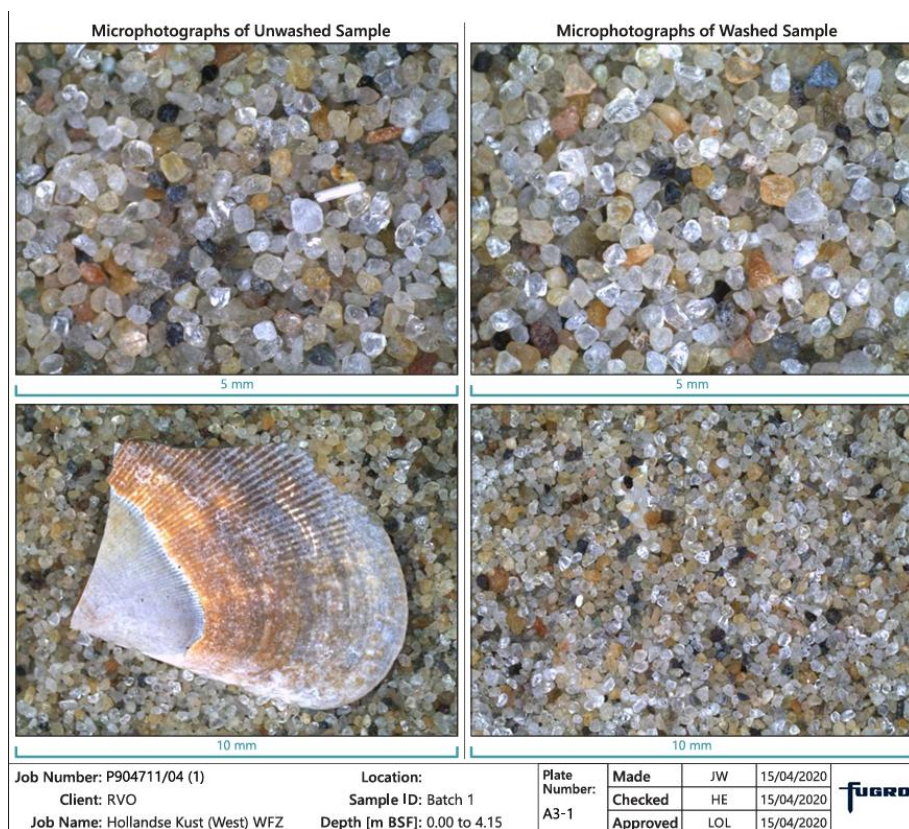
ASTM D2974-20e01. (2020). Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils. ASTM <https://www.astm.org/d2974-20e01.html>

ASTM D7263-21. (2021). Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density (Unit Weight) of Soil Specimens. ASTM <https://www.astm.org/d7263-21.html>

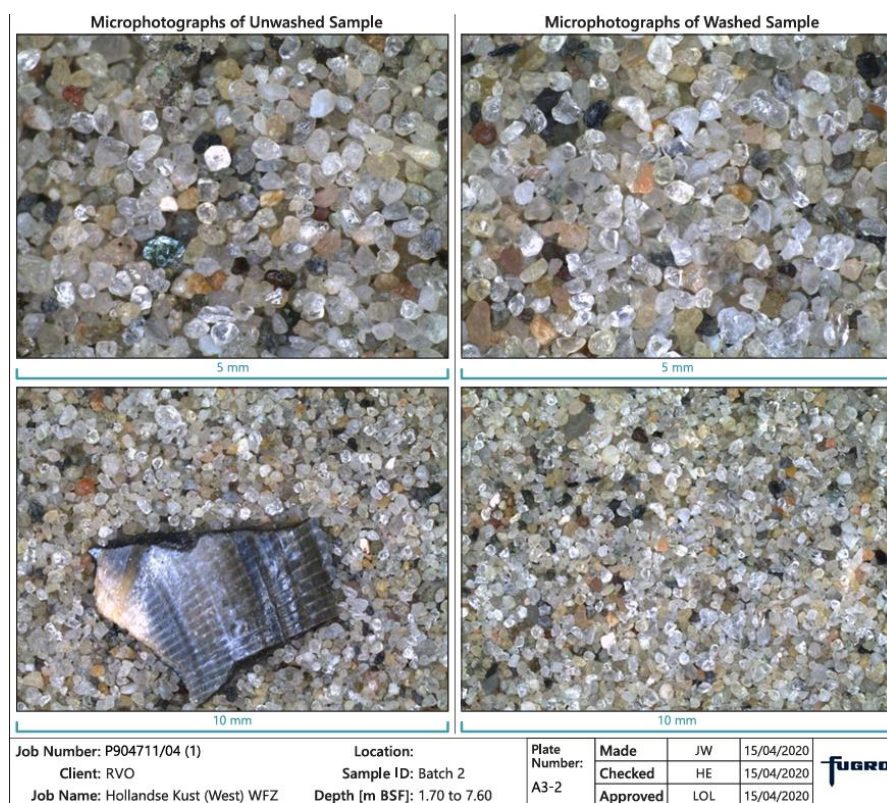
ASTM D8295-19. (2019). Standard Practice for Triaxial Testing of Soils Using Bender Elements to Measure Shear Wave Velocity. ASTM <https://www.astm.org/d8295-19.html>

Dr. Muhammad Irfan (2018), Civil Engineering Department-UET Lahore. Geotechnical Engineering I: USCS & AASHTO Soil Classification. SlideShare. <https://www.slideshare.net/slideshow/geotechnical-engineeringi-lec-11-uscs-aashto/116154340#10>

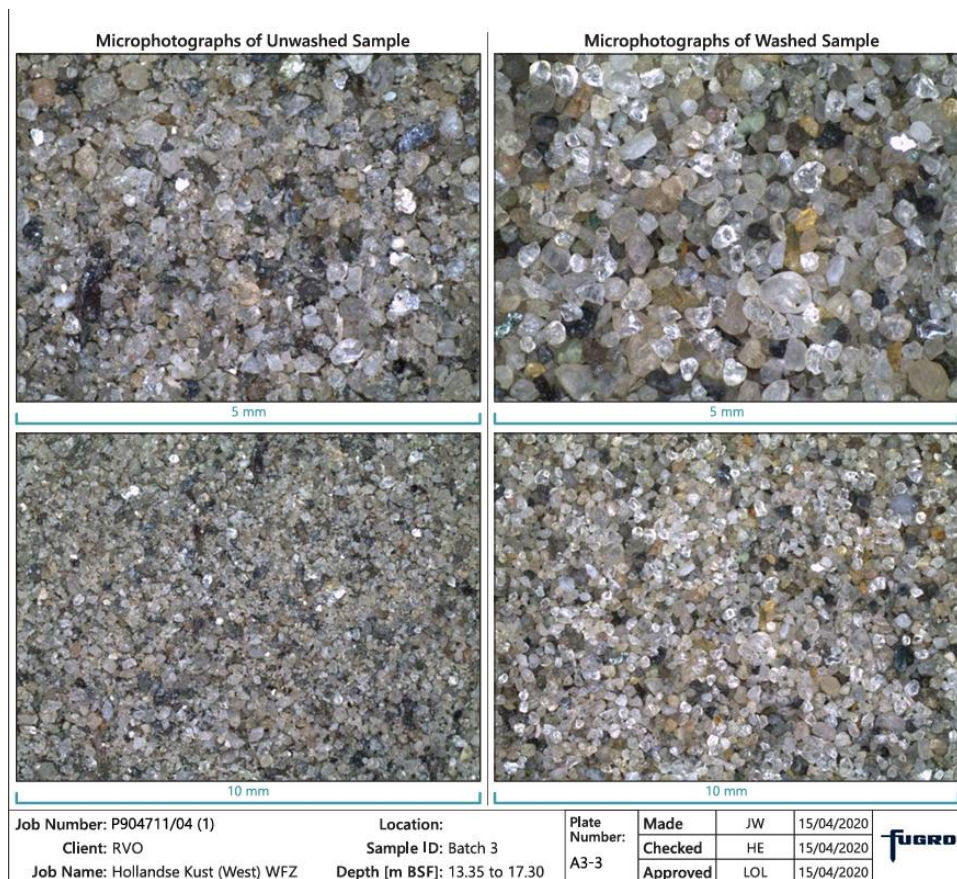
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



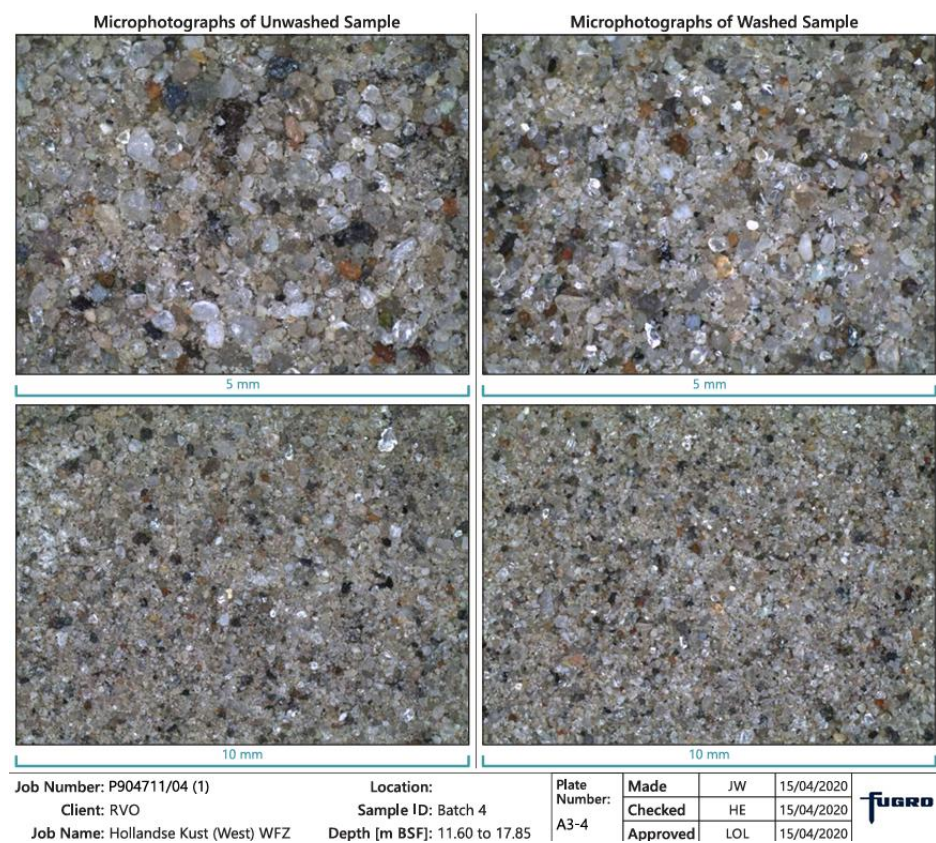
Σχήμα Α. 1: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 1



Σχήμα Α. 2: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 2



Σχήμα Α. 3: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 3



Σχήμα Α. 4: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 4

Microphotographs of Unwashed Sample



5 mm



10 mm

Microphotographs of Washed Sample



5 mm



10 mm

Job Number: P904711/04 (1)

Client: RVO

Job Name: Hollandse Kust (West) WFZ

Location:

Sample ID: Batch 5

Depth [m BSF]: 4.00 to 11.50

Plate Number: A3-5	Made	JW	15/04/2020
	Checked	HE	15/04/2020
	Approved	LOL	15/04/2020



Σχήμα Α. 5: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 5

Microphotographs of Unwashed Sample



5 mm



10 mm

Microphotographs of Washed Sample



5 mm



10 mm

Job Number: P904711/04 (1)

Client: RVO

Job Name: Hollandse Kust (West) WFZ

Location:

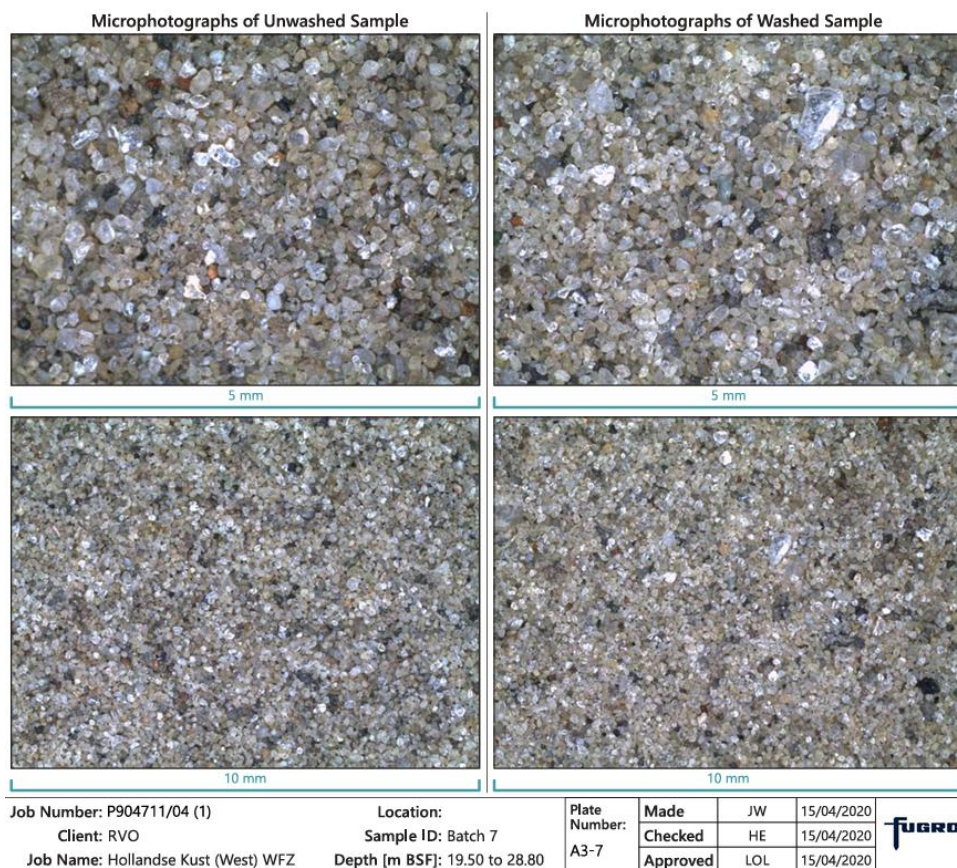
Sample ID: Batch 6

Depth [m BSF]: 15.00 to 22.20

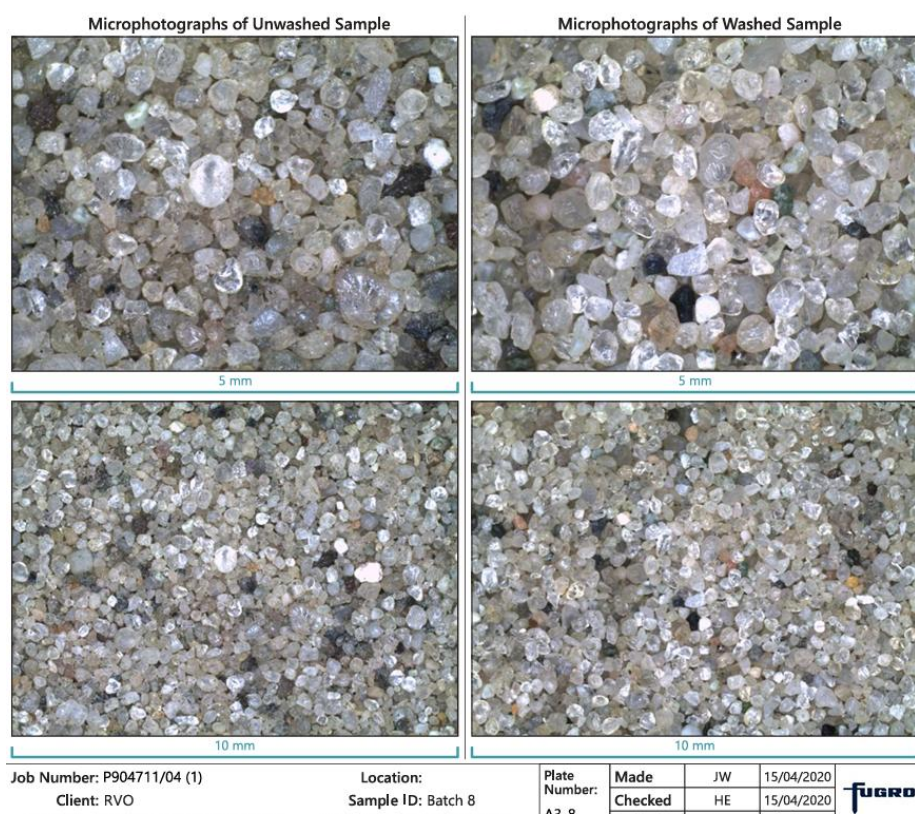
Plate Number: A3-6	Made	JW	15/04/2020
	Checked	HE	15/04/2020
	Approved	LOL	15/04/2020



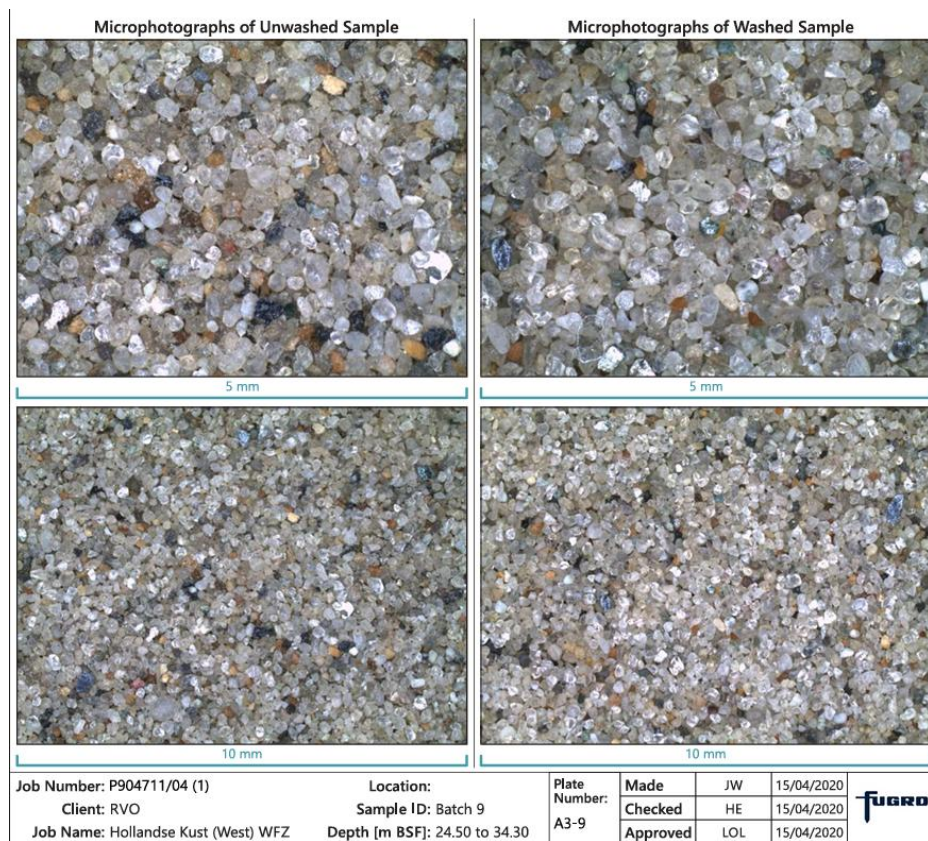
Σχήμα Α. 6: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 6



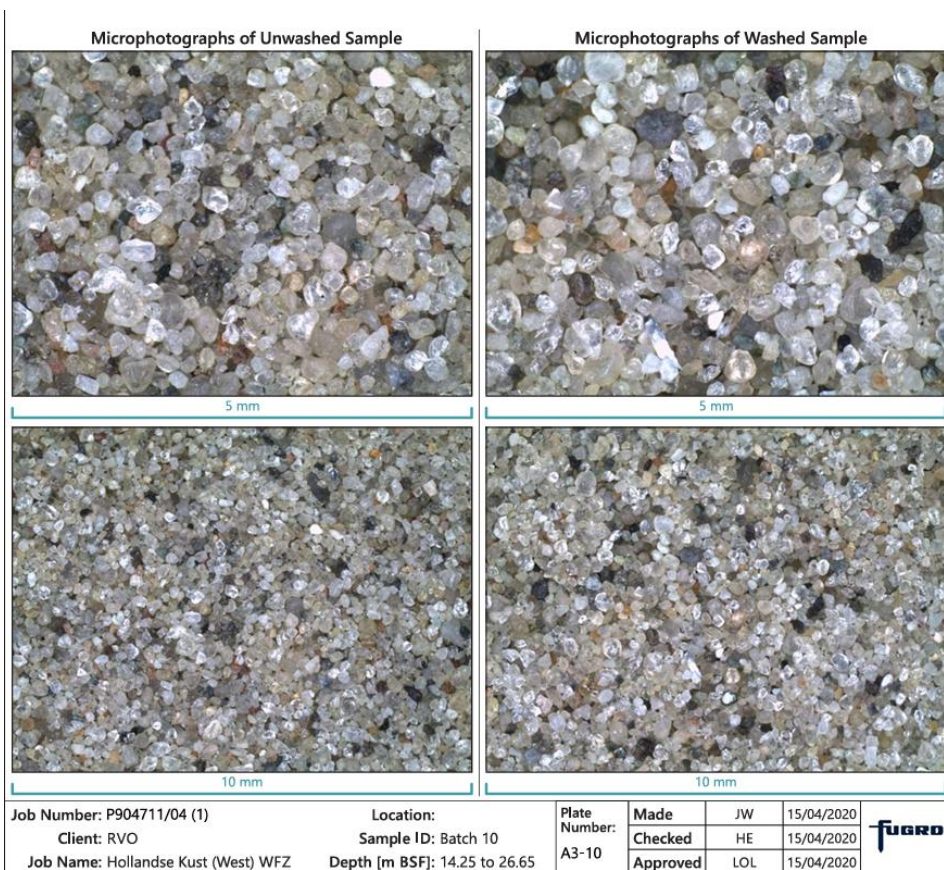
Σχήμα Α. 7: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 7



Σχήμα Α. 8: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 8



Σχήμα Α. 9: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 9



Σχήμα Α. 10: Μικροφωτογραφία Δείγματος Batch 10

Checked by: NB

Date: 01/04/2020

Template Issue: 5.0

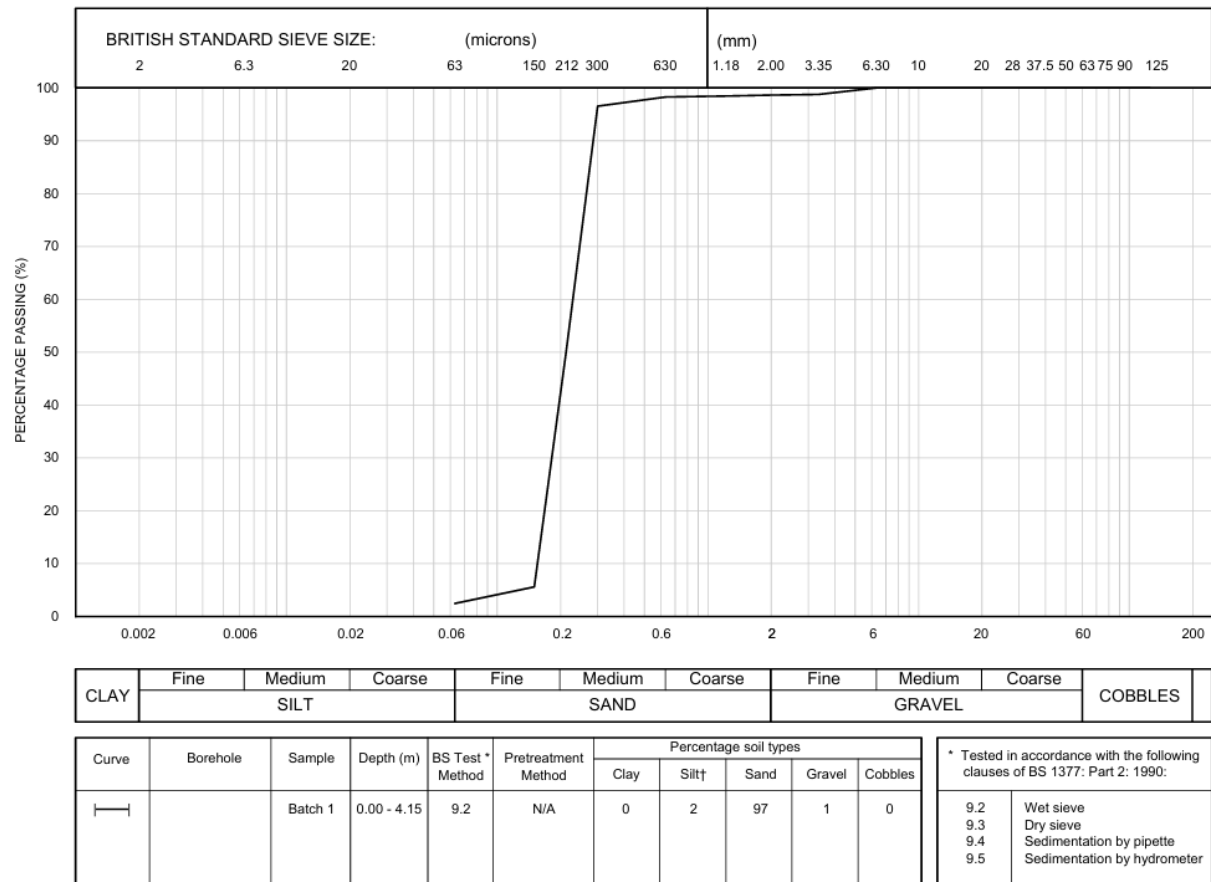
Drawn by: LH

Date: 30/03/2020

Approved by: NB

Date: 01/04/2020

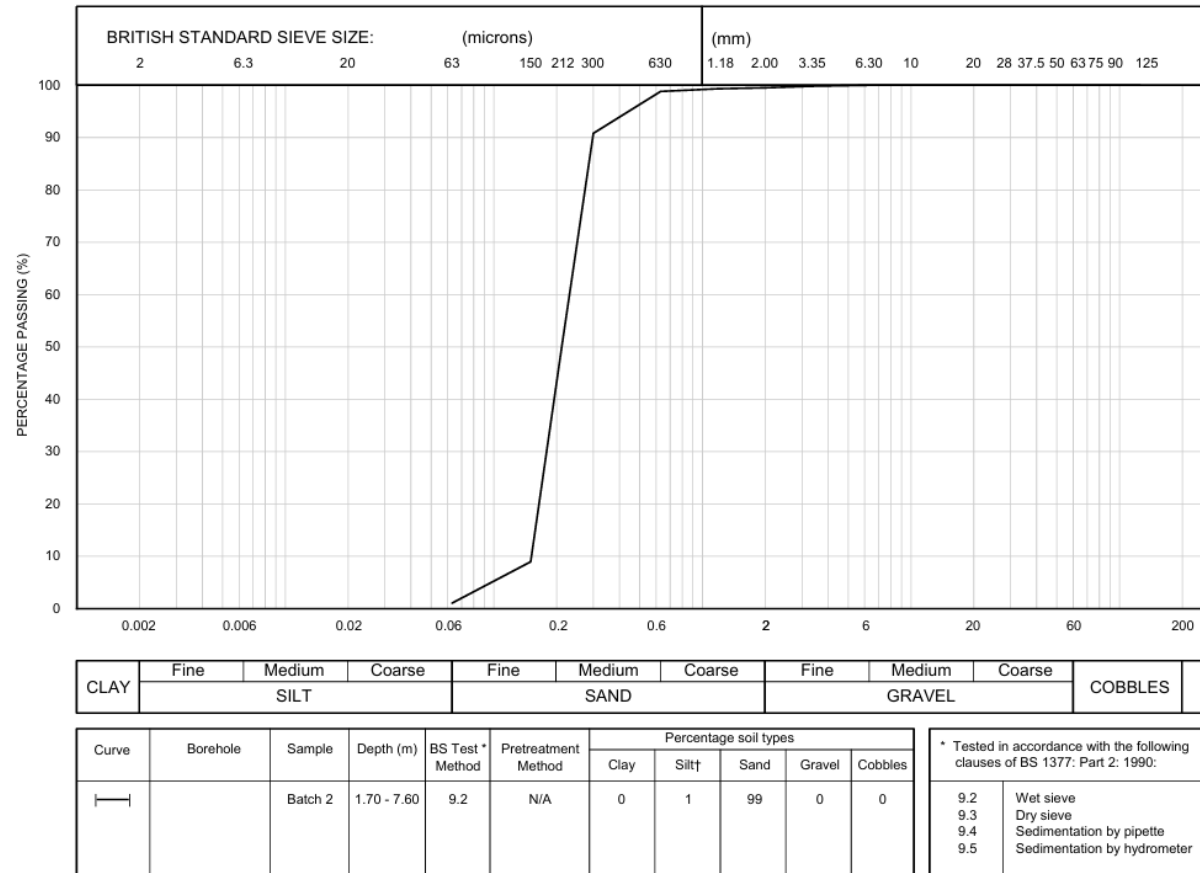
Filename: 190201d \ CLASS \ _Batch 1_ps.OPJ



† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e., particles of diameter less than 63 microns

Σχήμα Α. 11: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 1

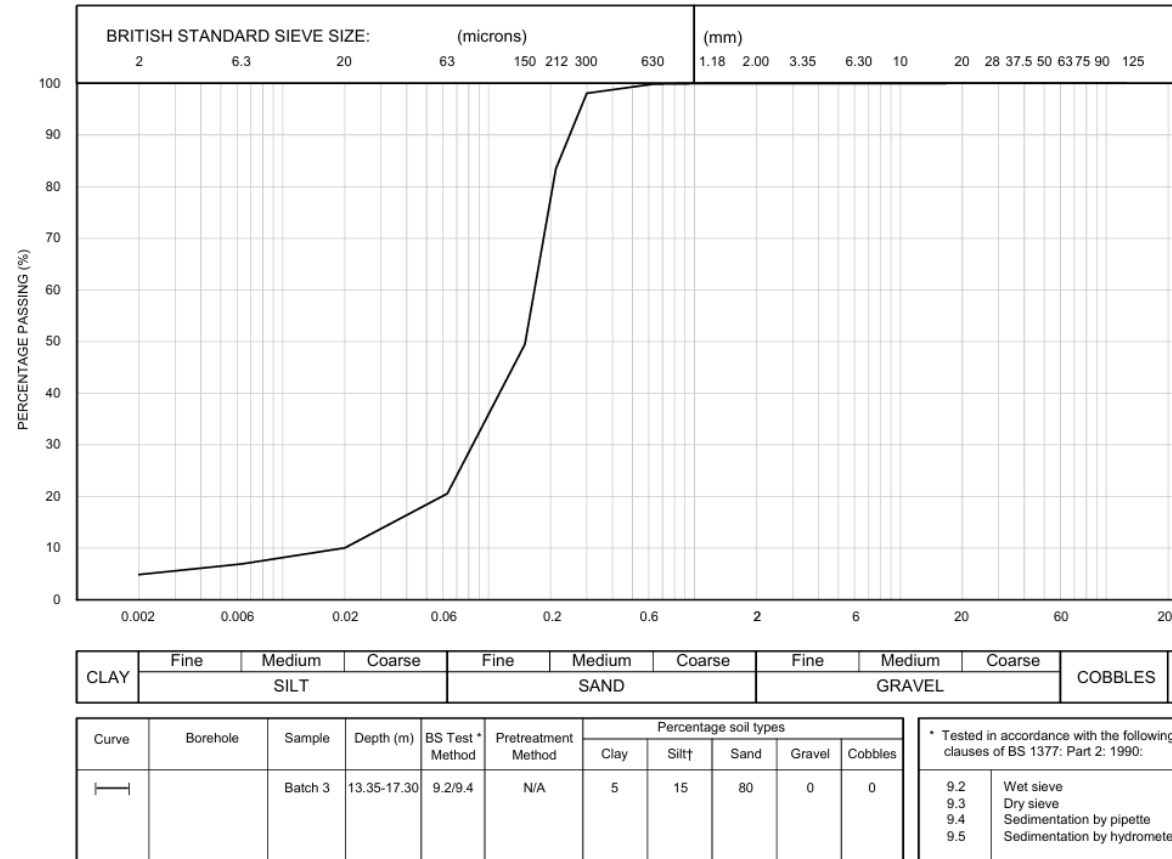
Checked by: NB Date: 01/04/2020 Template Issue: 5.0 Drawn by: LH Date: 30/03/2020
 Approved by: NB Date: 01/04/2020 Filename: 190201d \ CLASS \ _Batch 2_ps.OPJ



† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e. particles of diameter less than 63 microns

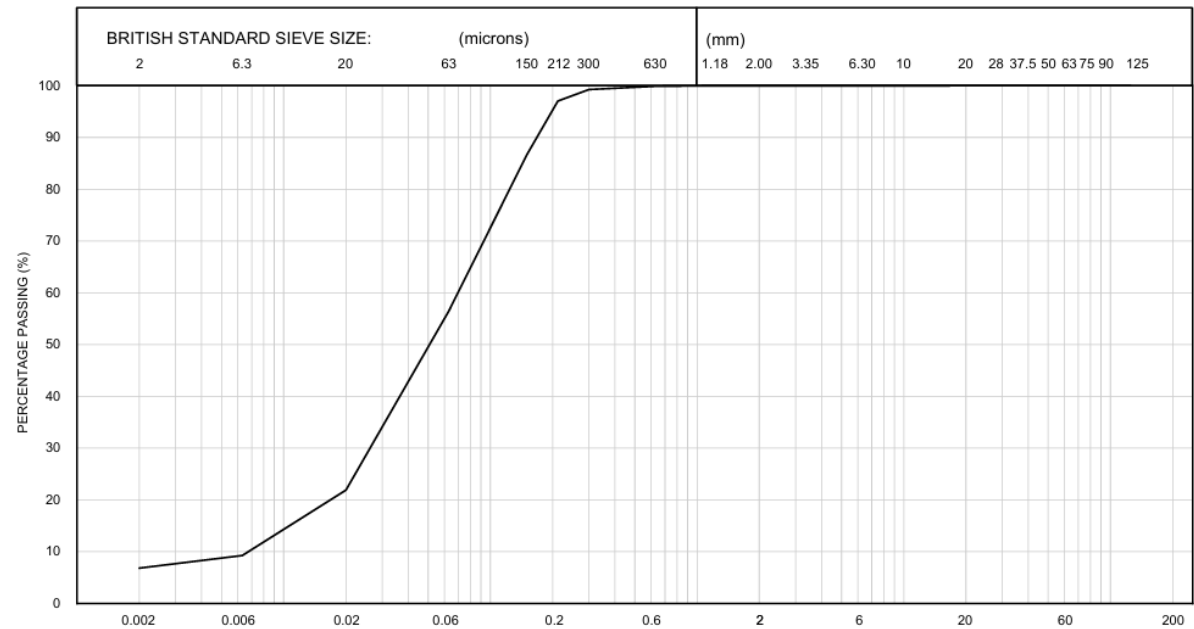
Σχήμα Α. 12: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 2

Checked by: ZA Date: 04/05/2020 Template Issue: 5.0 Drawn by: JCO Date: 02/03/2020
 Approved by: NB Date: 05/05/2020 Filename: 190201d \ CLASS \ _Batch 3_ps.OPJ



Σχήμα Α. 13: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 3

Checked by: ZA Date: 04/05/2020 Template Issue: 5.0 Drawn by: HH Date: 02/03/2020
 Approved by: NB Date: 05/05/2020 Filename: 190201d \ CLASS \ Batch 4_ps.OPJ



CLAY	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES	
	SILT			SAND			GRAVEL				
Curve	Borehole	Sample	Depth (m)	BS Test * Method	Pretreatment Method	Percentage soil types					* Tested in accordance with the following clauses of BS 1377: Part 2: 1990:
						Clay	Silt†	Sand	Gravel	Cobbles	
		Batch 4	11.60-17.85	9.2/9.4	N/A	7	47	46	0	0	
								</			

† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e., particles of diameter less than 63 microns

Σχήμα Α. 14: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 4

Checked by: LH

Date: 03/03/2020

Template Issue: 5:0

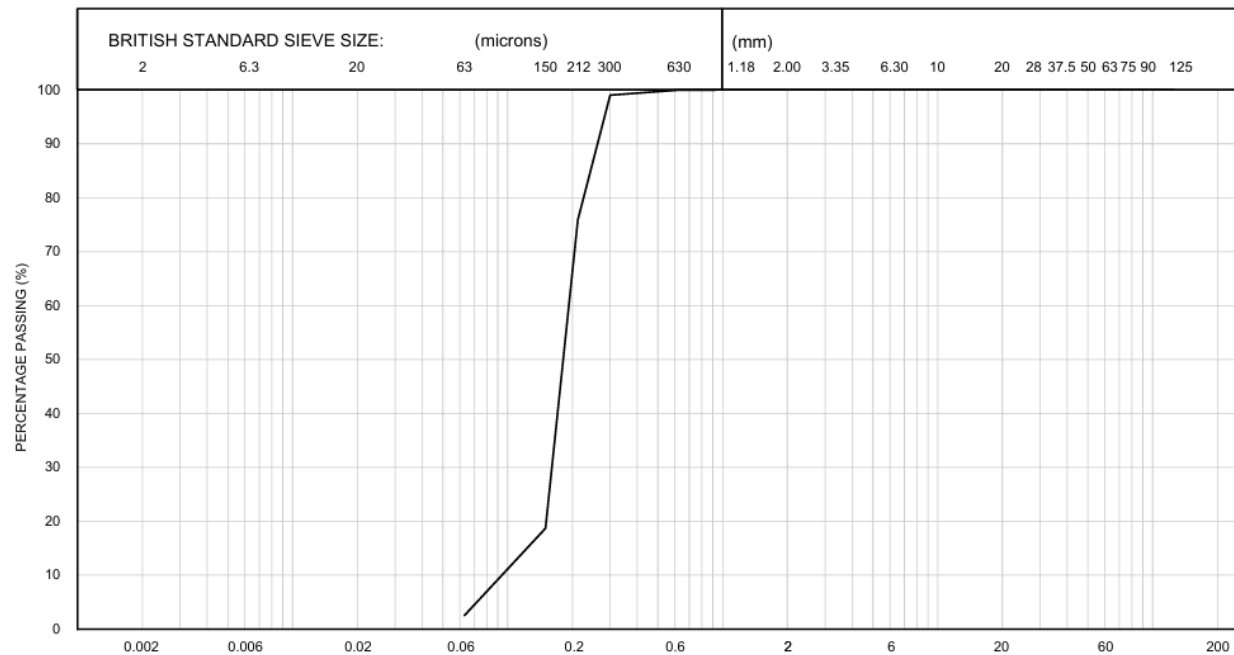
Drawn by: HH

Date: 02/03/2020

Approved by: NB

Date: 12/03/2020

Filename: 190201b \ CLASS \ Batch 5_ps.OPJ



CLAY	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES	
	SILT			SAND			GRAVEL				
Curve	Borehole	Sample	Depth (m)	BS Test * Method	Pretreatment Method	Percentage soil types					* Tested in accordance with the following clauses of BS 1377: Part 2: 1990:
						Clay	Silt†	Sand	Gravel	Cobbles	
		Batch 5	4.00-11.50	9.2	N/A	0	3	97	0	0	

† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e., particles of diameter less than 63 microns

Σχήμα Α. 15: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 5

Checked by: LH

Date: 03/03/2020

Template Issue: 5.0

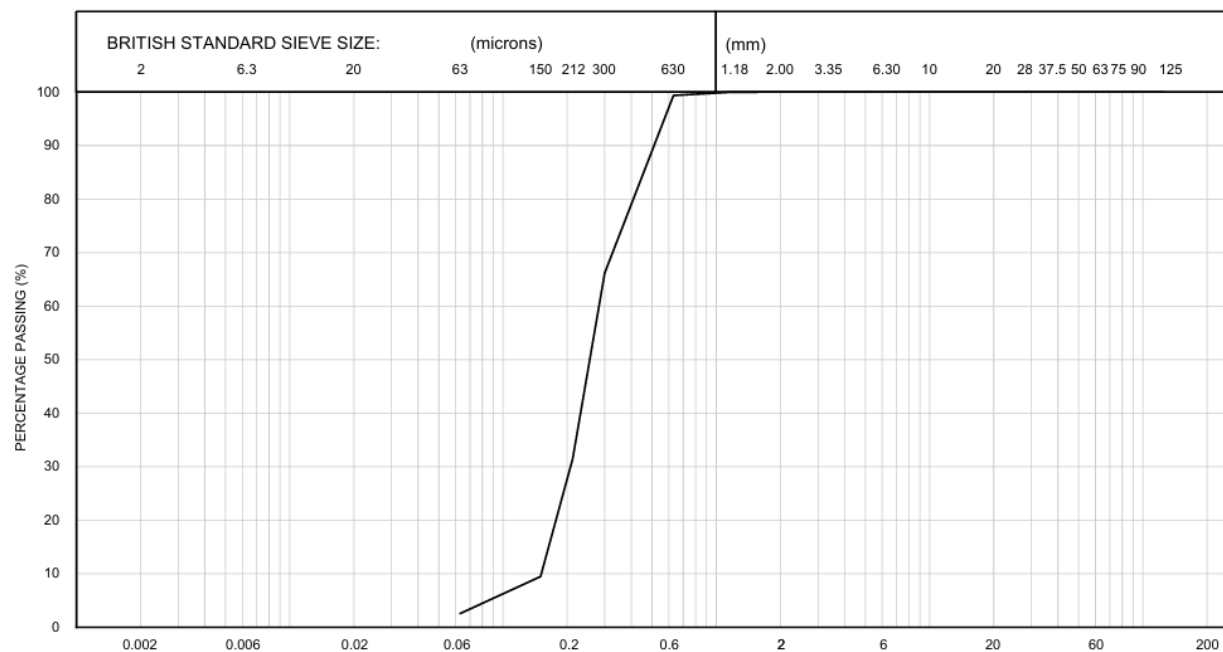
Drawn by: HH

Date: 02/03/2020

Approved by: NB

Date: 12/03/2020

Filename: 190201d \ CLASS \ Batch 6 _ps.OPJ



CLAY	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES
	SILT			SAND			GRAVEL			

Curve	Borehole	Sample	Depth (m)	BS Test * Method	Pretreatment Method	Percentage soil types					* Tested in accordance with the following clauses of BS 1377: Part 2: 1990:
						Clay	Silt†	Sand	Gravel	Cobbles	
I		Batch 6	15.00-22.20	9.2	N/A	0	3	97	0	0	9.2 Wet sieve 9.3 Dry sieve 9.4 Sedimentation by pipette 9.5 Sedimentation by hydrometer

† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e., particles of diameter less than 63 microns

Σχήμα Α. 16: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 6

Checked by: LH

Date: 01/04/2020

Template Issue: 5:0

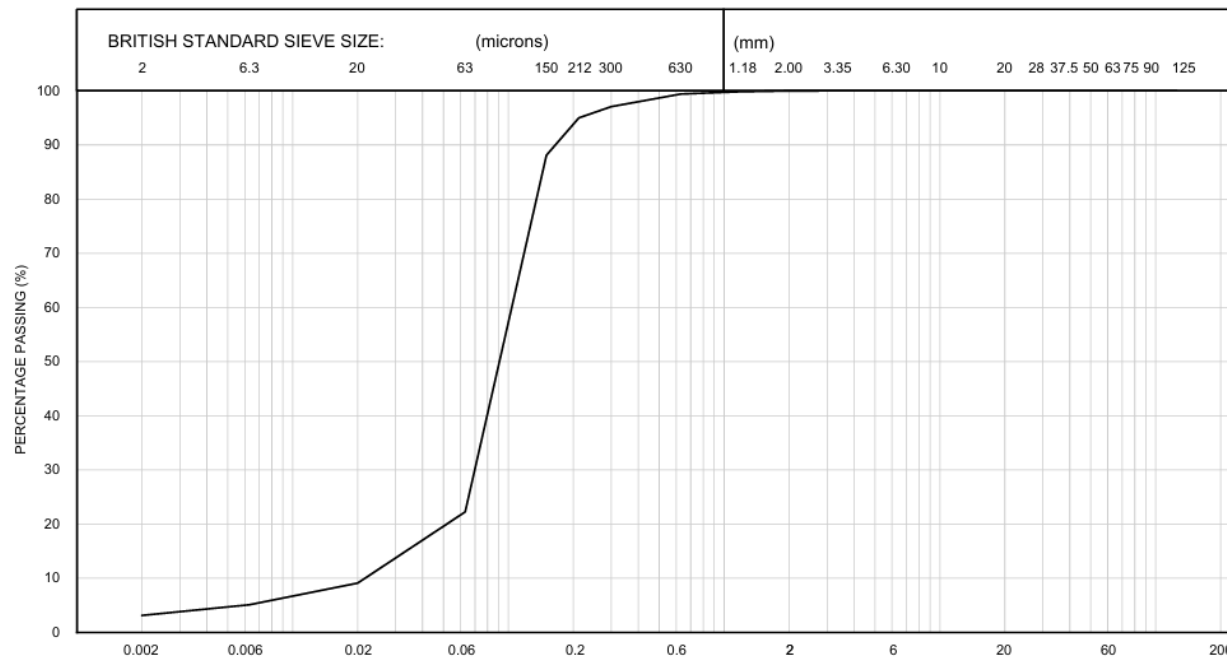
Drawn by: SW

Date: 30/03/2020

Approved by: NB

Date: 01/04/2020

Filename: 190201d \ CLASS \ _Batch 7_ps.OPJ



CLAY	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES
	SILT			SAND			GRAVEL			

Curve	Borehole	Sample	Depth (m)	BS Test * Method	Pretreatment Method	Percentage soil types					* Tested in accordance with the following clauses of BS 1377: Part 2: 1990:	
						Clay	Silt†	Sand	Gravel	Cobbles		
1		Batch 7	19.50-28.80	9.2/9.4	N/A	3	18	79	0	0	9.2	Wet sieve
											9.3	Dry sieve
											9.4	Sedimentation by pipette
											9.5	Sedimentation by hydrometer

* Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e. particles of diameter less than 63 microns.

Σχήμα Α. 17: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 7

Checked by: LH

Date: 03/03/2020

Template Issue: 5:0

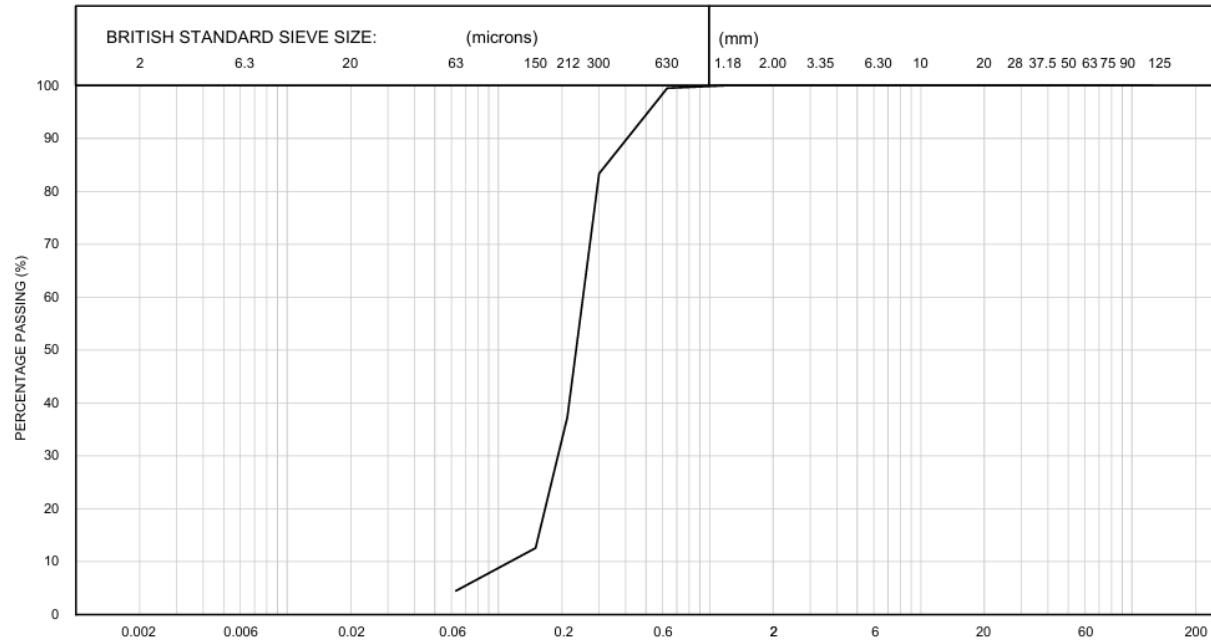
Drawn by: HH

Date: 02/03/2020

Approved by: NB

Date: 12/03/2020

Filename: 190201b \ CLASS \ Batch 8_ps.OPJ



CLAY	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES		
	SILT			SAND			GRAVEL					
Curve	Borehole	Sample	Depth (m)	BS Test * Method	Pretreatment Method	Percentage soil types					* Tested in accordance with the following clauses of BS 1377: Part 2: 1990:	
						Clay	Silt†	Sand	Gravel	Cobbles		
		Batch 8	6.85-20.05	9.2	N/A	0	4	96	0	0		
										9.2 9.3 9.4 9.5		Wet sieve Dry sieve Sedimentation by pipette Sedimentation by hydrometer

† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e., particles of diameter less than 63 microns

Σχήμα Α. 18: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 8

Checked by: LH

Date: 03/03/2020

Template Issue: 5.0

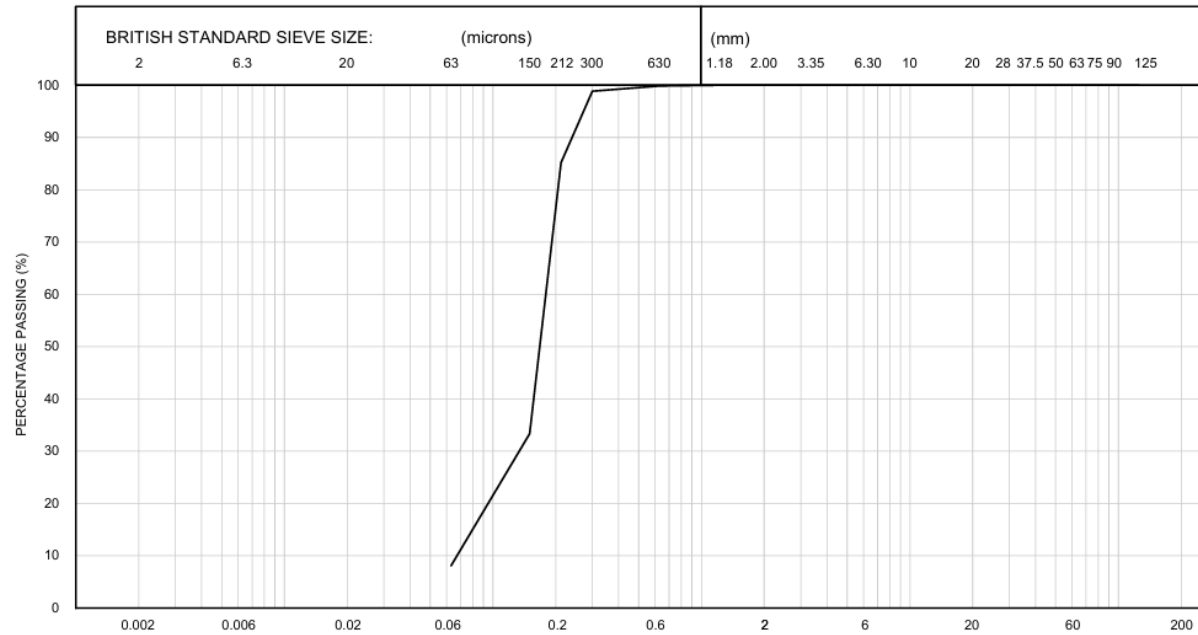
Drawn by: HH

Date: 28/02/2020

Approved by: NB

Date: 12/03/2020

Filename: 190201b \ CLASS \ Batch 9_ps.OPJ



CLAY	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES
	SILT			SAND			GRAVEL			

Curve	Borehole	Sample	Depth (m)	BS Test * Method	Pretreatment Method	Percentage soil types					* Tested in accordance with the following clauses of BS 1377: Part 2: 1990:
						Clay	Silt†	Sand	Gravel	Cobbles	
I		Batch 9	24.50-34.30	9.2	N/A	0	8	92	0	0	9.2 Wet sieve 9.3 Dry sieve 9.4 Sedimentation by pipette 9.5 Sedimentation by hydrometer

† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e., particles of diameter less than 63 microns

Σχήμα Α. 19: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 9

Checked by: LH

Date: 30/03/2020

Template Issue: 5.0

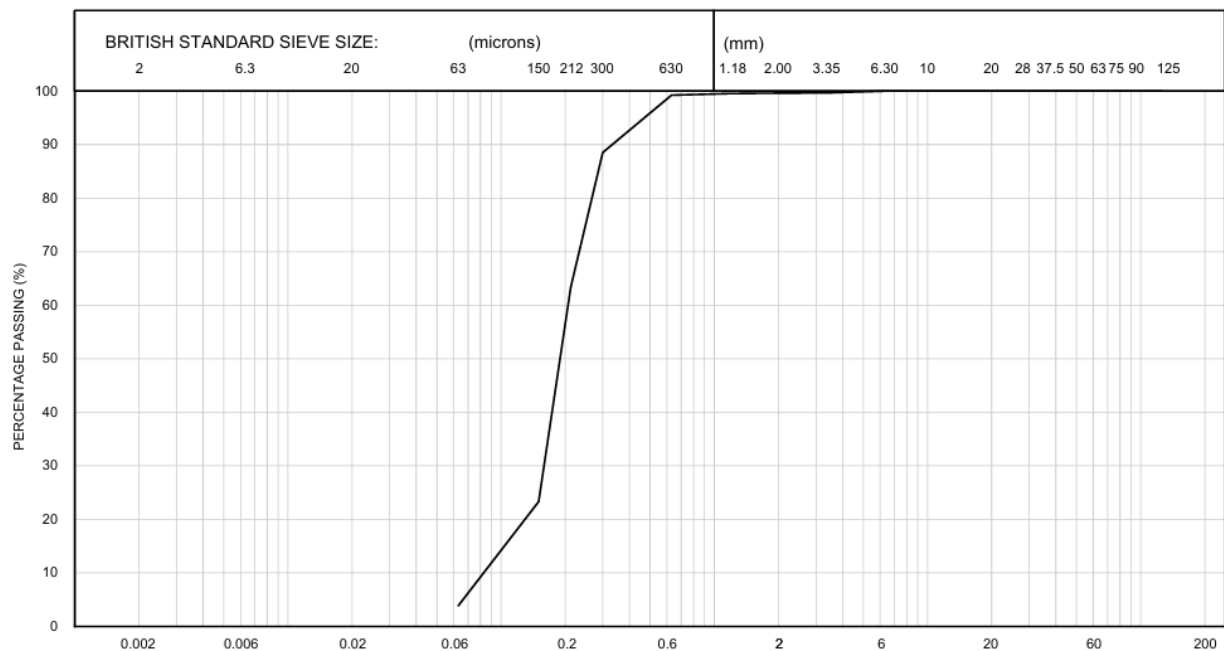
Drawn by: JCO

Date: 20/03/2020

Approved by: NB

Date: 01/04/2020

Filename: 190201d \ CLASS \ _Batch 10_ps.OPJ

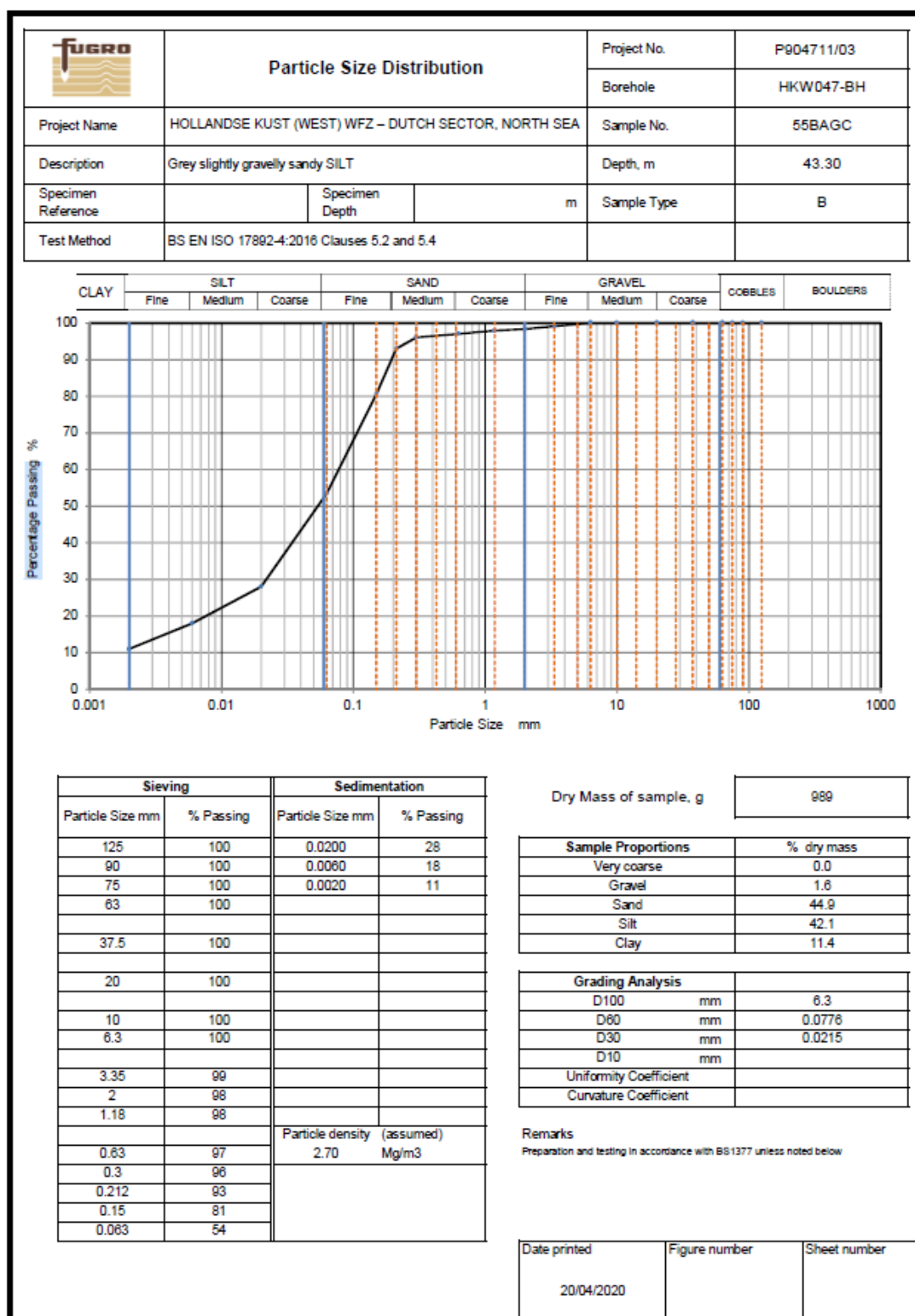


CLAY	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES
	SILT			SAND			GRAVEL			

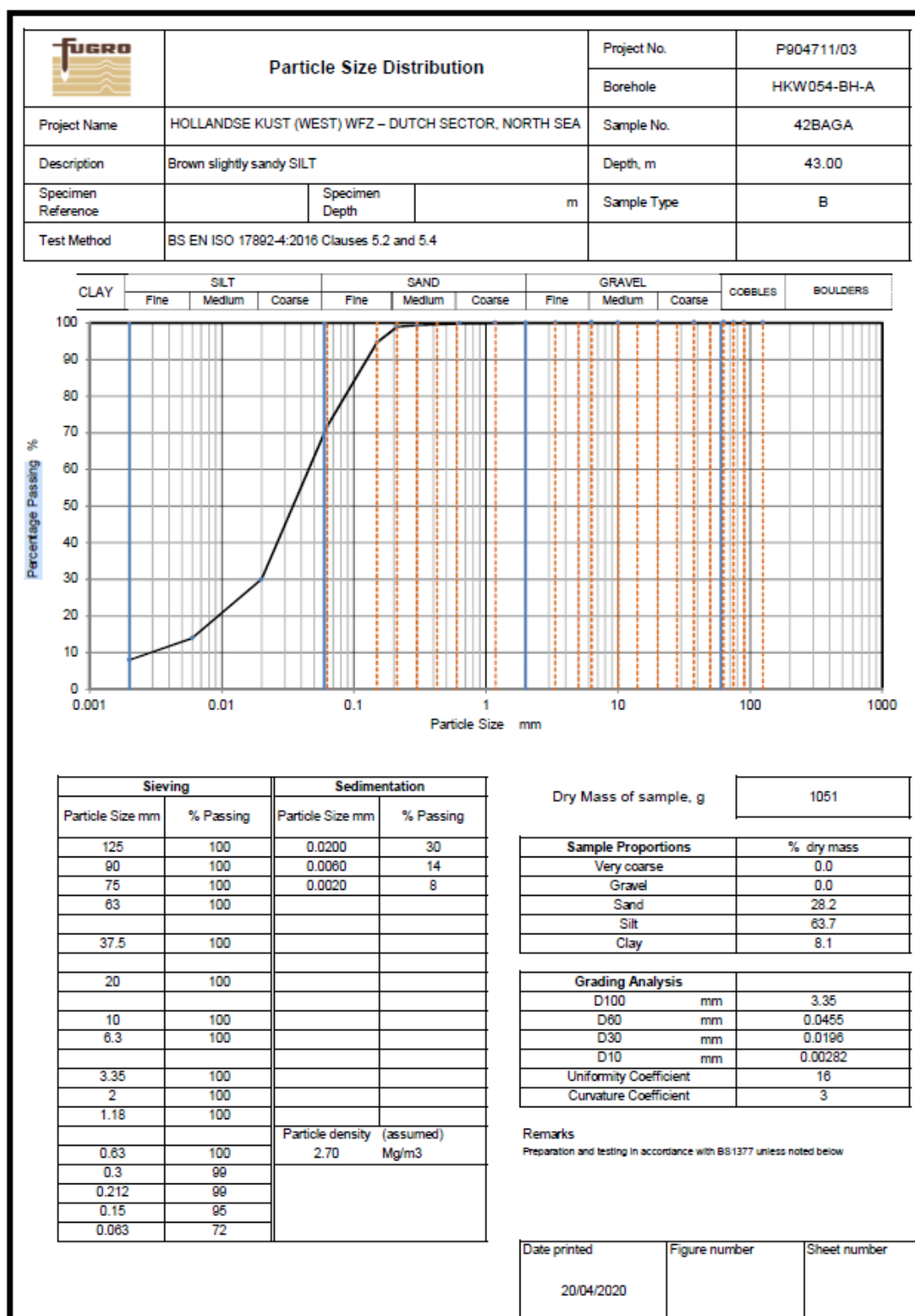
Curve	Borehole	Sample	Depth (m)	BS Test * Method	Pretreatment Method	Percentage soil types					* Tested in accordance with the following clauses of BS 1377: Part 2: 1990:
						Clay	Silt†	Sand	Gravel	Cobbles	
I		Batch 10	14.25-26.65	9.2	N/A	0	4	96	0	0	9.2 Wet sieve 9.3 Dry sieve 9.4 Sedimentation by pipette 9.5 Sedimentation by hydrometer

† Note: Where a sedimentation test was not carried out, this figure represents total fines, i.e., particles of diameter less than 63 microns

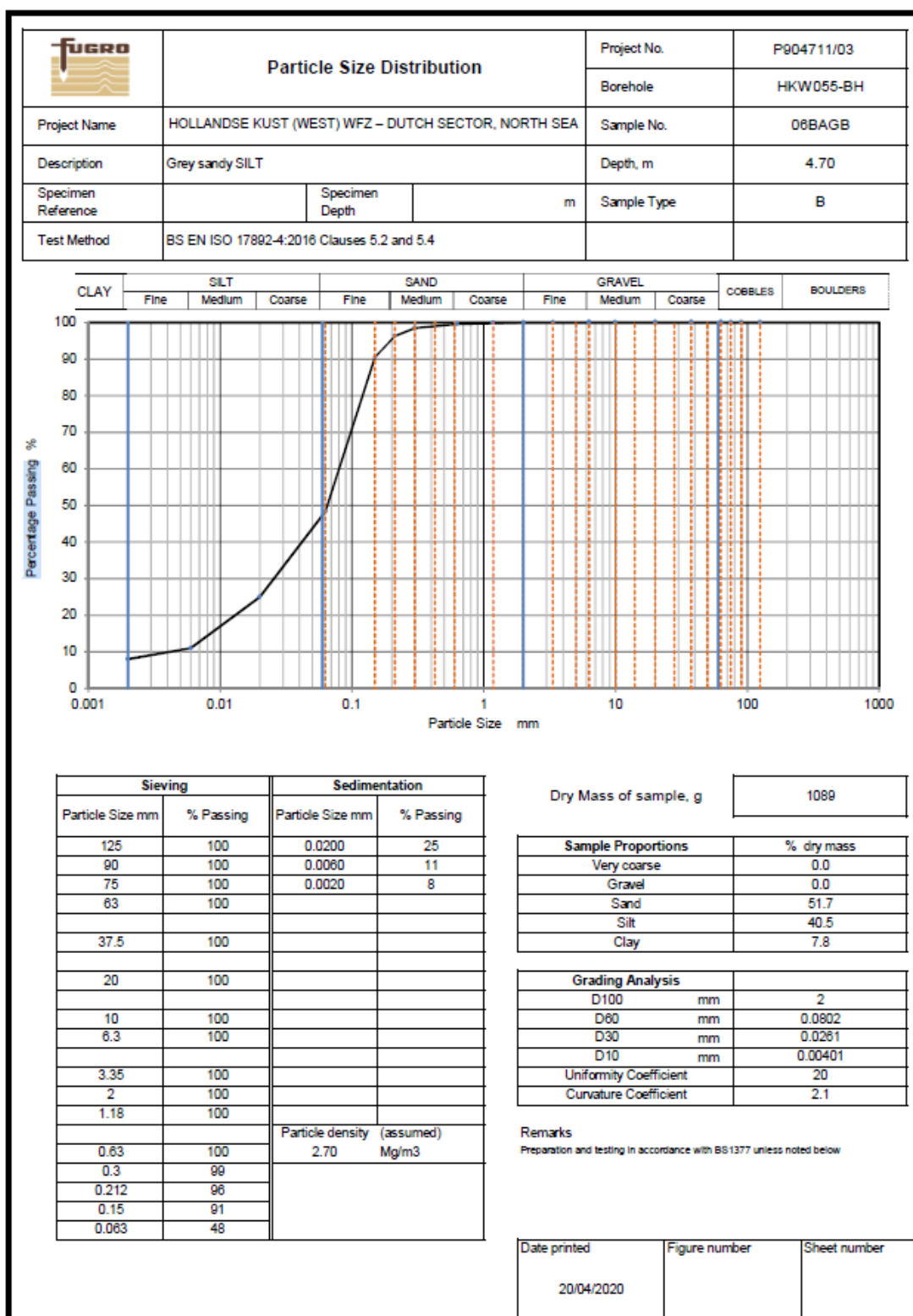
Σχήμα Α. 20: Κοκκομετρική Καμπύλη δείγματος Batch 10



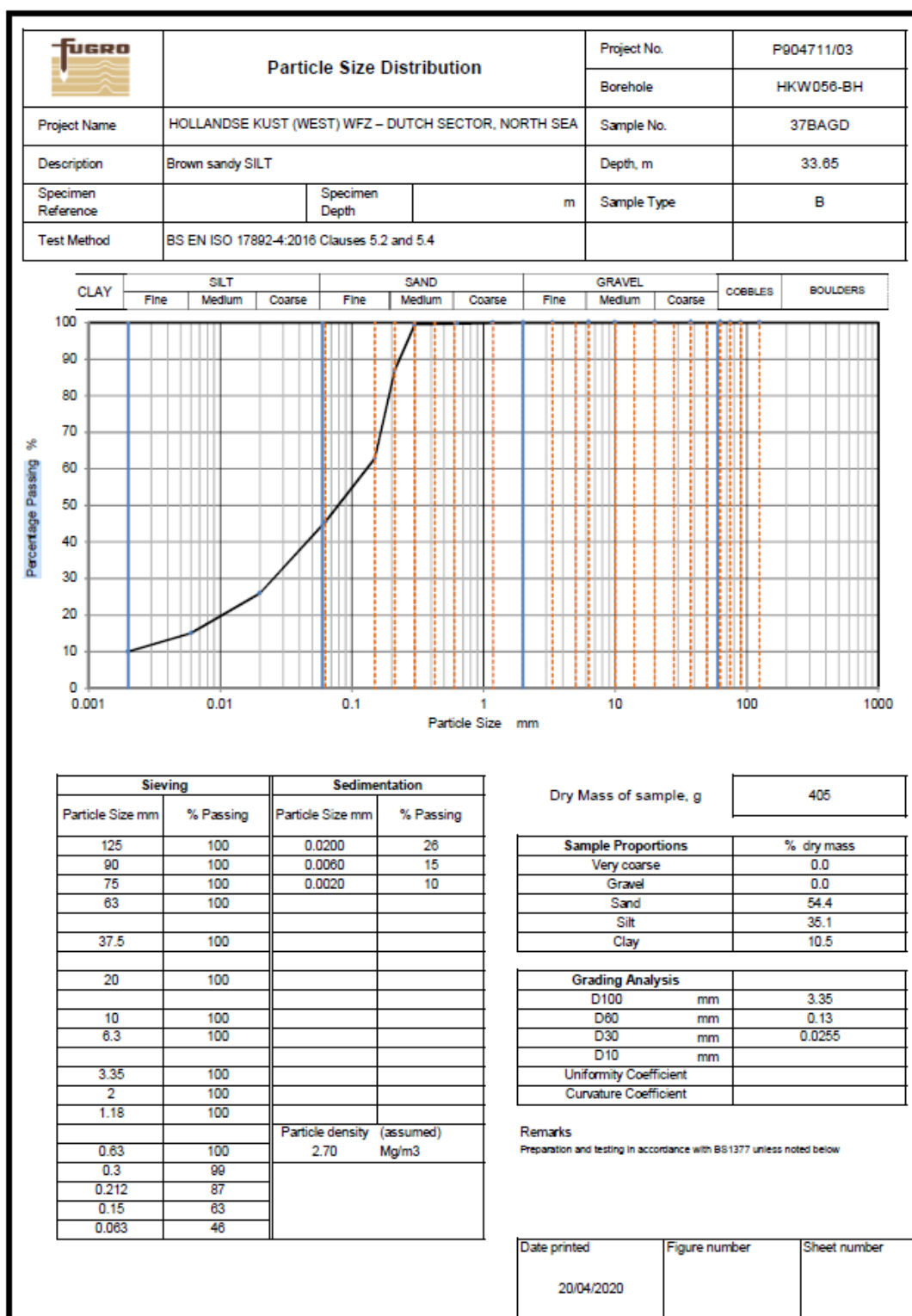
Σχήμα Α. 21: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW047-BH



Σχήμα Α. 22: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW054-BH



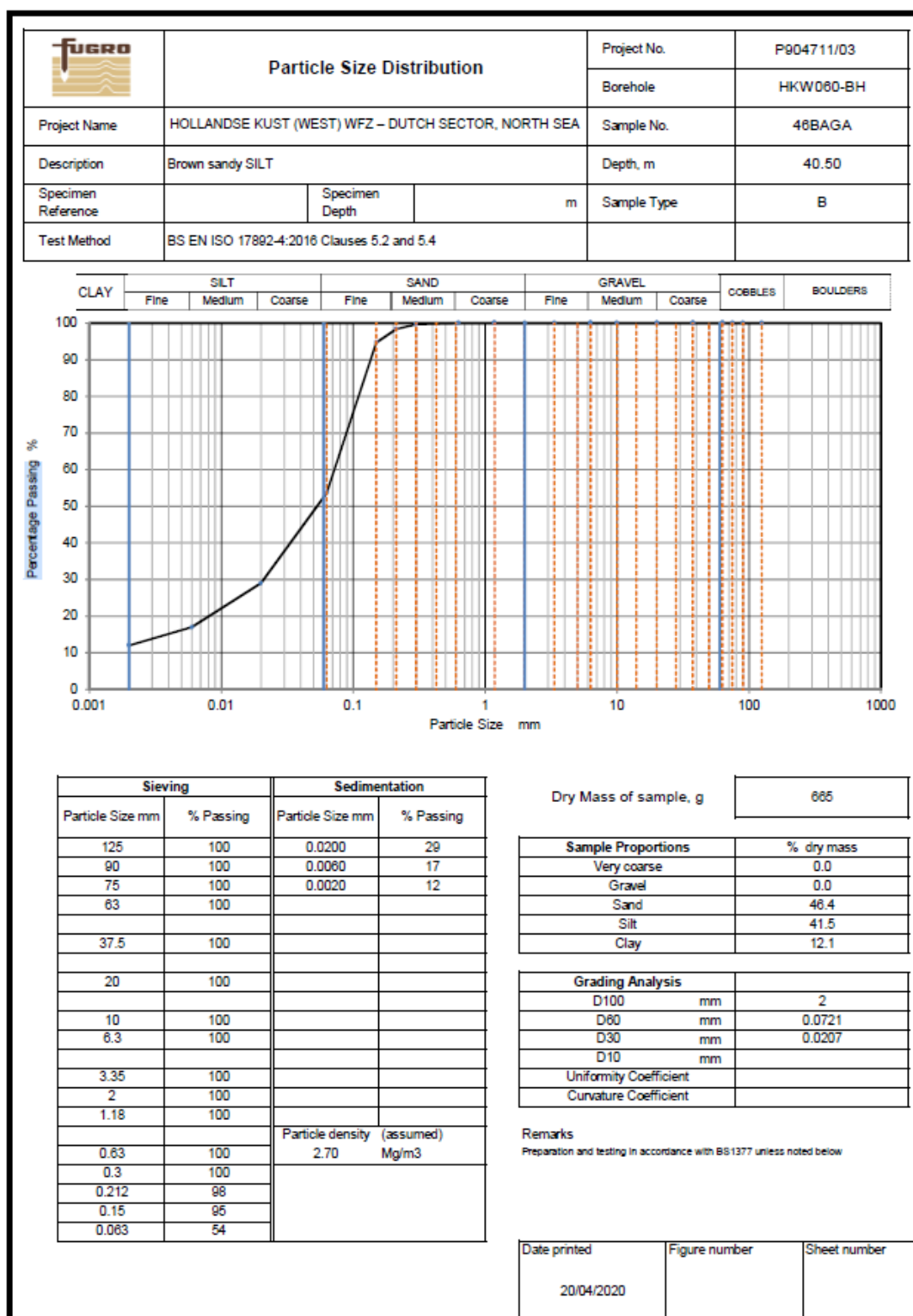
Σχήμα Α. 23: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW055-BH



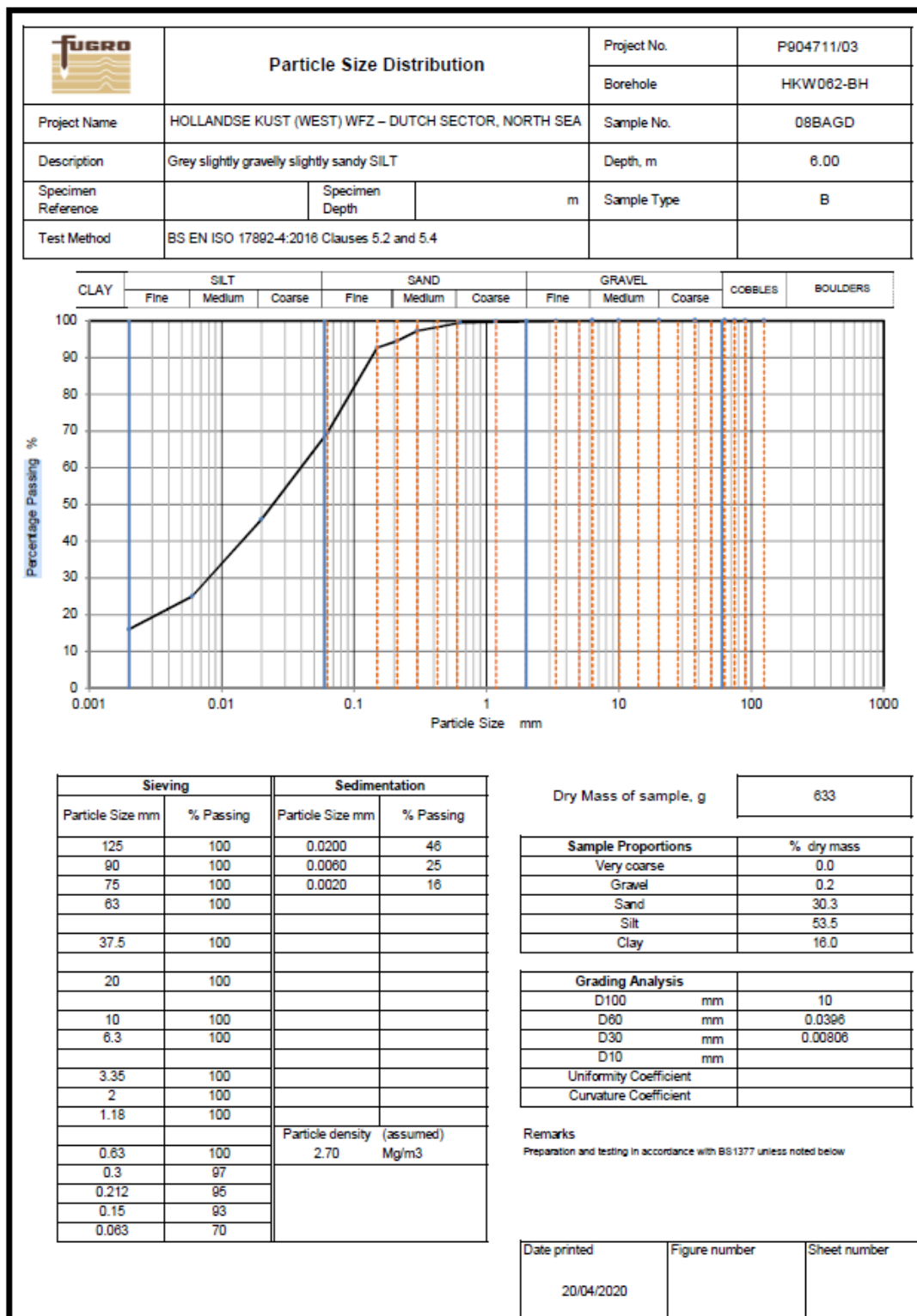
Fugro Document No. P904711/03 (5)

Plate D2.2-489

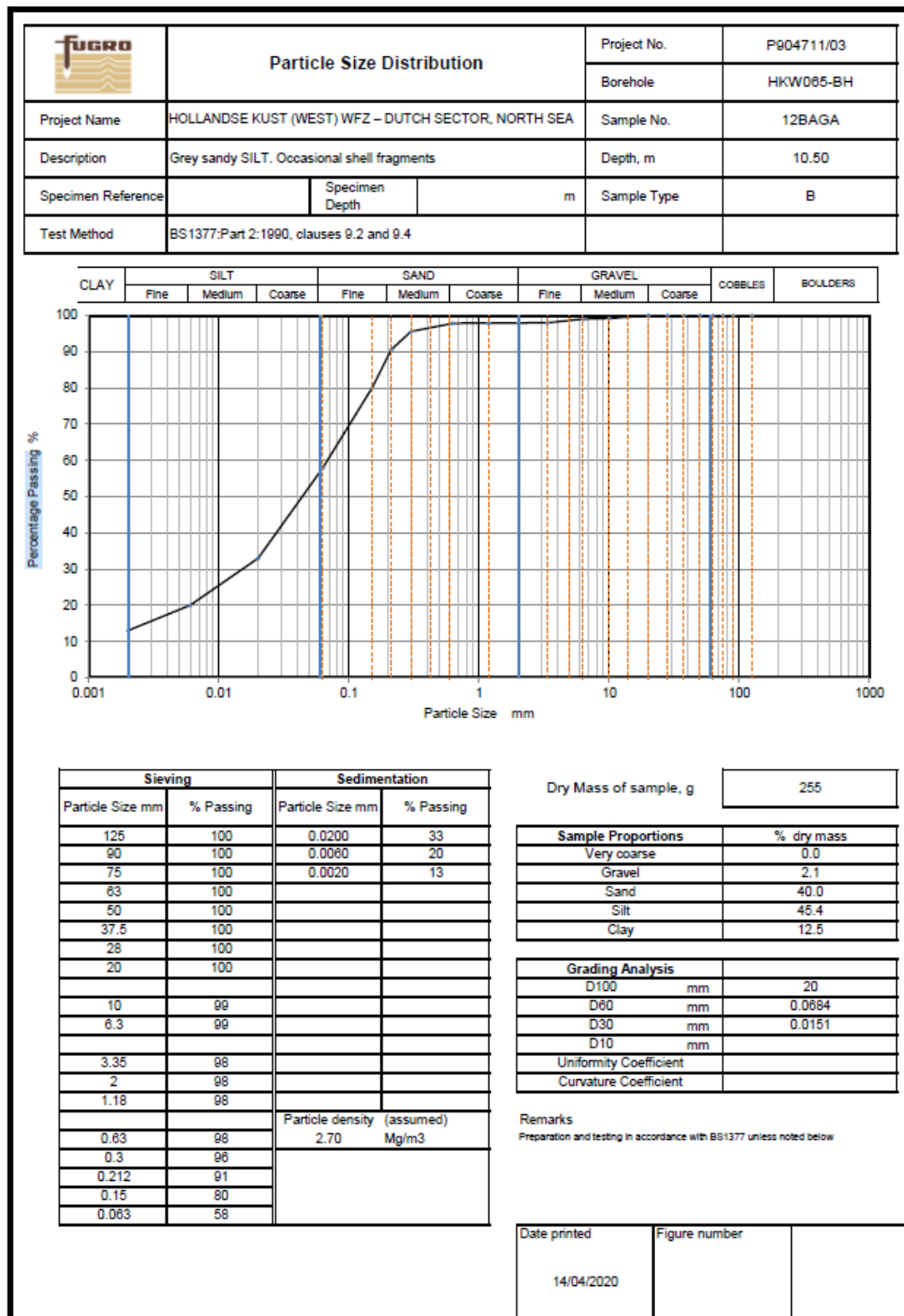
Σχήμα Α. 24: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW056-BH



Σχήμα Α. 25: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW060-BH



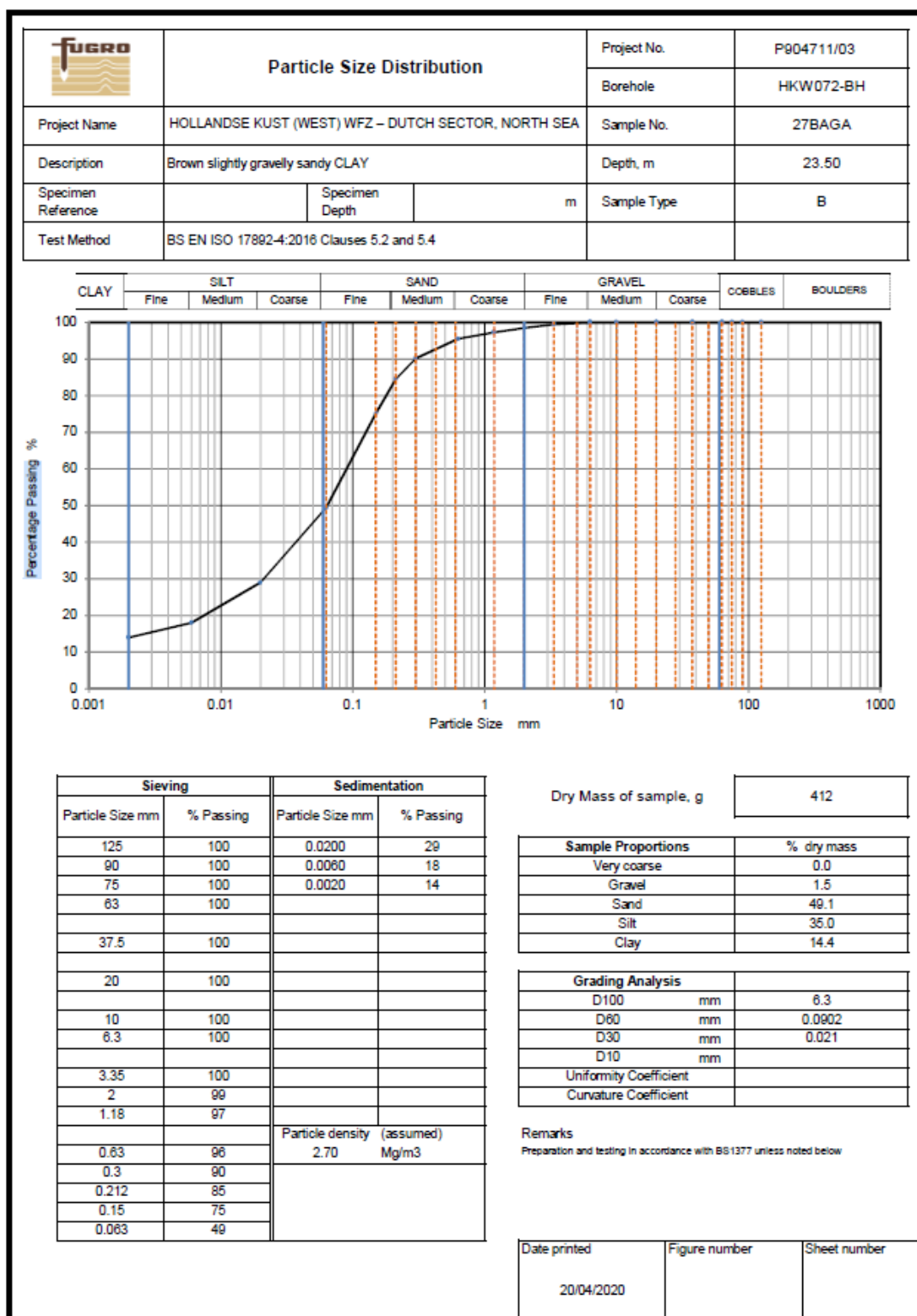
Σχήμα Α. 26: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW062-BH



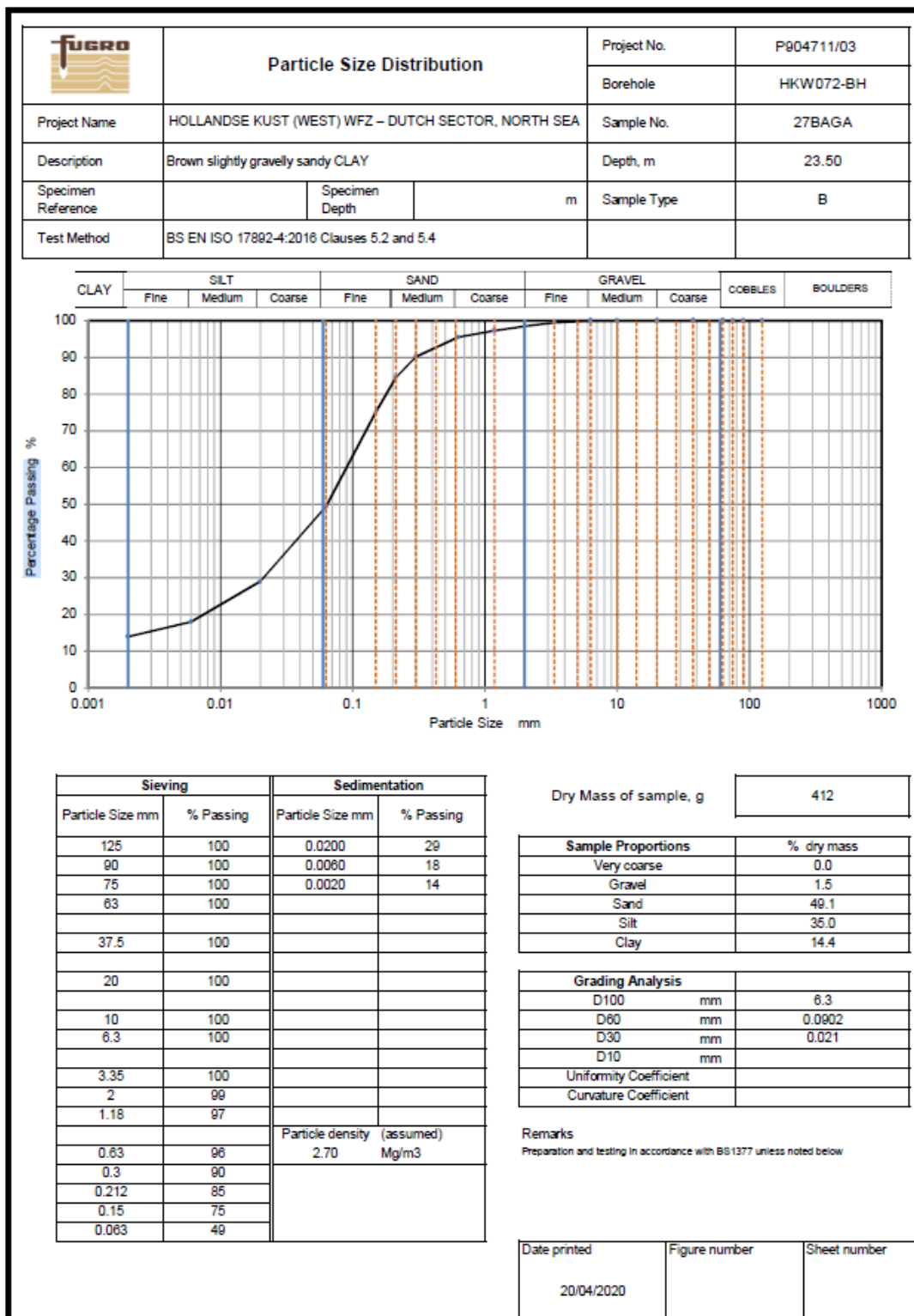
Fugro Document No. P904711/03 (5)

Plate D2.2-562

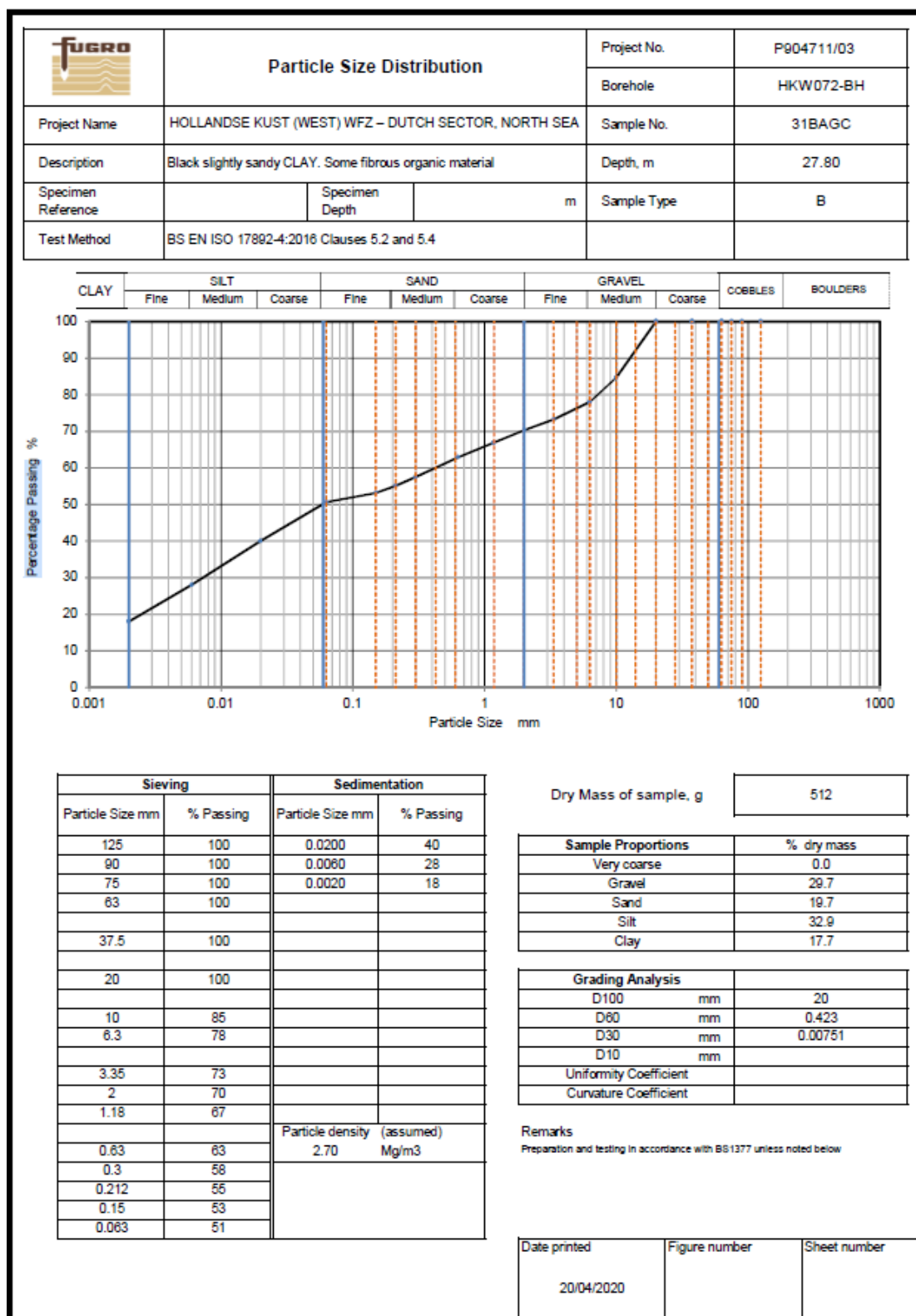
Σχήμα Α. 27: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW065-BH



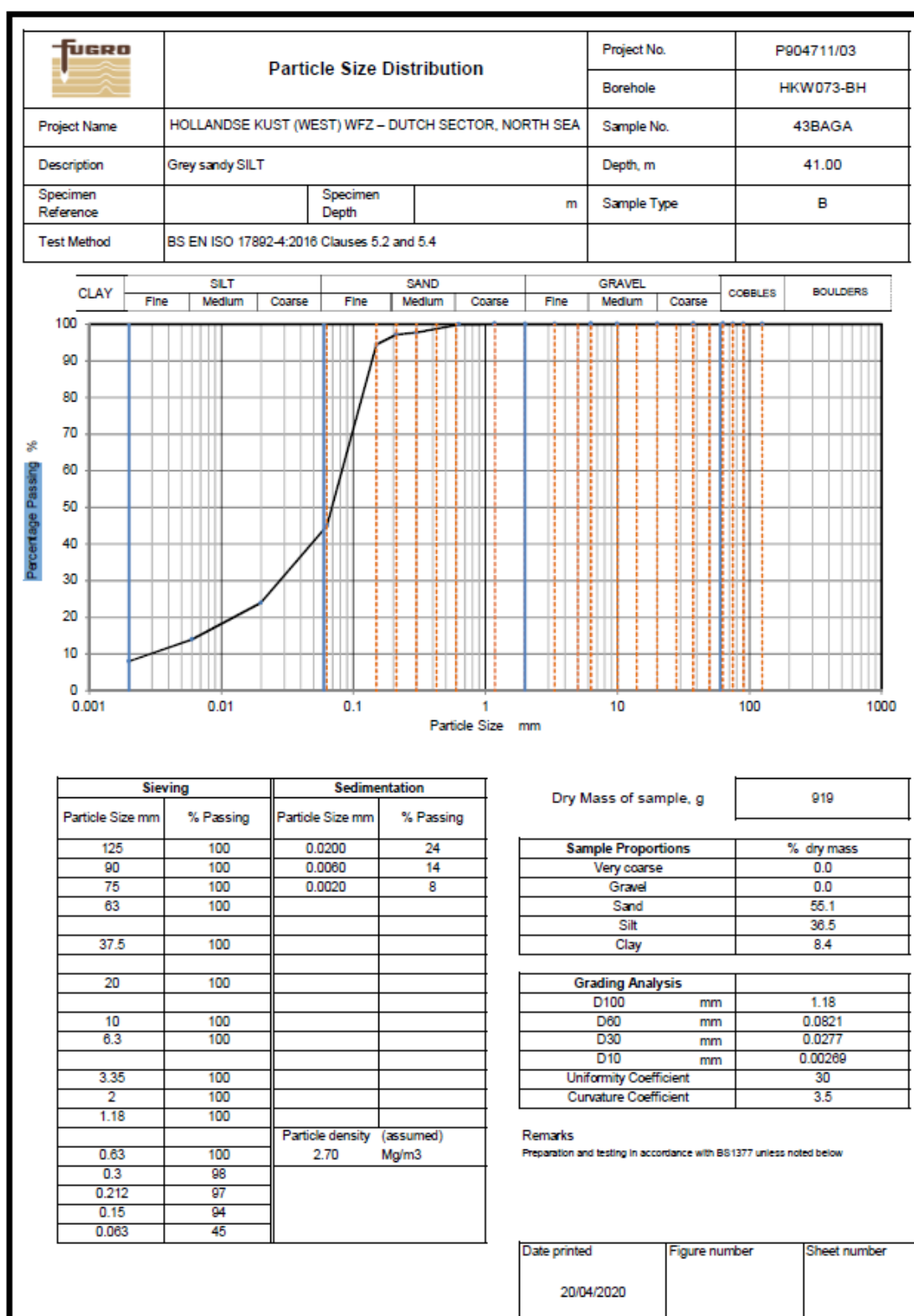
Σχήμα Α. 28: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW072-BH



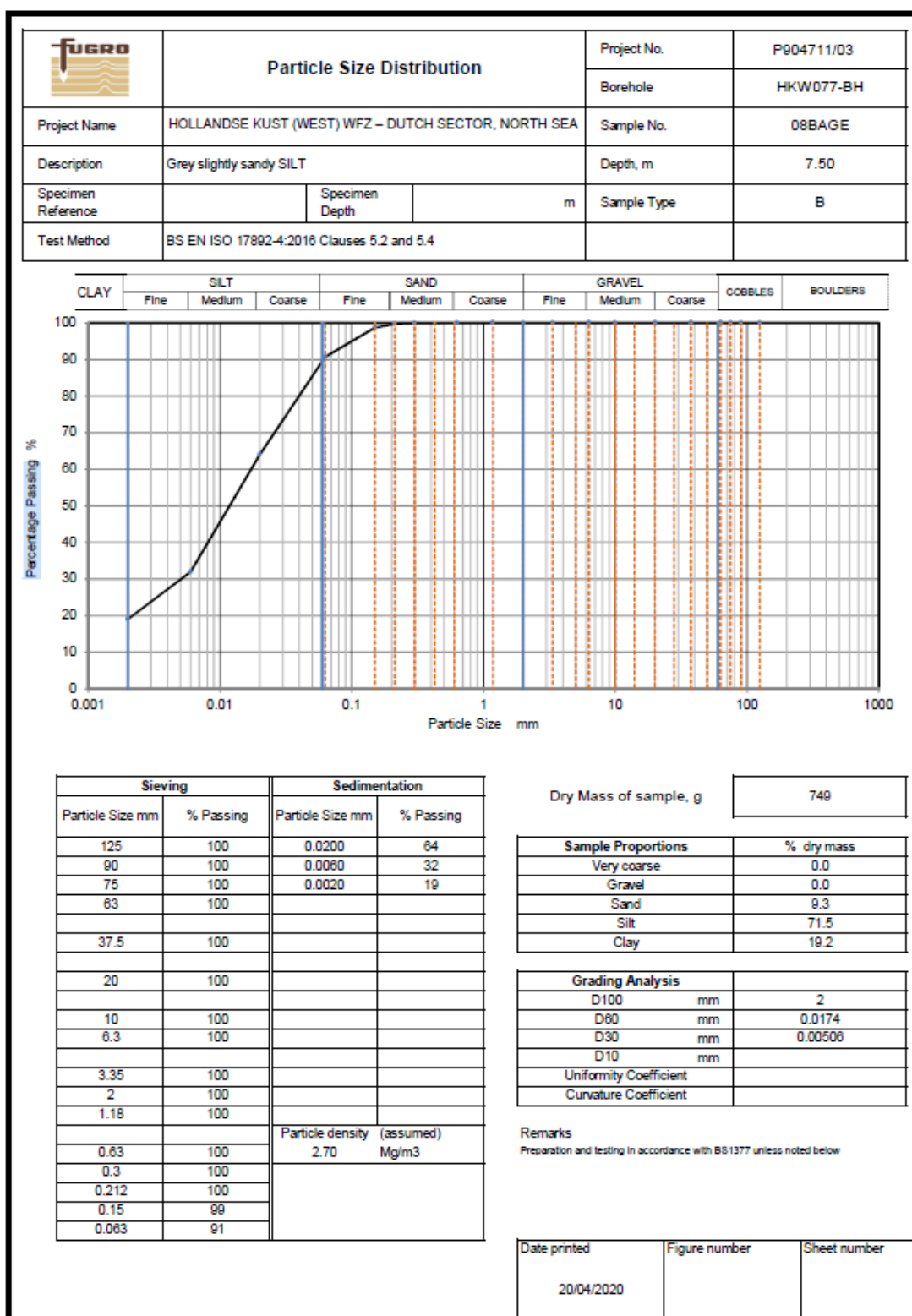
Σχήμα Α. 29: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW072-BH



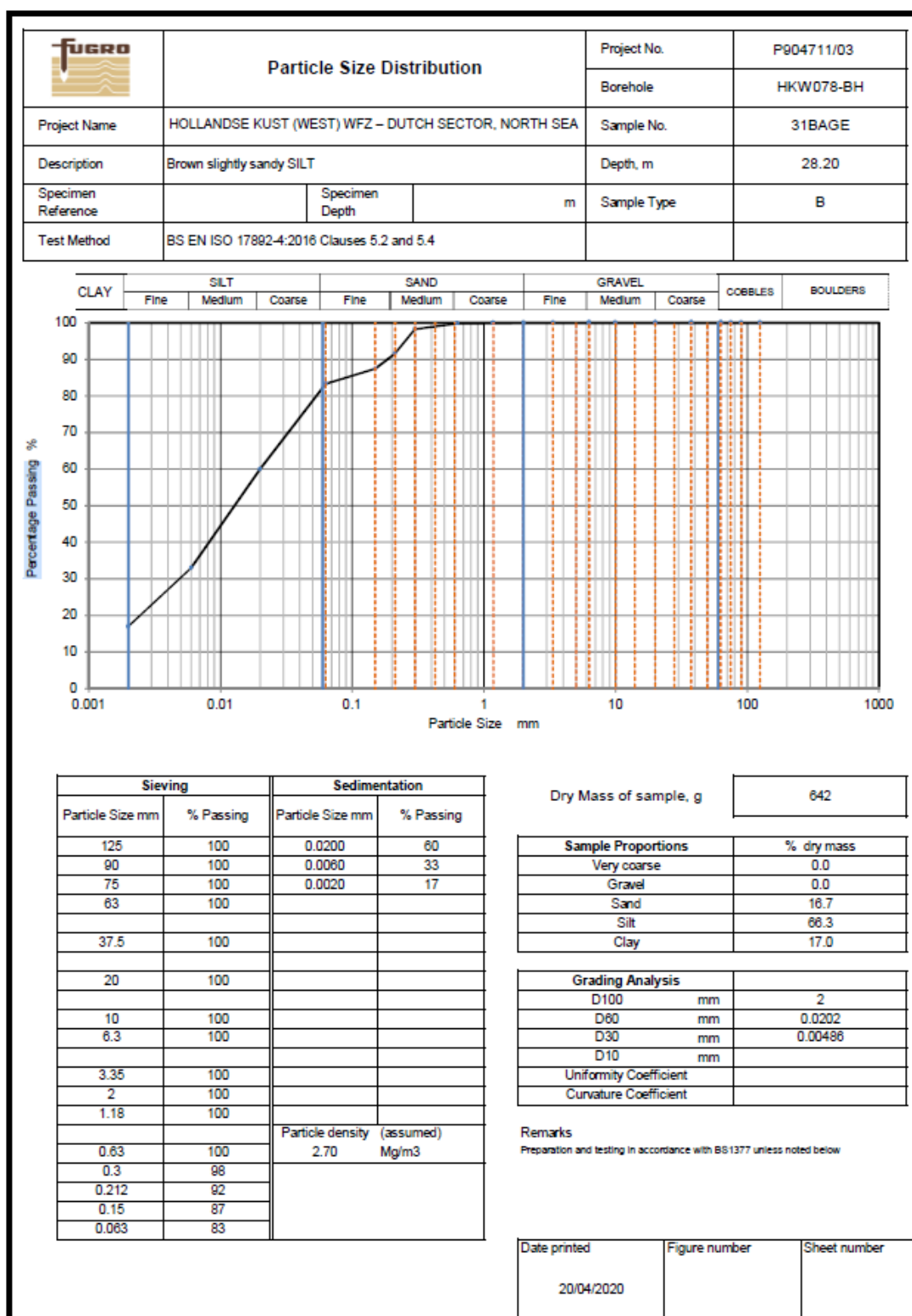
Σχήμα Α. 30: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW072-BH



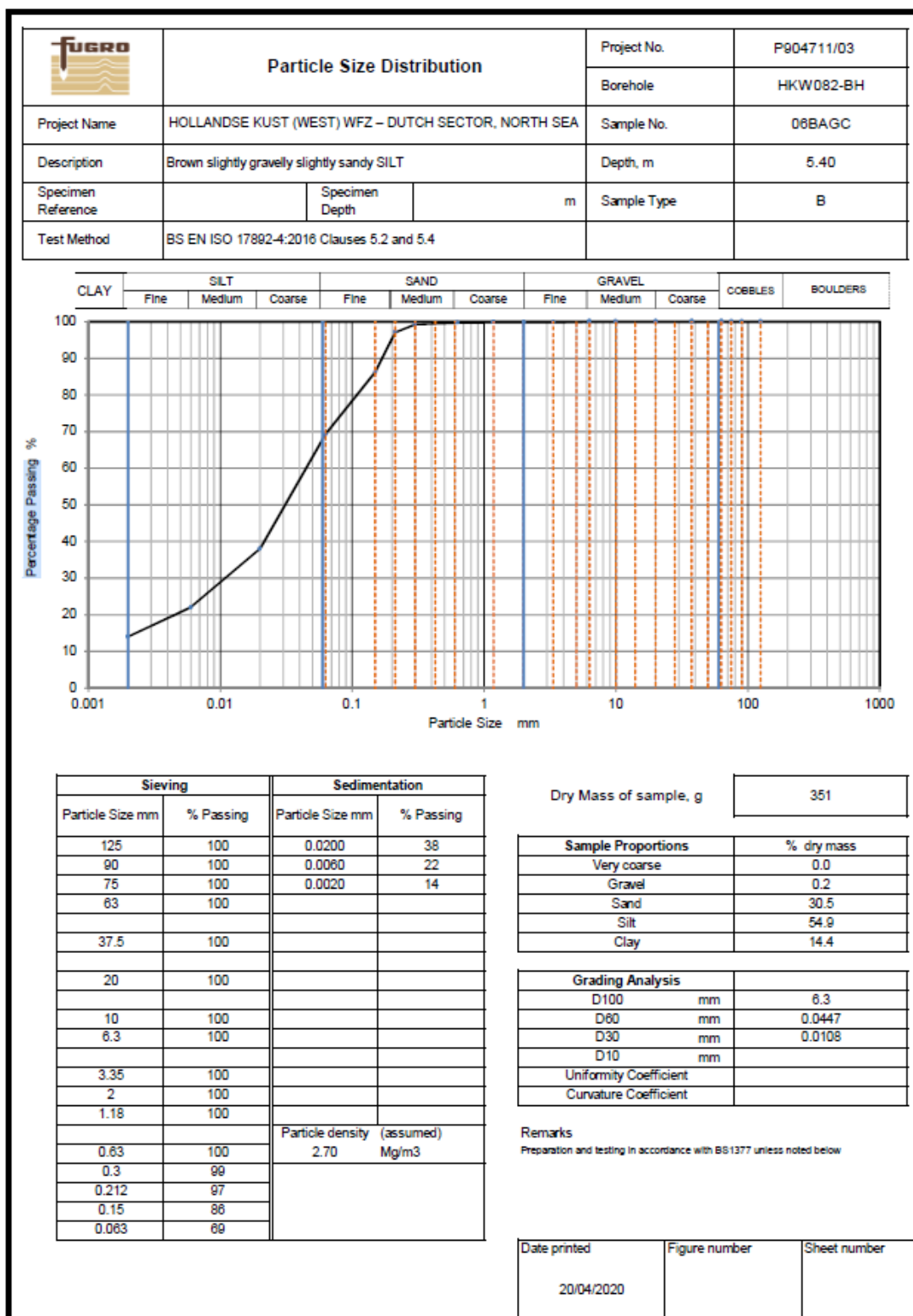
Σχήμα Α. 31: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW073-BH



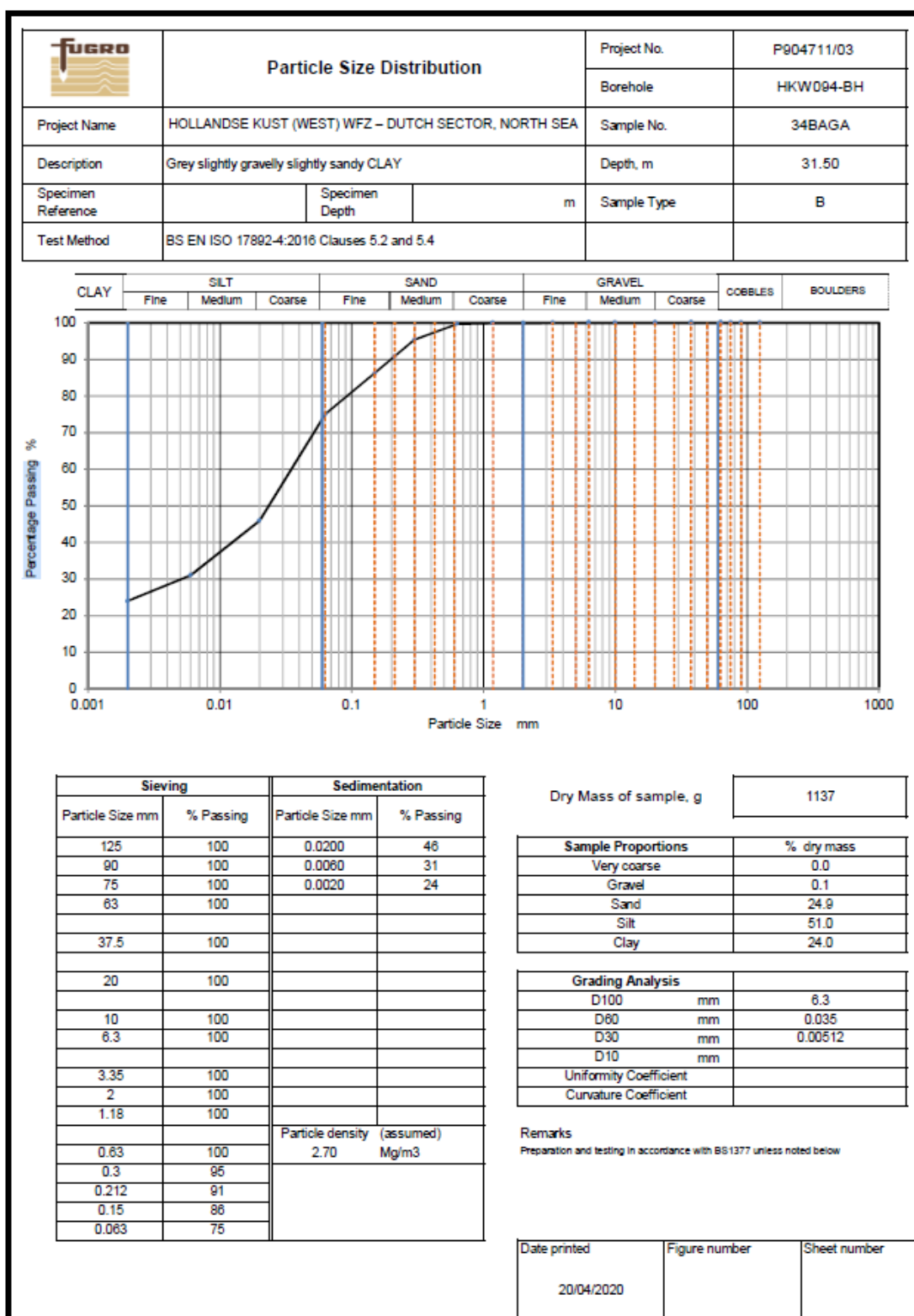
Σχήμα Α. 32: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW077-BH



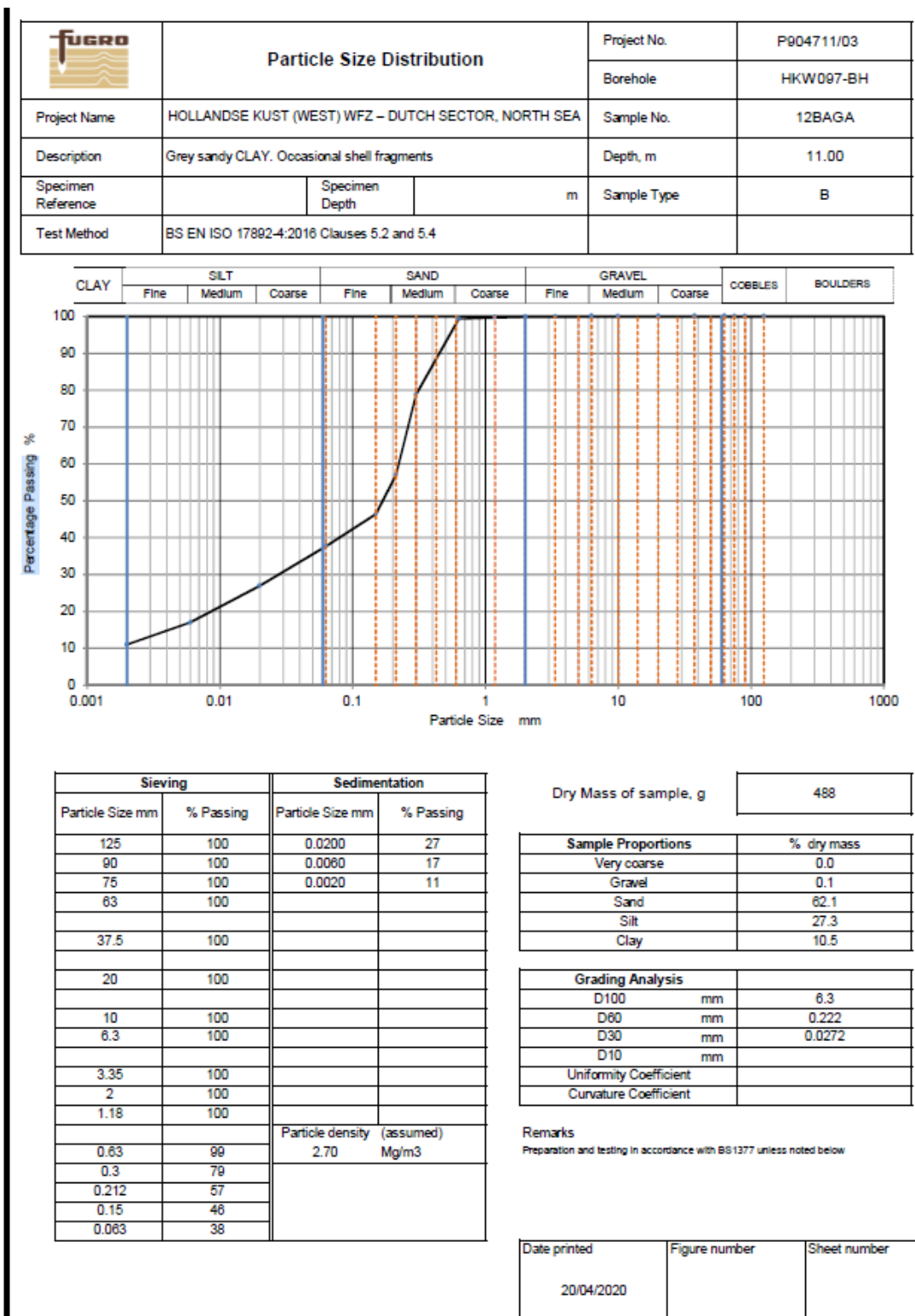
Σχήμα Α. 33: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW078-BH



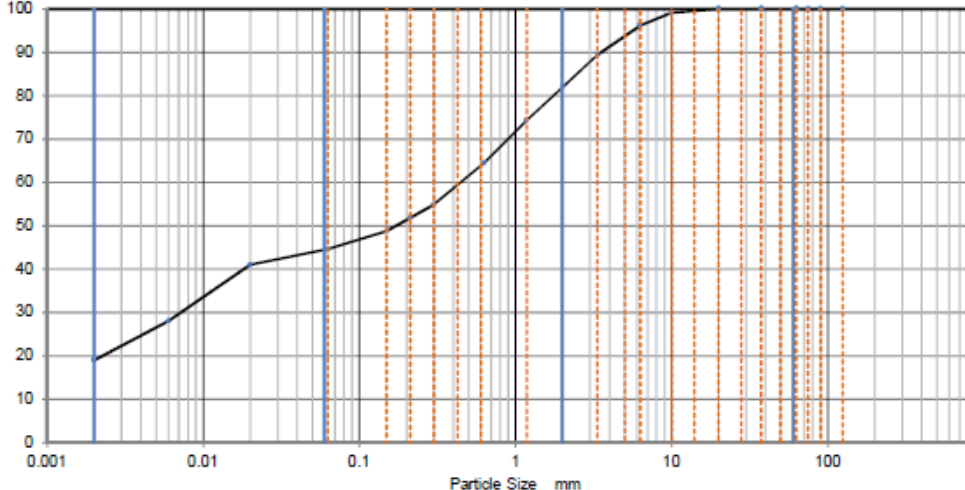
Σχήμα Α. 34: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW082-BH



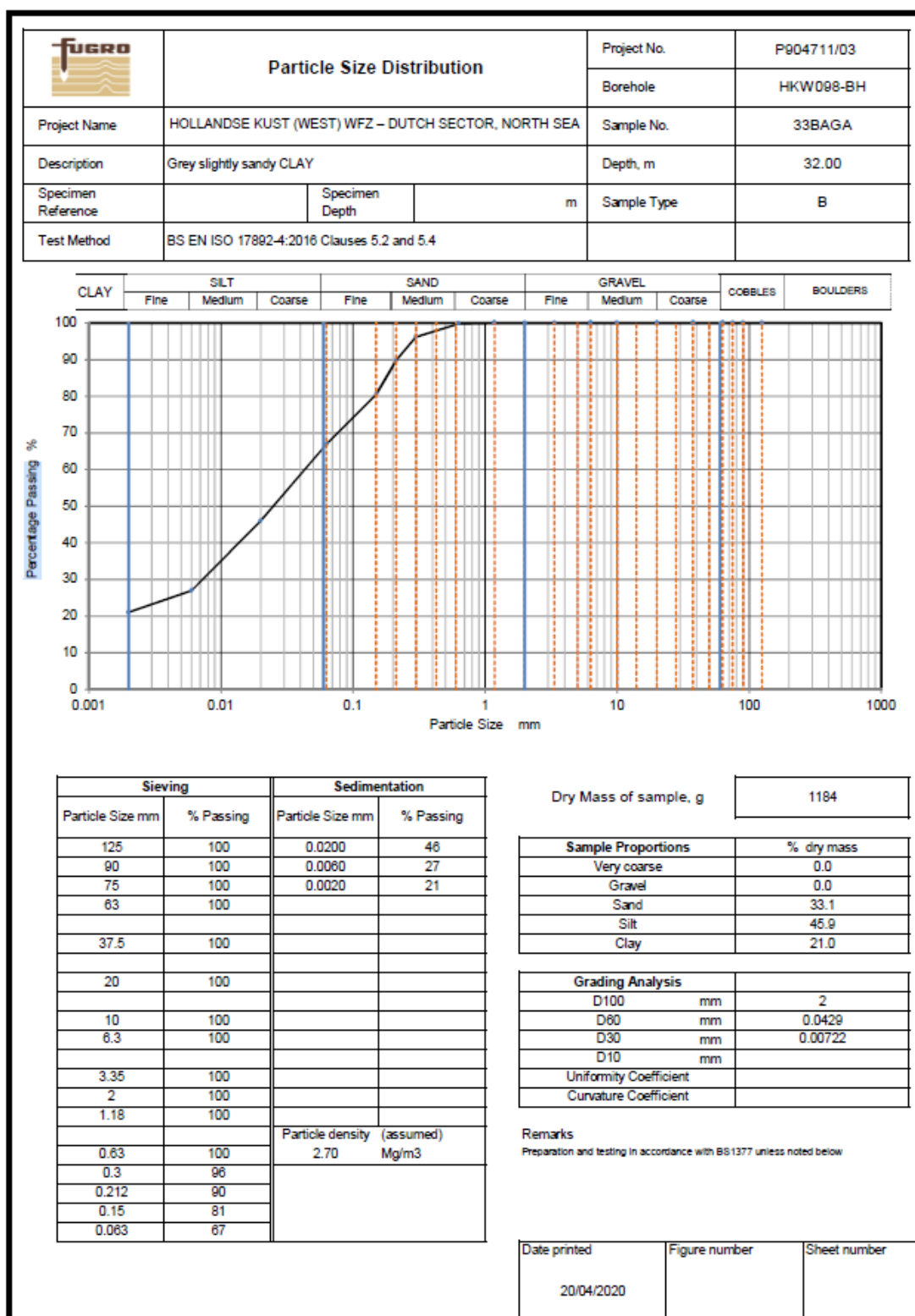
Σχήμα Α. 35: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW094-BH



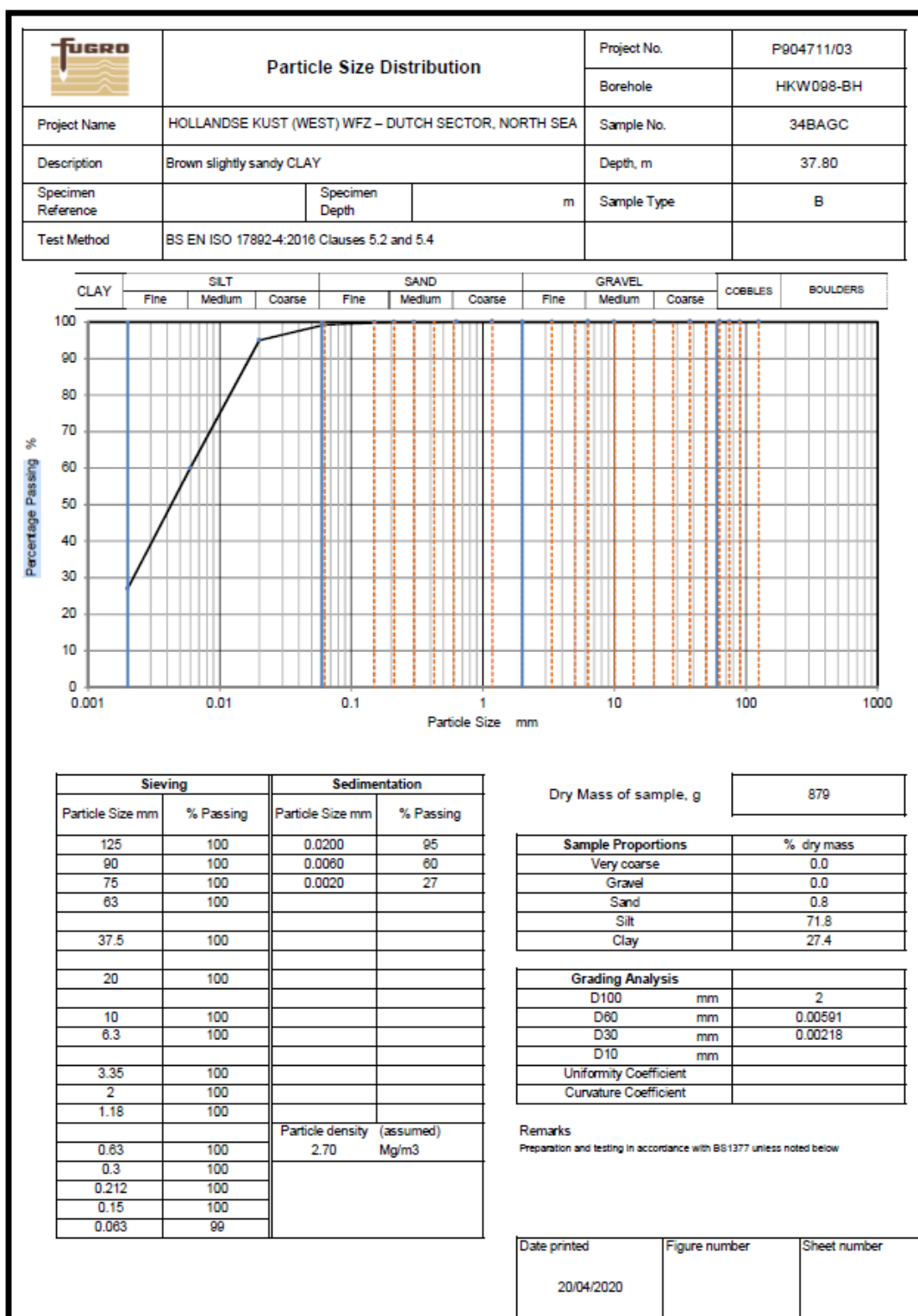
Σχήμα Α. 36: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW097-BH

		Particle Size Distribution		Project No.	P904711/03																																																																																																
				Borehole	HKW008-BH																																																																																																
Project Name	HOLLANDSE KUST (WEST) WFZ – DUTCH SECTOR, NORTH SEA			Sample No.	29BAGD																																																																																																
Description	Brown sandy CLAY. Occasional fibrous organic material			Depth, m	28.80																																																																																																
Specimen Reference		Specimen Depth	m	Sample Type	B																																																																																																
Test Method	BS EN ISO 17892-4:2016 Clauses 5.2 and 5.4																																																																																																				
																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sieving</th> <th colspan="2">Sedimentation</th> </tr> <tr> <th>Particle Size mm</th> <th>% Passing</th> <th>Particle Size mm</th> <th>% Passing</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>125</td><td>100</td><td>0.0200</td><td>41</td></tr> <tr><td>90</td><td>100</td><td>0.0060</td><td>28</td></tr> <tr><td>75</td><td>100</td><td>0.0020</td><td>19</td></tr> <tr><td>63</td><td>100</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>37.5</td><td>100</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>100</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>99</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6.3</td><td>96</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3.35</td><td>89</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>82</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.18</td><td>74</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.63</td><td>65</td><td colspan="2" rowspan="5">Particle density (assumed) 2.70 Mg/m³</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>55</td></tr> <tr><td>0.212</td><td>52</td></tr> <tr><td>0.15</td><td>49</td></tr> <tr><td>0.063</td><td>45</td></tr> </tbody> </table>		Sieving		Sedimentation		Particle Size mm	% Passing	Particle Size mm	% Passing	125	100	0.0200	41	90	100	0.0060	28	75	100	0.0020	19	63	100			37.5	100			20	100			10	99			6.3	96			3.35	89			2	82			1.18	74			0.63	65	Particle density (assumed) 2.70 Mg/m ³		0.3	55	0.212	52	0.15	49	0.063	45	<table border="1"> <tr> <td>Dry Mass of sample, g</td> <td>483</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample Proportions</th> <th>% dry mass</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Very coarse</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Gravel</td><td>18.1</td></tr> <tr><td>Sand</td><td>37.3</td></tr> <tr><td>Silt</td><td>25.8</td></tr> <tr><td>Clay</td><td>18.8</td></tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Grading Analysis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>D100</td><td>mm 20</td></tr> <tr><td>D60</td><td>mm 0.444</td></tr> <tr><td>D30</td><td>mm 0.00719</td></tr> <tr><td>D10</td><td>mm</td></tr> <tr><td>Uniformity Coefficient</td><td></td></tr> <tr><td>Curvature Coefficient</td><td></td></tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Remarks Preparation and testing in accordance with BS1377 unless noted below </td> </tr> </table>		Dry Mass of sample, g	483	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample Proportions</th> <th>% dry mass</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Very coarse</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Gravel</td><td>18.1</td></tr> <tr><td>Sand</td><td>37.3</td></tr> <tr><td>Silt</td><td>25.8</td></tr> <tr><td>Clay</td><td>18.8</td></tr> </tbody> </table>		Sample Proportions	% dry mass	Very coarse	0.0	Gravel	18.1	Sand	37.3	Silt	25.8	Clay	18.8	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Grading Analysis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>D100</td><td>mm 20</td></tr> <tr><td>D60</td><td>mm 0.444</td></tr> <tr><td>D30</td><td>mm 0.00719</td></tr> <tr><td>D10</td><td>mm</td></tr> <tr><td>Uniformity Coefficient</td><td></td></tr> <tr><td>Curvature Coefficient</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Grading Analysis		D100	mm 20	D60	mm 0.444	D30	mm 0.00719	D10	mm	Uniformity Coefficient		Curvature Coefficient		Remarks Preparation and testing in accordance with BS1377 unless noted below	
Sieving		Sedimentation																																																																																																			
Particle Size mm	% Passing	Particle Size mm	% Passing																																																																																																		
125	100	0.0200	41																																																																																																		
90	100	0.0060	28																																																																																																		
75	100	0.0020	19																																																																																																		
63	100																																																																																																				
37.5	100																																																																																																				
20	100																																																																																																				
10	99																																																																																																				
6.3	96																																																																																																				
3.35	89																																																																																																				
2	82																																																																																																				
1.18	74																																																																																																				
0.63	65	Particle density (assumed) 2.70 Mg/m ³																																																																																																			
0.3	55																																																																																																				
0.212	52																																																																																																				
0.15	49																																																																																																				
0.063	45																																																																																																				
Dry Mass of sample, g	483																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample Proportions</th> <th>% dry mass</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Very coarse</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Gravel</td><td>18.1</td></tr> <tr><td>Sand</td><td>37.3</td></tr> <tr><td>Silt</td><td>25.8</td></tr> <tr><td>Clay</td><td>18.8</td></tr> </tbody> </table>		Sample Proportions	% dry mass	Very coarse	0.0	Gravel	18.1	Sand	37.3	Silt	25.8	Clay	18.8																																																																																								
Sample Proportions	% dry mass																																																																																																				
Very coarse	0.0																																																																																																				
Gravel	18.1																																																																																																				
Sand	37.3																																																																																																				
Silt	25.8																																																																																																				
Clay	18.8																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Grading Analysis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>D100</td><td>mm 20</td></tr> <tr><td>D60</td><td>mm 0.444</td></tr> <tr><td>D30</td><td>mm 0.00719</td></tr> <tr><td>D10</td><td>mm</td></tr> <tr><td>Uniformity Coefficient</td><td></td></tr> <tr><td>Curvature Coefficient</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Grading Analysis		D100	mm 20	D60	mm 0.444	D30	mm 0.00719	D10	mm	Uniformity Coefficient		Curvature Coefficient																																																																																							
Grading Analysis																																																																																																					
D100	mm 20																																																																																																				
D60	mm 0.444																																																																																																				
D30	mm 0.00719																																																																																																				
D10	mm																																																																																																				
Uniformity Coefficient																																																																																																					
Curvature Coefficient																																																																																																					
Remarks Preparation and testing in accordance with BS1377 unless noted below																																																																																																					

| Insufficient material to comply with the recommended minimum mass. | | | Date printed | Figure number | Sheet number | |--------------|---------------|--------------| | 20/04/2020 | | | |



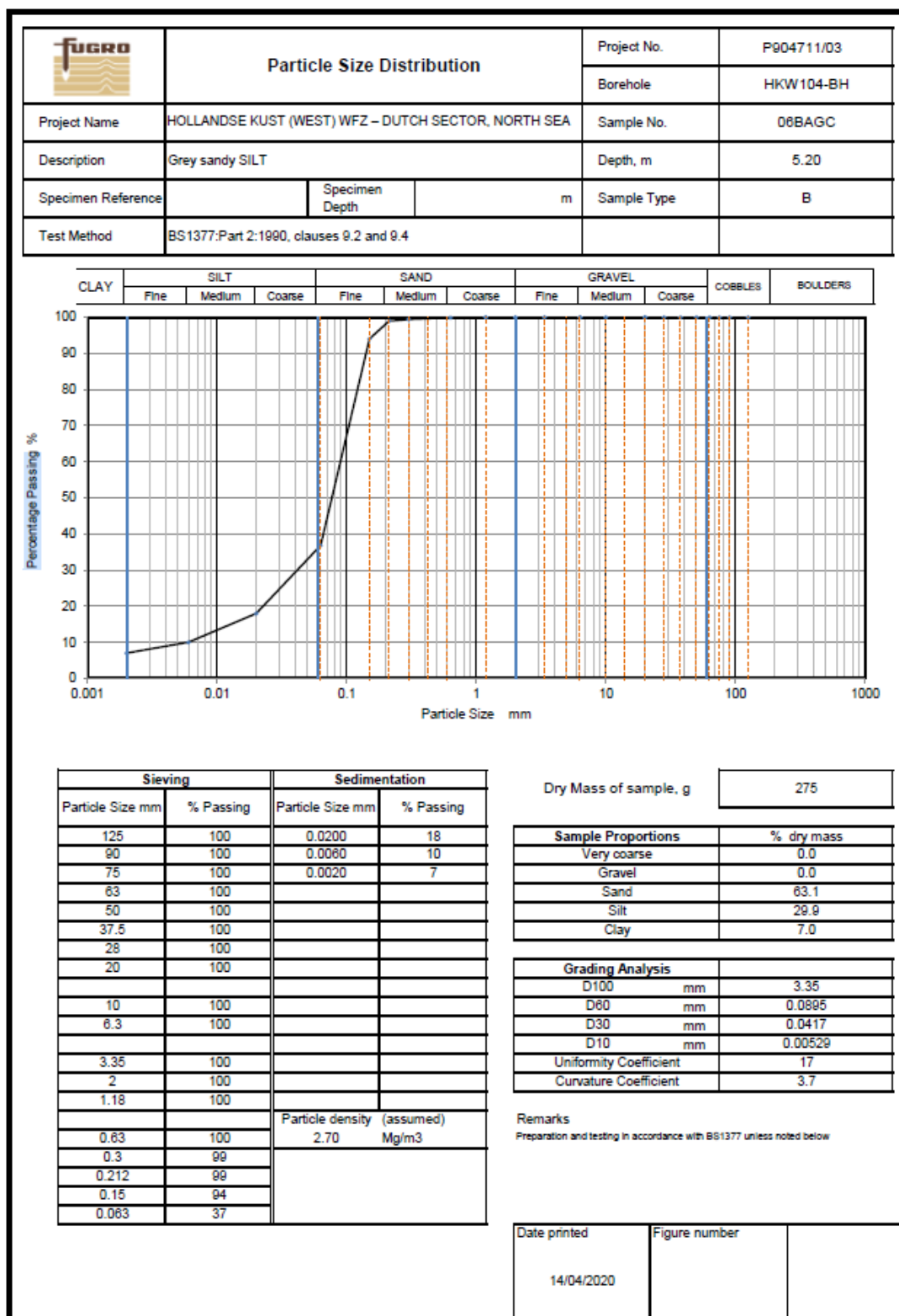
Σχήμα Α. 38: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW098-BH



Fugro Document No. P904711/03 (5)

Plate D2.2-828

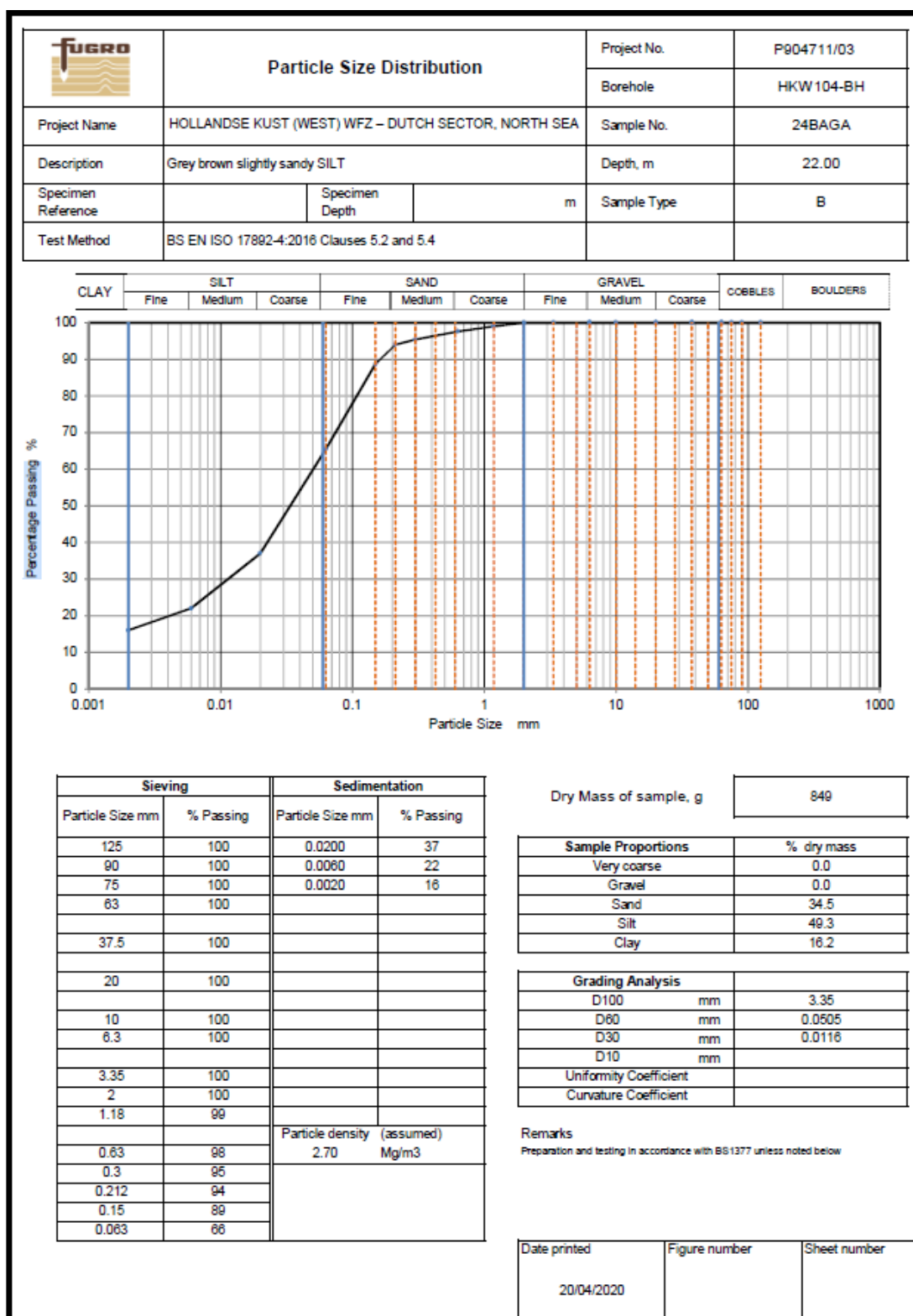
Σχήμα Α. 39: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW098-BH



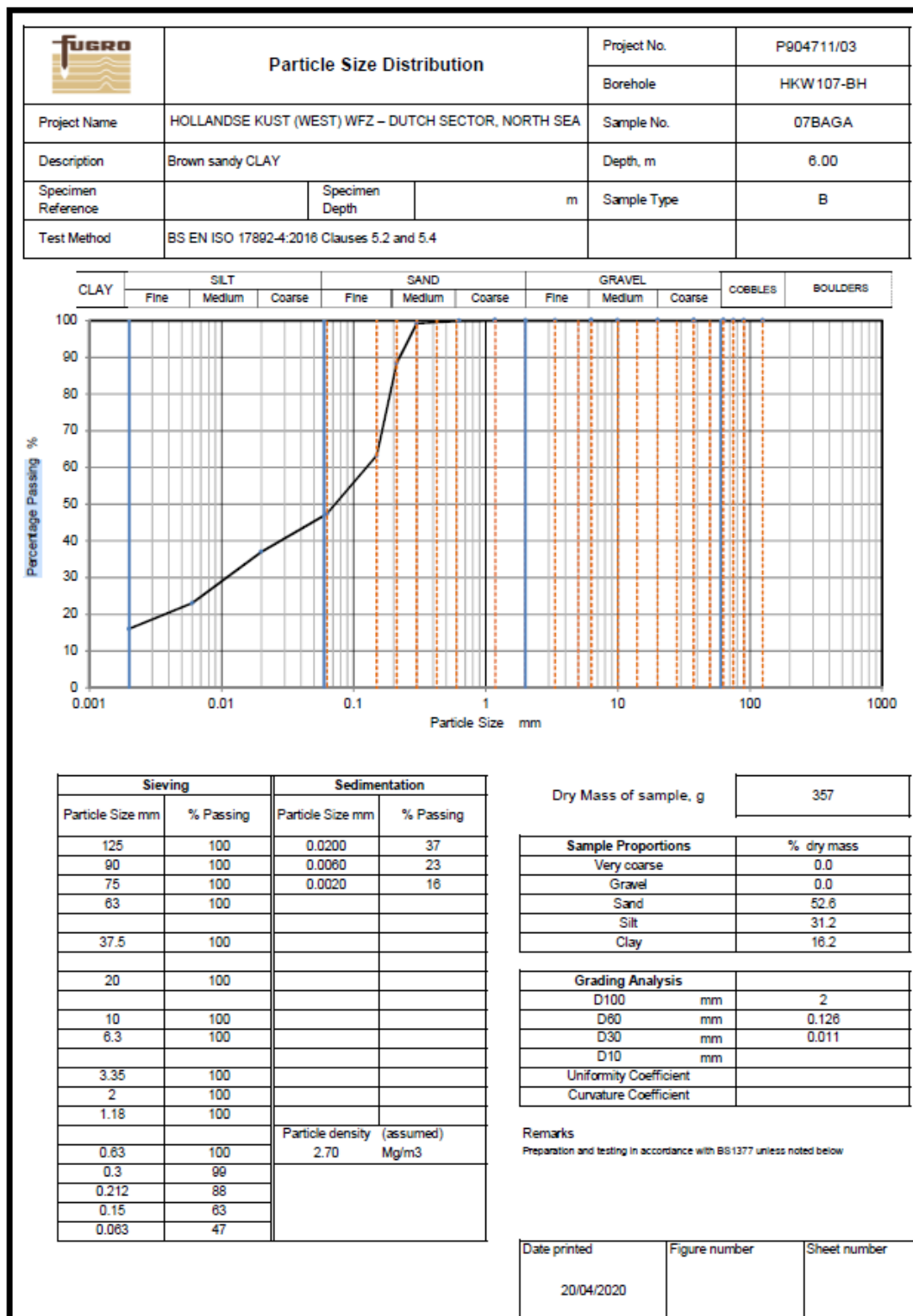
Fugro Document No. P904711/03 (5)

Plate D2.2-862

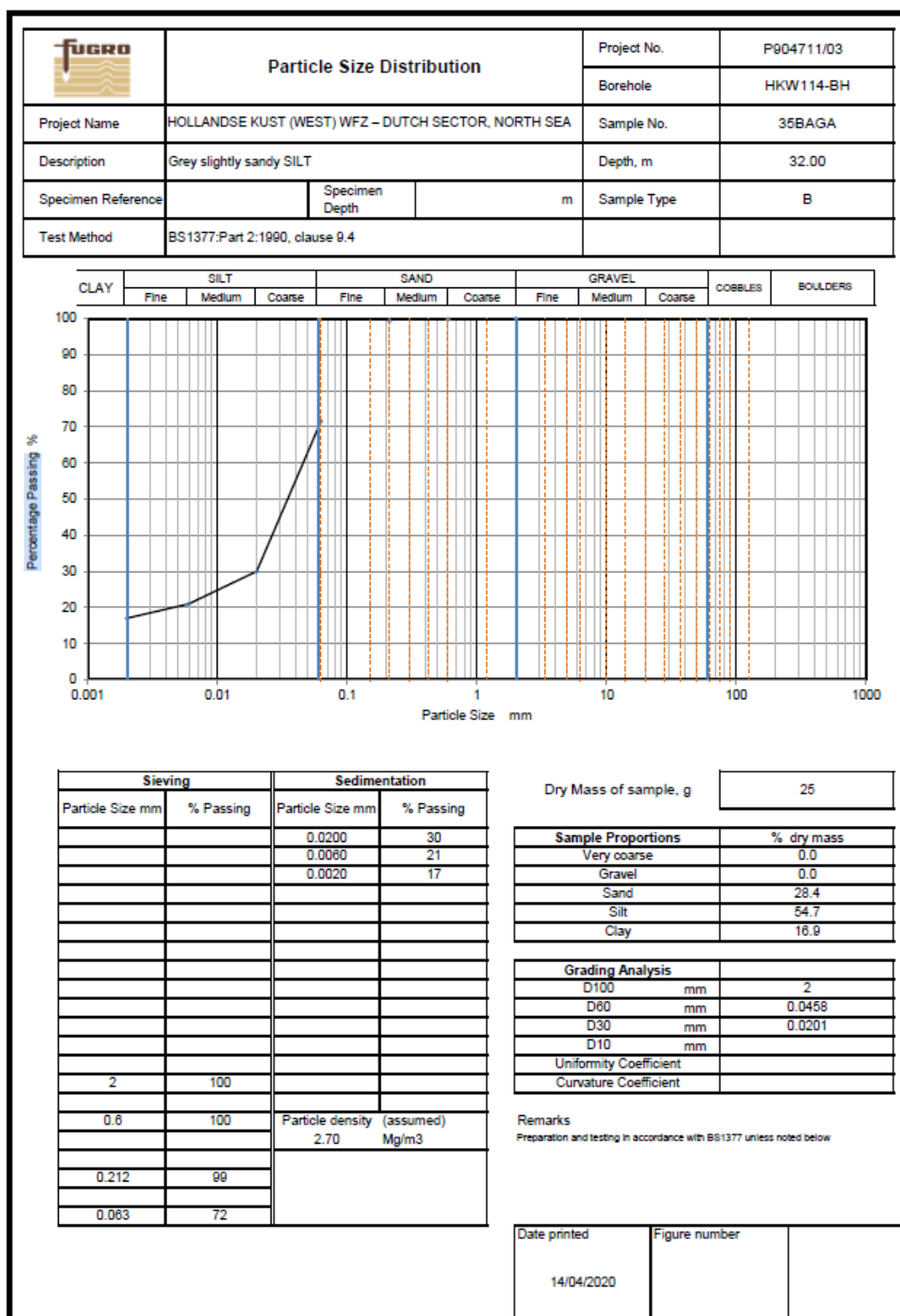
Σχήμα Α. 40: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW104-BH



Σχήμα Α. 41: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW104-BH



Σχήμα Α. 42: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW107-BH



Σχήμα Α. 43: Κοκκομετρική Καμπύλη από τη γεώτρηση HKW114-BH