



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Π.Μ.Σ. ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Διερεύνηση διαπερατότητας συμπυκνωμένων
λεπτόκοκκων γεωϋλικών»**

Χρήστος Χ. Γαμβρούδης

Εξεταστική Επιτροπή

Στειακάκης Εμμανουήλ (Επιβλέπων)

Αγιουτάντης Ζαχαρίας, Καθηγητής

Εξαδάκτυλος Γεώργιος, Καθηγητής

Χανιά, 2010

«αφιερώνεται
στην οικογένεια μου»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους, που χωρίς τη καθοριστική συμβολή τους δεν θα ήταν δυνατή η επιτυχής ολοκλήρωσή της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω:

Τον Επιβλέποντα κ. Εμ. Στειακάκη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλη τη διάρκεια της εργασίας, για τη συνεχή και πολύτιμη συνεργασία, για τις γνώσεις που μου προσέφερε καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές και υποστήριξη.

Τον Καθηγητή κ. Ζ. Αγιουτάντη για την συνεργασία, βοήθεια και επιστημονική εμπειρία του. Η καθοδήγηση, οι συμβουλές του και η εποικοδομητική κριτική του, υπήρξαν ιδιαίτερα πολύτιμες.

Τον Καθηγητή κ. Γ. Εξαδάκτυλο, μέλος της τριμελούς επιτροπής για τις χρήσιμες υποδείξεις του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Α. Κωμοδρόμο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Leuphana Universität Lüneburg – Campus Suderburg (Γερμανία) για την συμβολή και καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής διατριβής μου.

Ευχαριστώ τον Καθηγητή κ. Γ. Κωστάκη, τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Γ. Αλεβίζο, τον κ. Α. Στρατάκη καθώς και τον μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Ευ. Θωμαΐδη για τις αναλύσεις XRD.

Ευχαριστώ τον Καθηγητή κ. Θ. Μαρκόπουλο και την κ. Ευτ. Ρεπούσκου για τις αναλύσεις της μικροδομής των δοκιμίων μέσω του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM).

Επίσης ευχαριστώ τον Καθηγητή κ. Σταμπολιάδη Ηλία και την κ. Παντελάκη Όλγα για την μέτρηση της ειδικής επιφάνειας καθώς επίσης και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ν. Πασαδάκη για τις μετρήσεις του ενεργού πορώδους.

Θα ήθελα επίσης ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον κ. Βαβαδάκη Διονύσιο και τον κ. Στ. Μαυρυγιαννάκη για την συνεργασία και μετάδοση γνώσεων που μου προσέφεραν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γνώση της υδραυλικής αγωγιμότητας (διαπερατότητας) των εδαφικών σχηματισμών είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό των γεωτεχνικών έργων (π.χ. φράγματα, λιμνοδεξαμενές, επιχώματα), αλλά και για τη διαπίστωση της καταλληλότητας τους ως υλικά στεγάνωσης σε Χ.Υ.Τ.Α.

Στην παρούσα εργασία αξιολογήθηκαν τέσσερις (4) εργαστηριακές μέθοδοι προσδιορισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας ενώ διερευνήθηκε και η δυνατότητα επιβολής υψηλής υδραυλικής βαθμίδας με σκοπό τη μείωση του χρόνου των δοκιμών.

Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν περατόμετρα άκαμπτου τοιχώματος (περατόμετρο πίπτοντος φοτίου, υψηλού φορτίου, συμπίεσόμετρο εμπρόσθιας φόρτισης και υδραυλικό οιδήμετρο), ενώ ανάλογα με τη μέθοδο επιβλήθηκαν υδραυλικές βαθμίδες μεγέθους μέχρι $i=200$.

Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν εδαφικά δείγματα με διάφορη ποσοστιαία αναλογία άμμου, καολίνη και παιπάλης τα οποία συμπυκνώθηκαν σε υγρασία 2-4 % πάνω από τη βέλτιστη υγρασία συμπύκνωσης κατά Proctor.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα μεγέθη της υδραυλικής αγωγιμότητας που προέκυψαν από τις διάφορες δοκιμές και τις επιβαλλόμενες υδραυλικές βαθμίδες ήταν συγκρίσιμα για την πλειονότητα των δειγμάτων. Οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας εκτιμήθηκαν για το εδαφικό δείγμα με σύσταση **70 % Καολίνη** και **30 % Άμμο**, από $4,5 \times 10^{-10}$ έως $5,0 \times 10^{-9}$ m/s, για το δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70 %** από $1,3 \times 10^{-9}$ έως $7,3 \times 10^{-9}$ m/s και τέλος για το δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40 %** από $1,0 \times 10^{-9}$ έως $4,7 \times 10^{-9}$ m/s.

Για το δείγμα **Καολίνης – Άμμος 30-70 %** (με υψηλό συντελεστή Hazen $U=105,8$) προέκυψε διαφοροποίηση της μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας με τη χρήση των διαφόρων συσκευών, η οποία κυμαίνεται από $1,3 \times 10^{-9}$ m/s (περατόμετρο πίπτοντος φορτίου) μέχρι $7,3 \times 10^{-9}$ m/s (περατομέτρο υψηλού φορτίου). Η διαφοροποίηση αυτή αποδίδεται στην διαφορετική τεχνική κορεσμού των δοκιμών, στις διαφορετικές ενεργές τάσεις που αναπτύσσονται κατά τις δοκιμές, αλλά και στο μέγεθος της επιβαλλόμενης υδραυλική βαθμίδας.

Από την αξιολόγηση των μετρήσεων προέκυψε ότι κατά την δοκιμή με το περατόμετρο υψηλού φορτίου προκαλείται εσωτερική διάβρωση του δοκιμίου, η οποία τεκμηριώθηκε με την διαφοροποίηση του ισοδύναμου μέγεθος κόκκων με την αύξηση της υδραυλικής βαθμίδας, τις εικόνες της μικροδομής του δοκιμίου (SEM) και τη μέτρηση του ενεργού πορώδους των δειγμάτων σε μικρές ($i=1$) και μεγάλες υδραυλικές βαθμίδες ($i>100$).

Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, προέκυψε ότι το περατόμετρο υψηλού φορτίου και οι ψηλές υδραυλικές βαθμίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας μόνο στα εδαφικά δείγματα με χαμηλό συντελεστή ομοιομορφίας ($U \leq 17$).

Από τη δοκιμή μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας με την χρήση του οιδημέτρου σε δοκίμια που στερεοποιήθηκαν μονοδιάστατα κάτω από διάφορες ενεργές τάσεις, προέκυψαν χαρακτηριστικές σχέσεις μεταξύ του μεγέθους της ανηγμένης παραμόρφωσης των δοκιμίων και της υδραυλικής αγωγιμότητας, σχέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση της γεωτεχνικής συμπεριφοράς των εδαφών στο πεδίο. Ο έμμεσος προσδιορισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας μέσω των συντελεστών στερεοποίησης, εμπεριέχει ανακρίβειες λόγω των πολλαπλών παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν το φαινόμενο της στερεοποίησης, αλλά αποδείχθηκε αξιόπιστος στις περιπτώσεις εδαφικών δειγμάτων με χαμηλό συντελεστή ομοιομορφίας ($U \leq 17$).

Η χρήση του υδραυλικού οιδημέτρου έχει το πλεονέκτημα ότι όλη η διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη, ο κορεσμός γίνεται μέσω μιας αντιπίεσης πόρων και η υδραυλική αγωγιμότητα μπορεί να προσδιοριστεί σε διάφορα στάδια φόρτισης και αποφόρτισης του δοκιμίου χρησιμοποιώντας φορτία έως 3500 kPa. Μειονέκτημα της τεχνικής το μικρό μέγεθος του δοκιμίου που χρησιμοποιείται και οι μεγάλοι χρόνοι κορεσμού και μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας σε δοκίμια με χαμηλό συντελεστή ομοιομορφίας ($U=17$). Αποδεικνύεται εφικτή η μέτρηση με ψηλές υδραυλικές βαθμίδες. Δηλαδή ισχύει ο νόμος του DARCY σε όλο το εύρος των

υδραυλικών βαθμίδων i σε δείγματα με ($U \leq 17$) αλλά απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

Τέλος με βάση τους εμπειρικούς τύπους που χρησιμοποιήθηκαν, ο τύπος κατά Kozeny-Carman δίνει καλύτερη εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας k για εδαφικά δείγματα με συντελεστή ομοιομορφίας $U \leq 17$ ενώ αντίστοιχα εδαφικά δείγματα με συντελεστή ομοιομορφίας $U = 105,8$ υπάρχει απόκλιση η οποία κυμαίνεται από 5-10 %.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	1
1.1 Νόμος Darcy-Υδραυλική αγωγιμότητα	1
1.2 Μέθοδοι εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας	5
1.2.1 Χρήση εμπειρικών τύπων	6
1.2.2 Δοκιμές εισπίεσης (Pumping in tests)	6
1.2.3 Εργαστηριακές δοκιμές	7
1.2.3.1 Περαιτόμετρα άκαμπτου (rigid wall) τύπου	7
1.2.3.2 Περαιτόμετρα εύκαμπτου (flexible wall) τύπου	13
1.2.4 Μέγεθος του δοκιμίου	14
1.2.5 Σύγκριση περαιτομέτρων εύκαμπτου-άκαμπτου τύπου	15
1.3 Υδραυλικά συστήματα ελέγχου	19
1.3.1 Δοκιμές σταθερού φορτίου (constant head)	19
1.3.2 Δοκιμές πίπτοντος φορτίου (falling head)	21
1.3.3 Δοκιμές σταθερού ρυθμού ροής (constant flow)	22
1.4 Ειδικές απαιτήσεις για δοκιμές σε χονδρόκοκκα εδάφη	24
1.5 Ρευστό ροής	26
1.5.1 Νερό	26
1.5.2 Χημικά και απόβλητα υγρά	28
1.6 Προετοιμασία των δειγμάτων	30
1.6.1 Αδιατάρακτα δείγματα	30
1.6.2 Συμπυκνωμένα δοκίμια	31
1.7 Κριτήρια τερματισμού δοκιμής μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας	33
1.8 Άλλες σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν το μέγεθος της υδραυλικής αγωγιμότητας	34
1.8.1 Ενεργές τάσεις	34
1.8.2 Αντιπίεση πόρων	34
1.8.3 Υδραυλική βαθμίδα	35
1.8.4 Θερμοκρασία	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	38
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	38
2.1 Γενικά	38

2.2	Εδαφικά δείγματα	41
2.3	Ορυκτολογικές αναλύσεις	42
2.3.1	Διαδικασία	42
2.3.2	Αποτελέσματα	43
2.4	Δοκιμές υδατοαπορροφητικότητας κατά Enslin - Neff	48
2.4.1	Διαδικασία	50
2.4.2	Αποτελέσματα	50
2.5	Κοκκομετρική διαβάθμιση δειγμάτων	53
2.5.1	Γενικά	53
2.5.2	Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα	54
2.5.2.1	Διαδικασία	54
2.5.3	Κοκκομετρική ανάλυση με χρήση αραιομέτρου	57
2.5.3.1	Διαδικασία	58
2.5.4	Αποτελέσματα	59
2.6	Προσδιορισμός των ορίων Atterberg	63
2.6.1.1	Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας	66
2.6.1.2	Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας	68
2.6.2	Αποτελέσματα	69
2.7	Ταξινόμηση εδαφών	71
2.8	Ειδική επιφάνεια	72
2.8.1	Αποτελέσματα	72
2.9	Προσδιορισμός ειδικού βάρους των εδαφικών κόκκων	73
2.9.1	Αποτελέσματα	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3		75
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ		75
3.1	Πρότυπη μέθοδος Proctor	77
3.1.1	Διαδικασία	77
3.1.2	Αποτελέσματα	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4		81
ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ		81
4.1	Περατόμετρο πίπτοντος φορτίου (Falling head permeameter)	83
4.1.1	Διαδικασία	84
4.1.2	Αποτελέσματα	86
4.2	Περατόμετρο υψηλής πίεσης (High pressure permeameter)	88

4.2.1 Διαδικασία.....	89
4.2.2 Κατανομή ενεργών τάσεων στο περατόμετρο υψηλής πίεσης.....	91
4.2.3 Αποτελέσματα.....	92
4.3 Υδραυλικό οιδήμετρο (Hydraulic oedometer) - Τεχνική σταθερής ροής.....	98
4.3.1 Διαδικασία.....	100
4.3.2 Κατανομή ενεργών τάσεων στο υδραυλικό οιδήμετρο.....	102
4.3.3 Αποτελέσματα.....	103
4.4 Δοκιμή Οιδημέτρου.....	107
4.4.1 Διαδικασία.....	108
4.4.2 Αποτελέσματα.....	112
4.5 Εκτίμηση υδραυλικής αγωγιμότητας με εμπειρικούς τύπους.....	125
4.5.1 Εμπειρικοί τύποι.....	126
4.5.2 Αποτελέσματα.....	129
4.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	133
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	133
5.1 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM.....	133
5.1.1 Προετοιμασία δοκιμών για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	135
5.1.2 Αποτελέσματα.....	136
5.2 Μέτρηση ενεργού πορώδους – Ποροσίμετρο τύπου Boyle.....	144
5.2.1 Αποτελέσματα.....	146
5.3 Έλεγχος πιθανής διάβρωσης δοκιμών.....	147
5.3.1 Αποτελέσματα.....	149
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	150
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	150
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	153
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	158

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα περατομέτρου άκαμπτου και εύκαμπτου τύπου	18
Πίνακας 2.1 Ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων Καολίνη, Άμμου και Παιπάλης	43
Πίνακας 2.2 Ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων Καολίνης - Άμμος 30-70% και Καολίνης - Άμμος 70-30%	44
Πίνακας 2.3 Όρια υδατοαπορροφητικότητας για τον χαρακτηρισμό εδαφικών δειγμάτων (DIN 18132)	48
Πίνακας 2.4 Αποτελέσματα δοκιμών μέτρησης υδατοαπορροφητικότητας κατά Enslin-Neff	50
Πίνακας 2.5 Κωδικός και διάσταση οπής κοσκίνων ASTM D422	54
Πίνακας 2.6 Παράμετροι κοκκομετρικής διαβάθμισης	62
Πίνακας 2.7 Ενεργότητα αργίλων	65
Πίνακας 2.8 Τιμές ορίων Atterberg των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων	70
Πίνακας 2.9 Τιμές ειδικής επιφάνειας S υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων	72
Πίνακας 2.10 Τιμές ειδικού βάρους των σπουδαιότερων ορυκτών του εδάφους	74
Πίνακας 2.11 Τιμές ειδικού βάρους υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων	74
Πίνακας 3.1 Τιμές μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους (γ_{dmax}) και βέλτιστης υγρασίας συμπίκνωσης (w_{mc}) των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων	79
Πίνακας 4.1 Μετρούμενες τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας για το περατόμετρο πίπτοντος φορτίου	86
Πίνακας 4.2 Χαρακτηριστικές εξισώσεις ταχύτητας ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα	94
Πίνακας 4.3 Μετρούμενοι συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας στο περατόμετρο υψηλής πίεσης στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα	94
Πίνακας 4.4 Αρχικός και τελικός δείκτης πόρων των δοκιμών για το περατόμετρο υψηλής πίεσης	96
Πίνακας 4.5 Αρχικό και τελικό πορώδες (%) των δοκιμών για το περατόμετρο υψηλής πίεσης	97
Πίνακας 4.6 Εξισώσεις που σχετίζουν την ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα	104
Πίνακας 4.7 Μετρούμενοι συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας στο υδραυλικό οιδήμετρο στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα	104
Πίνακας 4.8 Συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας στο υδραυλικό οιδήμετρο	105
Πίνακας 4.9 Αρχικός και τελικός δείκτης πόρων για το υδραυλικό οιδήμετρο	105
Πίνακας 4.10 Αρχικό και τελικό πορώδες (%) για το υδραυλικό οιδήμετρο	106
Πίνακας 4.11 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών δοκιμής οιδήμετρου για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 70-30%	115
Πίνακας 4.12 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών δοκιμής οιδήμετρου για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 30-70%	116
Πίνακας 4.13 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών δοκιμής οιδήμετρου για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%	117
Πίνακας 4.14 Χαρακτηριστικές εξισώσεις υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων	124
Πίνακας 4.15 Εκτιμώμενη υδραυλική αγωγιμότητα k_0 κάτω από μηδενική φόρτιση	125
Πίνακας 4.16 Αποτελέσματα εκτίμησης υδραυλικής αγωγιμότητας μέσω εμπειρικών τύπων ..	130
Πίνακας 4.17 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης υδραυλικής αγωγιμότητας	131
Πίνακας 5.1 Αποτελέσματα μέτρησης ενεργού πορώδους	146

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1	Ζώνες στρωτής και τυρβώδους ροής	3
Σχήμα 1.2	Απόκλιση από το νόμο του Darcy σε αργιλικά υλικά.....	4
Σχήμα 1.3	Μέθοδοι εκτίμησης υδραυλικής αγωγιμότητας	5
Σχήμα 1.4	Περατόμετρο άκαμπτου τύπου που δεν επιτρέπει την διόγκωση του δοκιμίου.....	8
Σχήμα 1.5	Περατόμετρο άκαμπτου τύπου που επιτρέπει την διόγκωση του δοκιμίου.....	9
Σχήμα 1.6	Περατόμετρο άκαμπτου τύπου για δοκιμές σε αδρόκοκκα εδαφικά δείγματα.....	10
Σχήμα 1.7	Περατόμετρο στερεοποίησης.....	11
Σχήμα 1.8	Περατόμετρο αδιατάρακτων δειγμάτων	12
Σχήμα 1.9	Περατόμετρο μεγάλου μεγέθους.....	13
Σχήμα 1.10	Περατόμετρο εύκαμπτου τύπου.....	14
Σχήμα 1.11	Το σταθερό φορτίο διατηρείται με συνεχή παροχή νερού στη δεξαμενή.....	19
Σχήμα 1.12	Το σταθερό φορτίο διατηρείται χρησιμοποιώντας τη συσκευή Mariotte	20
Σχήμα 1.13	Διάταξη μεταβλητού φορτίου	21
Σχήμα 1.14	Διάταξη δοκιμής σταθερού ρυθμού ροής	22
Σχήμα 1.15	Αυτοματοποιημένη διάταξη δοκιμής σταθερού ρυθμού ροής.....	23
Σχήμα 1.16	Επίδραση τυρβώδους ροής	25
Σχήμα 1.17	Διπλή στρώση και επίδρασή της στην υδραυλική αγωγιμότητα	27
Σχήμα 1.18	Όρια υγρασίας συμπίκνωσης	31
Σχήμα 1.19	Τιμές συντελεστή διόρθωσης θερμοκρασίας R_T	37
Σχήμα 2.1	Η δομή του ορυκτού καολινίτης	40
Σχήμα 2.2	Υπό εξέταση διαμορφωμένα εδαφικά δείγματα	41
Σχήμα 2.3	Ανάκλαση ακτίνων-X στα πλεγματικά επίπεδα ενός κρυστάλλου	43
Σχήμα 2.4	Ακτινογράφημα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X δείγματος Καολίνης - Άμμος 30-70%	46
Σχήμα 2.5	Ακτινογράφημα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X δείγματος Καολίνης - Άμμος 70-30%	47
Σχήμα 2.6	Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης εδαφών	56
Σχήμα 2.7	Όρια Atterberg	64
Σχήμα 3.1	Διάγραμμα προσδιορισμού μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους και βέλτιστης υγρασίας συμπίκνωσης εδαφικού δείγματος.....	76
Σχήμα 3.2	Προσεγγιστικός προσδιορισμός βέλτιστης υγρασίας με την μέθοδο της συμπίκνωσης κατά Proctor σε συνδυασμό με τα όρια Atterberg.....	76
Σχήμα 4.1	Πειραματική διαδικασία μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας.....	82
Σχήμα 4.2	Κατανομή ενεργών τάσεων και πίεσης πόρων κάτω από	91
	εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης.....	91
Σχήμα 4.3	Συσκευή υδραυλικού οιδημέτρου	98
Σχήμα 4.4	Κατανομή ενεργών τάσεων και πίεσης πόρων κάτω από	102
	εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο υδραυλικό οιδήμετρο	102
Σχήμα 5.1	Σχηματική λειτουργίας Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου Σάρωσης (SEM)	135

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης.....	51
Διάγραμμα 2.2 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης - Άμμος (70-30%).....	52
Διάγραμμα 2.3 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%).....	52
Διάγραμμα 2.4 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης - Άμμος (30-70%).....	52
Διάγραμμα 2.5 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Παιπάλη.....	53
Διάγραμμα 2.6 Κοκκομετρική ανάλυση εδαφικών δειγμάτων.....	60
Διάγραμμα 2.7 Κοκκομετρική ανάλυση διαμορφωμένων εδαφικών μιγμάτων.....	60
Διάγραμμα 2.8 Χάρτης Πλαστικότητας Casagrande.....	71
Διάγραμμα 2.9 Συσχέτιση μεταξύ της ειδικής επιφάνειας 1/S με το όριο υδαρότητας 1/LL.....	73
Διάγραμμα 3.1 Προσδιορισμός μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους και βέλτιστης υγρασίας συμπύκνωσης των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων.....	80
Διάγραμμα 4.1 Μέση τιμή υδραυλικής αγωγιμότητας k των εδαφικών δειγμάτων με το περατόμετρο πίπτοντος φορτίου ($i < 1$).....	87
Διάγραμμα 4.2 Ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης για το δείγμα Καολίνης-Άμμος 70-30%.....	92
Διάγραμμα 4.3 Ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης για το δείγμα Καολίνης-Άμμος 30-70%.....	92
Διάγραμμα 4.4 Ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης για το δείγμα Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%.....	93
Διάγραμμα 4.5 Ταχύτητες ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο υδραυλικό οιδήμετρο για το δείγμα Καολίνης-Άμμος 70-30%.....	103
Διάγραμμα 4.6 Ταχύτητες ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο υδραυλικό οιδήμετρο για το δείγμα Καολίνης-Άμμος 30-70%.....	103
Διάγραμμα 4.7 Ανηγμένη παραμόρφωση ($\Delta H/H_0$) σε συνάρτηση με την τετραγωνική ρίζα ($\sqrt{t}$) του χρόνου.....	110
Διάγραμμα 4.8 Δείκτης πόρων σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 70-30%.....	114
Διάγραμμα 4.9 Δείκτης πόρων σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 30-70%.....	114
Διάγραμμα 4.10 Δείκτης πόρων σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%.....	114
Διάγραμμα 4.11 Υδραυλική αγωγιμότητας k σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργή τάση για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 70-30%.....	118
Διάγραμμα 4.12 Υδραυλική αγωγιμότητας k σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 30-70%.....	118
Διάγραμμα 4.13 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%.....	119
Διάγραμμα 4.14 Συσχέτιση μεταξύ της έμμεσα και άμεσα μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας (Καολίνης - Άμμος 70-30%).....	120
Διάγραμμα 4.15 Συσχέτιση μεταξύ της έμμεσα και άμεσα μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας (Καολίνης - Άμμος 30-70%).....	120
Διάγραμμα 4.16 Συσχέτιση μεταξύ της έμμεσα και άμεσα μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας (Καολίνης - Άμμος- Παιπάλη 30-30-40%).....	120

Διάγραμμα 4.17 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το λόγο κενών για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 70-30%	121
Διάγραμμα 4.18 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το λόγο κενών για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 30-70%	121
Διάγραμμα 4.19 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το λόγο κενών για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%	122
Διάγραμμα 4.20 Συσχέτιση υδραυλικής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με το $(1-e)$ για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 70-30%	122
Διάγραμμα 4.21 Συσχέτιση υδραυλικής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με το $(1-e)$ για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 30-70%	123
Διάγραμμα 4.22 Συσχέτιση υδραυλικής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με το $(1-e)$ για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%	123
Διάγραμμα 5.1 Λόγος $D_{e(\text{μετρούμενο})} / D_{e(\text{υπολογιζόμενο})}$ σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική πίεση ΔP	149

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Περιθλασίμετρο ακτίνων - X τύπου D8-Advance της εταιρίας Bruker AXS	42
Εικόνα 2.2 Συσκευή μέτρησης υδατοαπορροφητικότητας κατά Enslin – Neff	49
Εικόνα 2.3 Ογκομετρικός κύλινδρος και αραιόμετρο μέτρησης των εν αιωρήσει κόκκων	59
Εικόνα 2.4 Εργαστηριακός εξοπλισμός μέτρησης ορίων Atterberg	65
Εικόνα 2.5 Συσκευή Casagrande	66
Εικόνα 2.6 Συσκευή πενетроμέτρου πίπτοντος κώνου	67
Εικόνα 2.7 Συσκευή προσδιορισμού ορίου πλαστικότητας (DIN 18122, Bl.1)	69
Εικόνα 3.1 Μήτρα πρότυπης δοκιμής συμπίκνωσης κατά Proctor	77
Εικόνα 3.2 Συσκευή συμπίκνωσης	78
Εικόνα 4.1 Διάταξη περατομέτρου πίπτοντος φορτίου	84
Εικόνα 4.2 Περατόμετρο υψηλής πίεσης	89
Εικόνα 4.3 Διαμόρφωση δοκιμίου για το περατόμετρο υψηλής πίεσης	90
Εικόνα 4.4 Συσκευή υδραυλικού οιδημέτρου, ψηφιακών ελεγκτών	99
Εικόνα 4.5 Τοποθέτηση δοκιμίου στη συσκευή υδραυλικού οιδημέτρου	100
Εικόνα 4.6 Εργαστηριακές συσκευές οιδημέτρου	107
Εικόνα 4.7 Συσκευή οιδημέτρου - άμεσος προσδιορισμό υδραυλικής αγωγιμότητας	108
Εικόνα 5.1 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM	134
Εικόνα 5.2 Δοκίμια ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM)	136
Εικόνα 5.3 Φωτογραφίες μικροδομής δείγματος Καολίνης-Άμμος 70-30% με τη χρήση SEM (α) αρχικά πριν την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας και μετά την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας (β) με την δοκιμή οιδημέτρου, (γ) με το περατόμετρο υψηλής πίεσης, (δ) με το υδραυλικό οιδήμετρο	137
Εικόνα 5.4 Φωτογραφίες μικροδομής δείγματος Καολίνης-Άμμος 30-70% με τη χρήση SEM (α) αρχικά πριν την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας και μετά την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας (β) με την δοκιμή οιδημέτρου, (γ) με το περατόμετρο υψηλής πίεσης, (δ) με το υδραυλικό οιδήμετρο	138
Εικόνα 5.5 Φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) εδαφικού δείγματος Καολίνης-Άμμος 70-30% (x200)	140
Εικόνα 5.6 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 1, Εικόνα 5.5)	141

Εικόνα 5.7 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 2, Εικόνα 5.5).....	141
Εικόνα 5.8 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 3, Εικόνα 5.5).....	141
Εικόνα 5.9 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 4, Εικόνα 5.5).....	142
Εικόνα 5.10 Φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) εδαφικού μίγματος Κασολίνης-Άμμος 30-70% (x500).....	142
Εικόνα 5.11 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 1, Εικόνα 5.10).....	142
Εικόνα 5.12 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 2, Εικόνα 5.10).....	143
Εικόνα 5.13 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 3, Εικόνα 5.10).....	143
Εικόνα 5.14 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 4, Εικόνα 5.10).....	143
Εικόνα 5.15 Ποροσίμετρο τύπου Boyle	144

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

1.1 Νόμος Darcy-Υδραυλική αγωγιμότητα

Η υδραυλική αγωγιμότητα είναι μια σταθερά σύμφωνα με το νόμο του Darcy (1856) (Εξίσωση 1.1) η οποία αποδίδει τη σχέση της παροχής και της υδραυλικής βαθμίδας που επιβάλλεται στα άκρα του δοκιμίου:

$$q = k \times i \times A = k \times \frac{\Delta H}{L} \times A \quad (\text{Εξίσωση 1.1})$$

όπου,

- q : ρυθμός ροής, m^3/s
- k : υδραυλική αγωγιμότητα, m/s
- $\Delta H/L$: i = υδραυλική βαθμίδα
- ΔH : απώλεια φορτίου κατά μήκος του δοκιμίου, m
- L : μήκος δοκιμίου, m
- A : εμβαδόν διατομής δοκιμίου, m^2 .

Η υδραυλική αγωγιμότητα (k) έχει μονάδες μήκους ανά μονάδα χρόνου. Στις Η.Π.Α. η μονάδα του k είναι ft/s , ενώ στο SI m/s .

Η υδραυλική αγωγιμότητα (k) στο νόμου του Darcy δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες του πορώδους μέσου αλλά και από τις ιδιότητες ρέοντος υγρού (Olson and Daniel, 1981). Η άμμος για παράδειγμα θα είχε μικρότερη υδραυλική αγωγιμότητα εάν το ρέον υγρό ήταν λάδι αντί νερό, διότι το λάδι έχει μεγαλύτερο ιξώδες.

Μία πιο γενική μορφή του νόμου του Darcy είναι η εξής (**Εξίσωση 1.2**):

$$q = K \times \frac{\gamma}{\mu} \times \frac{\Delta H}{L} \times A \quad (\text{Εξίσωση 1.2})$$

όπου,

- K : απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα, m^2
 γ : μοναδιαίο βάρος του ρέοντος υγρού, $kg/m^2 s^2$
 μ : ιξώδες του ρέοντος υγρού, $kg/m s$.

Η απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα είναι συνάρτηση μόνο των ιδιοτήτων του πορώδους μέσου και όχι των ιδιοτήτων του ρέοντος υγρού.

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται η υδραυλική αγωγιμότητα (k) αντί του όρου απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα επειδή αναφέρεται στο νερό του οποίου η πυκνότητα και το ιξώδες παραμένουν σχετικά σταθερές (η υδραυλική αγωγιμότητα μεταβάλλεται περίπου 3% για κάθε μεταβολή 1 °C στη θερμοκρασία). Παραδοσιακά η σταθερά k της **Εξίσωσης 1.1** καλείται συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας αλλά στην εδαφομηχανική και υδρογεωλογία ονομάζεται υδραυλική αγωγιμότητα. Επίσης η χρήση του όρου υδραυλική αγωγιμότητα για την σταθερά k της **Εξίσωσης 1** μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση με την απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα η οποία είναι σταθερά της **Εξίσωσης 1.2**. Η χρήση του όρου υδραυλική αγωγιμότητα εξαλείφει κάθε σύγχυση με την απόλυτη ή ειδική υδραυλική αγωγιμότητα. Στην εργασία αυτή η υδραυλική αγωγιμότητα υποδηλώνει την σταθερά k της **Εξίσωσης 1.1**.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η εξίσωση του Darcy (**Εξίσωση 1.1**) ισχύει για ένα μεγάλο εύρος τύπων εδαφών και υδραυλικών βαθμίδων όταν υπάρχει στρωτή (laminar) ροή μέσω των κόκκων (Olson and Daniel, 1981).

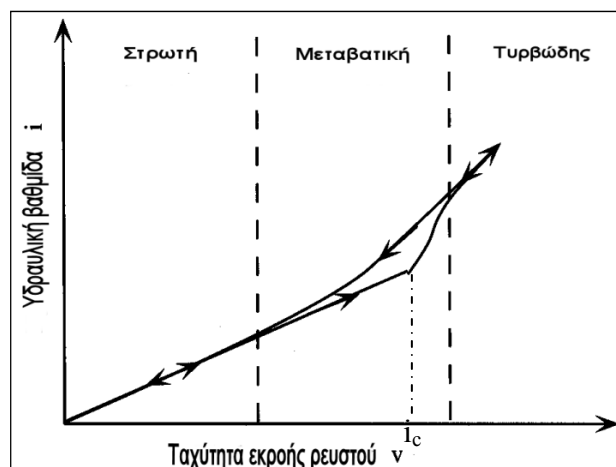
Το κριτήριο έρευνας του εύρους εφαρμογής του νόμου του Darcy είναι ο αριθμός Reynolds (R_n). Για ροή σε πορώδη μέσα ο αριθμός Reynolds (R_n) δίνεται από την σχέση:

$$R_n = \frac{vD\rho}{\mu} \quad (\text{Εξίσωση 1.3})$$

όπου,

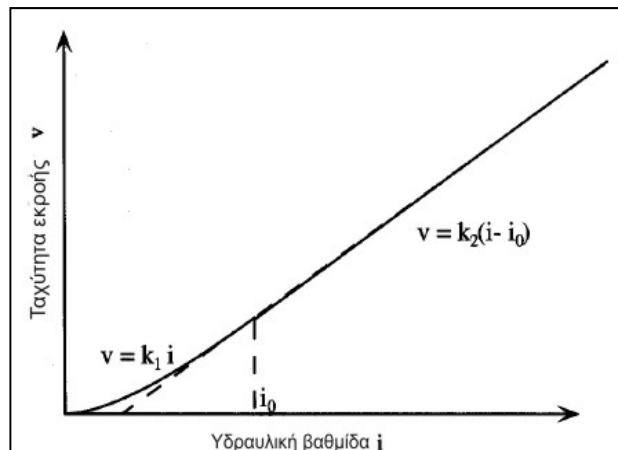
- v : ταχύτητα εκροής, cm/s
- D : μέση διάμετρος κόκκων, cm
- ρ : πυκνότητα ρευστού, kg/cm³
- μ : δυναμικό ιξώδες, kg/cm s

Εντούτοις, ο νόμος του Darcy δεν ισχύει για πολύ μεγάλες υδραυλικές βαθμίδες σε χονδρόκοκκα εδάφη όπου η ροή από στρωτή γίνεται τυρβώδης (**Σχήμα 1.1**).



Σχήμα 1.1 Ζώνες στρωτής και τυρβώδους ροής (Taylor, 1948)

Ο νόμος του Darcy δεν ισχύει επίσης όταν εφαρμόζονται πάρα πολύ μικρές υδραυλικές βαθμίδες σε αργιλικά κυρίως υλικά. Όπως αποδείχθηκε από τον Hansbo (1960), σε αργιλικά εδαφικά δείγματα για πολύ μικρές υδραυλικές βαθμίδες ($i < i_o$) υπάρχει μια μη γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας εκροής (v) και της υδραυλικής βαθμίδας, ενώ για μεγάλες υδραυλικές βαθμίδες ($i \geq i_o$) η σχέση γίνεται γραμμική (**Σχήμα 1.2**).



Σχήμα 1.2 Απόκλιση από το νόμο του Darcy σε αργιλικά υλικά (Hansbo, 1960)

Όταν η ροή του ρευστού μέσω του υπό μελέτη δείγματος είναι με φορά από κάτω προς τα επάνω, φαινόμενα τριβής τείνουν να ανυψώσουν τους εδαφικούς κόκκους και να εξαναγκάσουν τον αποχωρισμό τους.

Η υδραυλική αγωγιμότητα εξαρτάται από μηχανικούς ή φυσικοχημικούς παράγοντες. Οι μηχανικοί παράγοντες κύριου ενδιαφέροντος που επηρεάζουν την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι το μέγεθος του δοκιμίου, η υγρασία συμπύκνωσης του εδάφους (για συμπυκνωμένα εδάφη), η μέθοδος και ο χρόνος κορεσμού του δοκιμίου, η θερμοκρασία του ρευστού και του περιβάλλοντα χώρου και το χρησιμοποιούμενο ρευστό. Οι φυσικοχημικοί παράγοντες όπως η ορυκτολογική σύσταση και το ποσοστό των αργιλικών ορυκτών επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της υδραυλικής αγωγιμότητας επειδή ελέγχουν την τάση των αργιλικών ορυκτών να διογκώνονται και να δημιουργούν συσσωματώματα (Mesri et al., 1971).

Στη συνέχεια περιγράφονται τεχνικές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας.

1.2 Μέθοδοι εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας

Ο υπολογισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) γίνεται με τους εξής τρόπους:

1. Βάση εμπειρικών τύπων.
2. Με δοκιμές εισπίεσης.
3. Με εργαστηριακές δοκιμές.



Σχήμα 1.3 Μέθοδοι εκτίμησης υδραυλικής αγωγιμότητας

1.2.1 Χρήση εμπειρικών τύπων

Μερικοί από τους εμπειρικούς τύπους που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι (Odong, 2007):

$$\text{Hazen:} \quad k = \frac{g}{\nu} \times 6 \times 10^{-4} [1 + 10(n - 0.26)] d_{10}^2 \quad (\text{Εξίσωση 1.4})$$

$$\text{Kozeny-Carman :} \quad k = \frac{g}{\nu} \times 8.3 \times 10^{-3} \left[\frac{n^3}{(1-n)^2} \right] d_{10}^2 \quad (\text{Εξίσωση 1.5})$$

$$\text{Breyer:} \quad k = \frac{g}{\nu} \times 6 \times 10^{-4} \log \frac{500}{U} d_{10}^2 \quad (\text{Εξίσωση 1.6})$$

όπου,

k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s

ν : κινηματικό ιξώδες του ρευστού, cm³/s

g : επιτάχυνση της βαρύτητας, cm/s²

n : πορώδες του εδάφους, %

$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$: συντελεστής ομοιομορφίας του εδάφους.

1.2.2 Δοκιμές εισπίεσης (Pumping in tests)

Οι δοκιμές εισπίεσης νερού Maag, Lefranc και Lugeon, (pumping in tests), αποτελούν τον καταλληλότερο τρόπο εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας κυρίως για το τμήμα του υπεδάφους που βρίσκεται πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα, δηλαδή στην ακόρεστη ζώνη.

Δεν θα πρέπει πάντως να λησμονείται ότι η υδραυλική αγωγιμότητα ακόμα και σε ένα ομοιόμορφο σχηματισμό μεταβάλλεται από το ένα σημείο στο άλλο ή ότι η παρουσία στρωσιγένειας υποδηλώνει συνήθως διαφορετική υδραυλική αγωγιμότητα κατά την οριζόντια και την κατακόρυφο διεύθυνση.

Κατά τις δοκιμές αυτές, είτε εισάγεται μέσα στη δειγματοληπτική γεώτρηση ποσότητα νερού και μετράται το επιβαλλόμενο φορτίο κάτω από δεδομένη πίεση, είτε η στάθμη του νερού ανυψώνεται και καταγράφεται ο ρυθμός πτώσης μέχρι τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Στη πρώτη περίπτωση πρόκειται για δοκιμές σταθερού φορτίου (constant head test), ενώ στη δεύτερη για δοκιμές πίπτοντος φορτίου (falling head test) (Μαρίνος, 1991).

1.2.3 Εργαστηριακές δοκιμές

Εργαστηριακά, η υδραυλική αγωγιμότητα μπορεί να μετρηθεί με συσκευές περατομέτρων εύκαμπτου (flexible wall), είτε άκαμπτου (rigid wall) τύπου. Το είδος του περατομέτρου που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας εξαρτάται κυρίως από το φύση του υπό εξέταση δείγματος, τις διαδικασίες προετοιμασίας (ποιότητα) των δοκιμίων και τις συνθήκες που προσομοιώνονται.

Στις συσκευές των περατομέτρων, ανάλογα με τη φύση των εδαφικών σχηματισμών, μπορούν να εκτελεστούν δοκιμές σταθερού υδραυλικού φορτίου (constant head), δοκιμές πίπτοντος υδραυλικού φορτίου και δοκιμές σταθερού ρυθμού ροής (Olson and Daniel, 1981).

1.2.3.1 Περατόμετρα άκαμπτου τύπου

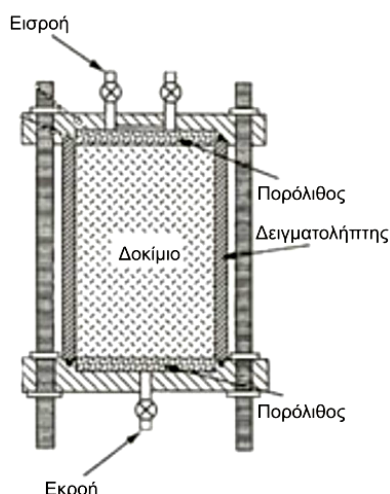
Αποτελούνται από ένα άκαμπτο, κατασκευασμένο από μέταλλο, πλαστικό ή γυαλί (χρησιμοποιείται μόνο για δοκιμές όπου το ρέον υγρό είναι κάποιο χημικό), κελί-δειγματολήπτη ο οποίος περιέχει το δοκίμιο. Το υγρό ρέει αξονικά κατά μήκος του δοκιμίου με κατεύθυνση από την βάση ή την κορυφή του δοκιμίου. Η κατεύθυνση της ροής παίζει σημαντικό ρόλο. Η ροή από την βάση του δοκιμίου αφενός βοηθάει στην διαλυτοποίηση του εγκλωβισμένου αέρα, αφετέρου πρέπει να δοθεί προσοχή στο να μην ρευστοποιηθεί το δοκίμιο ή σε πιθανή μετακίνηση του προς τα επάνω. Τα περατόμετρα άκαμπτου τύπου (rigid wall) ανάλογα με το είδος του

κελίου-δειγματολήπτη που χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση σε χονδρόκοκκα εδαφικά δείγματα είναι τεσσάρων τύπων (Olson and Daniel, 1981).

Περατόμετρο συμπίκνωσης

Το περατόμετρο συμπίκνωσης είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο περατόμετρο άκαμπτου (rigid wall) τύπου (**Σχήμα 1.4**). Το υπό δοκιμή δείγμα τοποθετείται στο κελί-δειγματολήπτη του περατομέτρου, συμπυκνώνεται κατάλληλα, και στη συνέχεια μετράται η υδραυλική αγωγιμότητα. Κοκκομετρικά τα εδάφη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο συγκεκριμένο περατόμετρο ποικίλλουν από αμμοχάλικα έως αργίλους.

Οι πορόλιθοι τοποθετούνται στις άκρες του δοκιμίου για να εξασφαλιστεί μονοδιάστατη ροή μέσα στο δοκίμιο. Για να επιτευχθεί αυτό, οι πορόλιθοι πρέπει να έχουν πολύ υψηλότερη υδραυλική αγωγιμότητα από το δείγμα.



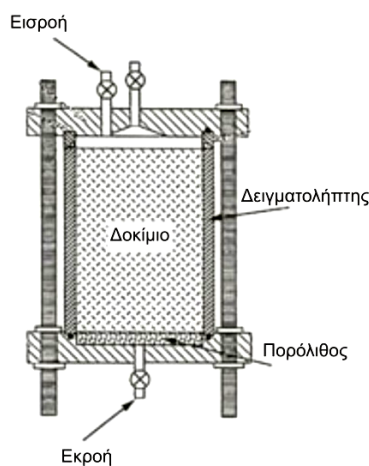
Σχήμα 1.4 Περατόμετρο άκαμπτου τύπου που δεν επιτρέπει την διόγκωση του δοκιμίου (Olson and Daniel, 1981)

Όταν μετράται η υδραυλική αγωγιμότητα, με οποιοδήποτε τύπο περατομέτρου, είναι σημαντικό, οι απώλειες φορτίου να εμφανίζονται στο δοκίμιο και όχι στους πορόλιθους, στους σωλήνες ή τις βαλβίδες.

Προτού εκτελεστεί μια δοκιμή για τη μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας προτείνεται η εκτέλεση μιας δοκιμαστικής μέτρησης ροής μέσω του δειγματολήπτη

χωρίς δείγμα (συμπεριλαμβανομένων των πορόλιθων) εφαρμόζοντας μια διαφορά πίεσης ίδια με αυτή που θα εκτελεστεί στο δείγμα. Εάν ο ρυθμός ροής μέσω του άδειου κελιού είναι τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερος από το ρυθμό ροής χρησιμοποιώντας το υπό δοκιμή δείγμα συμπεραίνεται ότι σχεδόν όλες οι απώλειες εμφανίζονται μέσα στο δοκίμιο.

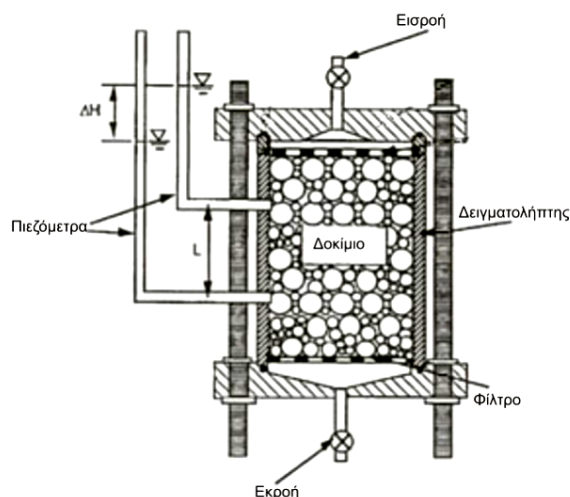
Το περατόμετρο στο **Σχήμα 1.4** δεν επιτρέπει στο δοκίμιο να διογκωθεί. Ένα άλλου τύπου άκαμπτο περατόμετρο συμπύκνωσης που επιτρέπει στο δείγμα να διογκωθεί παρουσιάζεται στο **Σχήμα 1.5**. Σ' αυτόν τον τύπο κελιού, ο πορόλιθος στην ανώτερη επιφάνεια δεν είναι απαραίτητος και η ροή πρέπει να είναι πάντα από κάτω προς τα επάνω. Όταν χρησιμοποιούνται δείγματα τα οποία διογκώνονται πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι μεταβολή στο μήκος του δοκιμίου θα προκαλέσει μεταβολή στην υδραυλική βαθμίδα (**Εξίσωση 1.1**). Επίσης το δοκίμιο θα έχει πιθανότατα πολύ μεγαλύτερη υδραυλική αγωγιμότητα σε σχέση με ένα άλλο δοκίμιο τοποθετημένο σε ένα κελί, το οποίο δεν επιτρέπει την διόγκωση επειδή: (1) η ενεργή τάση του εδάφους στο δακτύλιο διόγκωσης είναι ουσιαστικά μηδενική, γεγονός που οδηγεί σε υψηλό πορώδες, και 2) εξαιτίας της πιθανής εμφάνισης πλευρικής διαρροής μεταξύ του δοκιμίου και του δειγματολήπτη (Olson and Daniel, 1981).



Σχήμα 1.5 Περαιτόμετρο άκαμπτου τύπου που επιτρέπει την διόγκωση του δοκιμίου (Olson and Daniel, 1981)

Πολλές φορές παρεμβάλλονται στα τοιχώματα της κυψέλης πιεζόμετρα (**Σχήμα 1.6**) για να μετρήσουν την απώλεια φορτίου σε καθορισμένη απόσταση μέσα στο

δοκίμιο. Η μέτρηση της απώλειας μεταξύ δύο σημείων της κυψέλης είναι συχνά ο απλούστερος τρόπος αντιμετώπισης (διόρθωσης) του προβλήματος που προκύπτει λόγω των απωλειών στους σωλήνες, τις βαλβίδες, τις συναρμολογήσεις. Αυτές οι απώλειες μειώνουν το ποσοστό ροής μέσω του δείγματος, αλλά η μείωση αυτή δεν επηρεάζει την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας εάν προσδιορίζεται η υδραυλική βαθμίδα μέσα στο δείγμα. Για εδάφη με πολύ υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα (π.χ. $> 1 \text{ cm/s}$), οι κύριες προκλήσεις που χρήζουν περαιτέρω εξέταση είναι: (1) η χρησιμοποίηση ενός υδραυλικού συστήματος που θα παρέχει υψηλό ποσοστό ροής και (2) ο ακριβής προσδιορισμός του $\Delta H/L$ χρησιμοποιώντας πιεζόμετρα όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1.6**.



Σχήμα 1.6 Περατόμετρο άκαμπτου τύπου για δοκιμές σε αδρόκοκκα εδαφικά δείγματα (Olson and Daniel, 1981)

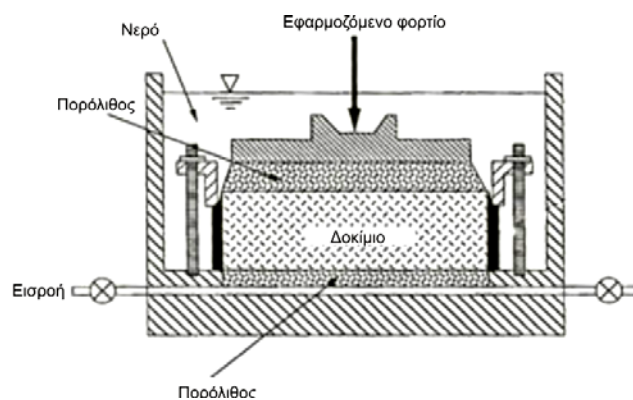
Το περατόμετρο στο **Σχήμα 1.4** δεν επιτρέπει τη διόγκωση, και το περατόμετρο στο **Σχήμα 1.5** δεν προβάλλει καμία αντίσταση στη διόγκωση. Σε πολλές περιπτώσεις επιδιώκεται μια ενδιάμεση κατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της κατακόρυφης τάσης που ενεργείται στο δοκίμιο όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1.6**. Η κατακόρυφη τάση προσομοιώνει τις συνθήκες πεδίου. Το μόνο πρόβλημα είναι ότι η τριβή μεταξύ του δοκιμίου και του εσωτερικού του σωλήνα αναγκάζουν την εφαρμοζόμενη τάση να μεταβάλλεται με το βάθος μέσα στο περατόμετρο. Αυτό το πρόβλημα αποφεύγεται μειώνοντας την σχέση του μήκους (L) προς τη διάμετρο (D)

του δοκιμίου, π.χ. ≤ 0.25 , η οποία είναι χαρακτηριστική σε μια δοκιμή στερεοποίησης (Σχήμα 1.7). Το περατόμετρο στερεοποίησης με ελεγχόμενη την κατακόρυφη τάση είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για υλικά υψηλής συμπίεστότητας (Olson and Daniel, 1981).

Περατόμετρο στερεοποίησης

Ένα περατομέτρο στερεοποίησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.7. Αυτός ο τύπος περατομέτρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους (Olson et al., 1981 και Olson, 1986): (1) το δείγμα στερεοποιείται και η υδραυλική αγωγιμότητα υπολογίζεται με βάση το ρυθμό στερεοποίησης του, ή (2) η υδραυλική αγωγιμότητα μετράται άμεσα με βάση τη ροή του νερού μέσα στο δοκίμιο.

Το πρόβλημα με τον πρώτο τρόπο είναι ότι είναι πιθανό να προκύψουν σφάλματα ως αποτέλεσμα της δευτερεύουσας στερεοποίησης, τα οποία δεν πρέπει να υπολογίζονται για τον προσδιορισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας και που οδηγούν σε μια υδραυλική αγωγιμότητα που είναι πάρα πολύ μικρή. Το σφάλμα είναι πιθανώς λιγότερο από 50% (Olson and Daniel, 1981 και Olson, 1986). Το πρόβλημα που προκύπτει από το δεύτερο τρόπο (άμεση μέτρηση της ροής στο κελί-δειγματολήπτη στερεοποίησης) είναι ότι μπορεί να εμφανιστεί πλευρική διαρροή. Η πλευρική διαρροή σπάνια είναι πρόβλημα για εδάφη που έχουν υποβληθεί σε τάσεις συμπίεσης τουλάχιστον 50 kPa, αλλά η πλευρική διαρροή μπορεί να είναι ένα σοβαρό πρόβλημα κατά τη δοκιμή σε πολύ δύσκαμπτα εδάφη ή κατά την εφαρμογή πολύ μικρών τάσεων.

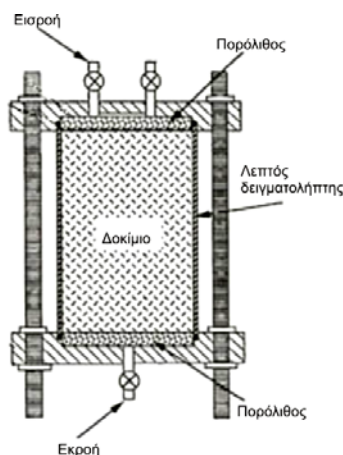


Σχήμα 1.7 Περατόμετρο στερεοποίησης (Olson and Daniel, 1981)

Το περατόμετρο στερεοποίησης είναι κατάλληλο μόνο για αργιλικά εδάφη που δεν περιέχουν καθόλου αμμοχάλικα ή αδρόκοκκη άμμο. Η χρήση του έχει μειωθεί σημαντικά στα τελευταία 10 έως 15 χρόνια, κυρίως επειδή άλλοι τύποι περατομέτρων προσφέρουν μεγαλύτερο εύρος εφαρμογής (Olson and Daniel, 1981).

Περατόμετρο αδιατάρακτων δειγμάτων

Αδιατάρακτα δείγματα εδάφους λαμβάνονται συχνά με δειγματολήπτες λεπτού τοιχώματος. Χρησιμοποιώντας τους δειγματολήπτες αυτούς ως κυψέλες περατομέτρων υπάρχει υψηλός κίνδυνος πλευρικής διαρροής μεταξύ του δείγματος και του δειγματολήπτη, ιδιαίτερα όταν εξετάζονται υλικά που περιέχουν αμμοχάλικα, ή όταν είναι πολύ δύσκαμπτα ή σκληρά υλικά (**Σχήμα 1.8**). Επίσης πολλοί δειγματολήπτες είναι κατασκευασμένοι με μια διάμετρο ελαφρά μικρότερη από την εσωτερική διάμετρο (προκειμένου να μειωθεί η τριβή) που διευκολύνει παράλληλα και τις πλευρικές διαρροές (Olson and Daniel, 1981).

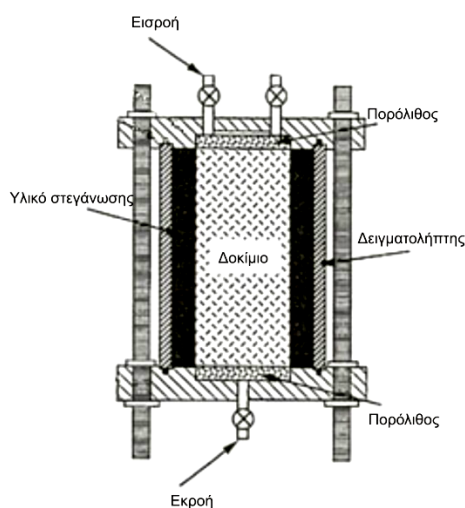


Σχήμα 1.8 Περατόμετρο αδιατάρακτων δειγμάτων (Olson and Daniel, 1981)

Περατόμετρο μεγάλου μεγέθους

Το δείγμα τοποθετείται σε ένα μεγάλου μεγέθους περατόμετρο, με ένα δακτυλιοειδή στεγανωτικό παρέμβυσμα μεταξύ του δείγματος και του σωλήνα του περατομέτρου (**Σχήμα 1.9**). Το στεγανωτικό υλικό είναι συνήθως μπεντονίτης.

Χρησιμοποιείται ένας μεγάλος αριθμός περατομέτρων για δείγματα εδάφους-τσιμέντου, και τα αποτελέσματα είναι γενικά ικανοποιητικά. Εντούτοις, προβλήματα πιθανόν να προκύψουν στο στεγανωτικό παρέμβυσμα, και σε κάθε δοκιμή, γι' αυτό πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαμόρφωση και τον έλεγχο του στεγανωτικού παρεμβύσματος. Λόγω των δυσκολιών που περιγράφηκαν, το περατόμετρο μεγάλου μεγέθους δεν συνιστάται για γενική χρήση (Olson and Daniel, 1981).



Σχήμα 1.9 Περατόμετρο μεγάλου μεγέθους (Olson and Daniel, 1981)

1.2.3.2 Περατόμετρα εύκαμπτου τύπου

Ένα περατόμετρο εύκαμπτου τύπου παρουσιάζεται στο **Σχήμα 1.10**. Το δοκίμιο περιορίζεται περιμετρικά από μια μεμβράνη και πορόλιθους και πώμα στην κορυφή και το κατώτατο άκρο του.

Το κελί-δειγματολήπτης γεμίζει με νερό και με την χρήση αέρα η μεμβράνη εφάπτεται στο δοκίμιο μειώνοντας την όποια πλευρική διαρροή. Δύο γραμμές αποστράγγισης στα δύο άκρα του δοκιμίου χρησιμοποιούνται για την εκτόνωση του αέρα έξω από το δείγμα.

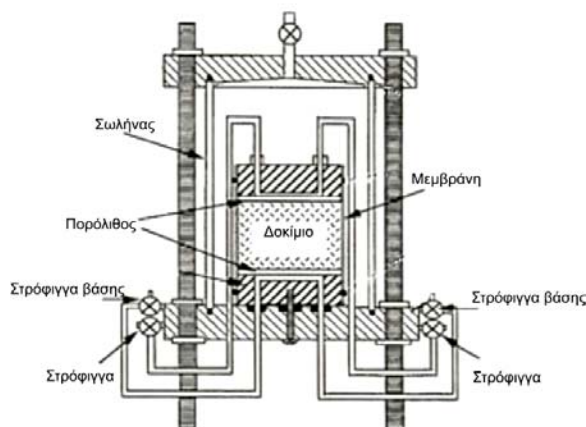
Όταν το ρέον υγρό είναι χημικό τρία είναι τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν: (1) συμβατότητα του υγρού με τα μέρη του περατομέτρου εύκαμπτου

(flexible wall) τύπου (2) συμβατότητα του υγρού με τη μεμβράνη και (3) διάχυση του ρευστού μέσω της μεμβράνης στο κελί-δειγματολήπτη.

Το πρώτο πρόβλημα επιλύεται χρησιμοποιώντας κελί-δειγματολήπτη που είναι κατασκευασμένος από υλικά όπως ανοξείδωτος χάλυβας και Teflon.

Το δεύτερο πρόβλημα (συμβατότητα υγρού-μεμβράνης) μπορεί να επιλυθεί με δύο τρόπους: (α) χρησιμοποίηση μιας διαφορετικού τύπου μεμβράνης εκτός από το λατέξ (π.χ. neoprene) ή (β) το δοκίμιο μπορεί πρώτα να τυλιχτεί με ένα λεπτό φιλμ από Teflon και έπειτα να τοποθετηθεί μια μεμβράνη πάνω στο Teflon. Το περιτύλιγμα με Teflon έχει καλή εφαρμογή σε εδάφη, αλλά έχουν αναφερθεί προβλήματα στεγάνωσης στην χρήση σε ασυμπίεστα υλικά (π.χ. υλικά βασισμένα στο τσιμέντο).

Το τρίτο πρόβλημα (διάχυση διαμέσου της μεμβράνης) μπορεί να λυθεί με την τοποθέτηση ενός φραγμού διάχυσης (ένα φιλμ Teflon ή αλουμινόχαρτου, για παράδειγμα) μεταξύ της μεμβράνης και του δοκιμίου ή μεταξύ δύο μεμβρανών που περιβάλλουν το δοκίμιο (Olson and Daniel, 1981).



Σχήμα 1.10 Περαιτόμετρο εύκαμπτου τύπου (Olson and Daniel, 1981)

1.2.4 Μέγεθος του δοκιμίου

Το μέγεθος του δείγματος πρέπει να είναι τόσο μεγάλο όσο πρακτικά χρειάζεται προκειμένου να είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικό. Επίσης εάν το μέγεθος του δοκιμίου δεν είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το μέγεθος των σωματιδίων που συνθέτουν το πορώδες μέσο, οι μετρήσεις δεν είναι αξιόπιστες. Ούτε το μήκος ούτε η

διάμετρος ενός δοκιμίου δεν πρέπει να είναι μικρότερα από περίπου 6 φορές από τον μεγαλύτερο κόκκο στο δοκίμιο σύμφωνα με τα **ASTM D2434**, και **ASTM D5084**.

Τα περισσότερα άκαμπτου τύπου περατόμετρα συμπύκνωσης διατίθενται σε τρεις διαμέτρους: (1) 36 mm (1.4 in.), (Harvard Miniature Compactor), (2) 100 mm (4 in.), το οποίο είναι η τυπική διάμετρος της μήτρας στις δοκιμές Proctor και (3) 150 mm (6 in.), το οποίο είναι μια εναλλακτική διάμετρος κατά Proctor για υλικά με μεγάλη διάμετρο κόκκων. Τα εύκαμπτου τύπου περατόμετρα είναι διαθέσιμα στο εμπόριο για δοκιμές σε δοκίμια με διάμετρο μεγαλύτερη από 300 mm (12 in.).

Ο λόγος του μήκους προς τη διάμετρο (L/D) ποικίλλει σημαντικά. Τα περατόμετρα στερεοποίησης έχουν το μικρότερο λόγο L/D (περίπου 0,25). Γενικά στα περισσότερα άκαμπτου τύπου περατόμετρα ο λόγος L/D είναι περίπου 1 έως 2.

Σε κάθε περίπτωση, δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στο λόγο L/D που συνδέεται με τη δοκιμή - η επιλογή είναι κατά ένα μεγάλο μέρος υποκειμενική. Μειώνοντας το λόγο L/D, ο χρόνος της δοκιμής τείνει να μειωθεί, επειδή ο χρόνος που απαιτείται σε μια συγκεκριμένη υδραυλική βαθμίδα μειώνεται. Κατά συνέπεια, τα λεπτά δοκίμια (χαμηλό L/D) πλεονεκτούν. Στα εύκαμπτου τύπου περατόμετρα, όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος L/D, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά στις ενεργές τάσεις μεταξύ της εισροής και εκροής του δοκιμίου, για μια συγκεκριμένη υδραυλική βαθμίδα. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό για υλικά όπου στα δύο άκρα του στερεοποιημένου δοκιμίου δεν διαφοροποιείται σημαντικά ο λόγος κενών. Κατά συνέπεια, μεγάλο L/D (δηλαδή L/D μεγαλύτερο από 2) πρέπει να αποφευχθεί κατά τη χρησιμοποίηση εύκαμπτου τύπου περατομέτρου για δοκιμή σε συμπιέσιμα υλικά (Olson and Daniel, 1981).

1.2.5 Σύγκριση περατομέτρων εύκαμπτου-άκαμπτου τύπου

Μέχρι τις αρχές του 1980 τα περατόμετρα άκαμπτου (rigid wall) τύπου ήταν τα περισσότερο χρησιμοποιημένα περατόμετρα. Ήταν κοινώς αποδεκτό ότι οι πλευρικές διαρροές έπαιζαν πολύ σημαντικό ρόλο σε δοκιμές αργιλικών υλικών (και συγκεκριμένα εάν χρησιμοποιούνταν οργανικά ρευστά) οδηγώντας στην ανάπτυξη εύκαμπτου τύπου περατομέτρων (**ASTM D5084**). Οι δοκιμές με περατόμετρα

εύκαμπτου τύπου χρησιμοποιούνται πλέον για δοκιμές σε αργιλικά υλικά επειδή υπάρχει πρότυπο ASTM για αυτά (**ASTM D5084**) ενώ για τα περατόμετρα άκαμπτου τύπου (rigid wall) δεν υπάρχει και επειδή επίσης ο κορεσμός με τη χρήση μιας αντιπίεσης πόρων οδηγεί σε μικρότερους χρόνους δοκιμής σε σχέση με αυτούς στα περατόμετρα τύπου άκαμπτου.

Τα περατόμετρα άκαμπτου τύπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα τόσο για δοκιμές σε άμμο, χαλίκια και άλλα μεγάλης υδραυλικής αγωγιμότητας αδρόκοκκα εδαφικά δείγματα (**ASTM D2434**) όσο και για διερεύνηση της ροής του νερού ή χημικών σε αργίλους που έχουν συμπυκνωθεί εργαστηριακά.

Σύγκριση μεταξύ των περατομέτρων άκαμπτου και εύκαμπτου τύπου περιγράφεται από τους Zimmie (1981) και Daniel et al (1986) και παρουσιάζεται στον **Πίνακα 1.1** (Olson and Daniel, 1981).

Η πλευρική διαρροή δεν είναι πρόβλημα για αργίλους που έχουν συμπυκνωθεί εργαστηριακά σε άκαμπτου τύπου περατόμετρα συμπίκνωσης. Η διόγκωση του εδάφους με την ύγρανση τείνει να μειώσει τις πιθανές πλευρικές διαρροές. Σε μία προσπάθεια κορεσμού του δοκιμίου, σε άκαμπτου τύπου περατόμετρο συμπίκνωσης, προτείνονται τα ακόλουθα: (1) το νερό πρέπει να είναι απαερωμένο ώστε να μπορεί να διαλύει και να απομακρύνει τον εγκλωβισμένο αέρα, (2) η δοκιμή να συνεχίζεται έως ότου ο ρυθμός εκροής και εισροής εξισορροπηθούν και (3) η δοκιμή συνεχίζεται έως ότου η υδραυλική αγωγιμότητα είναι σταθερή. Οι τελευταίες δύο απαιτήσεις συνήθως δίνουν διάρκεια δοκιμής από 1 έως 8 εβδομάδες για εδάφη που έχουν υδραυλική αγωγιμότητα 1×10^{-9} m/s (1×10^{-7} cm/s) ή μικρότερη χρησιμοποιώντας μικρές υδραυλικές βαθμίδες ($i < 1$).

Τα εύκαμπτου τύπου περατόμετρα είναι γενικά περισσότερο αξιόπιστα από ότι αυτά του άκαμπτου τύπου και εξαλείφουν οποιαδήποτε προβλήματα πλευρικών διαρροών. Σχεδόν κάθε τύπος εδάφους (εκτός από τα αδρόκοκκα υλικά, λόγω απωλειών φορτίου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κελιά εύκαμπτου τύπου. Επειδή το δοκίμιο μπορεί να κορεστεί αρκετά γρήγορα χρησιμοποιώντας μία αντιπίεση πόρων, οι χρόνοι δοκιμής τείνουν να είναι μικρότεροι από ότι στα περατόμετρα άκαμπτου τύπου.

Ο κορεσμός του δοκιμίου μπορεί να πιστοποιηθεί με τη μέτρηση της παραμέτρου B που καθορίζεται ως εξής:

$$B = \frac{\Delta_u}{\Delta_\sigma} \quad (\text{Εξίσωση 1.7})$$

όπου,

Δ_u : μεταβολή της πίεσης των πόρων που μετράται στο δοκίμιο

Δ_σ : μεταβολή της εφαρμοζόμενης πίεσης (kPa).

Η πίεση του κελιού μεταβάλλεται (συνήθως αυξάνεται) κατά Δ_σ . Η μεταβολή της πίεσης των πόρων ως αποτέλεσμα της αύξησης της πίεσης στο κελί καταγράφεται μέσω ενός ηλεκτρονικού ελεγκτή και ο συντελεστής B υπολογίζεται από την **Εξίσωση 1.7**. Εάν το δείγμα έχει κορεστεί πλήρως και δεν υπάρχει αέρας εγκλωβισμένος, η πίεση των πόρων θα μεταβληθεί ανάλογα με την πίεση του κελιού και ο συντελεστής B θα είναι ίσος με την μονάδα. Εντούτοις για σκληρά εδάφη και ημίβραχους, ο συντελεστής B θα είναι μικρότερος από την μονάδα ακόμη και αν το δείγμα έχει κορεστεί πλήρως (Skempton 1954). Γενικά, όσο περισσότερος είναι ο αέρας στο δοκίμιο, τόσο μικρότερος θα είναι ο συντελεστής B .

Το κύριο πρόβλημα με τα περατόμετρα εύκαμπτου τύπου είναι το μεγάλο κόστος εξοπλισμού, η πολυπλοκότητα, τα προβλήματα με την ακεραιότητα της μεμβράνης όταν χρησιμοποιούνται δοκίμια με συγκεκριμένα χημικά ή υγρά απόβλητα και δυσκολίες σε δοκιμές με πολύ μικρές ενεργές τάσεις. Οι δοκιμές με μικρές ενεργές τάσεις είναι προβληματικές επειδή πάντα πρέπει να ασκείται μια ελάχιστη τάση μέσω της μεμβράνης στο δοκίμιο. Είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν ενεργές τάσεις μικρότερες από 14 kPa (2 psi) επειδή μπορεί να προκληθούν πλευρικές διαρροές (Olson and Daniel, 1981). Για δοκιμές σε αδιατάρακτα δοκίμια που ελήφθησαν από το πεδίο και χρησιμοποιούνται εργαστηριακά για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας, τα περατόμετρα εύκαμπτου τύπου είναι ο πλέον κατάλληλος τύπος περατομέτρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Πίνακας 1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα περατομέτρου άκαμπτου και εύκαμπτου τύπου

Περατόμετρο	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Άκαμπτου τύπου	• Ευκολία στην κατασκευή και στην χρήση • Χαμηλό κόστος αγοράς • Μεγάλο μέγεθος περατομέτρου • Μεγάλο εύρος χρήσης εδαφικών δειγμάτων • Επιτρέπουν την κατακόρυφη διόγκωση • Εφαρμογή μηδενικής κατακόρυφης ενεργής τάσης εάν χρειαστεί	• Είναι πιθανή πλευρική διαρροή • Δεν υπάρχει έλεγχος στις οριζόντιες τάσεις • Εάν το δοκίμιο συρρικνωθεί η πλευρική διαρροή είναι δεδομένη • Δεν μπορεί να ελεγχθεί ο κορεσμός μέσω του συντελεστή B • Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντιπίεση πόρων για τον κορεσμό του δοκιμίου • Μεγαλύτερος χρόνος δοκιμής για πολύ μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας γεωϋλικά
Εύκαμπτου τύπου	• Ο κορεσμός μπορεί να γίνει με την χρήση αντιπίεσης πόρων • Ο κορεσμός ελέγχεται μέσω του συντελεστή B • Δεν υπάρχει πλευρική διαρροή ακόμη και σε δείγματα με τραχείες επιφάνειες • Μικρότεροι χρόνοι δοκιμής για δοκίμια μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας λόγω του γρήγορου κορεσμού με την χρήση αντιπίεσης πόρων	• Μεγάλο κόστος • Ανάγκη για 3 θέσεις εφαρμογής πίεσης (πίεση κελιού, πίεση εισόδου, πίεση εξόδου) • Προβλήματα καταστροφής της μεμβράνης με συγκεκριμένα χημικά και απόβλητα • Περισσότερο περίπλοκη χρήση του κελιού

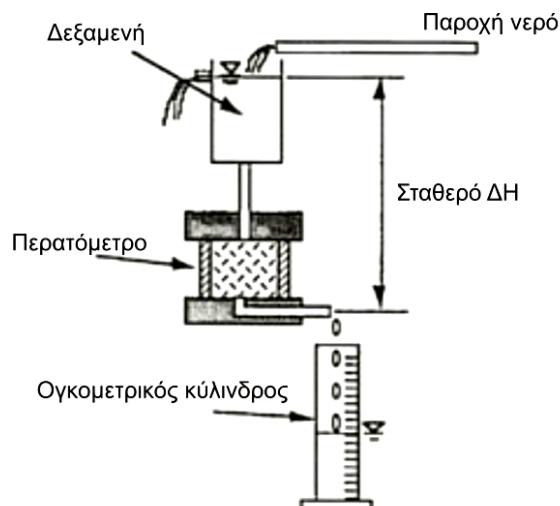
1.3 Υδραυλικά συστήματα ελέγχου

Τα υδραυλικά συστήματα ελέγχου χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της διανομής, μεταβίβασης του υγρού στο κελί του περατομέτρου. Ο νόμος του Darcy (Εξίσωση 1.1) συσχετίζει το ρυθμό της ροής με την υδραυλική βαθμίδα. Μπορεί να υποθεθεί ότι σε όλες τις δοκιμές, το μήκος και το εμβαδόν διατομής του δοκιμίου είναι γνωστά. Για να προσδιοριστεί η υδραυλική αγωγιμότητα πρέπει κανείς να μετρήσει τον ρυθμό της ροής και τις απώλειες φορτίου (ΔH) κατά μήκος της ροής.

Στις συσκευές των περατομέτρων, ανάλογα με τη φύση των εδαφικών σχηματισμών, μπορούν να εκτελεστούν δοκιμές σταθερού υδραυλικού φορτίου, δοκιμές πίπτοντος υδραυλικού φορτίου και δοκιμές σταθερού ρυθμού ροής.

1.3.1 Δοκιμές σταθερού φορτίου

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να διατηρηθεί το φορτίο σταθερό. Στο **Σχήμα 1.11** διατηρείται σταθερή η στάθμη στη δεξαμενή νερού σε συνεχή ροή, παρέχοντας επαρκή ποσότητα νερού στο περατόμετρο.



Σχήμα 1.11 Το σταθερό φορτίο διατηρείται με συνεχή παροχή νερού στη δεξαμενή (Olson and Daniel, 1981)

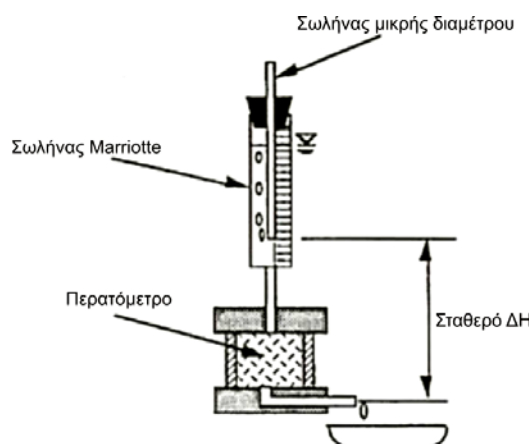
Μια άλλη μέθοδος για την διατήρηση σταθερού φορτίου είναι ο σωλήνας τύπου Mariotte (Σχήμα 1.12).

Ένας μικρής διαμέτρου σωλήνας τοποθετείται μέσα στη δεξαμενή και ο δακτύλιος ταπώνεται με ένα λαστιχένιο πώμα. Καθώς το νερό αρχίζει να ρέει έξω από τη δεξαμενή, ο αέρας μεταφέρεται στο σωλήνα μικρής διαμέτρου. Όταν ο σωλήνας μικρής διαμέτρου αδειάσει από νερό, ο αέρας ξεκινάει να σχηματίζει φυσαλίδες στη δεξαμενή. Το φορτίο στο σωλήνα μικρής διαμέτρου πρέπει να είναι ίσο με την εφαρμοζόμενη πίεση αέρα. Καθώς ο αέρας σχηματίζει φυσαλίδες στη δεξαμενή, η συσκευή Mariotte διατηρεί το φορτίο σταθερό. Εντούτοις υπάρχει μια μικρή διακύμανση λίγων χιλιοστών στο φορτίο κατά την διάρκεια της δημιουργίας των φυσαλίδων αέρα. Αυτή η μικρή διακύμανση στο φορτίο σπάνια είναι σημαντική σε εργαστηριακές δοκιμές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας αλλά μπορεί να είναι σημαντική σε άλλου είδους εφαρμογές π.χ. δοκιμές διήθησης στο πεδίο.

Η δοκιμή είναι κατάλληλη και ενδείκνυται για εδάφη με υδραυλική αγωγιμότητα μεταξύ 10^{-2} και 10^{-5} m/s, που συναντάται σε καθαρές άμμους και δείγματα αμμοχάλικων με λεπτόκοκκα (ιλύς ή άργιλος) λιγότερα από 10% (Burnes, 2005).

Τα κύρια πλεονεκτήματα τις δοκιμής σταθερού φορτίου είναι:

1. Ευκολία στον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας,
2. Διατήρηση μιας σταθερής πίεσης πόρων στο δοκίμιο.

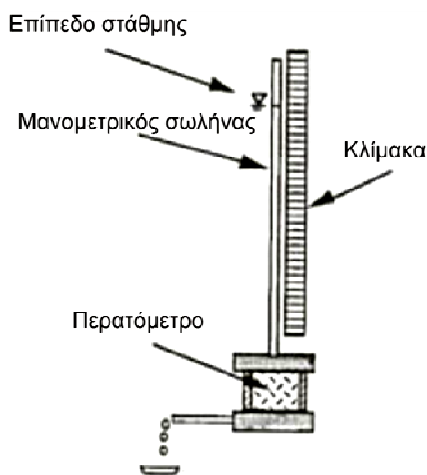


Σχήμα 1.12 Το σταθερό φορτίο διατηρείται χρησιμοποιώντας τη συσκευή Mariotte (Olson and Daniel, 1981)

1.3.2 Δοκιμές πίπτοντος φορτίου

Στις δοκιμές πίπτοντος φορτίου το επίπεδο της στάθμης του νερού στην είσοδο του δοκιμίου μεταβάλλεται (Σχήμα 1.13).

Το κύριο πλεονέκτημα των δοκιμών πίπτοντος φορτίου είναι ότι ο εξοπλισμός τους είναι πιο απλός σε σχέση με τον εξοπλισμό που απαιτείται στις δοκιμές σταθερού φορτίου. Ένα μικρό μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι οι εξισώσεις για τον προσδιορισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι πολύ πιο περίπλοκες.



Σχήμα 1.13 Διάταξη μεταβλητού φορτίου (Olson and Daniel, 1981)

Εντούτοις, υπάρχουν τρεις δυνητικοί περιορισμοί στις δοκιμές πίπτοντος φορτίου οι οποίοι είναι (Olson and Daniel, 1981):

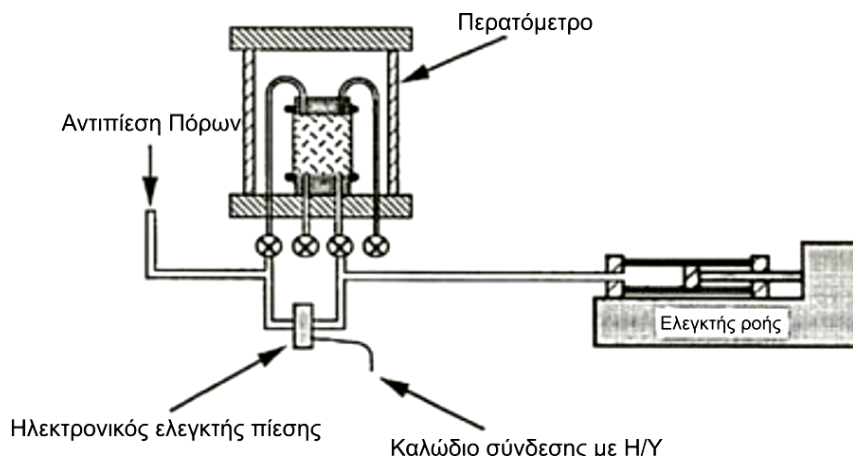
1. Καθώς το υδραυλικό φορτίο μειώνεται, η πίεση μειώνεται και κάθε πιθανή φυσαλίδα στο δοκίμιο διογκώνεται.
2. Καθώς η πίεση μειώνεται, το ποσοστό του αδιάλυτου αέρα στο ρευστό μειώνεται, γεγονός το οποίο μπορεί να προκαλέσει την έκλυση αδιάλυτου αέρα από το ρευστό και την δημιουργία φυσαλίδων (εφόσον το ρευστό ήταν κορεσμένο με αδιάλυτο αέρα στην αρχική μέγιστη πίεση).
3. Στα κελιά εύκαμπτου τύπου στα οποία η ολική τάση διατηρείται σταθερή, η μείωση της πίεσης των πόρων προκαλεί μια αύξηση στην ενεργή τάση η οποία με την σειρά της προκαλεί φαινόμενα στερεοποίησης και μείωση του λόγου κενών.

Η δοκιμή του πύπτοντος φορτίου χρησιμοποιείται για εδάφη μικρής έως μέσης υδραυλικής αγωγιμότητας, δηλαδή για εδάφη με υδραυλική αγωγιμότητα $< 10^{-5}$ m/s, όπως οι άργιλοι.

Το πρόβλημα της στερεοποίησης μπορεί να είναι σημαντικό για υλικά υψηλής συμπιεστότητας. Το πρόβλημα της ανάπτυξης των φυσαλίδων με την μείωση της πίεσης, περιορίζεται εάν το δοκίμιο κορεστεί με τη τεχνική αντιπίεσης πόρων και το πρόβλημα της δημιουργίας φυσαλίδων από το ρευστό περιορίζεται με τη χρήση απαερωμένου ρευστού σε υψηλές πιέσεις. Επίσης αν υπάρχουν μικρές γνωστές απώλειες φορτίου στους σωλήνες, βαλβίδες, πρέπει να ληφθούν υπόψη στις δοκιμές σταθερού φορτίου, ενώ στις δοκιμές μεταβλητού φορτίου όχι, μιας και οι απώλειες φορτίου διαφοροποιούνται με το φορτίο (Olson and Daniel, 1981).

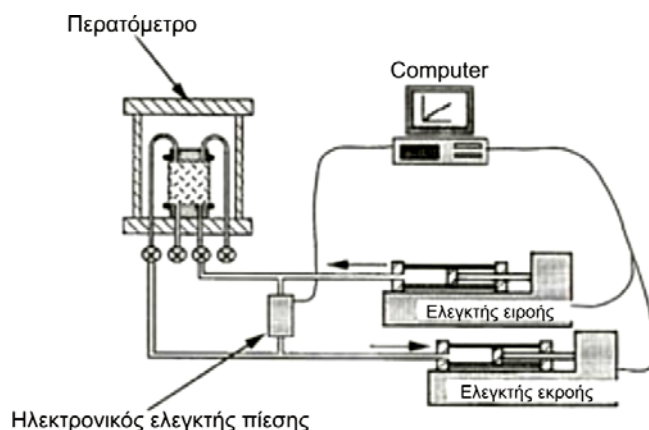
1.3.3 Δοκιμές σταθερού ρυθμού ροής (constant flow)

Οι δοκιμές ροής σταθερού ρυθμού πραγματοποιούνται εισπίζοντας το ρευστό μέσα στο δοκίμιο με ελεγχόμενο ρυθμό και μετρώντας την πτώση της πίεσης στα άκρα του δοκιμίου (**Σχήμα 1.14**). Στην απλούστερη διάταξη, ένας διαφορικός ηλεκτρονικός ελεγκτής πίεσης μεταφέρει το σήμα σε έναν καταγραφέα. Όταν ο ρυθμός ροής και η πτώση της πίεσης σταθεροποιηθούν, η δοκιμή έχει ολοκληρωθεί (εκτός και αν χρησιμοποιείται χημικό ή απόβλητο ρευστό όπου η δοκιμή συνεχίζεται έως ότου πληρούνται άλλα κριτήρια).



Σχήμα 1.14 Διάταξη δοκιμής σταθερού ρυθμού ροής (Olson and Daniel, 1981)

Πρέπει να δοθεί προσοχή στην εφαρμογή του ρυθμού ροής έτσι ώστε η πίεση του υγρού που διέρχεται μέσω του δοκιμίου να είναι μικρότερη από την πίεση που εφαρμόζεται στην μεμβράνη για να εξασφαλιστεί καλή επαφή μεταξύ της μεμβράνης και του δοκιμίου. Η επιβολή μιας ροής με σταθερό ρυθμό μπορεί να αυτοματοποιηθεί πλήρως με τον έλεγχο των πιέσεων και του ρυθμού της ροής από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ένα σχηματικό διάγραμμα ενός αυτόματα ελεγχόμενου συστήματος φαίνεται στο **Σχήμα 1.15**.



Σχήμα 1.15 Αυτοματοποιημένη διάταξη δοκιμής σταθερού ρυθμού ροής (Olson and Daniel, 1981)

Τα πλεονεκτήματα της δοκιμής με σταθερού ρυθμού ροή διάμεσου του δοκιμίου έναντι των άλλων δύο τεχνικών (σταθερού και πίπτοντος φορτίου) είναι (Olson and Daniel, 1981):

1. Μείωση του χρόνου της δοκιμής και γρήγορη επίτευξη πλήρους ισορροπίας, εφόσον το δοκίμιο είναι κορεσμένο σε νερό.
2. Αυτοματοποίηση της όλης διαδικασίας και μέτρηση με μεγάλη ακρίβεια της ροής του νερού που περνάει μέσω του δοκιμίου σε όλη την διάρκεια της δοκιμής.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος του εξοπλισμού και η πιθανότητα δημιουργίας, εάν ο ρυθμός ροής που χρησιμοποιείται είναι υψηλός, πολύ μεγάλων υδραυλικών βαθμίδων

1.4 Ειδικές απαιτήσεις για δοκιμές σε χονδρόκοκκα εδάφη

Η δοκιμές υδραυλικής αγωγιμότητας σε χονδρόκοκκα εδάφη (κόσκινο μικρότερο του No 10) παρουσιάζουν σημαντικές προκλήσεις. Η δοκιμή υδραυλικής αγωγιμότητας ενός υλικού που έχει υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα (π.χ. $> 0,01$ m/s ή 1 cm/s) παρουσιάζει περισσότερα προβλήματα από τη δοκιμή ενός υλικού χαμηλής υδραυλικής αγωγιμότητας. Τα προβλήματα αυτά αφορούν (Olson and Daniel, 1981):

1. Μέριμνα μεταφοράς και απαέρωσης μεγάλων ποσοτήτων νερού.
2. Απώλειες φορτίου στους σωλήνες, στις βαλβίδες και προσαρμογές.
3. Ακριβή μέτρηση της ροής.
4. Ακριβή μέτρηση της απώλειας φορτίου κατά μήκος του δοκιμίου.
5. Αποκλίσεις από το νόμο του Darcy λόγω τυρβώδους ροής.
6. Προβλήματα με τους μεγάλους πόρους στην επαφή μεταξύ των κόκκων και των τοιχωμάτων του περατομέτρου.

Ειδικά σχεδιασμένες συσκευές κατασκευάζονται μερικές φορές για την παροχή μεγάλων ποσοτήτων νερού μέσω των δοκιμίων. Τα συστήματα υπερχειλίσσης (**Σχήμα 1.11**) τείνουν να είναι τα καταλληλότερα για τη διατήρηση σταθερού φορτίου σε μεγάλες ποσότητες ροής.

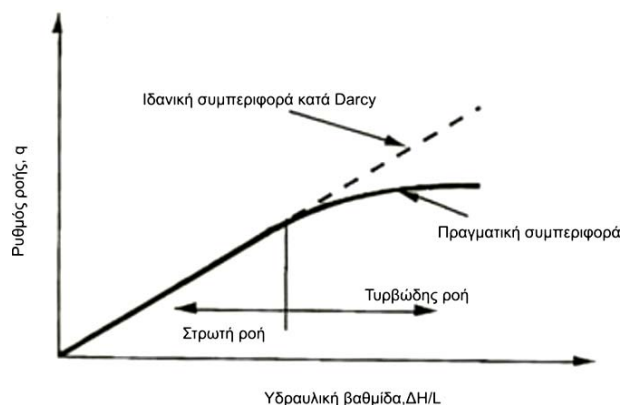
Η απαέρωση του νερού εντούτοις μπορεί να επιτευχθεί δύσκολα λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού που απαιτείται για τη δοκιμή. Μερικοί χρησιμοποιούν νερό απευθείας από τη βρύση και αγνοούν το θέμα της απαέρωσης. Αυτή μπορεί να είναι μια λογική προσέγγιση επειδή:

1. Η υδραυλική αγωγιμότητα δεν μπορεί να προσδιοριστεί με μεγάλη ακρίβεια για χονδρόκοκκα υλικά, και μια μικρή ποσότητα αέρα στο δοκίμιο είναι απλά ένας από τους πολλούς περιορισμούς στον προσδιορισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας.
2. Η απαέρωση μεγάλης ποσότητας νερού κοστίζει ακριβά.

Μεγάλες ποσότητες νερού μπορούν να απαερωθούν αποθηκεύοντας νερό υπό κενό σε μεγάλες δεξαμενές ή, έως ένα βαθμό, φιλτράροντας το νερό μέσω μιας στήλης άμμου. Το πρόβλημα χρησιμοποιώντας νερό απευθείας από τη βρύση προκύπτει από το γεγονός ότι το νερό αυτό βρίσκεται σε μεγάλη πίεση και περιέχει μεγάλες ποσότητες αδιάλυτου αέρα. Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί νερό που έχει αποθηκευτεί σε ατμοσφαιρική πίεση παρά να χρησιμοποιηθεί νερό βρύσης επειδή υπάρχει πολύ μικρότερη πιθανότητα να παραχθούν φυσαλίδες.

Οι απώλειες φορτίου στους σωλήνες, στις βαλβίδες και στις προσαρμογές μειώνονται χρησιμοποιώντας πολύ μεγάλους σωλήνες (έως 100 mm - 4 in) και βαλβίδες. Είναι επίσης απαραίτητο τα μανόμετρα που θα χρησιμοποιηθούν να μετράνε τις απώλειες φορτίου σε μια καθαρισμένη απόσταση για τον ακριβή προσδιορισμό της υδραυλικής βαθμίδας εκεί όπου οι απώλειες μπορεί να είναι σημαντικές.

Ο ρυθμός της ροής συχνά υπολογίζεται μετρώντας την ποσότητα που συλλέχθηκε σε ένα δοχείο σε ένα γνωστό χρονικό διάστημα. Ένα σημαντικό πρόβλημα με τα χονδρόκοκκα υλικά είναι το ότι οι μεγάλοι ρυθμοί ροής (μεγάλες υδραυλικές βαθμίδες) που χρειάζονται για να δημιουργηθεί μια μετρούμενη απώλεια φορτίου προκαλούν συχνά τυρβώδη ροή. Ο νόμος του Darcy δεν ισχύει για τυρβώδη ροή (**Σχήμα 1.16**). Ο καλύτερος τρόπος για να εξασφαλιστεί ότι η τυρβώδης ροή δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα είναι ο προσδιορισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας σε τρεις διαφορετικές υδραυλικές κλίσεις και να εξασφαλιστεί ότι κατά προσέγγιση η τιμή της παραμένει σταθερή ίδια σε όλες τις υδραυλικές βαθμίδες (Olson and Daniel, 1981).



Σχήμα 1.16 Επίδραση τυρβώδους ροής (Olson and Daniel, 1981)

1.5 Ρευστό ροής

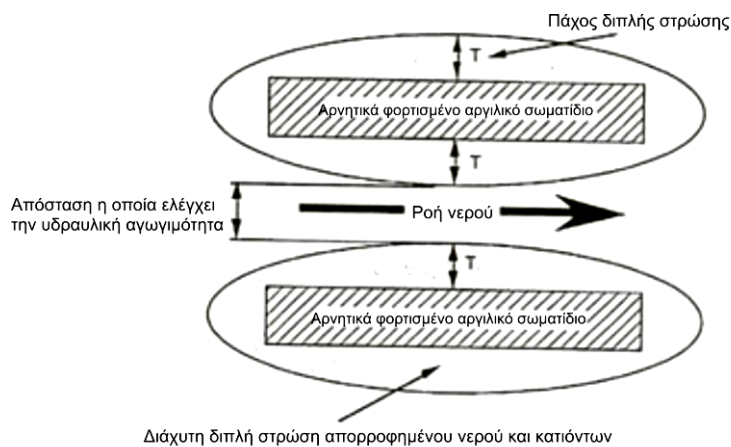
Οι δοκιμές υδραυλικής αγωγιμότητας εκτελούνται συνήθως είτε με νερό είτε με ένα υγρό χημικών ουσιών ή αποβλήτων ως ρευστό ροής. Οι χημικές ουσίες απαιτούν μερικές πρόσθετες εκτιμήσεις από την άποψη του σχεδιασμού του εξοπλισμού.

1.5.1 Νερό

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του νερού είναι η ποσότητα του διαλυμένου αέρα που περιέχει, ο τύπος και η συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών, η θολότητα, η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, και ο πληθυσμός των μικροοργανισμών.

Είναι καλύτερο να χρησιμοποιείται απαερωμένο νερό. Απαερωμένο νερό σημαίνει νερό του οποίου ο διαλυμένος αέρας έχει ουσιαστικά αφαιρεθεί. Σε ατμοσφαιρική πίεση, το νερό περιέχει περίπου 8 mg/L διαλυμένο οξυγόνο. Το κατάλληλα απαερωμένο νερό περιέχει λιγότερο από 1 έως 2 mg/L διαλυμένο οξυγόνο. Το νερό απαερώνεται με βράσιμο ή με την ροή του νερού υπό καταιονισμό σε ένα δοχείο που υποβάλλεται σε κενό. Εάν το νερό βράσει, προσοχή πρέπει να ληφθεί για να μην αυξηθεί πάρα πολύ η αλατότητά του.

Οι ηλεκτρολύτες μπορούν να επηρεάσουν την υδραυλική αγωγιμότητα αργιλικών εδαφών. Τα περισσότερα αργιλικά ορυκτά έχουν δομή φυλλαρίων και είναι αρνητικά φορτισμένα. Το νερό και τα κατιόντα (θετικά φορτισμένα ιόντα) του νερού έλκονται στις επιφάνειες των μορίων της αργίλου. Οι δυνάμεις της έλξης είναι τόσο ισχυρές που το νερό και τα κατιόντα αμέσως ενώνονται στα μόρια αργίλου, θεωρούνται "προσκολλημένα" και σχηματίζουν αυτό που είναι γνωστό ως "διάχυτη διπλή στρώση" ή "ηλεκτρική διπλή στρώση" γύρω από το ορυκτό. Η προσρόφηση είναι ικανοποιητικής δύναμης έτσι ώστε και οι εδαφικοί κόκκοι και η διπλή στρώση εμποδίζουν την πορεία της ροής. Όπως υποδεικνύεται από το **Σχήμα 1.17**, όσο παχύτερη είναι η διπλή στρώση, τόσο πιο περιορισμένες και στριφνές είναι οι πορείες ροής μέσω του εδάφους και, ως εκ τούτου, τόσο μικρότερη η υδραυλική αγωγιμότητα (Olson and Daniel, 1981).



Σχήμα 1.17 Διπλή στρώση και επίδρασή της στην υδραυλική αγωγιμότητα (Olson and Daniel, 1981)

Η εξίσωση Gouy-Chapman (Mitchell, 1976) που προσδιορίζει το πάχος της διπλής στρώσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός για τις πιθανές επιπτώσεις των διαφορετικών τύπων υγρών στο πάχος των διπλών στρώσεων που περιβάλλουν τους κόκκους της αργίλου. Η εξίσωση Gouy-Chapman ορίζεται ως (Olson and Daniel, 1981):

$$T \propto \sqrt{\frac{D}{n_o v^2}} \quad (\text{Εξίσωση 1.8})$$

όπου,

- T : πάχος ηλεκτρικής διπλής στρώσης που περιβάλλει τον εδαφικό κόκκο
- D : διηλεκτρική σταθερά του ρευστού ροής
- n_o : συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη (π.χ αλατότητα)
- v : σθένος του κατιόντος

Όπως φαίνεται από το **Σχήμα 1.15**, οποιαδήποτε αύξηση στο πάχος της διπλής στρώσης επιφέρει μια μείωση στην υδραυλική αγωγιμότητα. Μια αύξηση στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών ή μια αύξηση στο σθένος των κατιόντων θα τείνει να μειώσει την υδραυλική αγωγιμότητα. Τα αργιλικά εδάφη που διαπερνώνται από

υγρά που περιέχουν μονοσθενή κατιόντα (π.χ., Na^+ και K^+) τείνουν να επιδείξουν μικρή υδραυλική αγωγιμότητα ενώ εκείνα που διαπερνώνται από υγρά που περιέχουν πολυσθενή κατιόντα (π.χ., Ca^{++} και Mg^{++}) τείνουν να επιδείξουν υψηλότερη υδραυλική αγωγιμότητα. Ως εκ τούτου τα έντονα αλατούχα διαλύματα αυξάνουν την υδραυλική αγωγιμότητα αργιλικών εδαφών. Η διείσδυση με απιονισμένο νερό τείνει να παράγει πολύ χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα επειδή $n_0 = 0$.

Το νερό της βρύσης είναι το συνήθως χρησιμοποιημένο ρευστό ροής και είναι αυτό που συστήνεται κατά την προδιαγραφή **ASTM D5084**. Εκτός από ειδικές ερευνητικές εφαρμογές, απιονισμένο νερό δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε αργιλικά εδάφη επειδή το απιονισμένο νερό διηθεί τους ηλεκτρολύτες από το εδαφικό νερό, το οποίο επεκτείνει τις διπλές στρώσεις και μειώνει την υδραυλική αγωγιμότητα.

Η θολότητα, η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, και ο πληθυσμός των μικροοργανισμών μπορούν επίσης να έχουν επιπτώσεις στην υδραυλική αγωγιμότητα. Νερό με θολότητα δεν πρέπει να χρησιμοποιείται στην δοκιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας, εκτός εάν κάποιος θέλει να εξετάσει τα αποτελέσματα της διείσδυσης του συγκεκριμένου νερό. Τέλος, οι θρεπτικές ουσίες μπορούν να προωθήσουν την αύξηση των μικροοργανισμών, η οποία τείνει να μειώσει την υδραυλική αγωγιμότητα. Η αύξηση των μικροοργανισμών αποθαρρύνεται χρησιμοποιώντας φρέσκο, χλωριωμένο νερό βρύσης (Olson and Daniel, 1981).

1.5.2 Χημικά και απόβλητα υγρά

Η διήθηση υγρών με χημικές ουσίες ή υγρά αποβλήτων παρουσιάζει διάφορα πρόσθετα προβλήματα, που αφορούν θέματα υγείας και ασφάλειας, θέματα συμβατότητας με τα υλικά κατασκευής του περατομέτρου, πιθανότητα παράλληλης μόλυνσης από μια δοκιμή στην επόμενη, αλλαγές στη χημεία του εισρέοντος υγρού, και τον έλεγχο της χημείας του εξαγόμενου υγρού.

Οι παράμετροι υγείας και ασφάλειας απαιτούν συχνά την οργάνωση ολόκληρου του συστήματος υδραυλικής αγωγιμότητας σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον με ξεχωριστό κλιματισμό, σταθερή αναπλήρωση του αέρα, και τον κατάλληλο εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης και πρώτων βοηθειών σε ετοιμότητα.

Τα θέματα συμβατότητας των υλικών αντιμετωπίζονται συνήθως με τη χρησιμοποίηση ανοξείδωτου χάλυβα και Teflon για εκείνα τα υλικά που θα έρθουν σε την επαφή με το ρέον υγρό. Η παράλληλη μόλυνση αντιμετωπίζεται με τον λεπτομερή καθαρισμό του εξοπλισμού μετά από κάθε χρήση.

Είναι συχνά απαραίτητο το υγρό απόβλητο να ελεγχθεί μέσω χημικής ανάλυσης. Η μεθοδολογία και ο εξοπλισμός εξαρτώνται από τα χημικά συστατικά και τον τύπο του περατομέτρου. Σε ένα περατόμετρο χωρίς αντιπίεση πόρων, το υγρό απόβλητο εκχύνεται άμεσα σε έναν βαθμονομημένο κύλινδρο ή άλλη συσκευή. Ο κύλινδρος καλύπτεται με μια λεπτή μεμβράνη για να ελαχιστοποιηθεί η εξάτμιση. Μερικές φορές ο συλλέκτης στην έξοδο τοποθετείται μέσα σε ένα γυάλινο δοχείο, το οποίο είναι γεμάτο εν μέρει με νερό και καλύπτεται επίσης με μια λεπτή ταινία. Η εξωτερική δεξαμενή του νερού στο δοχείο βοηθά να διατηρηθεί υγρή ατμόσφαιρα γύρω από το συλλέκτη και να μειωθούν οι απώλειες λόγω εξάτμισης.

Εάν πτητικά οργανικά συστατικά είναι παρόντα στο ρέον υγρό ή στο δείγμα, ένα ανοικτό σύστημα συλλογής των αποβλήτων είναι ακατάλληλο για χημική ανάλυση επειδή οι πτητικές ουσίες θα χαθούν λόγω εξάτμισης (Olson and Daniel, 1981).

1.6 Προετοιμασία των δειγμάτων

Η επιλογή και η τεχνική διαμόρφωσης ενός δοκιμίου είναι πολύ σημαντική για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) ιδιαίτερα σε λεπτόκοκκα εδαφικά δείγματα. Η επίδραση τους στο μετρούμενο μέγεθος της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι μεγαλύτερη από τις εφαρμοζόμενες μεθόδους μέτρησης.

1.6.1 Αδιατάρακτα δείγματα

Τα αδιατάρακτα δείγματα λαμβάνονται με δειγματολήπτες λεπτού τοιχώματος. Τα κύρια προβλήματα στην προετοιμασία αδιατάρακτων δοκιμίων είναι η παρουσία αδρόκοκκων υλικών, ο θρυμματισμός των άκρων και ο προσδιορισμός του μεγέθους του δοκιμίου.

Λίθοι και χάλικες περιέχονται συχνά σε εδάφη που πρόκειται να γίνουν δοκιμές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας. Σε ένα περατόμετρο εύκαμπτου τύπου πρέπει να αφαιρεθούν κατά μήκος των πλευρικών τοιχωμάτων.

Κενά που δημιουργούνται με την αφαίρεση των χαλικιών μπορεί να πληρωθούν ή να αφεθούν ανοιχτά ανάλογα με το μέγεθος. Η δομή και η υδραυλική αγωγιμότητα του περιβάλλοντος εδάφους μπορεί να αλλάξουν εντελώς εάν τα χαλίκια μετατοπιστούν. Σε εδάφη που περιέχουν σημαντικές ποσότητες χαλικιών (μεγαλύτερα από 12 mm ή 0,5 in) είναι πρακτικά αδύνατο να γίνει δειγματοληψία με τους συμβατικούς 75 mm (3 in) σε διάμετρο δειγματολήπτες και μεγαλύτεροι δειγματολήπτες (έως 300 mm ή 12 in) ή αδιατάρακτα τεμάχια λαμβάνονται προκειμένου να αποφευχθεί διαταραχή του δείγματος.

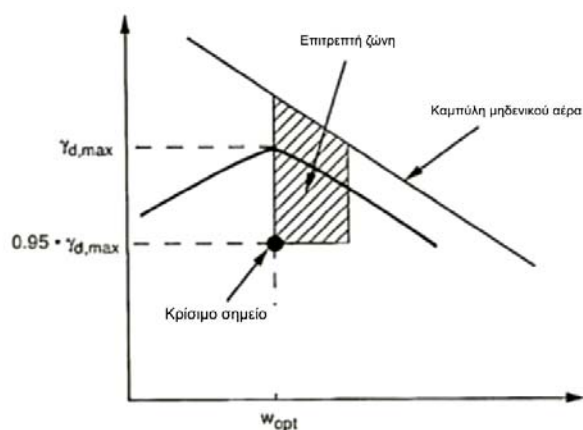
Το μέγεθος του δοκιμίου συζητήθηκε προηγουμένως ως μια παράμετρος που επηρεάζει το μέγεθος της μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας. Όσο πιο μεγάλο το δοκίμιο τόσο πιο αντιπροσωπευτικό πιθανόν να είναι. Για εδάφη με δευτερογενές πορώδες η υδραυλική αγωγιμότητα τείνει να αυξηθεί με την αύξηση του μεγέθους του δοκιμίου. Γι αυτό το λόγο πρέπει να επιλεγεί το μεγαλύτερο πρακτικά δοκίμιο (Olson and Daniel, 1981).

1.6.2 Συμπυκνωμένα δοκίμια

Η υδραυλική αγωγιμότητα συμπυκνωμένων δοκιμίων έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Σε εδαφικά δείγματα που χρησιμοποιούνται ως υλικά στεγάνωσης σε Χ.Υ.Τ.Α απαιτείται υδραυλική αγωγιμότητα μικρότερη ή ίση με 1×10^{-9} m/sec (Rowe et. al., 1995).

Εργαστηριακά δεν υπάρχει καθορισμένη διαδικασία για την διαμόρφωση συμπυκνωμένων δοκιμίων για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία (προδιαγραφές κατά **ASTM D698**) υπάρχουν τα εξής κριτήρια συμπίκνωσης: το έδαφος πρέπει να συμπυκνωθεί στο ελάχιστο ξηρό μοναδικό βάρος (γ_d) ίσο με 95% του μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους ($\gamma_{d,max}$) και το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας (w) πρέπει να είναι από 0 έως 4% πάνω από το βέλτιστο ποσοστό υγρασίας (w_{opt}). Το πιο κρίσιμο σημείο όσον αφορά την υδραυλική αγωγιμότητα παρουσιάζεται στο **Σχήμα 1.18**. Εδάφη συμπυκνωμένα με την χαμηλότερη επιτρεπτή ξηρή πυκνότητα και χαμηλότερο επιτρεπτό ποσοστό υγρασίας, παρουσιάζουν την μεγαλύτερη υδραυλική αγωγιμότητα απ' όλα τα δοκίμια που έχουν συμπυκνωθεί μέσα στα επιτρεπτά όρια ποσοστού υγρασίας και ξηρού μοναδιαίου βάρους (Daniel and Benson, 1990). Στο ελάχιστο ποσοστό υγρασίας, οι κόκκοι της αργίλου είναι δύσκολο να αναδιαταχθούν, και στην χαμηλότερη ξηρή πυκνότητα η ενέργεια συμπίκνωσης είναι απίθανο να είναι τόσο μεγάλη έτσι ώστε να αναδιατάξει τους κόκκους της αργίλου σε μία ανομοιόμορφη μάζα χαμηλής υδραυλικής αγωγιμότητας (Olson and Daniel, 1981).



Σχήμα 1.18 Όρια υγρασίας συμπίκνωσης (Olson and Daniel, 1981)

Μια κοινή τεχνική που χρησιμοποιείται είναι να καθοριστεί στο έδαφος το επιθυμητό ποσοστό υγρασίας και να υπολογιστεί το κατάλληλο ποσοστό υλικού που χρειάζεται για την μήτρα συμπύκνωσης γνωστού όγκου, προκειμένου να παραχθεί το επιθυμητό ξηρό μοναδιαίο βάρος. Το έδαφος συμπυκνώνεται στην μήτρα σε στρώσεις μέχρι η προκαθορισμένη ποσότητα εδάφους να χωρέσει ακριβώς μέσα στη μήτρα. Μια σφύρα ή μια ράβδος χρησιμοποιείται συνήθως για να γίνει η συμπύκνωση του εδάφους στη μήτρα. Το πρόβλημα της τεχνικής αυτής είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει έλεγχος στην ενέργεια συμπύκνωσης. Η ενέργεια συμπύκνωσης μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην υδραυλική αγωγιμότητα, ανεξάρτητα από το ξηρό μοναδιαίο βάρος, για δεδομένο ποσοστό υγρασίας (Mitchell, Hooper and Campanella, 1965 & Daniel and Benson, 1990). Η ενέργεια συμπύκνωσης που ασκείται πρέπει να μετράται και να καταγράφεται.

Μια εναλλακτική μέθοδος, που και αυτή χρησιμοποιείται, είναι η ακόλουθη. Αρκετή ποσότητα εδάφους αναμιγνύεται στην επιθυμητή περιεκτικότητα σε νερό για να διαμορφωθούν διάφορα δείγματα. Το έδαφος συμπυκνώνεται στη μήτρα χρησιμοποιώντας την τυποποιημένη διαδικασία συμπύκνωσης (**ASTM D698**), αλλά με την ενέργεια της συμπύκνωσης τροποποιημένη. Για παράδειγμα, στην πρώτη δοκιμή, μπορούν να πραγματοποιηθούν 15 πτώσεις και όχι οι συνηθισμένες 25. Το ξηρό μοναδιαίο βάρος καθορίζεται και συγκρίνεται με την επιθυμητή τιμή. Εάν η επιθυμητή τιμή δεν επιτευχθεί, ένα νέο δείγμα προετοιμάζεται με τον αριθμό των πτώσεων να προσαρμόζονται ανάλογα με την αύξηση ή την μείωση του ξηρού μοναδιαίου βάρους. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό ξηρό μοναδιαίο βάρος. Το πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι εκτελείται μια αξιόπιστη και εύκολα τεκμηριωμένη διαδικασία, και η ενέργεια συμπύκνωσης είναι γνωστή και μπορεί να καταγραφεί (Olson and Daniel, 1981).

1.7 Κριτήρια τερματισμού δοκιμής μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας

Τα κριτήρια τερματισμού μιας δοκιμής υδραυλικής αγωγιμότητας είναι κάπως υποκειμενικά δεδομένου της μεταβλητότητας της υδραυλικής αγωγιμότητας και στις διάφορες απαιτήσεις για την μέτρηση της.

Όταν χρησιμοποιείται νερό ως ρέον ρευστό απαιτείται να ικανοποιούνται τα ακόλουθα κριτήρια για την ολοκλήρωση μια δοκιμής (Olson and Daniel, 1981):

- Οι ποσότητες εισροής και εκροής πρέπει να είναι ίσες. Στα ακόρεστα εδάφη, η αρχική ποσότητα εισροής είναι πάντα μεγαλύτερη από την αρχική ποσότητα εκροής. Για τα εδάφη που στερεοποιούνται, η ποσότητα εκροής μπορεί να υπερβεί την ποσότητα εισροής. Τελικά, η ισορροπία θα επιτευχθεί, και οι ποσότητες θα εξισορροπήσουν. Μια καλή τιμή είναι ο λόγος της εκροής προς την εισροή (q_{out}/q_{in}) να είσαι μεταξύ 0,9 και 1,1 προτού να ολοκληρωθεί η δοκιμή. Εντούτοις, σε μερικά εδάφη, εξαιρετικά χαμηλής υδραυλικής αγωγιμότητας ($< 1 \times 10^{-10}$ m/s) αυτός ο στόχος μπορεί είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί με χρόνους δοκιμής μικρότερους από μερικές εβδομάδες, και μια αναλογία q_{out}/q_{in} μεταξύ 0,75 και 1,25 μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη για αυτούς τους τύπους των υλικών.
- Η μετρούμενη υδραυλική αγωγιμότητα πρέπει να είναι σταθερή. Είναι ορθή πρακτική να σχεδιαστεί η υδραυλική αγωγιμότητα σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- Αρκετά δεδομένα πρέπει να συλλεχθούν για να εξασφαλιστεί ότι η δοκιμή έχει διαρκέσει αρκετό χρόνο που επιτρέπει την επίτευξη αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Το κριτήριο **ASTM D5084** απαιτεί την πραγματοποίηση τουλάχιστον τεσσάρων (4) μετρήσεων υδραυλικής αγωγιμότητας και ότι η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή δεν θα διαφέρουν περισσότερο από 25% από το μέσο όρο των μετρήσεων.

1.8 Άλλες σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν το μέγεθος της υδραυλικής αγωγιμότητας

Άλλες κρίσιμες μεταβλητές, εκτός του μεγέθους των δοκιμίων και του υγρού παρουσιάζονται στην συνέχεια.

1.8.1 Ενεργές τάσεις

Η ενεργή τάση η οποία αναπτύσσεται σε ένα δοκίμιο έχει επιπτώσεις στην υδραυλική αγωγιμότητα που επιδεικνύει. Τα εδάφη είναι εδάφη που επιδεικνύουν συμπίεστικότητα περιέχουν μακροπόρους και ρωγμές ενώ τα πλευρικά τους όρια είναι πιο ευαίσθητα στις αλλαγές της ενεργής τάσης. Σε όλες τις περιπτώσεις, με την αύξηση της τάσης συμπίεσης μειώνεται το πορώδες και μειώνεται η υδραυλική αγωγιμότητα.

Η καλύτερη πρακτική που μπορεί να ακολουθηθεί είναι το δείγμα να συμπιεστεί σε μια πίεση που είναι αντιπροσωπευτική της κατάστασης στο πεδίο. Για υλικά μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας (που χρησιμοποιούνται ως υλικά στεγάνωσης), προσοχή πρέπει να ληφθεί για να μην στερεοποιηθεί το δοκίμιο κατά τη δοκιμή λόγω υπερβολικά μεγάλων ενεργών τάσεων επειδή η μετρούμενη υδραυλική αγωγιμότητα είναι πάρα πολύ χαμηλή. Αντιθέτως, για τα χονδρόκοκκα εδάφη (που συνήθως χρησιμοποιούνται για αποστράγγιση), προσοχή πρέπει να ληφθεί για να μην στερεοποιηθεί το δείγμα σε μια τάση συμπίεσης που είναι πάρα πολύ χαμηλή επειδή η υδραυλική αγωγιμότητα θα υπερεκτιμηθεί (Olson and Daniel, 1981).

1.8.2 Αντιπίεση πόρων

Για τα περατόμετρα εύκαμπτου τύπου το μέγεθος της αντιπίεσης πόρων μπορεί να επιλεγεί με βάση τον αρχικό βαθμό κορεσμού (υψηλότερη αντιπίεση πόρων για χαμηλότερο αρχικό βαθμό κορεσμού) ή βάση του επιθυμητού χρόνου που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία κορεσμού (υψηλότερη αντιπίεση πόρων για γρηγορότερο κορεσμό). Σε γενικές γραμμές, το μέγεθος της αντιπίεσης πόρων δεν

πρέπει να επηρεάζει την υδραυλική αγωγιμότητα - η ενεργή τάση και ο βαθμός κορεσμού πρέπει να ελέγχουν την υδραυλική αγωγιμότητα. Εντούτοις, εάν το δείγμα δεχτεί μια αντιπίεση πόρων πάρα πολύ γρήγορα, το δείγμα υποβάλλεται σε τάσεις στερεοποίησης κατά την διαδικασία εφαρμογής της αντιπίεσης πόρων. Δεν υπάρχει κανένας ευρέως αποδεκτός κανόνας για το πόσο γρήγορα επιτυγχάνεται ο πλήρης κορεσμός για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας. Το μέγεθος της εφαρμοζόμενης αντιπίεσης πόρων συσχετίζεται με την ποσότητα ροής του νερού στο δοκίμιο κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της αντιπίεσης. Όσο ταχύτερη η ροή του νερού στο δοκίμιο, τόσο μικρότερη η αύξηση της αντιπίεσης πόρων και τόσο μεγαλύτερο το χρονικό διάστημα κορεσμού μεταξύ αυτών των αυξήσεων. Προτείνεται συνήθως αύξηση της αντιπίεσης πόρων κατά 35 kPa σε διαστήματα 1 έως 4 ωρών. Εντούτοις, όπου ο χρόνος είναι κρίσιμος, η αντιπίεση πόρων εφαρμόζεται συνήθως γρηγορότερα (Olson and Daniel, 1981).

1.8.3 Υδραυλική βαθμίδα

Σύμφωνα με την προδιαγραφή **ASTM D5084** η εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας θα πρέπει να είναι ίση με αυτή που αναμένεται στο πεδίο. Γενικά, υδραυλικές βαθμίδες από <1 έως 5 καλύπτουν τις περισσότερες περιπτώσεις. Εντούτοις πολλές φορές η χρήση πολύ μικρών υδραυλικών βαθμίδων μπορεί να οδηγήσει σε πολύ μεγάλους χρόνους δοκιμής για εδαφικά δείγματα με πολύ μικρή υδραυλική αγωγιμότητα ($< 1 \times 10^{-8}$ m/s). Εργαστηριακά χρησιμοποιούνται συνήθως μεγαλύτερες υδραυλικές βαθμίδες για να μειωθεί ο χρόνος της δοκιμής, προσοχή όμως θα πρέπει να δίνεται σε τυχόν στερεοποίηση του δοκιμίου.

Η εφαρμογή μιας υπερβολικά μεγάλης υδραυλικής βαθμίδας μπορεί να προκαλέσει διάφορες αλλαγές στο έδαφος (Olson and Daniel, 1981):

- Από ανάγκη, η ενεργή τάση στην έξοδο του δοκιμίου είναι πάντα μεγαλύτερη από αυτή στην είσοδο, και όσο μεγαλύτερη η υδραυλική βαθμίδα, τόσο μεγαλύτερη αυτή η διαφορά. Από την αρχή της εφαρμογής της, η αυξανόμενη

ενεργή τάση τείνει να μειώσει τον λόγο κενών και την υδραυλική αγωγιμότητα. Κατά συνέπεια, όσο μεγαλύτερη η υδραυλική βαθμίδα, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ της υδραυλικής αγωγιμότητας στις άκρα του δοκιμίου. Η σημασία της μεγαλύτερης ενεργής τάσης στην έξοδο είναι πολύ μεγαλύτερη για τα συμπιέσιμα εδάφη από ότι για τα σχετικά ασυμπίεστα εδάφη.

- Η εφαρμογή μιας υψηλής υδραυλικής βαθμίδας τείνει να ξεπλύνει τους λεπτούς εδαφικούς κόκκους προς τα άκρα του δοκιμίου. Δύο πράγματα μπορούν να συμβούν: (1) οι λεπτόκοκκοι κόκκοι μπορούν να παγιδευτούν κοντά στο άκρο του δοκιμίου (λόγω φυσικής διήθησης), και η υδραυλική αγωγιμότητα στο άκρο του δοκιμίου να μειωθεί αναλόγως ή (2) οι λεπτόκοκκοι κόκκοι να παρασυρθούν εντελώς εκτός των χονδρών κόκκων με αποτέλεσμα την αύξηση της υδραυλικής αγωγιμότητας.

Ο χρόνος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο όσον αφορά στην προκύπτουσα υδραυλική αγωγιμότητα ενός δείγματος. Δείγματα με αργιλικά ορυκτά που έχουν την τάση να διογκώνονται (π.χ μπεντονίτης) απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα έως ότου επιτευχθεί κατάλληλος βαθμός κορεσμού και να επιτευχθεί η ελάχιστη υδραυλική αγωγιμότητα λόγω της μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας έχοντας ως αποτέλεσμα μεγάλους χρόνους δοκιμής. Πολλές φορές το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται χρησιμοποιώντας κατάλληλες υδραυλικές βαθμίδες όσο το δυνατόν πιο κοντά στην τιμή που αναμένεται στον πεδίο αλλά όχι υπερβολικά μεγάλη. Σύμφωνα με την προδιαγραφή **ASTM D5084** μια προτεινόμενη υδραυλική βαθμίδα σε δοκιμές εδαφικών δειγμάτων με αναμενόμενη υδραυλική αγωγιμότητα μικρότερη από 1×10^{-10} m/s θα πρέπει να είναι ίση με την τιμή 30. Παρόλα αυτά ενδέχεται σε εδαφικά δείγματα τα οποία έχουν υποστεί συμπύκνωση να απαιτείται η χρήση μεγαλύτερων υδραυλικών βαθμίδων με σκοπό την μείωση του μεγάλου χρόνου της δοκιμής ο οποίος μπορεί να διαρκέσει αρκετούς μήνες.

1.8.4 Θερμοκρασία

Η υδραυλική αγωγιμότητα των εδαφών ποικίλλει με τη θερμοκρασία επειδή η πυκνότητα και το ιξώδες του ρέοντος υγρού ποικίλλουν με τη θερμοκρασία. Με το νερό, η υδραυλική αγωγιμότητα διαφοροποιείται κατά 3% για κάθε μεταβολή 1 °C στη θερμοκρασία (Olson and Daniel, 1981). Διορθώσεις για τα αποτελέσματα της θερμοκρασίας είναι εύκολο να γίνουν. Η απομόνωση και ο έλεγχος της θερμοκρασίας μπορούν να είναι απαραίτητοι σε μερικές ακραίες περιπτώσεις.

Κατά σύμβαση η υδραυλική αγωγιμότητα (k) αναφέρεται σε θερμοκρασία 20 °C, έτσι αν η δοκιμή γίνεται σε μια θερμοκρασία T °C, πρέπει να εφαρμοστεί ένας συντελεστής διόρθωσης R_T , ο οποίος υπολογίζεται από το **Σχήμα 1.19** (Craig, 2004).

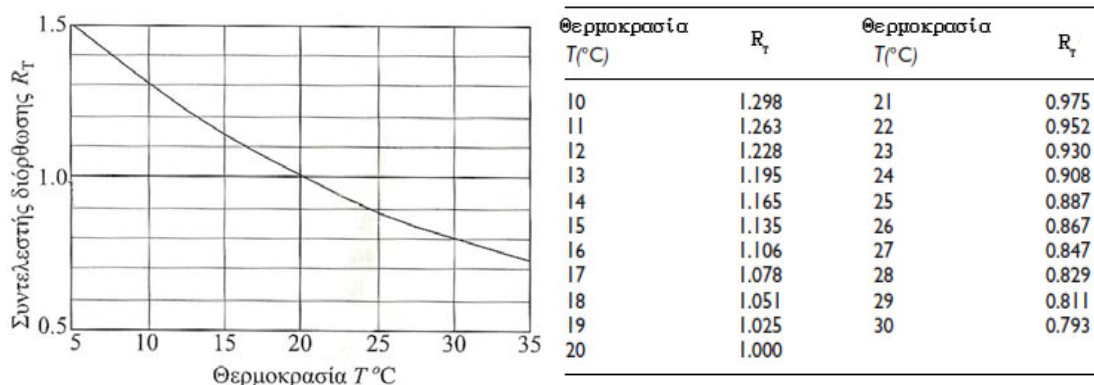
$$k_{20} = R_T \times k_T \quad (\text{Εξίσωση 1.8})$$

όπου,

k_{20} : υδραυλική αγωγιμότητα στους 20 °C

k_T : υδραυλική αγωγιμότητα στους T °C

R_T : συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας



Σχήμα 1.19 Τιμές συντελεστή διόρθωσης θερμοκρασίας R_T (Craig, 2004)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

2.1 Γενικά

Τα εδάφη χωρίζονται γενικά σε δύο ομάδες με βάση το μέγεθος των κόκκων και την πλαστικότητα. Τα αδρόκοκκα εδάφη αποτελούνται από κόκκους στο μέγεθος της άμμου ή μεγαλύτερο ενώ τα λεπτόκοκκα εδάφη αποτελούνται κυρίως από κόκκους στο μέγεθος της αργίλου και της ιλύος. Τα αδρόκοκκα εδάφη προέρχονται κυρίως από τη μηχανική αποσάθρωση των βράχων, ενώ τα λεπτόκοκκα από τη χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων. Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης κατά **ASTM D422 και D6531** εδάφη με κόκκους από 4,75 mm έως 75 mm ανήκουν στην κατηγορία των χαλικιών, οι άμμοι έχουν κόκκους με διαστάσεις από 4,75 mm έως 0,075 mm, οι ιλείς έχουν κόκκους από 0,075 mm έως 0,005 mm και τέλος, οι άργιλοι έχουν κόκκους με μέγεθος μικρότερο από 0,005 mm (Στειακάκης, 2004).

Οι κόκκοι των άμμων και των χαλίκων είναι γενικά σφαιροειδείς, με την έννοια ότι η μέγιστη και η ελάχιστη διάσταση του κόκκου δεν διαφέρουν σημαντικά. Σε αντίθεση με τα αδρόκοκκα εδάφη, οι κόκκοι των λεπτόκοκκων εδαφών είναι πολύ πεπλατυσμένοι και έχουν τη μορφή πλακιδίων (αργιλικά πλακίδια) με μικρό πάχος.

Ο όρος άργιλος μπορεί να έχει αρκετές σημασίες (Barnes, 2005):

1. Αργιλικό έδαφος – το έδαφος συμπεριφέρεται ως άργιλος λόγω της συνοχής και της πλαστικότητας, ακόμη και αν η περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά είναι πολύ μικρή.
2. Αργιλικό μέγεθος – τα περισσότερα συστήματα κατάταξης (ASTM, AASHTO) περιγράφουν ως άργιλο τους κόκκους που έχουν μέγεθος από 0,005 έως 0,001 mm ενώ τα αντίστοιχα Βρετανικά πρότυπα (British Std) τους κόκκους με μέγεθος μικρότερο από 0,002 mm.
3. Αργιλικά ορυκτά – μικροί κρυσταλλικοί κόκκοι με διακριτή πλακοειδή δομή.

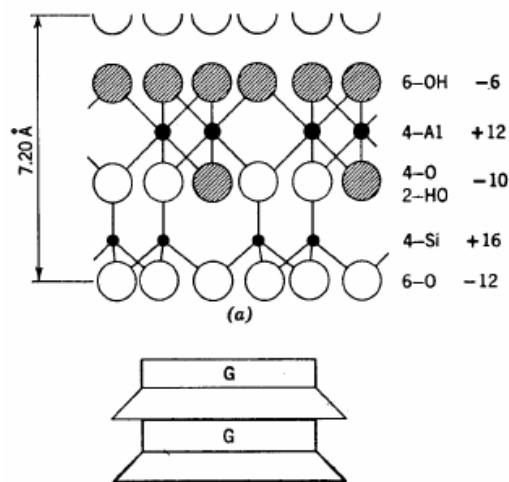
Τα ορυκτά των αργίλων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Τα αργιλικά ορυκτά (clay minerals) (κύρια: καολινίτης, ιλλίτης, μοντμοριλλονίτης, σαπονίτης, εκτορίτης).
2. Τα μη αργιλικά ορυκτά (non clay minerals), όπως π.χ. ο χαλαζίας, οι άστριοι, τα ανθρακικά ορυκτά (ασβεστίτης, δολομίτης), οξείδια και υδροξείδια του Fe, Ti, Mn, θειούχες ενώσεις, οργανικά υλικά.

Το **Σχήμα 2.1** παρουσιάζει τη δομή του πλακιδίου του καολινίτη, ενός αργιλικού ορυκτού με πάχος πλακιδίου 0,1 μm και διάμετρο 0,3-1 μm που έχει λόγο διαμέτρου προς πάχος ίσο με 3-10. Ο καολινίτης είναι ένα από τα αργιλικά ορυκτά με μικρό λόγο διαμέτρου προς πάχος, δηλαδή ένα από τα ολιγότερο ενεργά όσον αφορά την διόγκωση αργιλικά ορυκτά. Άλλα περισσότερο ενεργά αργιλικά ορυκτά είναι ο ιλλίτης, με λόγο διαμέτρου προς πάχος πλακιδίου ίσο με 10-30, και ο μοντμοριλλονίτης, με αντίστοιχο λόγο διαμέτρου προς πάχος κοντά στο 100.

Λόγω των ιδιαίτερα μικρών διαστάσεων και της πλακοειδούς μορφής των αργιλικών ορυκτών, η αλληλεπίδραση μεταξύ των πλακιδίων διέπεται και από άλλες δυνάμεις πέραν της βαρύτητας και της τριβής μεταξύ των πλακιδίων. Ειδικότερα, η επιφάνεια των αργιλικών πλακιδίων είναι ηλεκτρικά φορτισμένη, οι άνω και κάτω επιφάνειες φέρουν αρνητικά φορτία, και η περιφέρεια φέρει ίσα και αντίθετα θετικά φορτία. Οι επιφανειακές ηλεκτρικές δυνάμεις έλξης και άπωσης, που πρακτικά δεν εμφανίζονται στα αδρόκοκκα εδάφη, κυριαρχούν στα λεπτόκοκκα, επειδή η ένταση των δυνάμεων αυτών είναι αρκετές τάξεις μεγέθους ισχυρότερη από τις δυνάμεις βαρύτητας.

Πιο συγκεκριμένα, ο λόγος των ηλεκτρικών δυνάμεων (που είναι ανάλογες της επιφάνειας) προς τις δυνάμεις βαρύτητας (που είναι ανάλογες της μάζας) εξαρτάται από την ειδική επιφάνεια, δηλαδή το λόγο της επιφάνειας προς τη μάζα του πλακιδίου. Η μεγάλη διαφορά στην ειδική επιφάνεια των κόκκων μεταξύ των χονδρόκοκκων και των λεπτόκοκκων (αργιλικών) εδαφών καθορίζει την τελείως διαφορετική δομή τους και, κατ' επέκταση, τις διαφορές της μηχανικής τους συμπεριφοράς (Craig, 2004).



Σχήμα 2.1 Η δομή του ορυκτού καολινίτης (Craig, 2004)

Η ταξινόμηση των εδαφών σε ομάδες υποδηλώνει και την γεωτεχνική συμπεριφορά στα διάφορα τεχνικά έργα. Τα λεπτόκοκκα εδάφη εμφανίζουν γενικά μικρότερη υδραυλική αγωγιμότητα, που συνεπάγεται μεγαλύτερη στεγανότητα, αλλά συγχρόνως μικρότερη αποστραγγιστική ικανότητα από τα αδρόκοκκα εδάφη. Επίσης τα λεπτόκοκκα εδάφη εμφανίζουν καθίζηση που πρέπει να εκτιμηθεί και να ληφθεί υπόψη κατά των υπολογισμό κατασκευής τεχνικών έργων.

2.2 Εδαφικά δείγματα

Κατά την διεξαγωγή των πειραμάτων στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του Τμήματος Μηχανικών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης διερευνήθηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν το μέγεθος της υδραυλικής αγωγιμότητας εδαφικών δειγμάτων. Διαμορφώθηκαν τρία δείγματα χρησιμοποιώντας **Άμμο**, **Καολίνη** και **Παιπάλη**, με τις εξής αναλογίες κατά βάρος (**Σχήμα 2.2**):

- Καολίνης - Άμμος 30-70% (*Δείγμα k30s70*),
- Καολίνης - Άμμος 70-30% (*Δείγμα k70s30*),
- Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40% (*Δείγμα k30s30L40*).

Στην συνέχεια περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά των εδαφικών δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων τους. Στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα μελετήθηκαν, η ορυκτολογική σύσταση, η υδατοαπορροφητικότητα, η κοκκομετρική σύνθεση με τη χρήση κοσκίνων και με τη μέθοδο του αραιομέτρου, τα όρια Atterberg, η ειδική επιφάνεια και η βέλτιστη υγρασία συμπύκνωσης κατά Proctor. Τέλος γίνεται περιγραφή της ταξινόμησης των υπό εξέταση δειγμάτων σύμφωνα με το ενοποιημένο σύστημα ταξινόμησης AUSCS.



Σχήμα 2.2 Υπό εξέταση διαμορφωμένα εδαφικά δείγματα

2.3 Ορυκτολογικές αναλύσεις

2.3.1 Διαδικασία

Ο προσδιορισμός της ορυκτολογικής σύστασης των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων **Καολίνη, Άμμου και Παιπάλης** πραγματοποιήθηκε με το περιθλασίμετρο ακτίνων - X (XRD, X-Ray Diffraction Analysis) τύπου D8-Advance της εταιρίας Bruker AXS (**Εικόνα 2.1**) στο Εργαστήριο Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.



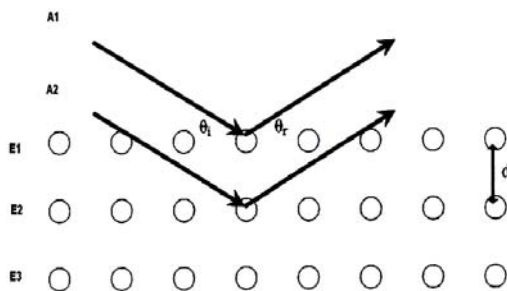
Εικόνα 2.1 Περιθλασίμετρο ακτίνων - X τύπου D8-Advance της εταιρίας Bruker AXS

Η μέθοδος της περιθλασιμετρίας ακτίνων - X βασίζεται στο φαινόμενο της περίθλασης των ακτίνων - X πάνω στους κρυστάλλους. Ο Bragg ερμήνευσε την περίθλαση των ακτίνων-X στους κρυστάλλους σαν ανάκλαση τάξης n των ακτίνων - X, μήκους κύματος λ , οι οποίες προσπίπτουν υπό ορισμένη γωνία (θ) (**Σχήμα 2.3**) στα πλεγματικά επίπεδα του κρυστάλλου (Κωστάκης, 1999).

Έστω ότι το πλέγμα ενός κρυστάλλου αποτελείται από ομάδες πλεγματικών επιπέδων τα οποία σε κάθε ομάδα είναι παράλληλα και διαδέχεται το ένα το άλλο πάντα στην ίδια απόσταση d . Τότε σύμφωνα με την εξίσωση του Bragg (**Εξίσωση 2.1**) ισχύει :

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (\text{Εξίσωση 2.1})$$

Με τη μέθοδο του περιθλασιμέτρου ακτίνων - X, καθίστανται δυνατή η απευθείας μέτρηση τόσο των γωνιών όσο και των εντάσεων των ανακλάσεων των ακτίνων - X που προσπίπτουν πάνω σε ένα παρασκεύασμα κρυσταλλικής κόνεως (Κωστάκης, 1999).



Σχήμα 2.3 Ανάκλαση ακτίνων-X στα πλεγματικά επίπεδα ενός κρυστάλλου (Κωστάκης, 1999)

2.3.2 Αποτελέσματα

Στον **Πίνακα 2.1** παρουσιάζονται τα ποιοτικά και ημιποσοτικά αποτελέσματα των ορυκτολογικών αναλύσεων που έγιναν σε δείγματα **Καολίνη**, **Άμμου** και **Παιπάλης**.

Πίνακας 2.1 Ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων Καολίνη, Άμμου και Παιπάλης

	Καολίνη	Άμμος	Παιπάλη
Ορυκτολογική φάση	Ποσοστό % κατά βάρος		
Χαλαζίας (SiO ₂)	-	66,8	0,5
Καολινίτης (Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄)	80,0	-	-
Μοσχοβίτης ((K;Na)(Al;Mg;Fe)2(Si _{3,1} Al _{0,9})O ₁₀ (OH) ₂)	20,0	-	-
Ασβεστίτης (CaCO ₃)	-	24,2	83,0
Δολομίτης (CaO·MgO·2CO ₂)	-	6,3	16,5
Εδενβεργίτης (CaFeSi ₂ O ₆)	-	2,7	-
Σύνολο	100	100	100

Όπως προκύπτει από τον **Πίνακα 2.1** το κύριο συστατικό των σωματιδίων του **Καολίνη** είναι ο καολινίτης (80%), ενώ περιέχεται και μικρή ποσότητα μοσχοβίτη (20%). Αντίστοιχα στην **Άμμο** επικρατεί ο χαλαζίας (66,8%), ο ασβεστίτης (24,2%) ενώ υπάρχουν και μικρές ποσότητες δολομίτη και εδενβεργίτη. Η **Παιπάλη** είναι ασβεστολιθικής σύστασης (83%), το ποσοστό του δολομίτη είναι σημαντικό (16,5%) ενώ απαντάται και χαλαζίας σε πολύ μικρή ποσότητα.

Αντίστοιχα στον **Πίνακα 2.2** παρουσιάζονται τα ποιοτικά και ημιποσοτικά αποτελέσματα των ορυκτολογικών αναλύσεων που έγιναν στα εδαφικά δείγματα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** και **Καολίνης - Άμμος 70-30%**.

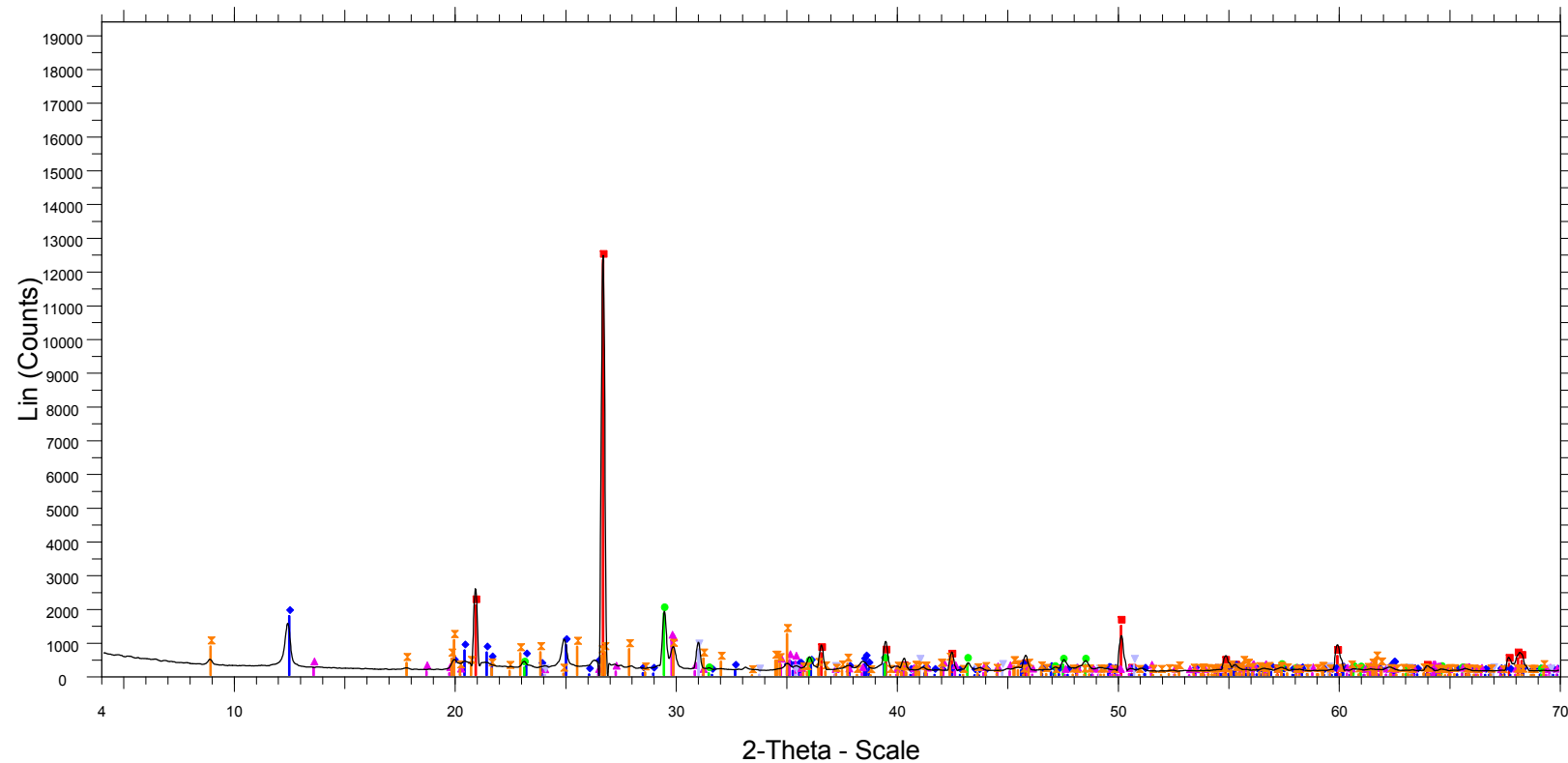
Στο **Παράρτημα Ι** παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά ακτινογραφήματα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X των δειγμάτων Καολίνης, Άμμος και Παιπάλη.

Πίνακας 2.2 Ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων Καολίνης - Άμμος 30-70% και Καολίνης - Άμμος 70-30%

	Καολίνης - Άμμος 30-70%	Καολίνης - Άμμος 70-30%
Ορυκτολογική φάση	Ποσοστό % κατά βάρος	
Χαλαζίας (SiO ₂)	51,6	24,4
Καολινίτης (Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄)	22,1	52,6
Μοσχοβίτης ((K;Na)(Al;Mg;Fe)2(Si _{3,1} Al _{0,9})O ₁₀ (OH) ₂)	0,5	4,2
Ασβεστίτης (CaCO ₃)	16,4	8,4
Δολομίτης (CaO·MgO·2CO ₂)	7,1	9,9
Εδενβεργίτης (CaFeSi ₂ O ₆)	2,3	0,5
Σύνολο	100	100

Όπως προκύπτει από τον **Πίνακα 2.2** το συστατικά του δείγματος **Καολίνης - Άμμος 30-70%** είναι η άμμος (51,6%), ο καολινίτης (22,1%), ο ασβεστίτης (16,4%), ο δολομίτης (7,1%) ενώ απαντάται μικρή ποσότητα μοσχοβίτη και εδενβεργίτη. Αντίστοιχα στο δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30 %** επικρατεί ο καολινίτης (52,6%), ο χαλαζίας (24,4%), ο δολομίτης (9,9%), ο ασβεστίτης (8,4%) ενώ υπάρχουν μικρές ποσότητες μοσχοβίτη και εδενβεργίτη.

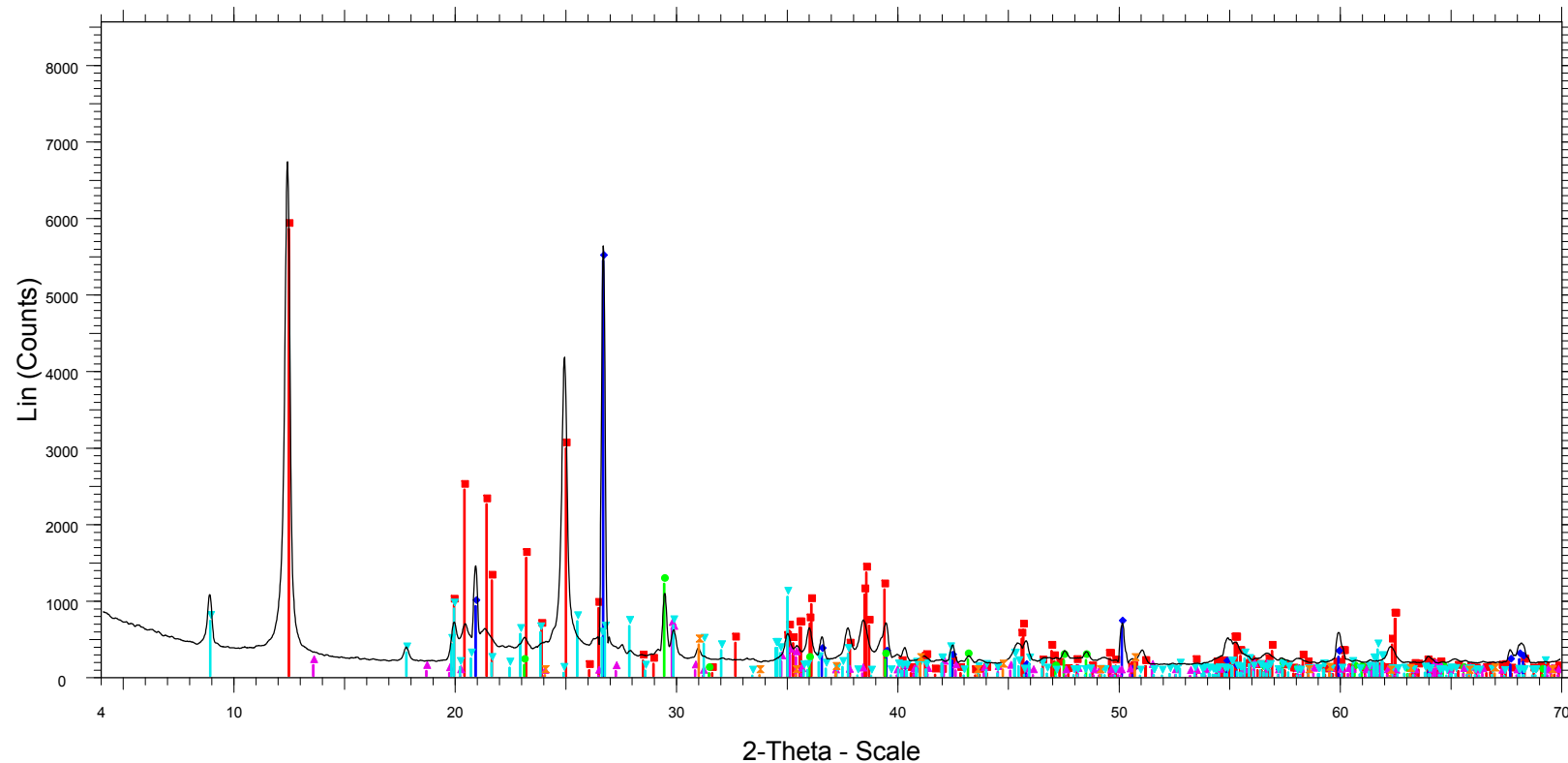
Στα **Σχήματα 2.4** και **2.5** παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά ακτινογραφήματα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X των υπό εξέταση μειγμάτων



K30S70 - File: d8091908.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0

03-065-0466 (C) - Quartz low, syn - SiO₂ - Y: 98.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91410 - b 4.91410 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 01-074-1784 (C) - Kaolinite 1A - Al₂Si₂O₅(OH)₄ - Y: 14.09 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.14000 - b 8.93000 - c 7.37000 - alpha 91.800 - beta 104.500 - gamma 90.000 - Base-centered - C1 (0) 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO₃ - Y: 14.73 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98900 - b 4.98900 - c 17.06200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 01-071-1498 (C) - Hedenbergite, syn - CaFeSi₂O₆ - Y: 8.19 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.84500 - b 9.02400 - c 5.24500 - alpha 90.000 - beta 104.740 - gamma 90.000 - Base-centered - C2 00-001-0942 (D) - Dolomite - CaO·MgO·2CO₂ - Y: 6.13 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.83300 - b 4.83300 - c 15.93500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (1 01-072-1503 (C) - Muscovite - KAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 9.83 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.19980 - b 9.02660 - c 20.10580 - alpha 90.000 - beta 95.782 - gamma 90.000 - Base-centered -

Σχήμα 2.4 Ακτινογράφημα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X δείγματος Καολίνης - Άμμος 30-70%



K70S30 - File: d8091907.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 23 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
 01-074-1784 (C) - Kaolinite 1A - $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ - Y: 86.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.14000 - b 8.93000 - c 7.37000 - alpha 91.800 - beta 104.500 - gamma 90.000 - Base-centered - C1 (0)
 03-065-0466 (C) - Quartz low, syn - SiO_2 - Y: 80.79 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91410 - b 4.91410 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO_3 - Y: 17.92 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98900 - b 4.98900 - c 17.06200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) -
 01-071-1498 (C) - Hedenbergite, syn - $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ - Y: 9.31 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.84500 - b 9.02400 - c 5.24500 - alpha 90.000 - beta 104.740 - gamma 90.000 - Base-centered - C2
 01-072-1503 (C) - Muscovite - $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ - Y: 15.39 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.19980 - b 9.02660 - c 20.10580 - alpha 90.000 - beta 95.782 - gamma 90.000 - Base-centered -
 00-001-0942 (D) - Dolomite - $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{CO}_2$ - Y: 6.14 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.83300 - b 4.83300 - c 15.93500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (1)

Σχήμα 2.5 Ακτινογράφημα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X δείγματος Καολίνης - Άμμος 70-30%

2.4 Δοκιμές υδατοαπορροφητικότητας κατά Enslin - Neff

Για τη διερεύνηση της υδατοαπορροφητικότητας των υπό εξέταση δειγμάτων (Καολίνης, Παιπάλη, Καολίνης - Άμμος 30-70%, Καολίνης - Άμμος 70-30% και Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%) πραγματοποιήθηκαν δοκιμές Enslin - Neff κατά DIN 18132, στο Πανεπιστήμιο Leuphana Universität Lüneburg – Campus Suderburg (Γερμανία).

Υδατοαπορροφητικότητα (επί ξηρού) κατά τον Enslin είναι η ιδιότητα ενός εδάφους κοκκομετρίας μικρότερης των 0,4 mm να απορροφάει νερό (DIN 18132).

Η υδατοαπορροφητικότητα (W_A) ορίζεται από τον τύπο:

$$W_A = 100 \times m_w / m_d \quad (\text{Εξίσωση 2.2})$$

όπου,

m_w : μάζα νερού που απορροφήθηκε (g)

m_d : μάζα του δείγματος (g)

Οι δοκιμές μέτρησης της υδατοαπορροφητικότητας χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της καταλληλότητας του εδάφους για την κατασκευή τάπητα σε Χ.Υ.Τ.Α. Η υδατοαπορροφητικότητα συσχετίζεται με την περιεκτικότητα σε άργιλο και ορισμένες περιπτώσεις τον χημισμό του εδαφικού δείγματος (Πίνακας 2.3).

Πίνακας 2.3 Όρια υδατοαπορροφητικότητας για τον χαρακτηρισμό εδαφικών δειγμάτων (DIN 18132)

Υδατοαπορροφητικότητα W_A %	Πλαστικότητα	Υλικό
< 40	καθόλου πλαστικότητα	Λειοτριβιμένο υλικό
40 - 60	μικρή πλαστικότητα	Μείγμα ιλύος με μπεντονίτη
60 - 85	μέση πλαστικότητα	Άργιλος
85 - 130	υψηλή πλαστικότητα	Άργιλος ως υλικό στεγάνωσης
> 130		Μπεντονίτης

Τα αργιλικά ορυκτά έχουν την ικανότητα να προσροφούν H_2O στο διαστρωματικό τους χώρο και να διογκώνονται. Το ποσοστό του H_2O που προσροφάται, εξαρτάται κυρίως, από το είδος του αργιλικού ορυκτού και από την κοκκομετρία του. Είναι π.χ. μεγάλο το ποσοστό που προσροφάται από τον μοντιμοριλλονίτη, λόγω των ασθενών δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των διαδοχικών του στρωμάτων, σε αντίθεση με τον καολινίτη μεταξύ των στρωμάτων του οποίου αναπτύσσονται ισχυροί δεσμοί, που δεν επιτρέπουν την προσρόφηση του νερού.

Η συσκευή που χρησιμοποιείται επινοήθηκε από τον Enslin το 1933 και τροποποιήθηκε από τον Neff το 1959. Αποτελείται από ένα χωνί με φίλτρο όπου τοποθετείται το δείγμα, έναν ογκομετρικό σωλήνα σχήματος U και από μια πιπέτα (Εικόνα 2.2). Η απορρόφηση και η φυσική ροή του νερού μέσω του ογκομετρικού κυλίνδρου και της πιπέτας εξασφαλίζεται λόγω μιας υψομετρικής διαφοράς 5 cm μεταξύ του χωνιού και της πιπέτας ενώ η δοκιμή πραγματοποιείται μόνο σε λεπτόκοκκα υλικά < 4 mm.



Εικόνα 2.2 Συσκευή μέτρησης υδατοαπορροφητικότητας κατά Enslin – Neff

Η τιμή του W_{max} και ο μέγιστος χρόνος απορρόφησης σχετίζονται με την πυκνότητα κατά Proctor, με την υδραυλική αγωγιμότητα και με την γωνία εσωτερικής τριβής. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η εξάτμιση του νερού ($2-23 \mu L/h$), η οποία πρέπει να μετρηθεί σε ξεχωριστό πείραμα και μετά να γίνει διόρθωση τιμών. Η ακρίβεια του πειράματος εξαρτάται από τον τρόπο τοποθέτησης του υλικού στο φίλτρο.

2.4.1 Διαδικασία

- Ζυγίζεται αντιπροσωπευτική ποσότητα δείγματος. Για αργιλικά υλικά που δεν παρουσιάζουν μεγάλη διογκωσιμότητα περίπου 1g, ενώ για υλικά όπως ο μπεντονίτης που παρουσιάζουν μεγάλη διογκωσιμότητα 0,2g.
- Συμπληρώνεται απιονισμένο νερό στην διάταξη.
- Τοποθετείται το δείγμα προσεκτικά σε μορφή κώνου ώστε να μην αναταραχθεί κατά την πτώση η κοκκομετρία του (με την αναταραχή προκαλείται αλλαγή της πυκνότητας των κόκκων με αποτέλεσμα την λήψη εσφαλμένων μετρήσεων).
- Καταγράφονται οι ενδείξεις της πιέτας ανά τακτά χρονικά διαστήματα (30s, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60 min, 2, 4, 6 και 24 h).
- Επίσης καταγράφεται η θερμοκρασία στην αρχή, στη μέση και στο τέλος του πειράματος.

2.4.2 Αποτελέσματα

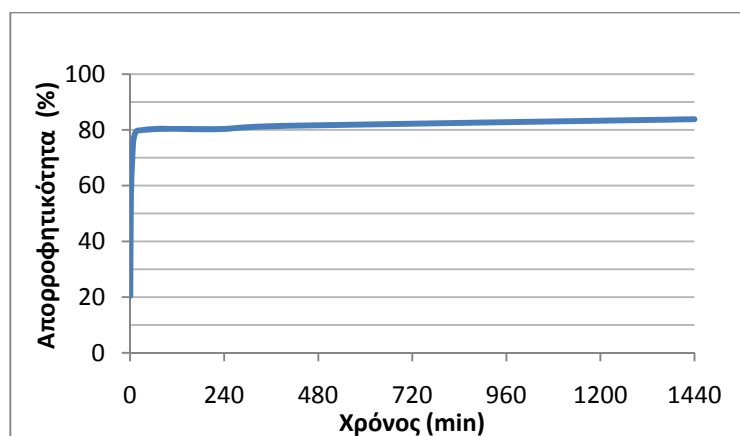
Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών μέτρησης της υδατοαπορροφητικότητας των υπό εξέταση δειγμάτων παρουσιάζονται στον **Πίνακα 2.4**, ενώ στα **Διαγράμματα 2.1** έως **2.5** παρουσιάζονται οι καμπύλες απορροφητικότητας ενώ στο **Παράρτημα Ι** παρατίθενται τα φύλλα εργασίας των δοκιμών απορροφητικότητας.

Πίνακας 2.4 Αποτελέσματα δοκιμών μέτρησης υδατοαπορροφητικότητας κατά Enslin-Neff

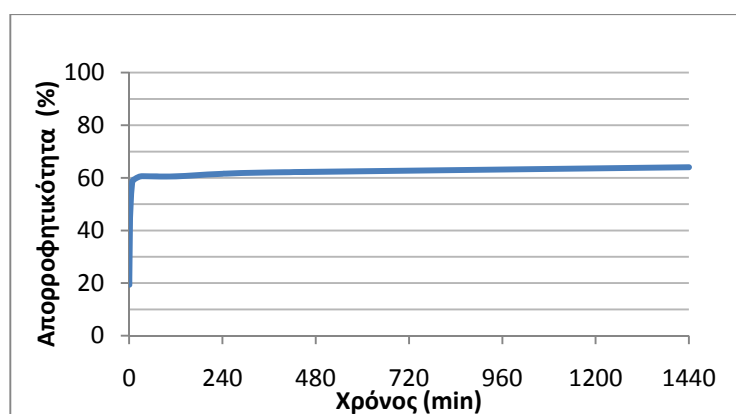
Δείγμα	Υδατοαπορροφητικότητα (%)		
	Δοκιμή 1 ^η	Δοκιμή 2 ^η	Μέση Τιμή
Καολίνης	88	84	86
Καολίνης - Άμμος (70-30%)	64	64	64
Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)	51	55	53
Καολίνης - Άμμος (30-70%)	37	39	38
Παιπάλη	35	35	35

Από τον Πίνακα 2.4 παρατηρείται ότι το δείγμα **Καολίνης** παρουσιάζει τιμές υδατοαπορροφητικότητας στο τέλος της δοκιμής της τάξης του 86% και ακολουθούν τα δείγματα **Καολίνης - Άμμος (70-30%)**, **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)**, **Καολίνης - Άμμος (30-70%)** και **Παιπάλη** με φθίνουσα σειρά. Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.3 η μετρούμενη τιμή υδατοαπορροφητικότητας (86%) του δείγματος **Καολίνης** υποδηλώνει δείγμα μέσης πλαστικότητας με ύπαρξη αργιλικών ορυκτών που δεν επιδεικνύουν τάση διόγκωσης γεγονός που δεν επηρεάζει πολύ την υδραυλική αγωγιμότητα.

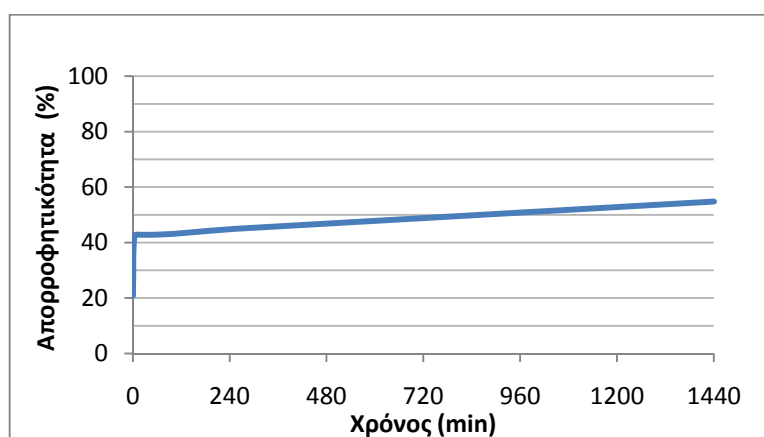
Τα δείγματα **Καολίνης - Άμμος (70-30%)**, **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)** εμφανίζουν μέση και μικρή πλαστικότητα αντίστοιχα ενώ αντίθετα τα δείγματα **Καολίνης - Άμμος (30-70%)** και **Παιπάλη** δεν παρουσιάζουν πλαστικότητα. Όλα τα μετρούμενα μεγέθη (υδατοαπορροφητικότητα < 130%) υποδεικνύουν ότι τα υπό εξέταση δείγματα είναι κατάλληλα για χρήση σε γεωτεχνικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές.



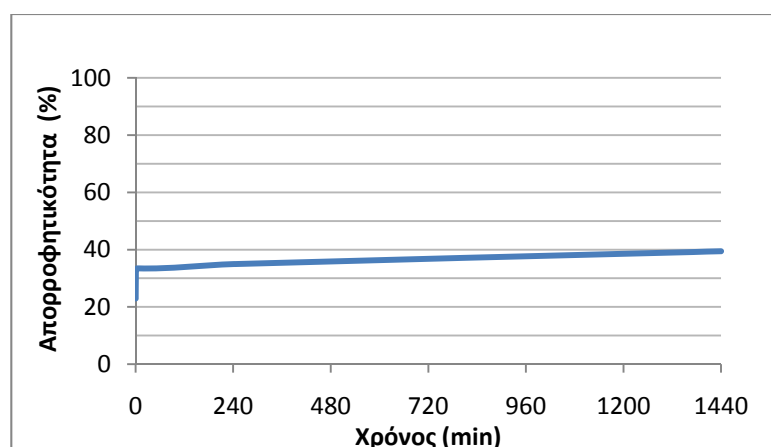
Διάγραμμα 2.1 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης



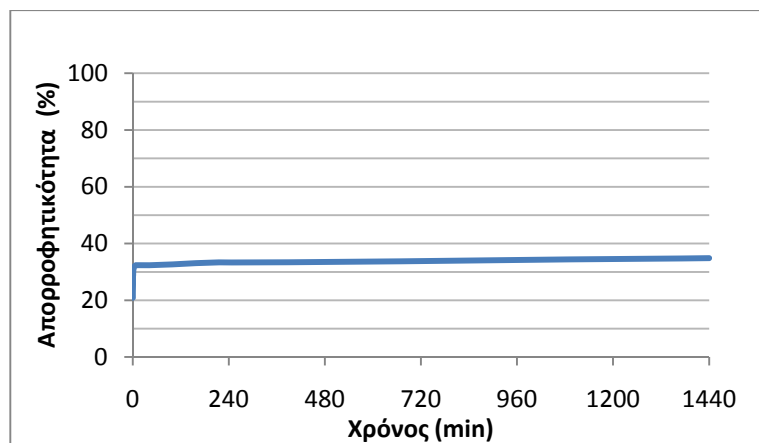
Διάγραμμα 2.2 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης - Άμμος (70-30%)



Διάγραμμα 2.3 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)



Διάγραμμα 2.4 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Καολίνης - Άμμος (30-70%)



Διάγραμμα 2.5 Απορροφητικότητα (%) σε συνάρτηση με το χρόνο για το δείγμα Παιπάλη

2.5 Κοκκομετρική διαβάθμιση δειγμάτων

2.5.1 Γενικά

Η κοκκομετρική διαβάθμιση είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό ενός εδαφικού υλικού, η οποία επηρεάζει και την υδραυλική αγωγιμότητα. Η καταλληλότητα ενός εδάφους ως υλικού σε γεωτεχνικά έργα (π.χ. θεμελίωση ή ως δομικό υλικό) εξαρτάται από τον προσδιορισμό της συμμετοχής διάφορων μεγεθών κόκκων στο σύνολο του θεωρούμενου εδάφους. Οι πληροφορίες που εξάγονται από την κοκκομετρική ανάλυση διευκολύνουν την πρόβλεψη της συμπεριφορά των εδαφών, όσον αφορά την αντοχή και την παραμόρφωση και τη δυνατότητα κίνησης του υπόγειου νερού (διήθηση) μέσα από κενά μεταξύ των κόκκων.

Ο προσδιορισμός της κατανομής των μεγεθών κόκκων των εδαφικών υλικών (κοκκομετρική διαβάθμιση) γίνεται για τα αδρόκοκκα εδάφη με τη λεγόμενη κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα, ενώ για τα λεπτόκοκκα (ιλύες, άργιλοι) με την μέθοδο του αραιομέτρου. Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει επί δεκαετίες να συσχετίσουν την υδραυλική αγωγιμότητα σε την κοκκομετρική διαβάθμιση ενός εδαφικού δείγματος (Pinder και Celia 2006).

2.5.2 Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα

Η ανάλυση με κόσκινα γίνεται με τη μηχανική δόνηση αντιπροσωπευτικού δείγματος του εδάφους το οποίο διέρχεται διαμέσου σειράς κοσκίων με βαθμιαία μικρότερη διάσταση οπής και τη μέτρηση του βάρους του υλικού που συγκρατείται σε κάθε κόσκινο. Τα πρότυπα μεγέθη (διαστάσεις οπής) των κοσκίων ποικίλουν.

Ο κωδικός και η διάσταση της οπής των κοσκίων αυτών φαίνονται στον **Πίνακα 2.5** σύμφωνα με την προδιαγραφή **ASTM D422**. Για τα υλικά που διέρχονται από το κόσκινο Νο. 200 - ιλύες και άργιλοι ακολουθείται άλλη διαδικασία κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του αραιόμετρου, η οποία βασίζεται στο Νόμο του Stokes.

Πίνακας 2.5 Κωδικός και διάσταση οπής κοσκίων ASTM D422

Αριθμός κοσκίνου (No)	Διάσταση οπής (mm)
4	4,75
10	2
20	0,85
40	0,425
60	0,25
100	0,15
140	0,106
200	0,075



2.5.2.1 Διαδικασία

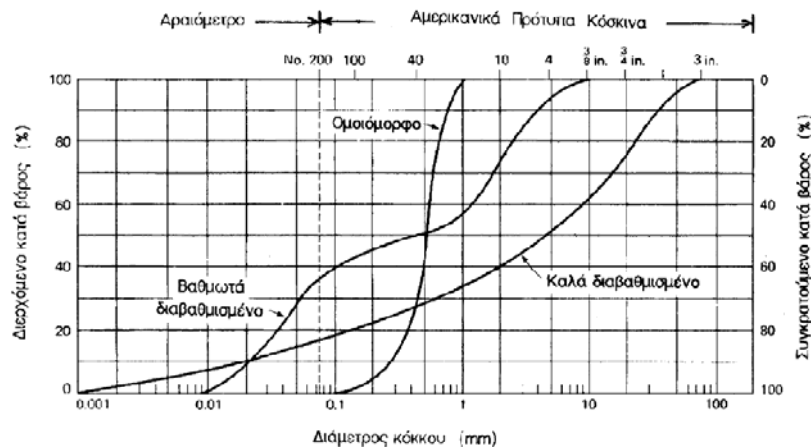
Για την ανάλυση χρησιμοποιείται, ανάλογα με το υπό εξέταση υλικό διαφορετική ποσότητα δείγματος. Για λεπτόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμο απαιτούνται 100-200g, για αδρόκοκκη άμμο έως λεπτόκοκκα χαλίκια 500g και για αδρόκοκκα χαλίκια και κροκάλες 5 kg ή και περισσότερο (**ASTM D422**). Επίσης το δείγμα που

θα χρησιμοποιηθεί πρέπει είναι ξηρό χωρίς συσσωματώματα. Η διαδικασία που ακολουθείται περιγράφεται ως:

- Το δείγμα θερμαίνεται στους 105 °C για τουλάχιστον 24 ώρες και αφού ξηραθεί ζυγίζεται με ζυγό ακριβείας.
- Τοποθετούνται τα κόσκινα στη συσκευή με το μέγεθος βρογχίδος να αυξάνει από κάτω προς τα άνω. Το τελευταίο κόσκινο Νο. 200 συγκρατεί το πιο λεπτομερές κλάσμα της άμμου.
- Τοποθετείται το δείγμα στο κόσκινο με τη μεγαλύτερη διάμετρο.
- Κοσκινίζεται το δείγμα, ενεργοποιώντας το δονητή της συσκευής, για 5 έως 10 λεπτά.
- Αφαιρούνται τα κόσκινα και ζυγίζονται μαζί με την ποσότητα εδάφους που έχουν συγκρατήσει.
- Υπολογίζεται το ποσοστό του συγκρατούμενου υλικού σε κάθε κόσκινο διαιρώντας το βάρος του συγκρατούμενου με το συνολικό βάρος του δείγματος καθώς και το ποσοστό του διερχόμενου υλικού αφαιρώντας σταδιακά το ποσοστό του συγκρατούμενου σε κάθε κόσκινο.
- Τα αποτελέσματα των υπολογισμών τοποθετούνται σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα (η διάμετρος στη λογαριθμική κλίμακα) και σχεδιάζεται η καμπύλη που διέρχεται από τα σημεία.

Από την κοκκομετρική καμπύλη διακρίνεται η κύρια κοκκομετρία του εδάφους και οι υπάρχουσες προσμίξεις.

Στο **Σχήμα 2.6**, παρουσιάζονται τυπικές κοκκομετρικές καμπύλες ενός εδάφους με ομοιόμορφους κόκκους και ενός καλά διαβαθμισμένου (δηλαδή με ποικιλία κόκκων). Όσο πιο απότομη είναι η καμπύλη τόσο ομοιόμορφο (ισοκοκκώδες) είναι το έδαφος.



Σχήμα 2.6 Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης εδαφών

Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης των εδαφών μπορεί να αξιοποιηθούν για τον προσδιορισμό των κάτωθι μεγεθών ιδιαίτερου ενδιαφέροντος (Κούκης και Σαμπατακάκης, 2000).

- Η ενεργή διάμετρος d_{10} , η οποία ορίζεται ως η διάμετρος από την οποία διέρχεται το 10% του δείγματος. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς συνδέεται με την ευκολία ροής του νερού μέσα στο έδαφος. Μικρή τιμή της ενεργού διαμέτρου δείχνει ότι το έδαφος περιέχει μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού.
- Ο συντελεστής ομοιομορφίας (U) του Hazen, ο οποίος ορίζεται ως $U = d_{60}/d_{10}$, όπου d_{60} η διάμετρος από την οποία διέρχεται το 60% του δείγματος. Μεγάλη τιμή του συντελεστή (U) δηλώνει ότι τα μεγέθη των κόκκων είναι καλά διαβαθμισμένα από τους μικρότερους κόκκους προς τους μεγαλύτερους. Έδαφος με συντελεστή ομοιομορφίας ίσο με 1 αποτελείται από κόκκους της ίδιας διαμέτρου. Εδάφη με συντελεστή $U < 5$ είναι σχετικά ομοιόμορφα, ενώ, εάν $U > 5$, καλούνται καλά διαβαθμισμένα.
- Ο συντελεστής ετερομορφίας (H), που χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό κυρίως των άμμων και ορίζεται από την σχέση: $H = d_{85}/d_{15}$.
- Ο συντελεστής καμπυλότητας (C_c), ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο $C_c = (d_{30})^2 / (d_{10} \times d_{60})$. Ο συντελεστής αυτός υποδηλώνει το μέτρο της καμπυλότητας της καμπύλης μεταξύ των σημείων d_{60} και d_{10} .

- Το ισοδύναμο μέγεθος κόκκων (D_e), που ορίζεται από τον τύπο

$$D_e = \frac{1}{\sum_i^n \left(\frac{x_i \times a_i}{d_i} \right)} \quad \text{όπου } x_i \text{ το κλάσμα κόκκων με μέση διάμετρο } d_i \text{ και } a_i$$

συντελεστής σχήματος ο οποίος παίρνει τιμή 8 για κόκκους άμμου, 25 για κόκκους ιλύος και 70 για αργιλικούς κόκκους καολίνη.

2.5.3 Κοκκομετρική ανάλυση με χρήση αραιομέτρου

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής διαβάθμισης των λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών (ιλύων και αργίλων) γίνεται, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, με τη μέθοδο του αραιομέτρου (**Εικόνα 2.3**). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο νόμο του Stokes (**Εξίσωση 2.3**) για την κίνηση σφαιρών σε ιξώδες ρευστό με την επίδραση της βαρύτητας, σύμφωνα με τον οποίο η οριακή ταχύτητα καθίζησης εξαρτάται από τη διάμετρο και την πυκνότητα του υλικού των σφαιρών, την πυκνότητα του ρευστού και το ιξώδες του. Το αραιόμετρο μετράει την πυκνότητα του εν αιωρήσει στερεού υλικού μέσα σ' ένα υγρό μέσο και προκύπτει η ταχύτητα καθίζησης (cm/sec) του με βάση την εξίσωση:

$$v = \frac{d^2}{1800n} (\rho_s - \rho_f) \quad (\text{Εξίσωση 2.3})$$

όπου,

- d : διάμετρος εδαφικών κόκκων (mm)
- ρ_s : πυκνότητα εδαφικών κόκκων (g/cm^3)
- ρ_f : πυκνότητα υγρού μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα η καθίζηση (g/cm^3)
- n : ιξώδες του ρευστού ($\text{g} \times \text{sec/cm}^2$)

Με βάση την ταχύτητα καταβύθισης των κόκκων του εδαφικού υλικού, προκύπτει η κατανομή του μεγέθους των κόκκων. Οι μεγάλοι κόκκοι καθιζάνουν στο πυθμένα του κυλίνδρου πρώτοι και οι μικρότερης διαμέτρου τελευταίοι. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το αραιόμετρο (ή υδρόμετρο ή πυκνόμετρο) **ASTM 152H** της εταιρίας Eijelkamp.

2.5.3.1 Διαδικασία

Ο τρόπος εργασίας που ακολουθείται σύμφωνα με το **ASTM D-422/72** είναι ο ακόλουθος:

- 40g ξηρού εδαφικού δείγματος από το κλάσμα που έχει διέλθει από το κόσκινο No 200 τοποθετούνται σε δοχείο των 250 ml. Προστίθενται 125 ml νατριούχου εξαμεταφωσφορικού διαλύματος (διάλυμα Calgon) 5% κ.β. Το διάλυμα Calgon λειτουργεί ως παράγοντας διασποράς (αντικροκιδωτικό), ώστε να αποφευχθεί η συσσωμάτωση των εδαφικών κόκκων. Το δείγμα ανακατεύεται καλά και αφήνεται τουλάχιστον 16 ώρες να διαποτιστεί.
- Στη συνέχεια, μεταφέρεται σε δοχείο και αναμιγνύεται για περίπου 1 λεπτό, προκειμένου να διαλυθούν πιθανά συσσωματώματα.
- Το δείγμα μεταφέρεται σε ογκομετρικό κύλινδρο των 1000 mL, ο οποίος πληρούται με απιονισμένο νερό. Αφού σφραγιστεί το στόμιο του κυλίνδρου με καπάκι, αναταράσσεται και αμέσως μετά τοποθετείται μέσα στο υδρόλουτρο, το οποίο έχει ήδη τεθεί σε λειτουργία στους 20 °C.
- Μόλις το δείγμα αποκτήσει ομοιογενή και κοινή θερμοκρασία με αυτήν του υδρόλουτρου ο κύλινδρος αφαιρείται, αναταράσσεται και επανατοποθετείται. Αμέσως αρχίζει καθίζηση των εδαφικών κόκκων.
- Το υδρόμετρο τοποθετείται στο δοχείο με το διάλυμα και οι μετρήσεις λαμβάνονται μετά τα δύο πρώτα λεπτά γίνεται στους χρόνους, 4, 8, 15, 30 min, 1, 2, 4, 8 και 24 h. Το αραιόμετρο θα πρέπει να τοποθετείται στο διάλυμα τουλάχιστον 20 sec πριν την μέτρηση.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται, προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων. Ταυτόχρονα με τις ενδείξεις του υδρομέτρου καταγράφονται και μετρήσεις θερμοκρασίας (T). Οποιαδήποτε απόκλιση από την θερμοκρασία βαθμονόμησης διαφοροποιεί την πυκνότητα του διαλύματος των εδαφικών κόκκων και προκαλεί ανακρίβειες στις μετρήσεις. Επίσης, η προσθήκη του αντικροκιδωτικού αυξάνει την πυκνότητα του διαλύματος προκαλώντας σφάλμα στις μετρήσεις το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.



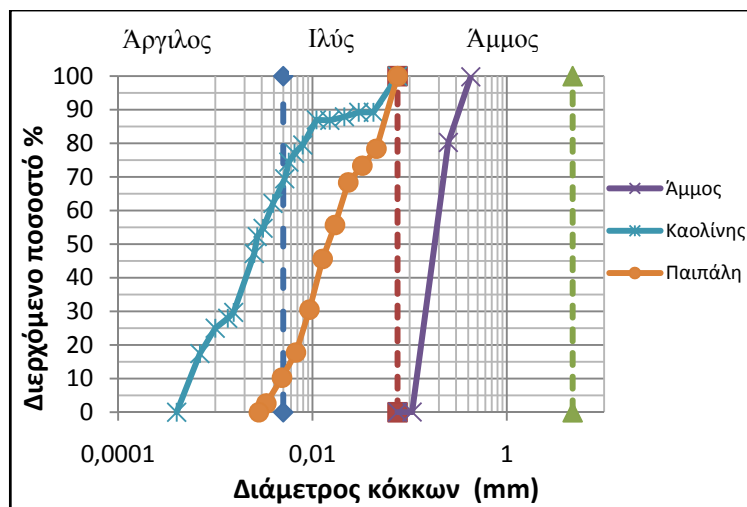
Εικόνα 2.3 Ογκομετρικός κύλινδρος και αραιόμετρο μέτρησης των εν αιωρήσει κόκκων

Η εφαρμογή του νόμου Stokes στις εργαστηριακές δοκιμές δεν προσφέρει απόλυτα ακριβή αποτελέσματα κυρίως εξαιτίας του ότι:

- Το σχήμα των εδαφικών κόκκων είναι ανομοιόμορφο και διαφέρει από το σχήμα σφαίρας.
- Κάθε κόκκος επηρεάζεται από την κίνηση του υγρού η οποία προκαλείται από τους παρακείμενους κόκκους.
- Η ταχύτητα καθίζησης των κόκκων κοντά στα τοιχώματα του δοχείου είναι διαφορετική από εκείνη στο κέντρο του.
- Το μοναδιαίο βάρος των κόκκων του εδάφους είναι δυνατόν να είναι διαφορετικό.
- Η καθίζηση των κόκκων διαταράσσεται από την αναγκαία εισαγωγή του πυκνόμετρου.

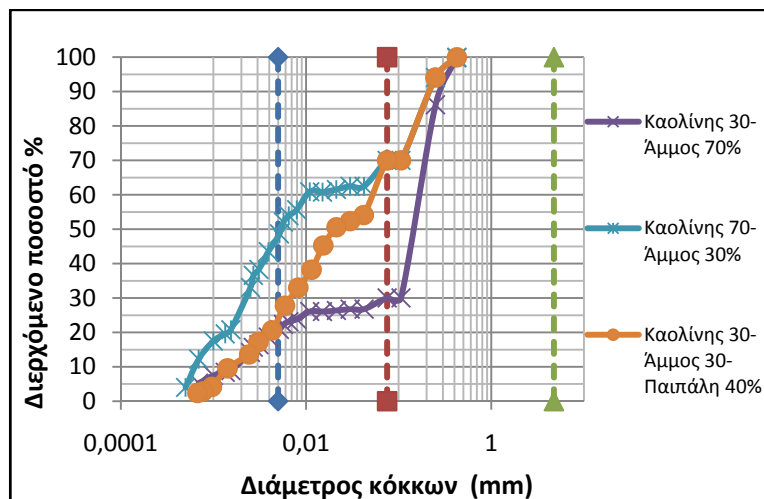
2.5.4 Αποτελέσματα

Στο δείγμα της **Άμμου** πραγματοποιήθηκε ξηρή κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα (**ASTM D422**) ενώ αντίστοιχα για το λεπτομερές κλάσμα (μέγεθος $< 75\mu\text{m}$) του **Καολίνη** και της **Παιπάλης** πραγματοποιήθηκε κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο του αραιομέτρου (**ASTM D422**). Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων παρουσιάζονται στα **Διαγράμματα 2.6** και **2.7**.



Διάγραμμα 2.6 Κοκκομετρική ανάλυση εδαφικών δειγμάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα το δείγμα της **Άμμου** χαρακτηρίζεται ως λεπτόκοκκη άμμος, το δείγμα του **Καολίνη** αποτελείται κατά 54,3% από ιλύ και 45,7% από άργιλο ενώ τέλος το δείγμα της **Παιτάλης** αποτελείται κατά 90,1% από ιλύ και 9,9% από άργιλο.



Διάγραμμα 2.7 Κοκκομετρική ανάλυση διαμορφωμένων εδαφικών μιγμάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων στα διαμορφωμένα εδαφικά δείγματα, το δείγμα **Καολίνης - Άμμος (30-70%)** αποτελείται κατά 70,0% από άμμο, 20,6% από άργιλο και 9,4% από ιλύ, το δείγμα

Καολίνης - Άμμος (70-30%) κατά 48,6% από άργιλο, 30,0% από άμμο και 21, 4% από ιλύ ενώ τέλος το δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)** αποτελείται κατά 27,7% από άργιλο, 30% από άμμο και 42,3% από ιλύ.

Στην συνέχεια με βάση τα αποτελέσματα προσδιορίστηκαν παράμετροι της κοκκομετρικής διαβάθμισης των τριών εδαφικών μιγμάτων, ο συντελεστής ομοιομορφίας (U), ο συντελεστής ετερομορφίας (H), ο συντελεστής κυρτότητας (C_c) και το ισοδύναμο μέγεθος κόκκων (D_e). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 2.6**.

Από τον υπολογισμό των προαναφερόμενων παραμέτρων προκύπτει ότι και τα τρία δείγματα που προέκυψαν μετά την ανάμιξη άμμου, καολίνη και παιπάλης είναι πολύ ετερόμορφα ($U > 15$) με βάση το συντελεστή ομοιομορφίας (U), ανομοιόμορφα ($200 > H > 20$) με βάση το συντελεστή ετερομορφίας (H) και πτωχής κοκκομετρικής διαβάθμισης με βάση το συντελεστή κυρτότητας C_c .

Πίνακας 2.6 Παράμετροι κοκκομετρικής διαβάθμισης

Παράμετρος	Εδαφικό Δείγμα					
	Καολίνης	Άμμος	Παιπάλη	Καολίνης – Άμμος (30-70%)	Καολίνης – Άμμος (70-30%)	Καολίνης - Άμμος – Παιπάλη (30-30-40%)
d_{10}	0,00055	0,12	0,0048	0,0017	0,0006	0,0015
U	6,9	1,6	4,2	105,8	16,6	40
H	16,6	2,1	8,8	89,3	225	73,1
C_c	1,22	0,93	0,84	18,4	0,88	0,48
D_c	$2,77 \times 10^{-7}$	$4,3 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-6}$	$9,25 \times 10^{-7}$	$3,97 \times 10^{-7}$	$8,77 \times 10^{-7}$

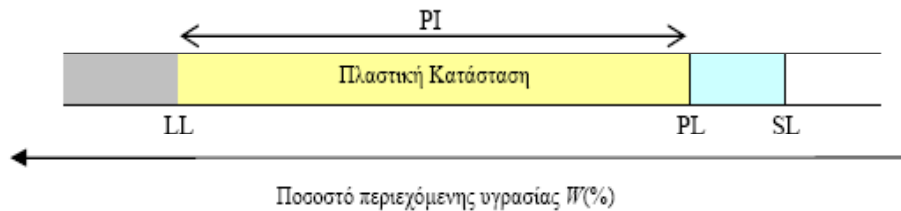
2.6 Προσδιορισμός των ορίων Atterberg

Τα όρια Atterberg (**Σχήμα 2.7**) περιγράφουν την μετάπτωση του εδάφους από την υγρή στην πλαστική και στην συνέχεια στην ημιστερεή και στην στερεή κατάσταση, σύμφωνα με τα ποσοστά της περιεχόμενης υγρασίας. Δείχνουν ουσιαστικά την συμπεριφορά ενός εδάφους ανάλογα με την μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας και καταδεικνύουν εάν το έδαφος είναι ευαίσθητο στις μεταβολές της υγρασίας. Οι δοκιμές για τον προσδιορισμό των ορίων Atterberg πραγματοποιούνται σε εδαφικό υλικό που διέρχεται από το κόσκινο No 40 (425 μm).

Τα όρια Atterberg είναι:

- Όριο υδαρότητας (LL ή w_L): Η περιεκτικότητα σε νερό (%) στην οποία το έδαφος αρχίζει να εμφανίζει διατμητική αντοχή καλείται όριο υδαρότητας και εκφράζει το όριο μεταξύ της υδαρούς και πλαστικής κατάστασης του εδάφους. Κάτω από αυτό το όριο, το έδαφος συμπεριφέρεται ως εύπλαστο υλικό. Το όριο προσδιορίζεται με χρήση είτε της συσκευής Casagrande (**ASTM D4318**) είτε της συσκευής πενετρομέτρου πίπτοντος κώνου (**BS1377:1990**) (Στειακάκης, 2004).
- Όριο πλαστικότητας (PL ή w_p): Στην περίπτωση που η υγρασία του εδάφους μειώνεται σταδιακά κατά τις διάφορες εργαστηριακές δοκιμές κάτω από το όριο υδαρότητας, τότε ο όγκος και η πλασιμότητα του μειώνονται αντίστοιχα. Σε κάποιο ποσοστό υγρασίας, το έδαφος θα σταματήσει να επιδεικνύει πλαστική συμπεριφορά και θα προκληθεί θραύση. Αυτή η περιεκτικότητα σε νερό (%) καλείται όριο πλαστικότητας και εκφράζει το όριο μεταξύ της πλαστικής και ημιστερεής κατάστασης. Ο προσδιορισμός γίνεται με την εύρεση της περιεχόμενης υγρασίας σε εδαφικό δείγμα το οποίο θα αρχίσει να θρυμματίζεται όταν πλάθεται σε λεπτές ίνες, διαμέτρου τουλάχιστον 3 mm (Στειακάκης, 2004).
- Όριο συρρίκνωσης (SL): Είναι η (%) τιμή της περιεχόμενης υγρασίας κάτω από την οποία ο όγκος του εδαφικού δείγματος παραμένει σταθερός με

συνεχιζόμενη ξήρανση. Το όριο συρρίκνωσης χρησιμοποιείται όταν διερευνάται η συμπεριφορά των εδαφών που υφίστανται εναλλασσόμενους κύκλους ύγρυνσης και ξήρανσης.



Σχήμα 2.7 Όρια Atterberg

Μέσω των ορίων Atterberg προσδιορίζονται οι παρακάτω δείκτες:

- Δείκτης πλαστικότητας (PI): Είναι το εύρος της περιεχόμενης υγρασίας στο οποίο το έδαφος επιδεικνύει πλαστική συμπεριφορά. Μεγάλη τιμή του δείκτη πλαστικότητας δείχνει μεγάλο εύρος υγρασίας στην οποία το έδαφος διατηρείται σε πλαστική κατάσταση. Ορίζεται ως:

$$PI = LL - PL \quad (\text{Εξίσωση 2.4})$$

- Δείκτης υδαρότητας (LI): Μας επιτρέπει να συγκρίνουμε την πλαστικότητα ενός εδάφους με την περιεχόμενη υγρασία. Εάν $LI=100\%$ το έδαφος είναι στο όριο υδαρότητας, ενώ αν $LI=0\%$ το έδαφος είναι στο όριο πλαστικότητας. Ορίζεται ως:

$$LI = \frac{LL - PL}{PI} \quad (\text{Εξίσωση 2.5})$$

- Ενεργότητα : Ο δείκτης PI αποτελεί γραμμική συνάρτηση του % ποσοστού των αργιλικών ορυκτών του εδάφους. Η κλίση της ευθείας καλείται ενεργότητα και ισούται με PI / C όπου C το ποσοστό % της αργίλου ($d < 0,002 \text{ mm}$). Η ενεργότητα αποτελεί κατά κάποιο τρόπο μέτρο της δραστηριότητας του αργιλικού κλάσματος όσον αφορά την ικανότητά του να προσροφήσει νερό. Όταν η ενεργότητα είναι μικρότερη του 0,75 τότε το

έδαφος χαρακτηρίζεται ως μη ενεργό, όταν είναι μεταξύ 0,75 και 1,25 ως κανονικό και όταν είναι μεγαλύτερη του 1,25 ως ενεργό. Ορίζονται τέσσερις ομάδες ενεργότητας, από μη ενεργό έως πολύ ενεργό έδαφος και στον **Πίνακα 2.7** δίνονται μερικές χαρακτηριστικές τιμές για διάφορα εδάφη.

Πίνακας 2.7 Ενεργότητα αργίλων (Παπαχαρίσης κ.α, 2003)

Ομάδες		Χαρακτηριστικές τιμές	
Περιγραφή	Ενεργότητα	Έδαφος-Ορυκτό	Ενεργότητα
Μη ενεργό	<0,75	Καολινίτης	0,4
Κανονικό	0,75-1,25	Ιλλίτης	0,9
Ενεργό	1,25-2,0	Ασβεστούχος Μοντοριλλονίτης	1,5
Πολύ ενεργό	>2	Μπεντονίτης	7

2.6.1 Διαδικασία

Τα όρια υδαρότητας προσδιορίστηκαν με την μέθοδο Casagrande (**ASTM D4318**) και την μέθοδο πενетроμέτρου πίπτοντος κώνου (**BS1377:1990**) ενώ το όριο πλαστικότητας προσδιορίστηκε σύμφωνα με την προδιαγραφή **ASTM D4318** και κατά **DIN 18122, Bl.1** (**Εικόνα 2.4**). Από κάθε εδαφικό δείγμα χρησιμοποιήθηκε ποσότητα περίπου 150g από το υλικό διερχόμενο του κόσκινου N° 40 (0,425 mm).



Εικόνα 2.4 Εργαστηριακός εξοπλισμός μέτρησης ορίων Atterberg

2.6.1.1 Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας

Συσκευή Casagrande

Ο τρόπος εργασίας που ακολουθείται σύμφωνα με την προδιαγραφή **ASTM D4318** είναι ο ακόλουθος:

- Λαμβάνεται δείγμα 100g (διερχόμενο από το κόσκινο No 40), αναμειγνύεται με μικρή ποσότητα νερού (15-20 ml) και τοποθετείται στην κάψα της συσκευής Casagrande (**Εικόνα 2.5**) έτσι ώστε να δημιουργήσει ένα στρώμα με ομαλή επιφάνεια. Το μέγιστο πάχος του πρέπει να είναι περίπου 1 cm.
- Χωρίζεται το εδαφικό δείγμα σε δύο ίσα μέρη σύροντας το εργαλείο αυλάκωσης κατά μήκος του άξονα συμμετρίας του κυπέλου.
- Με σταθερό ρυθμό 2 (περιστροφές/sec) γυρίζουμε τον μοχλό ώστε η κάψα να πραγματοποιεί πτώσεις και μετρούνται οι κτύποι που απαιτούνται έως ότου οι δύο πλευρές του δείγματος ενωθούν στη βάση της χαραγής και σε μήκος 12,7 mm.



Εικόνα 2.5 Συσκευή Casagrande

- Εάν ο αριθμός των περιστροφών που απαιτούνται είναι μεταξύ 5 και 40, λαμβάνονται 35-40g από το δείγμα από την περιοχή της επαφής (κλειστή αύλακα) και πραγματοποιούνται οι απαραίτητες ζυγίσεις για την εκτίμηση

της υγρασίας και στη συνέχεια τοποθετούνται στο ξηραντήριο (θερμοκρασία 110 °C).

- Πραγματοποιείται πλήθος δοκιμών (3-5) μεταβάλλοντας την περιεχόμενη υγρασία, αυξάνοντας σε κάθε δοκιμή το βαθμό ύγρανσης του δείγματος. Κάθε δοκιμή χαρακτηρίζεται από τον αριθμό χτύπων N και από την περιεχόμενη υγρασία w (%) του δείγματος. Οι τιμές (N , w) σχεδιάζονται σε ένα ημιλογαριθμικό διάγραμμα και χαράζοντας την ευθεία που προσεγγίζει τα πειράματα, υπολογίζεται η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας w (LL) για $N=25$.

Μέθοδος πενетроμέτρου πίπτοντος κώνου

Η μέθοδος πενетроμέτρου πίπτοντος κώνου (**Εικόνα 2.6**) χρησιμοποιείται συνήθως για τον υπολογισμό του ορίου υδαρότητας για λεπτόκοκκα εδάφη. Κατά τη μέθοδο αυτή κωνικό βαρίδιο βάρους 60g και γωνίας ανοίγματος 60° κρέμεται με την κορυφή κώνου σε επαφή με το εδαφικό δείγμα. Το βαρίδιο απελευθερούμενο βυθίζεται εντός του εδάφους. Το βάθος διείσδυσης του κώνου, καταγράφεται και είναι ανάλογο με την διατμητική αντοχή του εδάφους και το όριο υδαρότητας του.

Η δοκιμή επαναλαμβάνεται και κατασκευάζεται διάγραμμα του βάθους διείσδυσης (mm) σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα σε νερό (%). Το όριο υδαρότητας υπολογίζεται από την περιεκτικότητα σε νερό που αντιστοιχεί σε βάθος διείσδυσης 10 mm.



Εικόνα 2.6 Συσκευή πενетроμέτρου πίπτοντος κώνου

2.6.1.2 Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας

Ο τρόπος εργασίας που ακολουθείται σύμφωνα με την προδιαγραφή **ASTM D4318** είναι ο ακόλουθος:

- Λαμβάνονται 20g εδαφικού υλικού που έχει αναμειχθεί καλά, τοποθετούνται μέσα στην κάψα, προσθέτεται νερό ενώ το αναμειγνύονται ώστε να αποκτήσουν πλασιμότητα.
- Η εδαφική μάζα χωρίζεται σε τρία μέρη. Το δείγμα της δοκιμής συμπιέζεται και μορφοποιείται σε μάζα ελλειψοειδούς σχήματος σχηματίζοντας ραβδίσκο ομοιόμορφης διαμέτρου 3 mm σε όλο το μήκος του.
- Εάν το έδαφος είναι πολύ ξηρό και δεν είναι δυνατή η διαμόρφωση ραβδίσκου διαμέτρου 3 mm, το δείγμα αναπλάθεται προσθέτοντας περισσότερο νερό και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να προσεγγιστεί μια περιεκτικότητα σε νερό κατά την οποία ο ραβδίσκος θρυμματίζεται κυλινδρούμενος προκειμένου να μειωθεί η διάμετρος του κάτω από 3 mm.
- Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός του ορίου πλαστικότητας (ο ραβδίσκος θρυμματίζεται πολύ πριν φτάσει τα 3 mm διάμετρο ενώ η περαιτέρω αύξηση της υγρασίας οδηγεί στο όριο υδαρότητας, οπότε το δείγμα χάνει τις ιδιότητες της εύπλαστης μάζας) το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μη πλαστικό – non plastic.
- Τα όρια υδαρότητας και πλαστικότητας χρησιμοποιούνται διεθνώς για τον χαρακτηρισμό των εδαφών με βάση το διάγραμμα Casagrande και σε συνδυασμό με την μέθοδο της κοκκομετρικής κατάταξης σύμφωνα με τις προδιαγραφές ASTM.

Επίσης στο Πανεπιστήμιο Leuphana Universität Lüneburg – Campus Suderburg (Γερμανία) πραγματοποιήθηκαν δοκιμές υπολογισμού του ορίου πλαστικότητας σύμφωνα με την προδιαγραφή **DIN 18122, Bl.1 (Εικόνα 2.7)**.



Εικόνα 2.7 Συσκευή προσδιορισμού ορίου πλαστικότητας (DIN 18122, Bl.1)

2.6.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των ορίων Atterberg για τα εδαφικά δείγματα **Καολίνης - Άμμος 30-70%**, **Καολίνης - Άμμος 70-30%**, **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)** και του **Καολίνη** παρουσιάζονται στον **Πίνακα 2.7**

Από τον **Πίνακα 2.8** παρατηρείται αύξηση των ορίων Atterberg με αύξηση του αργιλικού κλάσματος (Καολίνης) από 30 σε 70%. Το δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)** με την προσθήκη Παιπάλης δίνει τιμές ορίων Atterberg παρόμοιες με αυτές του εδαφικού δείγματος **Καολίνης - Άμμος 30-70%**.

Υπάρχει διαφοροποίηση των τιμών του ορίου υδαρότητας μεταξύ της συσκευής Casagrande και του πενετρομέτρου πίπτοντος κώνου. Παρατηρείται ότι η συσκευή πενετρομέτρου πίπτοντος κώνου για όλα τα εδαφικά δείγματα δίνει μεγαλύτερες τιμές ορίου υδαρότητας από τις αντίστοιχες τιμές της συσκευής Casagrande.

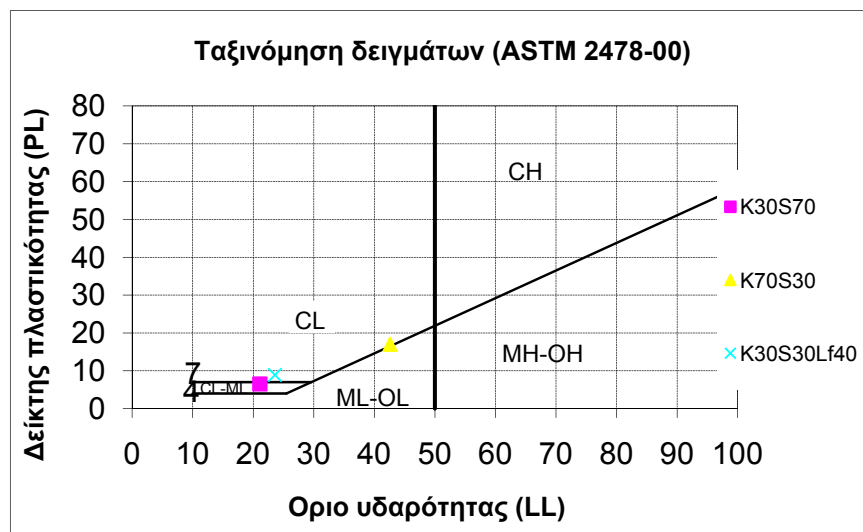
Αντίστοιχα με την συσκευή εκτίμησης του ορίου πλαστικότητας σύμφωνα με την προδιαγραφή **DIN 18122, Bl.1** προκύπτουν μικρότερες τιμές ορίου πλαστικότητας σε σχέση με τις αντίστοιχες που προσδιορίστηκαν σύμφωνα με την προδιαγραφή **ASTM D4318**.

Πίνακας 2.8 Τιμές ορίων Atterberg των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων

Δείγμα	Όριο υδαρότητας % (LL)		Όριο πλαστικότητας % (PL)		Δείκτης πλαστικότητας % (PI)
	Casagrande	Cone	DIN 18122, Bl.1		
Καολίνης	60,8		38,4		22,4
Καολίνης-Άμμος (30-70%)	21,1	23,6	14,4	9,7	6,7-9,2
Καολίνης-Άμμος (70-30%)	42,6	46,4	26,6	17,6	16-19,8
Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη (30-30-40%)	23,6	28,3	14,7	13,6	8,9-13,6

2.7 Ταξινόμηση εδαφών

Το Ενοποιημένο Σύστημα Κατάταξης (USCS-Unified Soil Classification System) χρησιμοποιεί τα ποσοστά του εδάφους που διέρχονται από το κόσκινο Νο 200 (λεπτόκοκκο κλάσμα) και το Νο 4 (αμμώδες κλάσμα), και τα όρια Atterberg με τη μορφή του "Χάρτη Πλαστικότητας Casagrande" (Διάγραμμα 2.8).



Διάγραμμα 2.8 Χάρτης Πλαστικότητας Casagrande

Με βάση το Ενοποιημένο Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών (ASTM 2487-00), τα όρια Atterberg και τις παραμέτρους της κοκκομετρικής διαβάθμισης, προκύπτει ότι το δείγμα **Καολίνης-Άμμος (70-30%)** και το δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη (30-30-40%)** ταξινομούνται στην ομάδα CL και συγκεκριμένα ως "*Αμμώδης ισχνή άργιλος*", ενώ το δείγμα **Καολίνης-Άμμος (30-70%)** στην ομάδα CL-ML και συγκεκριμένα ως "*Ιλυοαργιλώδης άμμος*".

2.8 Ειδική επιφάνεια

Η υδραυλική αγωγιμότητα σχετίζεται με την ειδική επιφάνεια σύμφωνα με τη εξίσωση Kozeny-Carman. Συνδέεται επίσης με το όριο υδαρότητας (Chapuis et al., 2003) και μπορεί να εκτιμηθεί με βάση τις τιμές του ορίου υδαρότητας LL . Σύμφωνα με πειράματα που έγιναν από τους De Bruyn et al., Farrar και Coleman, Locat et al. και Sridharan et al. υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ του $1/S$ και του $1/LL$, για εδάφη με $LL < 110$ (Chapuis et al., 2003).

Ο προσδιορισμός της ειδικής επιφάνειας έγινε στο Εργαστήριο Εμπλουτισμού του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων με την μέθοδο της ισόθερμης προσρόφησης αζώτου (B.E.T.), από την οποία υπολογίζεται η ποσότητα του αζώτου για την πλήρη κάλυψη της επιφάνειας με μονομοριακό στρώμα χρησιμοποιώντας την συσκευή τύπου NOVA 2200 (Gas Sorption Analyser) της εταιρείας Quantachrome.

2.8.1 Αποτελέσματα

Στον **Πίνακα 2.9** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μέτρησης της ειδικής επιφάνειας S για τα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα με την μέθοδο της ισόθερμης προσρόφησης αζώτου (B.E.T.).

Πίνακας 2.9 Τιμές ειδικής επιφάνειας S υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων

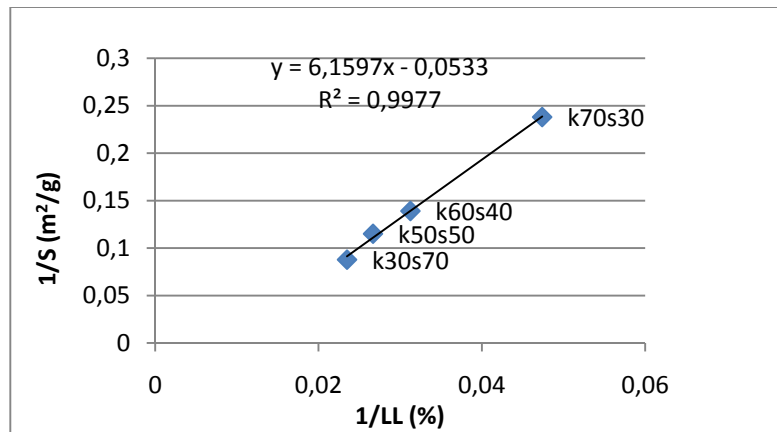
Δείγμα	Ειδική επιφάνεια S (m^2/g)
Καολίνη-Άμμος 30-70%	11,0
Καολίνη-Άμμος 70-30%	4,0

Από τον **Πίνακα 2.9** παρατηρείται ότι η ολική ειδική επιφάνεια του δείγματος **Καολίνη-Άμμου 70-30%** είναι $11 m^2/g$ ενώ για το δείγμα **Καολίνη-Άμμου 30-70%** είναι ίση $4 m^2/g$.

Με βάση τις τιμές της ολικής ειδικής επιφάνειας S που μετρήθηκαν για τα διάφορα δείγματα με την μέθοδο της προσρόφησης αερίων (B.E.T.) και τα όρια υδαρότητας LL σχεδιάστηκε το **Διάγραμμα 2.9** προκειμένου να διερευνηθεί η

συσχέτιση τους για τα δείγματα που εξετάστηκαν. Η συνάρτηση που συνδέει την ειδική επιφάνεια S με το όριο υδαρότητας LL είναι της μορφής:

$$\frac{1}{S} = 6,1597\left(\frac{1}{LL}\right) - 0,0533 \quad (\text{Εξίσωση 2.6})$$



Διάγραμμα 2.9 Συσχέτιση μεταξύ της ειδικής επιφάνειας $1/S$ με το όριο υδαρότητας $1/LL$.

2.9 Προσδιορισμός ειδικού βάρους των εδαφικών κόκκων

Το ειδικό βάρος (G_s) των κόκκων ενός εδαφικού υλικού ορίζεται σαν ο λόγος του βάρους δεδομένου όγκου κόκκων από το υλικό αυτό προς το βάρος ίσου όγκου απαερωμένου νερού θερμοκρασίας 4°C και δίνεται από τη σχέση:

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \times \gamma_w} \quad (\text{Εξίσωση 2.7})$$

όπου,

W_s : βάρος των στερεών σωματιδίων

V_s : όγκος των στερεών σωματιδίων

γ_w : πυκνότητα νερού στους $4^\circ \text{C} = 1 \text{ Mg/m}^3$

Για την εφαρμογή της δοκιμής χρησιμοποιείται εδαφικό δείγμα από τον σχηματισμό διερχόμενο από το κόσκινο No 10, δηλαδή υλικό διαμέτρου μικρότερης

των 2 mm. Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε δύο φορές για κάθε δείγμα και σαν τιμή ειδικού βάρους, ελήφθη ο μέσος όρος των δύο τιμών.

Το ειδικό βάρος παρέχει ενδείξεις για το είδος των περιεχόμενων ορυκτολογικών συστατικών και τη συσσωμάτωση των ορυκτών. Στον **Πίνακα 2.10** που ακολουθεί δίνονται τιμές ειδικού βάρους των σπουδαιότερων ορυκτών του εδάφους.

Πίνακας 2.10 Τιμές ειδικού βάρους των σπουδαιότερων ορυκτών του εδάφους
(Κούκης και Σαμπατακάκης, 2002)

Ορυκτό	Ειδικό βάρος G_s
Χαλαζίας	2,65
Καολινίτης	2,6
Ιλλίτης	2,8
Μοντμοριλλονίτης	2,65-2,8
Βιοτίτης	2,8-3,2

2.9.1 Αποτελέσματα

Σε καθένα από τα 5 εδαφικά δείγματα μετρήθηκε το ειδικό βάρος κατά **ASTM D854**. Η απαέρωση του νερού πραγματοποιήθηκε με παροχέτευση ηλίου (He) στο νερό και ακολούθησε μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου για επιβεβαίωση της απαέρωσης. Το κατάλληλα απαερωμένο νερό περιέχει λιγότερο από 1 έως 2 mg/L διαλυμένο οξυγόνο. Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών αναλυτικά δίνονται στον **Πίνακα 2.11**.

Πίνακας 2.11 Τιμές ειδικού βάρους υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων

Δείγμα	Ειδικό βάρος G_s
Καολίνης	2,67
Άμμος	2,63
Καολίνης-Άμμος (30-70%)	2,642
Καολίνης-Άμμος (70-30%)	2,65
Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη (30-30-40%)	2,6915

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Με τον όρο συμπίκνωση (compaction) εννοείται η τεχνητή αύξηση της πυκνότητας του εδάφους που έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση της διατμητικής του αντοχής, τη μείωση των καθιζήσεων και της υδραυλικής του αγωγιμότητας.

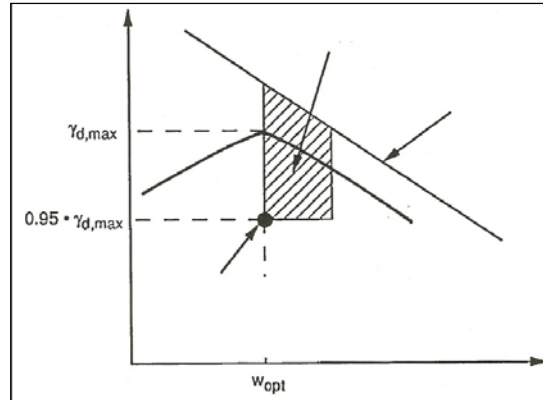
Ανάλογα με την εδαφική σύνθεση και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες έχει γίνει η συμπίκνωση η υδραυλική αγωγιμότητα των αργίλων μπορεί να ποικίλει παρά πολύ. Συνήθως όταν το εδαφικό υλικό χρησιμοποιείται ως υλικό στεγάνωσης πρέπει να έχει υδραυλική αγωγιμότητα μικρότερη η ίση με 1×10^{-9} m/s.

Μερικές από τις περιπτώσεις στις οποίες επιδιώκεται η συμπίκνωση του εδάφους είναι μεταξύ άλλων η βελτίωση του εδάφους για θεμελίωση τεχνικών έργων, δημιουργία στερεών εδαφικών επιχωμάτων για την κατασκευή δρόμων, κατασκευή χωμάτων φραγμάτων, βελτίωση της φέρουσας ικανότητας και μείωση των ενδεχόμενων καθιζήσεων εδαφικών υλικών πλήρωσης εκσκαφών.

Ο βαθμός συμπίκνωσης ενός εδάφους ορίζεται ο λόγος της ξηρής πυκνότητας του εδάφους που επιτυγχάνεται επί τόπου (στο εργοτάξιο) προς αυτήν που έχει υπολογιστεί εργαστηριακά και εκφράζεται επί τις %.

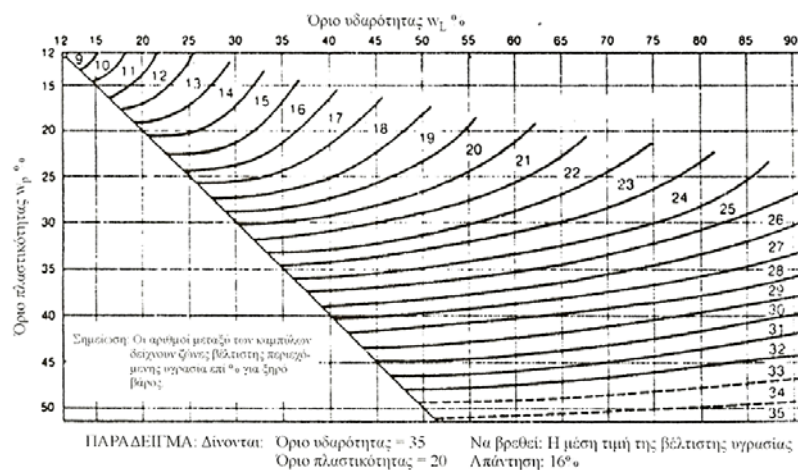
Η μέγιστη συμπίκνωση επιτυγχάνεται με προσθήκη συγκεκριμένης ποσότητας ύδατος που ευνοεί τη μείωση συνοχής και τριβών μεταξύ των κόκκων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται γρήγορη αναδιάταξη των κόκκων σε πυκνότερη δομή. Εάν μεταβληθεί η περιεκτικότητα σε νερό του εδαφικού δείγματος, διατηρώντας σταθερή την ενέργεια συμπίκνωσης (βάρος σφύρας, ύψος πτώσης, αριθμός κτύπων ανά στρώση, πάχος των στρώσεων) και σχεδιαστεί το διάγραμμα μεταβολής του ξηρού μοναδιαίου βάρους (γ_d) σε συνάρτηση με την περιεχόμενη υγρασία (m_c) %, τότε προκύπτει μια καμπύλη που παρουσιάζει μια μέγιστη τιμή του γ_d για μια ορισμένη περιεκτικότητα σε νερό. Η τιμή αυτή χαρακτηρίζεται σαν βέλτιστη υγρασία κατά Proctor (**Σχήμα 3.1**). Αν αυξηθεί η ενέργεια συμπίκνωσης αυξάνεται και η μέγιστη τιμή του γ_d και μειώνεται η τιμή της βέλτιστης υγρασίας. Η μορφή της καμπύλης συμπίκνωσης μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Η τιμή της βέλτιστης υγρασίας αυξάνει λογαριθμικά με την

αύξηση των λεπτόκοκκων στο έδαφος, ενώ εμφανίζει γενικά γραμμική σχέση με την αύξηση του ποσοστού των κόκκων της άμμου (Olson and Daniel, 1981).



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα προσδιορισμού μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους και βέλτιστης υγρασίας συμπίκνωσης εδαφικού δείγματος (Olson and Daniel, 1981)

Για την δημιουργία των δοκιμών, προσδιορίστηκε η βέλτιστη υγρασία συμπίκνωσης, πραγματοποιήθηκαν συμπυκνώσεις των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων σε υγρασία, ελαφρώς μεγαλύτερη (2-4%) της βέλτιστης εργαστηριακής πυκνότητας (Πίνακας 3.1), με βάση την πρότυπη δοκιμή Proctor (Olson and Daniel, 1981, Sällfors et al., 2002;). Ο καθορισμός της κατά προσέγγιση υγρασίας αφετηρίας έγινε με βάση το **Σχήμα 3.2** το οποίο υποδεικνύει τη βέλτιστη υγρασία $om_c \pm 2\%$ εάν οι τιμές του ορίου υδαρότητας και πλαστικότητας του εδάφους είναι γνωστές.



Σχήμα 3.2 Προσεγγιστικός προσδιορισμός βέλτιστης υγρασίας με την μέθοδο της συμπίκνωσης κατά Proctor σε συνδυασμό με τα όρια Atterberg (Παπαχαρίσης κ.α, 2003)

3.1 Πρότυπη μέθοδος Proctor

Η δοκιμή έχει σαν σκοπό τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας και του ξηρού μοναδιαίου βάρους του εδάφους το οποίο συμπυκνώθηκε με τη χρήση ενός μεταλλικού κόπανου κυκλικής διατομής διαμέτρου $50,8 \pm 0,127$ mm και βάρους $2,49 \pm 0,01$ kg που πέφτει ελεύθερα από ύψος $304,8 \pm 1,524$ mm από τη στάθμη του εδαφικού δοκιμίου (ASTM D698). Η κυλινδρική μήτρα και ο πρόσθετος δακτύλιος συνδέονται σταθερά με την ανεξάρτητη πλάκα βάσης (Εικόνα 3.1). Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται σε διάγραμμα ξηρού μοναδιαίου βάρους-περιεκτικότητα σε νερό.



Εικόνα 3.1 Μήτρα πρότυπης δοκιμής συμπίκνωσης κατά Proctor

3.1.1 Διαδικασία

Ο τρόπος εργασίας που ακολουθείται σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM D698 είναι ο ακόλουθος:

- Το εδαφικό δείγμα που διέρχεται από το κόσκινο No. 4 (4,75 mm) ξηραίνεται και στη συνέχεια θραύονται τα συσσωματώματά του.
- Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα από το κοσκινισμένο έδαφος (περίπου 3 kg) το οποίο αναμιγνύεται καλά με επαρκή ποσότητα νερού για να υγρανθεί. Στη συνέχεια τοποθετείται σε τρεις ίσες στρώσεις μέσα στη μήτρα για την παρασκευή ενός υλικού συμπυκνωμένου βάθους περίπου 127 mm. Κάθε

στρώση συμπυκνώνεται με 25 ομοιόμορφα κατανεμημένους κτύπους με τον κόπανο (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 Συσκευή συμπύκνωσης

- Μετά τη συμπύκνωση απομακρύνεται από το δοχείο ο δακτύλιος και περικόπτεται προσεκτικά το συμπυκνωμένο έδαφος μέχρι την κορυφή της μήτρας, ζυγίζεται και υπολογίζεται το υγρό μοναδιαίο βάρος γ (kN/m^3) του συμπυκνωμένου εδάφους.
- Το δοκίμιο εξάγεται από την μήτρα και από το κέντρο του λαμβάνεται δείγμα (όχι μικρότερο από 100g) για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας m_c .

Το ξηρό μοναδιαίο βάρος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + m_c} \quad (\text{kN/m}^3) \quad (\text{Εξίσωση 3.1})$$

όπου,

- γ : υγρό μοναδιαίο βάρος του δείγματος, (kN/m^3)
 m_c : περιεχόμενη υγρασία του δείγματος, %

- Προστίθεται στο εδαφικό δείγμα νερό ώστε να αυξηθεί η περιεχόμενη υγρασία (m_c) του και επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία για κάθε νέα αύξηση

της υγρασίας. Συνεχίζεται η σειρά η διαδικασία μέχρι που να ελαττωθεί ή να μην μεταβληθεί το υγρό μοναδιαίο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους.

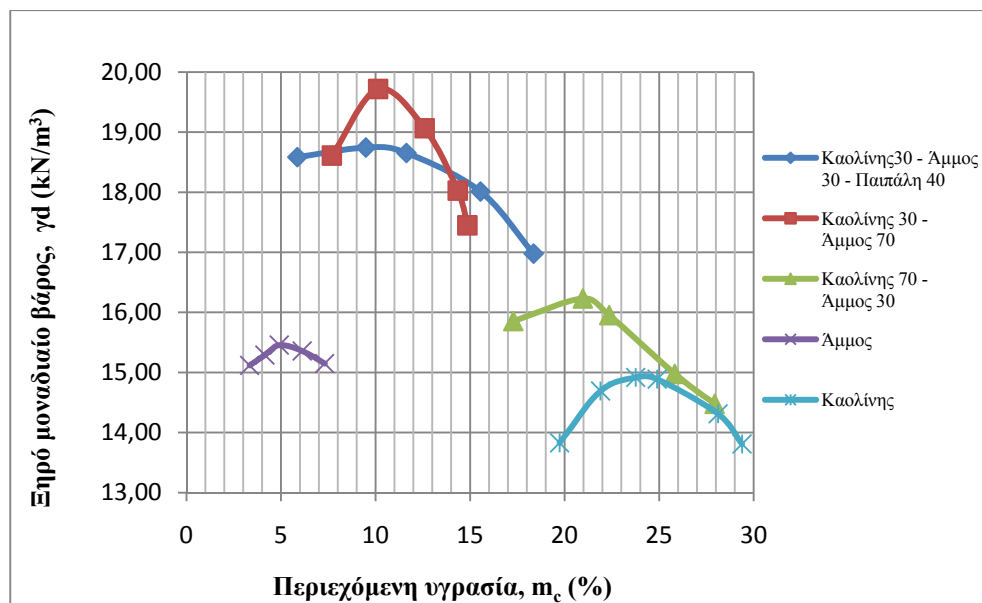
- Τα αποτελέσματα της διαδικασίας δίδονται σε διάγραμμα «ξηρού μοναδιαίου βάρους (γ_d) σε συνάρτηση με την περιεχόμενη υγρασία (m_c)» με τη βοήθεια του οποίου προσδιορίζεται το μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος (γ_{dmax}) και η βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία (om_c).

3.1.2 Αποτελέσματα

Τα πέντε εδαφικά δείγματα συμπυκνώθηκαν σε διάφορες υγρασίες για τον προσδιορισμό της βέλτιστης υγρασίας συμπίκνωσης και του μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3.1** ενώ στο **Διάγραμμα 3.1** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα διαγράμματα της υγρασίας συμπίκνωσης σε συνάρτηση με το ξηρό μοναδιαίο βάρος για τα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα.

Πίνακας 3.1 Τιμές μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους (γ_{dmax}) και βέλτιστης υγρασίας συμπίκνωσης (om_c) των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων

Εδαφικό δείγμα	Ξηρό μοναδιαίο βάρος, γ_{dmax} (kN/m ³)	Βέλτιστη υγρασία συμπίκνωσης, om_c (%)
Καολίνης	15,0	24,2
Άμμος	15,5	4,9
Καολίνης-Άμμος 70-30%	16,3	21,0
Καολίνης-Άμμος 30-70%	19,7	10,2
Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%	18,8	10,5



Διάγραμμα 3.1 Προσδιορισμός μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους και βέλτιστης υγρασίας συμπίκνωσης των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα το δείγμα **Καολίνης** παρουσιάζει μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος 15 kN/m^3 με βέλτιστη υγρασία $24,2\%$, ενώ το δείγμα **Άμμος** έχει μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος $15,46 \text{ kN/m}^3$ και βέλτιστη υγρασία $4,9\%$. Τα διάφορα εδαφικά δείγματα **Καολίνη-Άμμου** που δημιουργήθηκαν παρουσιάζουν τιμές μέγιστης ξηρής πυκνότητας υψηλότερες από 15 kN/m^3 και τιμές βέλτιστης υγρασίας μικρότερες από $24,2\%$.

Στο **Παράρτημα II** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα φύλλα εργασίας υπολογισμού της βέλτιστης υγρασίας συμπίκνωσης των υπό εξέταση δειγμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η υδραυλική αγωγιμότητα των εδαφών μπορεί να προσδιοριστεί με επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές ενώ η γνώση της είναι απαραίτητη για την μελέτη γεωτεχνικών έργων όπως φράγματα, εδαφικά φίλτρα, τάπητες ΧΥΤΑ (χώροι υγειονομικής ταφής), στραγγιστήρια, κ.α.

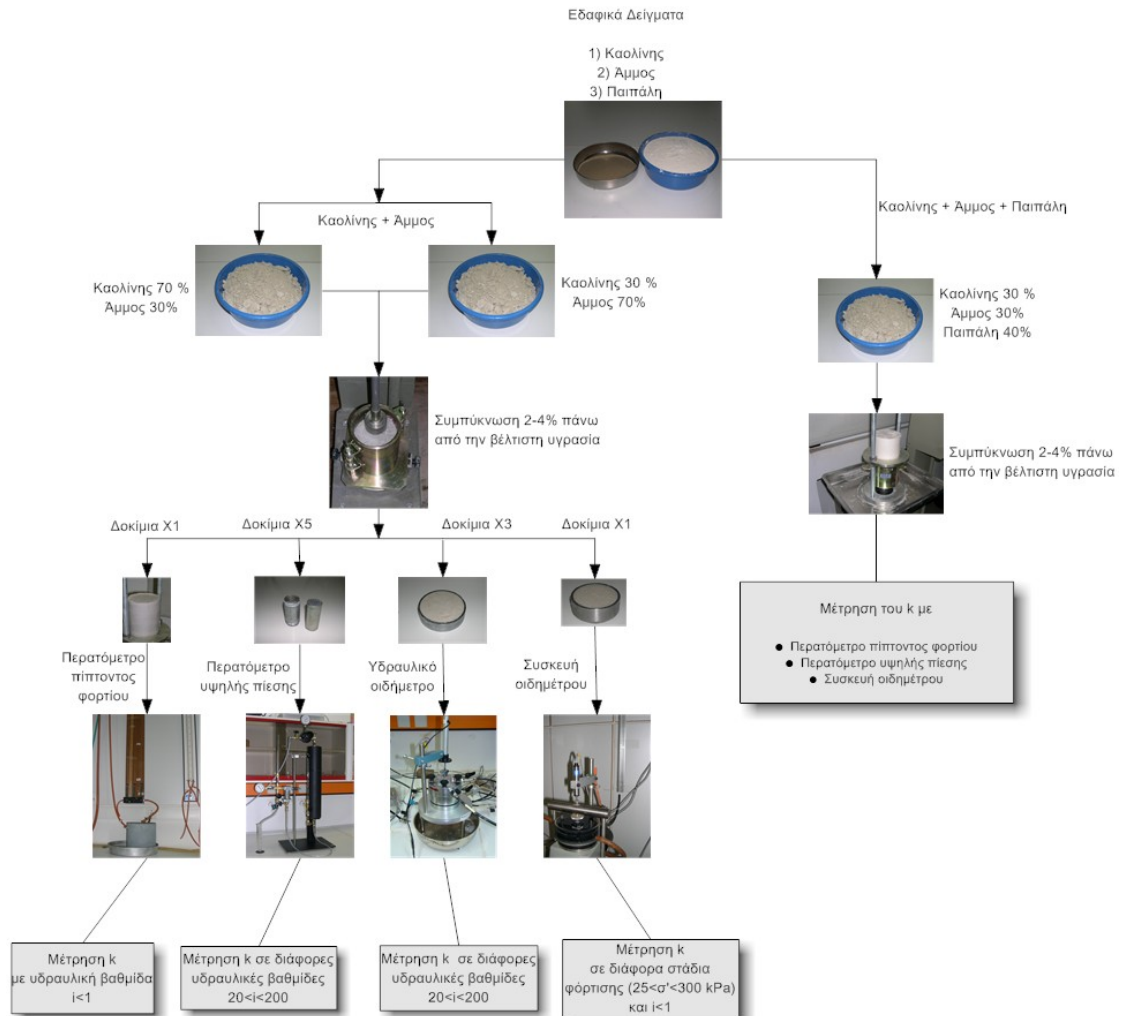
Η υδραυλική αγωγιμότητα επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως ο βαθμός συμπύκνωσης του υλικού. Εν γένει η συμπύκνωση και η δόνηση κάποιου κοκκώδους υλικού, έχει ως αποτέλεσμα το "κλείσιμο" των κενών και την μείωση της τιμής της. Ωστόσο ο κρίσιμος παράγοντας για την υδραυλική αγωγιμότητα ενός εδαφικού σχηματισμού, είναι το λεπτόκοκκο κλάσμα που περιέχει, εξαρτάται δηλαδή από την κοκκομετρική διαβάθμιση.

Διερευνήθηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν την υδραυλική αγωγιμότητα εδαφικών δειγμάτων διάφορης ποσοστιαίας αναλογίας άμμου, καολίνη και παιπάλης τα οποία συμπυκνώθηκαν σε ξηρό μοναδικό βάρος (γ_d) ίσο με 95% του μέγιστου ξηρού μοναδιαίου βάρους ($\gamma_{d,max}$) (σύμφωνα με τα πρότυπα **ASTM D698**) και περιεχόμενη υγρασία (m_c) 2 έως 4% πάνω από τη βέλτιστη υγρασία συμπύκνωσης (om_c) κατά Proctor.

Η υδραυλική αγωγιμότητα εκτιμήθηκε με τέσσερις διαφορετικές εργαστηριακές μεθόδους και διάφορες υδραυλικές βαθμίδες. Σκοπός ήταν ο προσδιορισμός των ορίων εφαρμογής κάθε μεθόδου και η επίδραση της εφαρμοζόμενης υδραυλικής βαθμίδας στο μέγεθος της υδραυλικής αγωγιμότητας. Χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τέσσερις διαφορετικές μέθοδοι-συσκευές οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στην συνέχεια:

1. Περαιτόμετρο πίπτοντος φορτίου (falling head permeameter),
2. Περαιτόμετρο υψηλής πίεσης (high pressure permeameter),
3. Υδραυλικό οιδήμετρο - Τεχνική σταθερής ροής (hydraulic oedometer),
4. Συσκευή οιδημέτρου (consolidometer).

Στο **Σχήμα 4.1** παρουσιάζεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας με τις διάφορες εργαστηριακές συσκευές.



Σχήμα 4.1 Πειραματική διαδικασία μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας

Οι δοκιμές με το περατόμετρο πίπτοντος φορτίου έγιναν για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας συμπυκνωμένων δειγμάτων κάτω από μικρές υδραυλικές βαθμίδες ($i < 1$) σε δοκίμια μεγάλου μεγέθους προκειμένου να είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικό.

Οι δοκιμές με το περατόμετρο υψηλής πίεσης έγιναν για την διερεύνηση της υδραυλικής αγωγιμότητας συμπυκνωμένων δειγμάτων κάτω από ένα μεγάλο εύρος διάφορων υδραυλικών βαθμίδων.

Αντίστοιχα οι δοκιμές με το υδραυλικό οιδήμετρο έγιναν για την διερεύνηση της υδραυλικής αγωγιμότητας συμπυκνωμένων δειγμάτων κάτω από ένα μεγάλο εύρος διάφορων υδραυλικών βαθμίδων, σε ελεγχόμενες συνθήκες κορεσμού και σε δοκίμια μικρού μεγέθους.

Τέλος οι δοκιμές με την συσκευή οιδήμετρου έγιναν για την διερεύνηση της υδραυλικής αγωγιμότητας συμπυκνωμένων δειγμάτων κάτω από διάφορα στάδια στερεοποίησης εφαρμόζοντας μικρές υδραυλικές βαθμίδες σε δοκίμια μικρού μεγέθους.

Στο **Παράρτημα III** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα φύλλα εργασίας των δοκιμών μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας των υπό εξέταση δειγμάτων.

4.1 Περαιτόμετρο πίπτοντος φορτίου (Falling head permeameter)

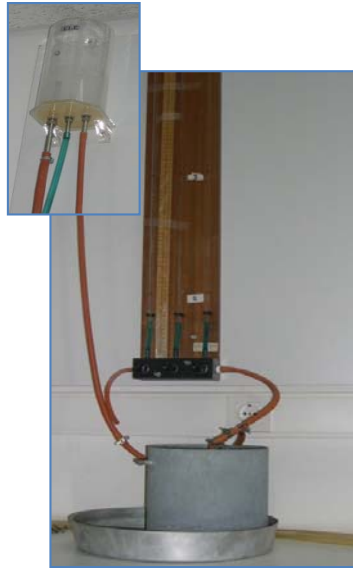
Το περαιτόμετρο πίπτοντος φορτίου χρησιμοποιείται για εδάφη μικρής έως μέσης υδραυλικής αγωγιμότητας (όριο $k \leq 10^{-5}$ m/s). Αποτελείται από μια κυψέλη-δειγματολήπτη στην οποία τοποθετείται το εδαφικό δείγμα, μια δεξαμενή βύθισης της κυψέλης και ένα σύστημα παροχής νερού στο δείγμα που αποτελείται από τρεις μανομετρικούς σωλήνες διαφορετικών διαμέτρων οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με μια βοηθητική δεξαμενή τροφοδοσίας (**Εικόνα 4.1**). Στα άκρα του δείγματος τοποθετείται φίλτρο ώστε να αποτρέπεται η παράσυρση των λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών. Ανάλογα με την κοκκομετρία του υπό εξέταση εδαφικού υλικού επιλέγεται ένας από τους τρεις μανομετρικούς σωλήνες. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το εδαφικό δείγμα τόσο μικρότερη πρέπει να είναι η διάμετρος του μανομετρικού σωλήνα που θα χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας (**BS 1377:1990**).

Για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας μετράται ο χρόνος που χρειάζεται η στάθμη του νερού να κατέλθει από ένα σημείο γνωστού υδραυλικού ύψους σε ένα άλλο. Η ροή περιγράφεται από τον Νόμο του Darcy και η υδραυλική βαθμίδα (i) μεταβάλλεται με το χρόνο.

Κατά την μέτρηση η κίνηση του νερού γίνεται με διεύθυνση από πάνω προς τα κάτω ενώ ο κορεσμός των δειγμάτων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια τριχοειδών

δυνάμεων. Ανάλογα με την κοκκομετρική διαβάθμιση του υπό εξέταση εδαφικού δείγματος ο κορεσμός μπορεί να διαρκέσει από μερικές ώρες έως μερικές εβδομάδες.

Το μέγεθος των δοκιμίων που χρησιμοποιούνται είναι 100 mm στη διάμετρο και 110 mm στο ύψος. Η έξοδος του νερού δεν γίνεται ελεύθερα, αλλά στην υπερχείλιση της ήδη πληρωμένης με νερό δεξαμενής βύθισης του δοκιμίου.



Εικόνα 4.1 Διάταξη περατομέτρου πίπτοντος φορτίου

4.1.1 Διαδικασία

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές μέτρησης του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας σε ένα (1) δείγμα από κάθε εδαφικό δείγμα επαναλαμβάνοντας την μέτρηση τρεις φορές. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε (**BS 1377:1990**) είναι η εξής:

- Αρχικά τα εδαφικά δείγματα συμπυκνώθηκαν σε υγρασία 2-4% πάνω από τη βέλτιστη υγρασία συμπύκνωσης κατά Proctor.
- Σύνδεση των μανομέτρων με την κυψέλη, σύνδεση συστήματος παροχής με την κυψέλη και μετράται η εσωτερική διάμετρο της κυψέλης D για τον υπολογισμό της επιφάνεια διατομής του δείγματος.
- Τοποθετούνται τα φίλτρα, κλείνει αεροστεγώς η κυψέλη και πραγματοποιούνται οι απαραίτητες ενέργειες απαέρωσης με την βοήθεια

βαλβίδων. Στην συνέχεια η κυψέλη τοποθετείται μέσα στη δεξαμενή βύθισης, η οποία γεμίζει με απαερωμένο νερό μέχρι το επίπεδο υπερχειλίσης. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην απελευθέρωση τυχόν παγιδευμένου αέρα κάτω από την κυψέλη, κάτι που επιτυγχάνεται με ανακίνησή της. Ο κορεσμός ανάλογα με το αργιλικό ποσοστό του δείγματος διαρκεί από 1 ως 3 εβδομάδες.

- Ο κορεσμός επιτυγχάνεται με την βοήθεια τριχοειδών δυνάμεων. Όταν το νερό εμφανιστεί στην κορυφή της κυψέλης θεωρείται ότι το δείγμα έχει κορεστεί ($S_r > 80\%$).
- Στην συνέχεια ανοίγοντας την βαλβίδα εισαγωγής νερού στον δειγματολήπτη νερό αρχίζει να ρέει από το μανόμετρο προς το δείγμα. Η ροή πραγματοποιείται από το ανώτερο προς το κατώτερο άκρο και μετράται ο χρόνος που χρειάζεται να μεταβληθεί η στάθμη στο μανόμετρο μεταξύ δύο συγκεκριμένων επιπέδων.
- Η υδραυλική βαθμίδα που εφαρμόστηκε σε όλα τα δείγματα ήταν μικρότερη της μονάδας ($i < 1$). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται τουλάχιστον τρεις φορές ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος της επαναληψιμότητας των αποτελεσμάτων. Καταγραφόταν επίσης η θερμοκρασία του νερού στη δεξαμενή βύθισης προκειμένου να αναχθούν οι μετρήσεις στην θερμοκρασία των 20 °C.
- Ο μέσος όρος των διορθωμένων τιμών (k) αποτελεί την ζητούμενη υδραυλική αγωγιμότητα του δείγματος.
- Το δοκίμιο ζυγίζεται, ξηραίνεται και μετά επαναζυγίζεται για τον προσδιορισμό του ξηρού μοναδιαίου βάρους και της φυσικής υγρασίας.

Η υδραυλική αγωγιμότητα υπολογίζεται από τον τύπο (**BS 1377:1990**):

$$k = 0,02304 \times \frac{a \times L}{A \times t_{12}} \times \log \frac{h_1}{h_2} \quad (\text{cm/s}) \quad (\text{Εξίσωση 4.1})$$

όπου,

t_{12} : χρόνος για τον υποβιβασμό της στάθμης μεταξύ των σημείων 1 και 2, s

- h_1, h_2 : κατακόρυφη απόσταση των σημείων αυτών ως προς το σημείο υπερχείλισης, cm
- L : μήκος του δοκιμίου, cm
- A : εμβαδόν διατομής του δοκιμίου, cm^2
- α : εμβαδόν διατομής του μανομετρικού σωλήνα που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ροής, cm^2

4.1.2 Αποτελέσματα

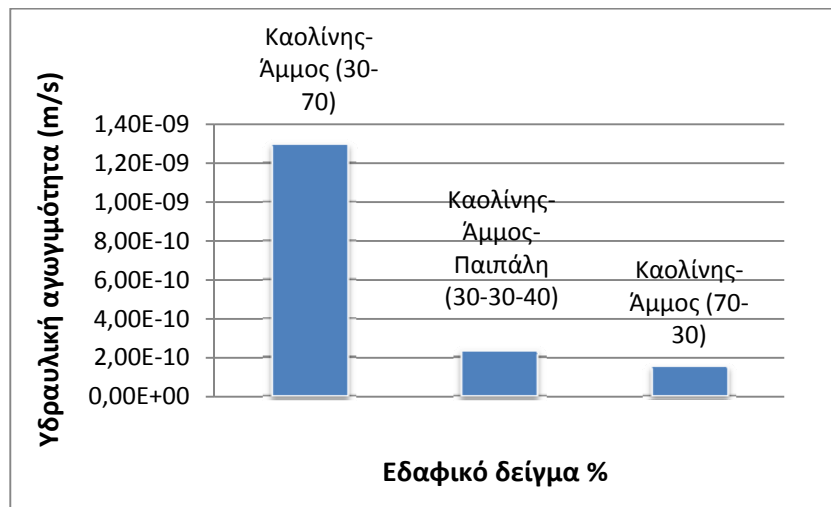
Οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας που προέκυψαν με μετρήσεις στο περατόμετρο πίπτοντος φορτίου κάτω από μικρή υδραυλική βαθμίδα ($i < 1$) παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.1** ενώ στο **Διάγραμμα 4.1** παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας για κάθε εδαφικό δείγμα.

Πίνακας 4.1 Μετρούμενες τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας για το περατόμετρο πίπτοντος φορτίου

	Καολίνης-Άμμος 70-30%	Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%	Καολίνης-Άμμος 30-70%
Υδραυλική αγωγιμότητα k στους 20 °C (m/s)			
1^η Μέτρηση	$1,46 \times 10^{-10}$	$2,01 \times 10^{-10}$	$1,23 \times 10^{-9}$
2^η Μέτρηση	$1,55 \times 10^{-10}$	$2,36 \times 10^{-10}$	$1,26 \times 10^{-9}$
3^η Μέτρηση	$1,52 \times 10^{-10}$	$2,65 \times 10^{-10}$	$1,40 \times 10^{-9}$
Μέση Τιμή	$1,51 \times 10^{-10}$	$2,34 \times 10^{-10}$	$1,30 \times 10^{-9}$
Τυπική απόκλιση	$4,56 \times 10^{-12}$	$3,18 \times 10^{-11}$	$8,70 \times 10^{-11}$

Από τον **Πίνακα 4.1** η υδραυλική αγωγιμότητα του εδαφικού δείγματος **Καολίνης-Άμμος 30-70%** είναι $1,30 \times 10^{-9}$ m/s ενώ με την αύξηση του λεπτομερούς αργιλικού κλάσματος (**Καολίνης**) η υδραυλική αγωγιμότητα μειώνεται σε $1,51 \times 10^{-10}$ m/s, δηλαδή σχεδόν κατά μια τάξη μεγέθους. Το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%** χρησιμοποιώντας την **Παιπάλη** ως υποκατάστατο μέρους της **Άμμου** παρατηρείται ότι παρουσιάζεται τιμή υδραυλικής

αγωγιμότητας ίση με $2,34 \times 10^{-10}$ m/s, τιμή ενδιάμεση των προαναφερμένων δύο που μετρήθηκαν στις άλλες αναλογίες.



Διάγραμμα 4.1 Μέση τιμή υδραυλικής αγωγιμότητας k των εδαφικών δειγμάτων με το περατόμετρο πίπτοντος φορτίου ($i < 1$)

Στα πλεονεκτήματα της δοκιμής συγκαταλέγεται το μεγάλο μέγεθος του δοκιμίου το οποίο είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό σε αντίθεση με τις υπόλοιπες εργαστηριακές δοκιμές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας, οι οποίες χρησιμοποιούν δοκίμια μικρού μεγέθους καθώς και η ευκολία διαμόρφωσης και προετοιμασίας του δοκιμίου.

Οι κύριοι περιορισμοί της δοκιμής είναι η πιθανότητα διαρροών μεταξύ του δοκιμίου και της μεταλλικής μήτρας (ειδικά αν χρησιμοποιηθεί αδιατάρακτο δοκίμιο) καθώς επίσης και η μη χρησιμοποίηση πορολίθων οι οποίοι εμποδίζουν την παράσυρση κόκκων εκτός του δοκιμίου. Στη δοκιμή δεν εφαρμόζονται πραγματικές τάσεις, στις οποίες υπόκειται το έδαφος στη φυσική του θέση, και έτσι μερικά αργιλικά εδάφη μπορεί να παρουσιάσουν διόγκωση. Ένα άλλο αρνητικό στοιχείο είναι το ότι η συγκεκριμένη δοκιμή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εδαφικά δείγματα μεγάλης υδραυλικής αγωγιμότητας και επίσης γεγονός ότι σε δείγματα πολύ μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας (π.χ. χρήση μεντονίτη) η διάρκεια της δοκιμής λόγω των πολύ μικρών υδραυλικών βαθμίδων που εφαρμόζονται είναι πάρα πολύ μεγάλη, φθάνοντας πολλές φορές τους δύο και τρεις μήνες (Met, 2004).

4.2 Περατόμετρο υψηλής πίεσης

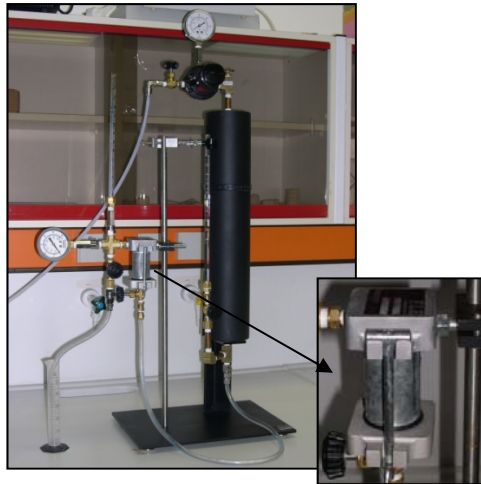
Το περατόμετρο υψηλής πίεσης είναι σχεδιασμένο ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθούν δοκιμές υδραυλικής αγωγιμότητας είτε σε δείγματα μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας με την τεχνική πίπτοντος φορτίου, είτε σε δείγματα μεγάλης υδραυλικής αγωγιμότητας με την τεχνική σταθερού φορτίου.

Η μονάδα περιλαμβάνει μετρητές πίεσης, βαλβίδες και τις απαραίτητες συναρμολογήσεις (**Εικόνα 4.2**). Η δεξαμενή που περιέχει το νερό, είναι περίπου 4" (102 mm) σε διάμετρο με 20" (508 mm) ύψος. Στην συσκευή χρησιμοποιείται ένας ευαίσθητος ρυθμιστής ελέγχου πίεσης για να διατηρείται σταθερή πίεση στο δείγμα κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων. Η μέγιστη πίεση που μπορεί να εφαρμοστεί είναι 400 kPa, γεγονός που κάνει την συσκευή κατάλληλη για δοκιμές σε δείγματα ημί-βραχου καθώς και αργιλικά δείγματα με πολύ μικρή υδραυλική αγωγιμότητα.

Ο μετρητής πίεσης, η βαλβίδα εκροής του περατομέτρου και η μεγάλης διαμέτρου δεξαμενή καθιστούν δυνατό τον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν του σταθερού φορτίου, μετρώντας δηλαδή τον χρόνο που θα χρειαστεί να περάσει μέσα από τον δειγματολήπτη συγκεκριμένος όγκος νερού για καθορισμένη εφαρμοζόμενη πίεση ίση με την διαφορά πίεσης των ενδείξεων των δύο μανομέτρων ($P_1 - P_2$).

Το μέγεθος των δειγμάτων που χρησιμοποιούνται στο περατόμετρο υψηλής πίεσης είναι 33 mm σε διάμετρο και 77 mm σε ύψος.

Ο δειγματολήπτης πρέπει να είναι πλήρης με εδαφικό δείγμα και να μην μένει κενός χώρος, προκειμένου να αποφευχθεί ο εγκλωβισμός αέρα στο σύστημα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο πλήρης κορεσμός του δείγματος για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 4.2 Περαιτόμετρο υψηλής πίεσης

4.2.1 Διαδικασία

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές μέτρησης του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας σε πέντε (5) δοκίμια από κάθε εδαφικό δείγμα. Υπολογίστηκε επίσης η υδραυλική αγωγιμότητα και για τα εδαφικά δείγματα **Καολίνης** και **Άμμος**. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής (ELE International, 2004):

- Πριν χρησιμοποιηθεί η συσκευή, ελέγχονται οι σωλήνες για τυχόν διαρροές καθαρίζονται καλά οι πορόλιθοι και γεμίζει η δεξαμενή με απαερωμένο νερό για να αποτραπεί η διάβρωση στο σύστημα και για να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα.
- Το δοκίμιο που διαμορφώνεται από το δείγμα το οποίο είχε συμπυκνωθεί στην κατάλληλη υγρασία (2-4% πάνω από τη βέλτιστη) εισπνέζεται προσεκτικά στην μήτρα (Εικόνα 4.3). Περιμετρικά του δοκιμίου γίνεται επάλειψη σιλικόνης για την αποφυγή πλευρικών διαρροών.
- Αρχικά εφαρμόζεται μια μικρή υδραυλική βαθμίδα (πίεση 30 kPa) έως ότου το δοκίμιο κορεστεί. Για τα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα ο κορεσμός διήρκεσε από 3 ως 5 μέρες ανάλογα με το αργλικό ποσοστό του δείγματος. Ο κορεσμός του δείγματος γινόταν ελέγχοντας την ροή (επαρκής ποσότητα νερού) στην έξοδο του δειγματολήπτη.



Εικόνα 4.3 Διαμόρφωση δοκιμίου για το περατόμετρο υψηλής πίεσης

- Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας αυξανόμενες τιμές πίεσης (υδραυλικής βαθμίδας) στη είσοδο του δειγματολήπτη μέχρι μια πίεση κοντά στα 150 kPa, εφαρμοζόταν ροή στο δείγμα για περίπου 24 ώρες ανά βαθμίδα. Το εύρος των υδραυλικών βαθμίδων (i) που χρησιμοποιήθηκαν στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα κυμαινόταν από 20 έως 200.
- Συλλέγοντας το νερό που έρεε σε διάστημα 24 ωρών στην έξοδο του δειγματολήπτη και σύμφωνα με την πίεση εφαρμογής, υπολογίστηκε η υδραυλική αγωγιμότητα σε κάθε υδραυλική βαθμίδα αφού πρώτα γινόταν διόρθωση των αποτελεσμάτων στην θερμοκρασία των 20 °C.
- Στην συνέχεια το δοκίμιο ζυγιζόταν, ξηραίνεται και επαναζυγίζεται για τον προσδιορισμό του ξηρού μοναδιαίου βάρους και της φυσικής υγρασίας.

Η υδραυλική αγωγιμότητα (cm/s) υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο (ELE International, 2004):

$$k = \frac{Q \times L}{A \times H} \quad (\text{Εξίσωση 4.4})$$

όπου,

- Q : όγκος εκροής, cm³/s
 L : μήκος του δοκιμίου, cm
 H : εφαρμοζόμενη πίεση, cm νερού
 A : εμβαδόν διατομής δοκιμίου, cm²

H : εφαρμοζόμενη πίεση η οποία υπολογίζεται από :

$$H=(p_1-p_2)70,31 + h$$

όπου,

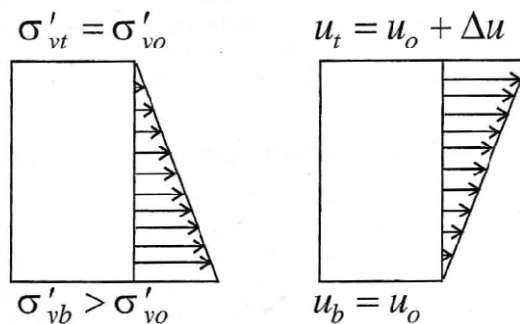
p_1 : πίεση στην είσοδο του δειγματολήπτη, psi

p_2 : πίεση στην έξοδο του δειγματολήπτη, psi

$$h = \frac{h_1 \times h_2}{2}, \text{ cm}$$

4.2.2 Κατανομή ενεργών τάσεων στο περατόμετρο υψηλής πίεσης

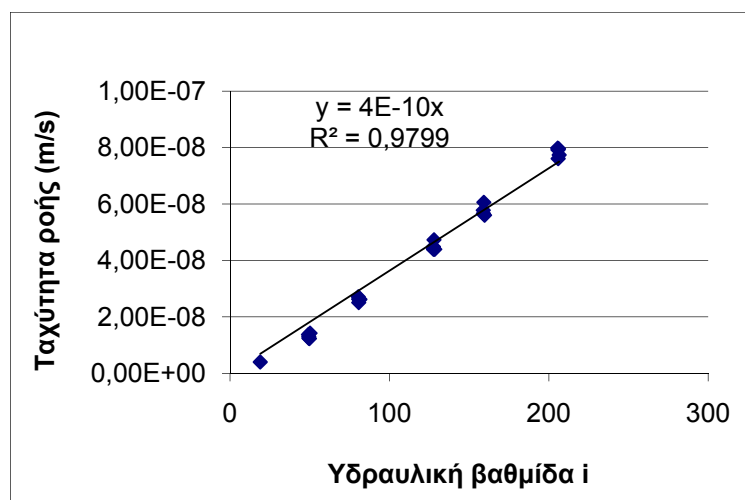
Στο **Σχήμα 4.2** παρουσιάζεται η κατανομή των ενεργών τάσεων στο περατόμετρο υψηλής πίεσης κατά την εφαρμογή μεγάλης υδραυλικής βαθμίδας στην είσοδο του δειγματολήπτη και διατηρώντας την πίεση της εξόδου σταθερή και ίση με την ατμοσφαιρική. Η ενεργή τάση στην είσοδο του δειγματολήπτη (σ'_{vt}) είναι ίση με μηδέν ενώ η ενεργή τάση στην έξοδο του δειγματολήπτη (σ'_{vb}) είναι μεγαλύτερη. Η μηδενική ενεργή τάση στην είσοδο του δειγματολήπτη μπορεί να προκαλέσει διόγκωση του δοκιμίου ή πλευρικές διαρροές. Αντίστοιχα η πίεση των πόρων στην είσοδο (u_t) είναι μεγαλύτερη στην είσοδο σε σχέση με την έξοδο (u_b).



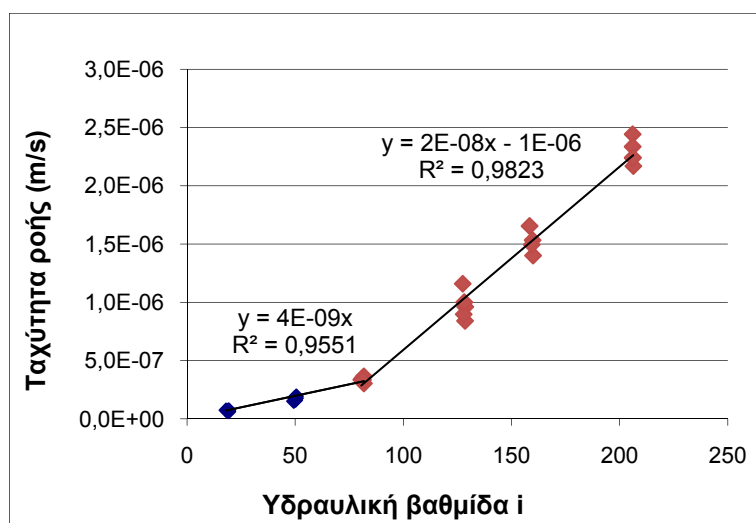
Σχήμα 4.2 Κατανομή ενεργών τάσεων και πίεσης πόρων κάτω από εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης (Kodikara et al., 2002)

4.2.3 Αποτελέσματα

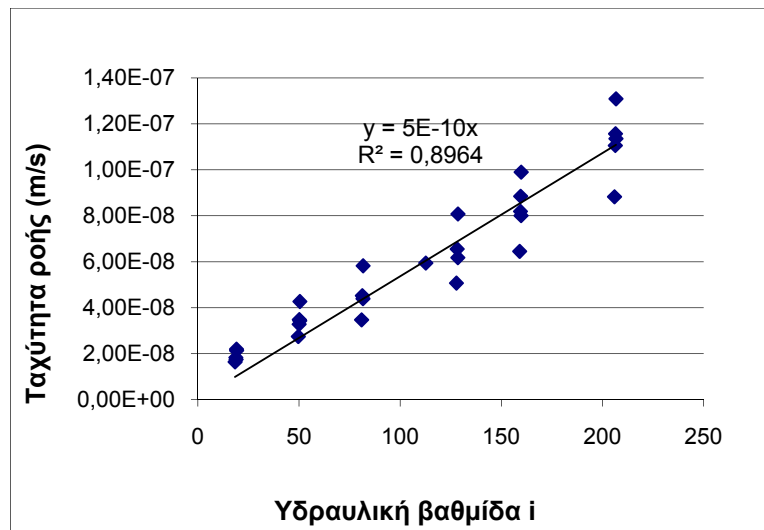
Στα **Διαγράμματα 4.2** έως **4.4** παρουσιάζονται οι μετρούμενες ταχύτητες ροής στην έξοδο του δειγματολήπτη για τα τρία εδαφικά δείγματα εφαρμόζοντας διάφορες υδραυλικές βαθμίδες, ενώ στον **Πίνακα 4.3** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι εκτιμούμενες υδραυλικές αγωγιμότητες.



Διάγραμμα 4.2 Ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης για το δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%**



Διάγραμμα 4.3 Ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης για το δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%**



Διάγραμμα 4.4 Ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο περατόμετρο υψηλής πίεσης για το δείγμα **Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%**

Από τα **Διαγράμματα 4.2** και **4.4** προκύπτει ότι στα εδαφικά δείγματα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** και **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%** παρατηρείται μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας του ρευστού (v) στην έξοδο του δειγματολήπτη και της εφαρμοζόμενης υδραυλικής βαθμίδας (i) η οποία είναι της μορφής $y=ax$, δηλαδή σύμφωνη με τον νόμο του Darcy.

Αντίθετα στο **Διάγραμμα 4.3** για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** παρατηρείται διαφοροποίηση της συσχέτισης μεταξύ της ταχύτητας του ρευστού στην έξοδο του δειγματολήπτη και της εφαρμοζόμενης υδραυλικής βαθμίδας μετά την εφαρμογή υδραυλικής βαθμίδας ίση με 80. Κατά την εφαρμογή μιας υδραυλικής βαθμίδας ίση με 80, αλλάζει η κλίση της ευθείας συνεπώς και η υδραυλική αγωγιμότητα του εδαφικού δείγματος, γεγονός που σημαίνει απόκλιση από το νόμο του Darcy. Το φαινόμενο αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα του Hansbo (**Σχήμα 1.2**). Υπάρχει δηλαδή για το συγκεκριμένο εδαφικό δείγμα, μια κρίσιμη υδραυλική βαθμίδα ($i=80$) στην οποία λόγω της μεγάλης υδραυλικής βαθμίδας που εφαρμόζεται, οι κόκκοι αποχωρίζονται μεταξύ τους και συμπαρασύρονται.

Οι εξισώσεις που προέκυψαν είναι χαρακτηριστικές για κάθε ένα από τα εδαφικά δείγματα και πολύ σημαντικές για τον προσδιορισμό της υδραυλικής

αγωγιμότητας με βάση την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα (i). Στον **Πίνακα 4.2** παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές εξισώσεις ταχύτητας ροής (v) σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα (i) για τα εδαφικά δείγματα που μελετήθηκαν στο περατόμετρο υψηλής πίεσης.

Πίνακας 4.2 Χαρακτηριστικές εξισώσεις ταχύτητας ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα

Εδαφικό δείγμα	Υδραυλική βαθμίδα	Εξίσωση	Συντελεστής συσχέτισης R^2
Καολίνης-Άμμος 30-70%	$20 < i < 200$	$v = 4 \times 10^{-10} \times i$	0,979
Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%	$20 < i < 200$	$v = 5 \times 10^{-10} \times i$	0,896
Καολίνης-Άμμος 70-30%	$i < 80$	$v = 4 \times 10^{-9} \times i$	0,955
	$i \geq 80$	$v = 2 \times 10^{-8} \times i - 1 \times 10^{-6}$	0,982

Πίνακας 4.3 Μετρούμενοι συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας στο περατόμετρο υψηλής πίεσης στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα

	Καολίνης	Καολίνης-Άμμος 70-30%	Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%	Καολίνης-Άμμος 30-70%	Άμμος
Υδραυλική αγωγιμότητα k στους 20 °C (m/s)					
1 ^ο Δοκίμιο	$2,62 \times 10^{-10}$	$3,23 \times 10^{-10}$	$5,36 \times 10^{-10}$	$7,46 \times 10^{-9}$	$1,54 \times 10^{-4}$
2 ^ο Δοκίμιο	$2,54 \times 10^{-10}$	$3,10 \times 10^{-10}$	$4,90 \times 10^{-10}$	$7,22 \times 10^{-9}$	-
3 ^ο Δοκίμιο	-	$3,05 \times 10^{-10}$	$4,73 \times 10^{-10}$	$7,00 \times 10^{-9}$	-
4 ^ο Δοκίμιο	-	$2,97 \times 10^{-10}$	$4,84 \times 10^{-10}$	$7,48 \times 10^{-9}$	-
5 ^ο Δοκίμιο	-	$2,94 \times 10^{-10}$	$3,76 \times 10^{-10}$	$7,14 \times 10^{-9}$	-
Μέση Τιμή	$2,58 \times 10^{-10}$	$3,06 \times 10^{-10}$	$4,72 \times 10^{-10}$	$7,26 \times 10^{-9}$	$1,54 \times 10^{-4}$
Τυπική απόκλιση	$5,25 \times 10^{-12}$	$1,14 \times 10^{-11}$	$5,89 \times 10^{-11}$	$2,08 \times 10^{-10}$	-

Από τον **Πίνακα 4.3** παρατηρείται ότι στο περατόμετρο υψηλής πίεσης η υδραυλική αγωγιμότητα (k) αυξάνεται όσο στο εδαφικό δείγμα μειώνεται το αργιλικό ποσοστό. Το δείγμα της **Άμμου** έχει υδραυλική αγωγιμότητα ίση με $1,54 \times 10^{-4}$ m/s, το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** ($U=105,8$) ίση με $7,26 \times 10^{-9}$ m/s. Αντίστοιχα το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** ($U=16,6$) έχει συντελεστή

υδραυλικής αγωγιμότητας $3,06 \times 10^{-10}$ m/s ενώ το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%** ($U=40$) παρουσιάζει υδραυλική αγωγιμότητα ενδιάμεση των άλλων δύο μιγμάτων ίση με $4,72 \times 10^{-10}$. Τέλος ο **Καολίνης** είναι το πλέον μη διαπερατό εδαφικό δείγμα παρουσιάζοντας υδραυλική αγωγιμότητα ίση με $2,58 \times 10^{-10}$.

Η εφαρμογή υψηλής υδραυλικής βαθμίδας στο περατόμετρο υψηλής πίεσης ($30 < i < 200$) για τη μείωση του χρόνου της δοκιμής σε δείγματα με χαμηλό συντελεστή ομοιομορφίας (**Καολίνης – Άμμος 70-30%** με $U=16,6$) δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Αντίθετα στην περίπτωση υψηλού συντελεστή ομοιομορφίας (**Καολίνης – Άμμος 30-70%** με $U=105,8$) μετά την εφαρμογή μιας υδραυλικής βαθμίδας ίση με 80 προκαλείται αλλαγή της υδραυλικής αγωγιμότητας και απόκλιση από το νόμο του Darcy.

Προκειμένου να ερμηνευθεί το φαινόμενο της μη γραμμικής σχέσης ροής - υδραυλικής βαθμίδας, διερευνήθηκε η μεταβολή του δείκτη πόρων και του πορώδους πριν και μετά την δοκιμή. Σε όλα τα δοκίμια και για κάθε εδαφικό δείγμα υπολογίστηκε ο αρχικός και τελικός δείκτης πόρων (e) σύμφωνα με την **Εξίσωση 4.5**.

$$e_o = \frac{G_s \times (1 + w)}{\rho_b} - 1 \quad (\text{Εξίσωση 4.5})$$

όπου,

G_s : ειδικό βάρος κόκκων

w : ποσοστό υγρασίας, (%)

ρ_b : υγρή πυκνότητα δείγματος, (Mg/m^3)

Στο **Παράρτημα III** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα φύλλα εργασίας των δοκιμών μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας των υπό εξέταση δειγμάτων.

Πίνακας 4.4 Αρχικός και τελικός δείκτης πόρων των δοκιμών για το περατόμετρο υψηλής πίεσης

Δοκίμιο	Καολίνης-Άμμος 70-30%		Καολίνης-Άμμος- Παιπάλη 30-30-40%		Καολίνης-Άμμος 30-70%	
	$G_s=2,65$		$G_s=2,69$		$G_s=2,64$	
	Αρχικός δείκτης πόρων e_o	Τελικός δείκτης πόρων e_f	Αρχικός δείκτης πόρων e_o	Τελικός δείκτης πόρων e_f	Αρχικός δείκτης πόρων e_o	Τελικός δείκτης πόρων e_f
1 ^ο Δοκίμιο	0,648	0,646	0,394	0,400	0,380	0,393
2 ^ο Δοκίμιο	0,652	0,651	0,400	0,413	0,397	0,412
3 ^ο Δοκίμιο	0,661	0,659	0,408	0,419	0,390	0,402
4 ^ο Δοκίμιο	0,642	0,640	0,383	0,392	0,366	0,388
5 ^ο Δοκίμιο	0,620	0,620	0,376	0,385	0,383	0,410
Μέση Τιμή	0,644	0,643	0,392	0,401	0,383	0,401
Τυπική απόκλιση	0,015	0,014	0,012	0,014	0,011	0,010

Από τον **Πίνακα 4.4** παρατηρείται ότι το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** παρουσιάζει αρχικό δείκτη πόρων της τάξεως του 0,640 ενώ μετά το τέλος των πειραματικών μετρήσεων και εφόσον έχει εφαρμοστεί ένα μεγάλο εύρος υδραυλικών βαθμίδων δεν παρατηρείται κάποια διαφοροποίηση του δείκτη πόρων. Αντίθετα στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** με αρχικό δείκτη πόρων της τάξεως του 0,38 παρατηρείται διαφοροποίηση του δείκτη πόρων κατά έως 0,20. Αντίστοιχα στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%** παρατηρείται μια ενδιάμεση διαφοροποίηση του δείκτη πόρων σε σχέση με τα άλλα δύο εδαφικά δείγματα ίση με 0,10 περίπου.

Αντίστοιχα σε όλα τα δοκίμια και για κάθε εδαφικό δείγμα υπολογίστηκε το αρχικό και τελικό πορώδες (n) σύμφωνα με την **Εξίσωση 4.6**.

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (\text{Εξίσωση 4.6})$$

όπου,

e : δείκτης πόρων

Πίνακας 4.5 Αρχικό και τελικό πορώδες (%) των δοκιμίων για το περατόμετρο υψηλής πίεσης

	Καολίνης-Άμμος 70-30%		Καολίνης-Άμμος- Παιπάλη 30-30-40%		Καολίνης-Άμμος 30-70%	
	Αρχικό πορώδες n_o	Τελικό πορώδες n_f	Αρχικό πορώδες n_o	Τελικό πορώδες n_f	Αρχικό πορώδες n_o	Τελικό πορώδες n_f
1^ο Δοκίμιο	39,3	39,2	28,2	28,6	27,5	28,2
2^ο Δοκίμιο	39,5	39,4	28,6	29,2	28,4	29,2
3^ο Δοκίμιο	39,8	39,7	29,0	29,5	28,1	28,7
4^ο Δοκίμιο	39,1	39,0	27,7	28,2	26,8	27,9
5^ο Δοκίμιο	38,3	38,3	27,3	27,8	27,9	29,1
Μέση Τιμή	39,2	39,1	28,1	28,6	27,7	28,6
Τυπική απόκλιση	0,56	0,52	0,68	0,69	0,61	0,56

Όπως αναμενόταν ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν και με βάση τις μετρήσεις του πορώδους. Από τον **Πίνακα 4.5** παρατηρείται ότι το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** παρουσιάζει αρχικό πορώδες 39,2% ενώ μετά το τέλος των πειραματικών μετρήσεων εφαρμόζοντας ένα μεγάλο εύρος υδραυλικών βαθμίδων, δεν παρατηρείται κάποια διαφοροποίηση στο πορώδες. Στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** με αρχικό πορώδες 27,7% παρατηρείται διαφοροποίηση κατά 1%. Αντίστοιχα στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%** παρατηρείται μια ενδιάμεση διαφοροποίηση του πορώδους ίση με 0,5% περίπου.

Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί είτε στην διάβρωση των δοκιμίων (παράσυρση λεπτομερών κόκκων) είτε στην διαφοροποίηση του λόγου κενών από την διαφοροποίηση του πάχους της διπλής στοιβάδας με την αποδέσμευση του περιεχόμενου νερού. Το γεγονός αυτό μάλλον είναι απίθανο. Η υπέρσχυση της διάβρωσης θα διερευνηθεί θεωρητικά με την εκτίμηση του μεγέθους της αναμενόμενης διάβρωσης και με διερεύνηση της μεταβολής της δομής του εδαφικού δείγματος με την χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM).

Το κύριο πλεονέκτημα του περατομέτρου υψηλής πίεσης είναι ότι λόγω του μεγάλου εύρους υδραυλικών βαθμίδων που μπορούν να εφαρμοστούν στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα ($i=20-200$) μπορεί να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος της

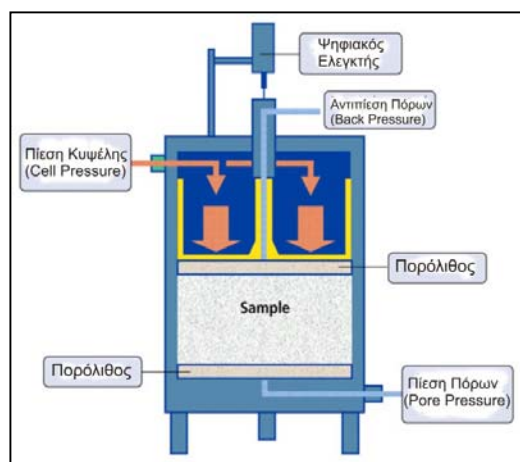
δοκιμής σε αντίθεση με άλλες συσκευές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας όπου οι χρόνοι κορεσμού και δοκιμής είναι πάρα πολύ μεγάλοι.

Αντίθετα μειονέκτημα της συγκεκριμένης συσκευής είναι το γεγονός ότι δεν μπορεί να γίνει ποσοτικός προσδιορισμός του βαθμού κορεσμού του δοκιμίου παρά μόνο με παρατήρηση της ροής στην έξοδο του δειγματολήπτη σε αντίθεση με άλλες συσκευές όπου ο έλεγχος μπορεί να γίνει με την χρήση ενός συντελεστή (συντελεστής B).

4.3 Υδραυλικό οιδήμετρο - Τεχνική σταθερής ροής

Η συσκευή του υδραυλικού οιδήμετρου (**Σχήμα 4.3**) είναι σχεδιασμένη ώστε το δείγμα να υποβάλλεται σε τασικές συνθήκες πεδίου, να στερεοποιείται και να υπάρχει δυνατότητα μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας με την τεχνική του πίπτοντος είτε του σταθερού φορτίου καθώς επίσης και με την τεχνική του σταθερού ρυθμού ροής.

Οι πιέσεις επιβάλλονται μέσω τριών ψηφιακών ελεγκτών (**Εικόνα 4.4**) για να διεξαχθούν δοκιμές για τη μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας πλήρως αυτοματοποιημένες μέσω H/Y. Κατόπιν διοχετεύεται νερό και μετρώνται οι διάφορες παροχές υπό την επίδραση μιας αντιπίεσης πόρων η οποία εμποδίζει τον αέρα ή τις φυσαλίδες των αερίων να εξέλθουν από το διάλυμα και να επηρεάσουν τα αποτελέσματα.



Σχήμα 4.3 Συσκευή υδραυλικού οιδήμετρου

Το δοκίμιο τοποθετείται σε μια μεταλλική κυψέλη και ένα φορτίο επιβάλλεται αξονικά μέσω ενός υδραυλικού συστήματος πίεσης, μέσω μιας μεμβράνης από καουτσούκ, που εφαρμόζεται στο ανώτερο άκρο του δοκιμίου. Οι ελεγκτές πίεσης ρυθμίζουν τη μεταβολή της πίεσης των πόρων (pore pressure), την πίεση της κυψέλης (cell pressure), την αντιπίεση πόρων (back pressure) και μετρούν τον όγκο του απαερωμένου νερού που εισπνέζεται ή αποβάλλεται από το δοκίμιο.

Ο τρόπος κορεσμού των δοκιμίων στην συγκεκριμένη δοκιμή είναι διαφορετικός από ότι στις υπόλοιπες συσκευές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας και επιτυγχάνεται με την βοήθεια εφαρμογής μίας αντιπίεσης πόρων έως ότου επιτευχθεί μια ικανοποιητική τιμή του συντελεστή B. Τα δοκίμια έχουν διάμετρο 51 mm και ύψος 19 mm.

Προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης κορεσμός του δοκιμίου και να μετρηθεί η πίεση του νερού των πόρων εφαρμόζεται στο δοκίμιο μια αντιπίεση πόρων (. Η αντιπίεση πόρων προσομοιώνει την πίεση των πόρων στη φυσική θέση του εδάφους.

Αφού γίνει ο έλεγχος κορεσμού του δοκιμίου και επιβεβαιωθεί ότι το δείγμα έχει κορεστεί πλήρως μέσω του B Check αρχίζει η πειραματική διαδικασία μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας εισπνέζοντας νερό στο δείγμα με σταθερό ρυθμό ροής εφαρμόζοντας διάφορες υδραυλικές βαθμίδες.



Εικόνα 4.4 Συσκευή υδραυλικού οιδημέτρου, ψηφιακών ελεγκτών

4.3.1 Διαδικασία

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας σε τρία (3) δοκίμια από τα εδαφικά δείγματα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** και **Καολίνης-Άμμος 30-70%**.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής (Hydrocon hydraulic oedometer manual):

- Αφού αρχικά οριστεί ένα επίπεδο αναφοράς (μηδενική πίεση) σ' όλους τους αισθητήρες-εκλεκτές, και γεμίσει το σύστημα με απαερωμένο νερό, τοποθετείται ο κάτω πορόλιθος καθώς και το δοκίμιο στην κυψέλη της συσκευής (**Εικόνα 4.5**).
- Στην συνέχεια τοποθετείται και ο δεύτερος μεταλλικός πορόλιθος στο ανώτερο τμήμα του υδραυλικού οιδημέτρου. Για τον κορεσμό του δοκιμίου αυξάνεται βαθμωτά η αντιπίεση πόρων παράλληλα με την αξονική πίεση της κυψέλης (cell pressure) διατηρώντας μια σταθερή διαφορά μεταξύ τους για να αποφευχθεί στερεοποίηση του δοκιμίου. Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν εφαρμόστηκε μια διαφορά πίεσης μεταξύ της κυψέλης και της αντιπίεσης πόρων ίση με 35 kPa για να αποφευχθεί στερεοποίηση του δοκιμίου.



Εικόνα 4.5 Τοποθέτηση δοκιμίου στη συσκευή υδραυλικού οιδημέτρου

- Ο κορεσμός επιτεύχθηκε σε όλα τα δοκίμια με ανύψωση της αντιπίεσης πόρων μέχρι τα 1000 kPa. Ακολούθησε έλεγχος κορεσμού με B-Check

(συντελεστής B) αυξάνοντας την πίεση της κυψέλης κατά 50 kPa και καταγράφοντας την μεταβολή της πίεσης των πόρων (pore pressure) σε διάρκεια μιας ώρας. Ο συντελεστής B δίνεται από τον τύπο $B = \Delta u / \Delta \sigma$. Εφόσον η τιμή του B είναι μεγαλύτερη από 0,95 τότε θεωρείται ότι το δείγμα είναι πλήρως κορεσμένο. Σε αντίθετη περίπτωση ο κορεσμός συνεχιζόταν αυξάνοντας περαιτέρω την αντιπίεση πόρων (back pressure) και επαναλαμβάνοντας τον έλεγχο κορεσμού. Για τα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα ο κορεσμός διαρκούσε από 7 ως 10 μέρες.

- Μετά τον έλεγχο του κορεσμού άρχιζε η διαδικασία μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας εισπίζοντας νερό στο δείγμα εφαρμόζοντας διάφορες υδραυλικές βαθμίδες μεταξύ των δύο άκρων του δοκιμίου. Για τα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα χρησιμοποιήθηκαν υδραυλικές βαθμίδες (20-200) αφενός για να διερευνηθεί η ισχύς του νόμου του Darcy στο εύρος αυτό και αφετέρου για να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά του περατομέτρου υψηλής πίεσης. Βιβλιογραφικά έχει αποδειχτεί και προτείνεται η χρήση υψηλών υδραυλικών βαθμίδων σε δοκιμές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας με τη χρήση του υδραυλικού οιδημέτρου λόγω της ισχύς του νόμου του Darcy (Tavenas et al., 1983).
- Η μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας εκτελέστηκε σε χρονικά βήματα των 24h ανά υδραυλική βαθμίδα, εισπίζοντας νερό στο δοκίμιο με σταθερό ρυθμό ροής και παρατηρώντας τις μεταβολές του όγκου εκροής σε συνάρτηση με τον χρόνο. Μετά την σταθεροποίηση του ρυθμού ροής γινόταν διόρθωση των αποτελεσμάτων στην θερμοκρασία των 20 °C.
- Στην συνέχεια το δοκίμιο ζυγιζόταν, ξηραίνετο και μετά επαναζυγιζότο για τον προσδιορισμό του ξηρού μοναδιαίου βάρους και της φυσική υγρασίας.

Οι δοκιμές ροής σταθερού ρυθμού πραγματοποιούνται εισπίζοντας το ρευστό μέσα στο δοκίμιο με ελεγχόμενο ρυθμό και μετρώντας την πτώση της πίεσης στα άκρα του δοκιμίου. Η δοκιμή έχει ολοκληρωθεί όταν ο ρυθμός ροής και η πτώση της πίεσης σταθεροποιηθούν.

Η υδραυλική αγωγιμότητα υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο (Wykeham Farrance International, 2007):

$$k = \frac{Q}{60 \times A \times i \times t} \quad (\text{Εξίσωση 4.7})$$

όπου,

A : εμβαδόν διατομής δοκιμίου, cm^2

k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s

Q : όγκος εκροής σε χρόνο t, cm^3

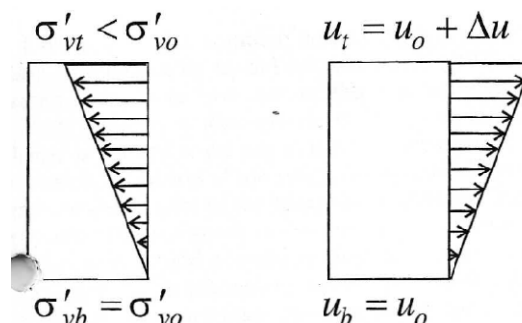
i : εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα $i = \frac{10,2\Delta P}{H}$

όπου, ΔP : διαφορά πίεσης στην είσοδο και έξοδο του δοκιμίου, kPa

H : ύψος του δοκιμίου, cm

4.3.2 Κατανομή ενεργών τάσεων στο υδραυλικό οιδήμετρο

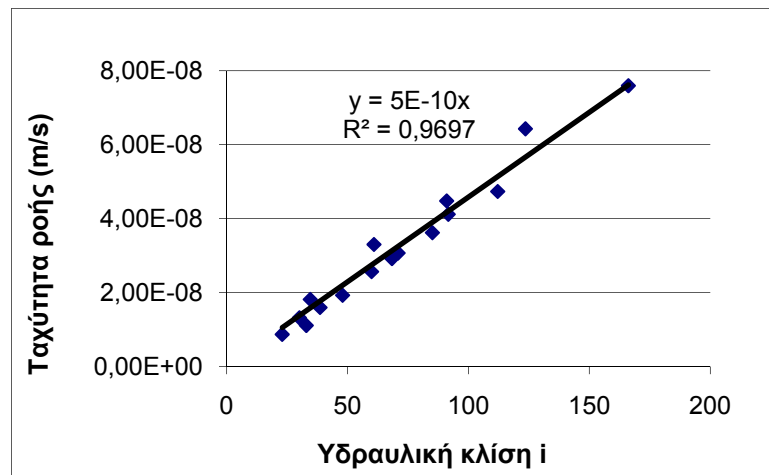
Στο **Σχήμα 4.4** παρουσιάζεται η κατανομή των ενεργών τάσεων στο υδραυλικό οιδήμετρο κατά την εφαρμογή μεγάλης υδραυλικής βαθμίδας στην είσοδο του δειγματολήπτη και διατηρώντας την πίεση της εξόδου σταθερή. Η ενεργή τάση στην είσοδο του δειγματολήπτη (σ'_{vt}) μειώνεται λόγω της αύξησης της πίεσης των πόρων ενώ η ενεργή τάση στην έξοδο του δειγματολήπτη (σ'_{vb}) παραμένει σταθερή. Αντίστοιχα η πίεση των πόρων στην είσοδο (u_t) είναι μεγαλύτερη στην είσοδο σε σχέση με την έξοδο (u_b).



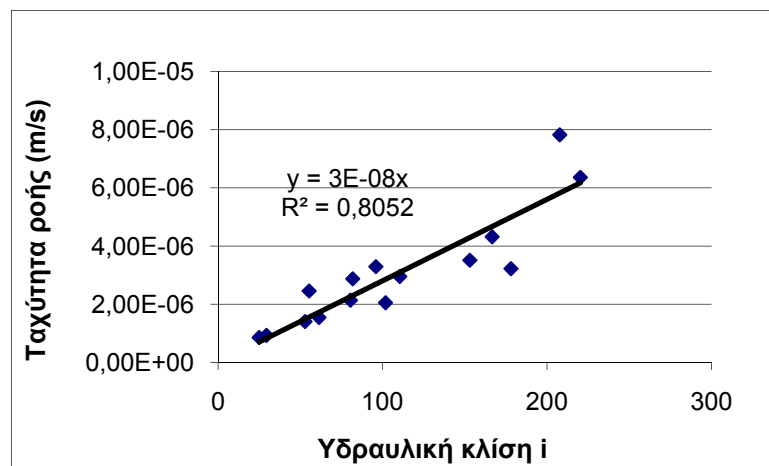
Σχήμα 4.4 Κατανομή ενεργών τάσεων και πίεσης πόρων κάτω από εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο υδραυλικό οιδήμετρο (Kodikara et al., 2002)

4.3.3 Αποτελέσματα

Στα **Διαγράμματα 4.5** και **4.6** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ταχύτητας ροής στην έξοδο του δειγματολήπτη για τα τρία εδαφικά δείγματα εφαρμόζοντας διάφορες υδραυλικές βαθμίδες (i) ενώ στον **Πίνακα 4.7** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας που προέκυψαν από τις μετρήσεις.



Διάγραμμα 4.5 Ταχύτητες ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο υδραυλικό οιδήμετρο για το δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%**



Διάγραμμα 4.6 Ταχύτητες ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα στο υδραυλικό οιδήμετρο για το δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%**

Στον **Πίνακα 4.6** παρουσιάζονται οι σχέσεις της ταχύτητας ροής (v) σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα (i) για τα εδαφικά δείγματα που μελετήθηκαν στο υδραυλικό οιδήμετρο.

Πίνακας 4.6 Εξισώσεις που σχετίζουν την ταχύτητα ροής σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα

Εδαφικό δείγμα	Υδραυλική βαθμίδα	Εξίσωση	Συντελεστής συσχέτισης R^2
Καολίνης-Άμμος 30-70%	$20 < i < 200$	$v = 5 \times 10^{-10} \times i$	0,969
Καολίνης-Άμμος 70-30%	$20 < i < 200$	$v = 3 \times 10^{-8} \times i$	0,805

Πίνακας 4.7 Μετρούμενοι συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας στο υδραυλικό οιδήμετρο στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα

	Καολίνης-Άμμος 70-30%	Καολίνης-Άμμος 30-70%
Υδραυλική αγωγιμότητα k στους 20°C (m/s)		
1 ^ο Δοκίμιο	$4,09 \times 10^{-10}$	$5,98 \times 10^{-9}$
2 ^ο Δοκίμιο	$4,33 \times 10^{-10}$	$6,10 \times 10^{-9}$
3 ^ο Δοκίμιο	$5,18 \times 10^{-10}$	$7,49 \times 10^{-9}$
Μέση Τιμή	$4,53 \times 10^{-10}$	$6,52 \times 10^{-9}$
Τυπική απόκλιση	$5,74 \times 10^{-11}$	$8,30 \times 10^{-10}$

Από τα **Διαγράμματα 4.5** και **4.6** που αφορούν τις μετρήσεις υδραυλικής αγωγιμότητας των εδαφικών δειγμάτων **Καολίνης-Άμμος 70-30%** και **Καολίνης-Άμμος 30-70%** παρατηρείται ότι σε όλο το εύρος της εφαρμοζόμενης υδραυλικής βαθμίδας υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της ταχύτητας του νερού (v) στην έξοδο του δειγματολήπτη και στην εφαρμοζόμενη υδραυλική βαθμίδα (i) η οποία είναι της μορφής $y=ax$, δηλαδή σύμφωνα με τον νόμο του Darcy.

Ανάλογη συμπεριφορά επιδεικνύει και το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** (**Διάγραμμα 4.6**) σε αντίθεση με τα αποτελέσματα με το περατόμετρο υψηλής πίεσης (**Διάγραμμα 4.3**) όπου δεν παρατηρείται διαφοροποίηση της συσχέτισης μεταξύ της ταχύτητας του νερού και της εφαρμοζόμενης υδραυλικής βαθμίδας μετά από την εφαρμογή μιας κρίσιμης υδραυλικής βαθμίδας.

Πίνακας 4.8 Συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας στο υδραυλικό οιδήμετρο

Υδραυλική αγωγιμότητα k στους 20 °C (m/s)	
Καολίνης-Άμμος 30-70%	$6,52 \times 10^{-9}$
Καολίνης-Άμμος 70-30%	$4,53 \times 10^{-10}$

Από τον **Πίνακα 4.8** παρατηρείται ότι στη συσκευή του υδραυλικού οιδήμετρου η υδραυλική αγωγιμότητα (k) αυξάνει όσο στο εδαφικό δείγμα μειώνεται το αργιλικό ποσοστό. Στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** ($U=105,8$) η υδραυλική αγωγιμότητα είναι ίση με $6,52 \times 10^{-9}$ m/s ενώ στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** ($U=16,6$) έχει τιμή ίση με $4,53 \times 10^{-10}$ m/s σχεδόν μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερη.

Για όλα τα δοκίμια **υπολογίστηκε** ο αρχικός και τελικός δείκτης πόρων και το αρχικό και τελικό πορώδες (n). Από τον **Πίνακα 4.9** παρατηρείται ότι το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** παρουσιάζει αντίστοιχο δείκτη πόρων με το περατόμετρο υψηλής πίεσης και ίσο με 0,685 ενώ μετά το τέλος των πειραματικών μετρήσεων και εφόσον έχει εφαρμοστεί ένα μεγάλο εύρος υδραυλικών βαθμίδων δεν παρατηρείται κάποια διαφοροποίηση του δείκτη πόρων. Αντίθετα στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** με αρχικό δείκτη πόρων της τάξεως του 0,419 παρατηρείται διαφοροποίηση του δείκτη πόρων κατά έως 0,20 όπως και στο περατόμετρο υψηλής πίεσης.

Πίνακας 4.9 Αρχικός και τελικός δείκτης πόρων για το υδραυλικό οιδήμετρο

Δοκίμιο	Καολίνης-Άμμος 70-30%		Καολίνης-Άμμος 30-70%	
	$G_s=2,65$		$G_s=2,64$	
	Αρχικός δείκτης πόρων e_o	Τελικός δείκτης πόρων e_f	Αρχικός δείκτης πόρων e_o	Τελικός δείκτης πόρων e_f
1^ο Δοκίμιο	0,673	0,673	0,422	0,400
2^ο Δοκίμιο	0,701	0,700	0,407	0,389
3^ο Δοκίμιο	0,682	0,684	0,427	0,409
Μέση Τιμή	0,685	0,686	0,419	0,399
Τυπική απόκλιση	0,014	0,014	0,010	0,010

Στον **Πίνακα 4.10** παρατηρείται ότι το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** παρουσιάζει πορώδες 40,2% ενώ μετά το τέλος των πειραματικών μετρήσεων δεν παρατηρείται κάποια διαφοροποίηση στο πορώδες. Στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** με αρχικό πορώδες 29,5% παρατηρείται μείωση κατά 1%.

Πίνακας 4.10 Αρχικό και τελικό πορώδες (%) για το υδραυλικό οιδήμετρο

	Καολίνης-Άμμος 70-30%		Καολίνης-Άμμος 30-70%	
	Αρχικό πορώδες n_o	Τελικό πορώδες n_f	Αρχικό πορώδες n_o	Τελικό πορώδες n_f
1^ο Δοκίμιο	40,2	40,2	29,7	28,6
2^ο Δοκίμιο	41,2	41,2	28,9	28,0
3^ο Δοκίμιο	40,6	40,6	29,9	29,0
Μέση Τιμή	40,7	40,7	29,5	28,5
Τυπική απόκλιση	0,503	0,503	0,529	0,503

Το κύριο μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου θεωρείται ο μικρός λόγος L/D δηλαδή το μικρό μέγεθος του δοκιμίου που δεν επιτρέπει την αξιόπιστη προσομοίωση των φυσικών συνθηκών του πεδίου.

Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου πέρα από τον τρόπο και τον προσδιορισμό του κορεσμού είναι το γεγονός ότι όλη η διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγάλα φορτία (έως 3500 kPa), ο όγκος εκροής και εισροής καθώς και οι πιέσεις στο σύστημα μπορούν να μετρηθούν με μεγάλη ακρίβεια ακόμα και σε πολύ μικρές φορτίσεις. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μπορεί να προσδιοριστεί η υδραυλική αγωγιμότητα σε διάφορα στάδια φόρτισης και αποφόρτισης του δοκιμίου.

Στο **Παράρτημα III** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα φύλλα εργασίας των δοκιμών μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας των υπό εξέταση δειγμάτων.

4.4 Δοκιμή Οιδημέτρου

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται οι παράμετροι στερεοποίησης και συμπιεστότητας σε εδαφικά δείγματα πλευρικά περιορισμένα που φορτίζονται αξονικά (ASTM D2435). Η διαδικασία της στερεοποίησης οδηγεί στη βαθμιαία μείωση του όγκου του κορεσμένου εδάφους με την πάροδο του χρόνου, καθώς το νερό εκρέει από τα κενά των πόρων με την επίδραση της επιβαλλόμενης φόρτισης.

Η συσκευή οιδημέτρου (Εικόνα 4.6) επιτρέπει τον κορεσμό του δοκιμίου, επιβολή ενός κατακόρυφου φορτίου και μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου. Αποτελείται από ένα ζυγό φόρτισης για την εφαρμογή κατακόρυφων φορτίων στο δοκίμιο, τους πορόλιθους (άνω και κάτω επιφάνεια του δοκιμίου), μηκυνσιόμετρο για την μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου κατά το στάδιο στερεοποίησης, μια κυψέλη νερού για να εξασφαλιστεί ο πλήρης κορεσμός και τη συσκευή στερεοποίησης όπου το δοκίμιο συγκρατείται μέσα σε δακτύλιο, ο οποίος έχει συνδεθεί με τη βάση της συσκευής. Ο δακτύλιος εμποδίζει τις πλευρικές παραμορφώσεις, δημιουργεί συνθήκες K_0 και εμποδίζει την πλευρική αποστράγγιση εξασφαλίζοντας έτσι συνθήκες μονοδιάστατης στερεοποίησης.

Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν είναι 51 mm σε διάμετρο και 20 cm σε ύψος.



Εικόνα 4.6 Εργαστηριακές συσκευές οιδημέτρου

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα (Εικόνα 4.7) να πραγματοποιηθούν δοκιμές άμεσης μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας στα δοκίμια σύμφωνα με την τεχνική του πίπτοντος φορτίου εφαρμόζοντας μια υδραυλική βαθμίδα στα άκρα του δοκιμίου

και μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται το επίπεδο του νερού να κατέλθει από ένα σημείο γνωστού υδραυλικού ύψους σε ένα άλλο.



Εικόνα 4.7 Συσκευή οιδημέτρου - άμεσος προσδιορισμό υδραυλικής αγωγιμότητας

Οι δοκιμές οιδημέτρου που πραγματοποιήθηκαν είχαν ως στόχο τον προσδιορισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) σε διάφορα στάδια μονοδιάστατης στερεοποίησης τόσο έμμεσα μέσω των συντελεστών στερεοποίησης όσο και μέσα με την τεχνική πίπτοντος φορτίου.

4.4.1 Διαδικασία

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και στα τρία εδαφικά δείγματα. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής (**ASTM D2435**) :

- Οι πορόλιθοι υγραίνονται ώστε να μην απορροφήσουν νερό από το δοκίμιο ούτε να αποδίδουν νερό σε αυτό.
- Το δοκίμιο συγκρατείται στο δακτύλιο μέσα σε μια κυψέλη με νερό και μέσω ενός αναρτήρα φορτίων και ενός συστήματος μοχλών και λόγω φορτίου 10:1 φορτίζεται αξονικά με φορτία που διπλασιάζονται σε κάθε στάδιο φόρτισης διατηρώντας την τάση σταθερή για διάστημα 24 ωρών.

- Οι πιέσεις P (kg/cm^2) που αντιστοιχούν στα βάρη που αναρτώνται στο άγκιστρο είναι :

$$P = \frac{W \times 10}{A} \quad (\text{Εξίσωση 4.8})$$

όπου,

W : βάρος φορτίου, kg

A : επιφάνεια δοκιμίου, cm^2

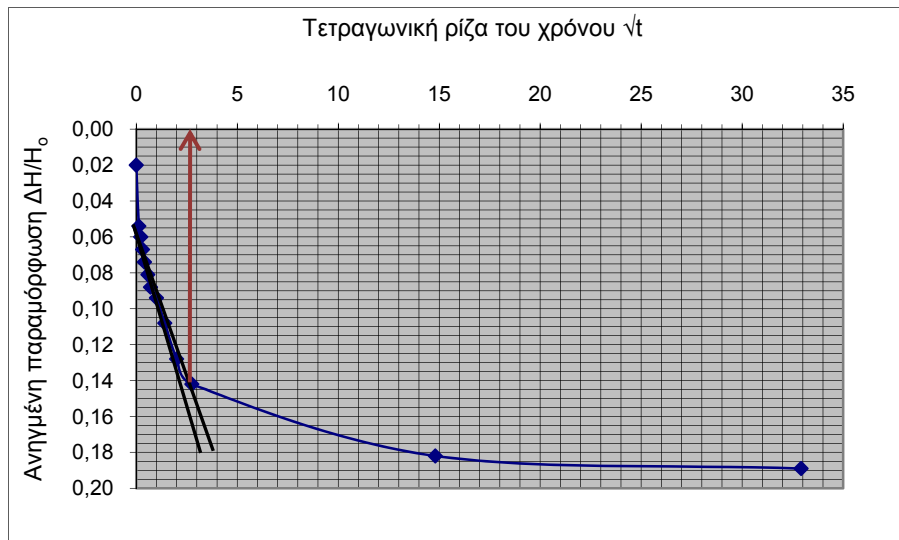
- Πριν από την εφαρμογή της επόμενης βαθμίδας φόρτισης καταγράφεται η μεταβολή του πάχους του δοκιμίου μέσω του ηλεκτρονικού μηκυνσιόμετρου. Κατά τις δοκιμές γίνεται φόρτιση μέχρι μια μέγιστη κατακόρυφη τάση και ακολουθεί αποφόρτιση και επαναφόρτιση δύο φορές.
- Η αποφόρτιση πραγματοποιείται σταδιακά σε βαθμίδες με αντίστροφη πορεία από εκείνη της φόρτισης μέχρι το αρχικό φορτίο. Αφαιρείτο το επιβαλλόμενο βάρος και μετρούνταν η αποσυμπίεση του εδαφικού υλικού σε χρονικά διαστήματα συναρτήσει του λογαρίθμου του χρόνου.
- Το δοκίμιο ζυγίζεται, ξηραίνεται και επαναζυγίζεται για τον προσδιορισμό του ξηρού μοναδιαίου βάρους και της φυσική υγρασίας.

Από τα αποτελέσματα της δοκιμής σχεδιάστηκαν για όλα τα εδαφικά δείγματα τα Διαγράμματα του δείκτη πόρων e , σε συνάρτηση με την ενεργή τάση σ' . Επίσης σχεδιάστηκαν για κάθε φόρτιση-αποφόρτιση τα διαγράμματα των ανηγμένων παραμορφώσεων ($\Delta H/H_0$) σε συνάρτηση με τη $\sqrt{t}$ του χρόνου (**Διάγραμμα 4.7**). Επίσης σχεδιάστηκαν τα Διαγράμματα του δείκτη πόρων e , σε συνάρτηση με την ενεργή τάση σ' .

Για τον υπολογισμό του συντελεστή στερεοποίησης c_v για κάθε στάδιο φόρτισης και αποφόρτισης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Taylor και ο προσδιορισμός του t_{90} (χρόνος που αντιστοιχεί στην ολοκλήρωση του 90% της στερεοποίησης).

Στο διάγραμμα των ενδείξεων του μηκυνσιόμετρου σε συνάρτηση με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου, σχεδιάζεται η γραμμή βέλτιστης προσαρμογής στον ευθύγραμμο κλάδο και προεκτείνεται προς τα πίσω σε μια διορθωμένη 'ένδειξη για

το πάχος R_0 στο χρόνο $t=0$, ώστε να εξαλείψει την αρχική συμπίεση. Στην συνέχεια σχεδιάζεται από το R_0 μια ευθεία γραμμή με κλίση 1.15 της κλίσης του ευθύγραμμου κλάδου του διαγράμματος των πειραματικών δεδομένων. Εκεί που η γραμμή αυτή τέμνει την πειραματική καμπύλη, θεωρείται ότι είναι το σημείο βαθμού στερεοποίησης 90%. Προσδιορίζεται η τιμή t_{90} και, επομένως το t_{90} ή ο απαιτούμενος χρόνος να επιτευχθεί το 90% της στερεοποίησης (**Διάγραμμα 4.7**).



Διάγραμμα 4.7 Ανηγμένη παραμόρφωση ($\Delta H/H_0$) σε συνάρτηση με την τετραγωνική ρίζα ($\sqrt{t}$) του χρόνου

Ο συντελεστής στερεοποίησης c_v υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$c_v = \frac{0,848 \times \bar{d}^2}{t_{90}} \quad (\text{Εξίσωση 4.9})$$

όπου,

c_v : συντελεστής στερεοποίησης, mm^2/min

$\bar{d} = \frac{H_1 + H_2}{4}$ όπου H_1 και H_2 αρχικό και τελικό πάχος στο συγκεκριμένο

στάδια φόρτισης αντίστοιχα, mm

t_{90} : χρόνος που αντιστοιχεί σε 90% της στερεοποίησης, min

Για κάθε βηματική αύξηση της πίεσης ο συντελεστής μεταβολής όγκου m_v , σε m^2/kN υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$m_v = \frac{\Delta H}{H_i} \frac{1}{\Delta \sigma} \quad (\text{Εξίσωση 4.10})$$

όπου,

ΔH : μεταβολή του πάχους κατά τη διάρκεια του βήματος αύξησης, mm

H_i : αρχικό πάχος για το βήμα αύξησης της πίεσης, mm

$\Delta \sigma$: μεταβολή τάσης, kPa

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η υδραυλική αγωγιμότητα έμμεσα με βάση τη μεταβολή του όγκου σε κάθε βαθμίδα φόρτισης.

Η υδραυλική αγωγιμότητα (k) υπολογίστηκε σύμφωνα με την σχέση:

$$k = c_v \times m_v \times \rho_w \times g, \text{ cm/s} \quad (\text{Εξίσωση 4.11})$$

όπου,

c_v : συντελεστής στερεοποίησης, m^2/year

m_v : συντελεστής μεταβολής όγκου, m^2/MN

ρ_w : πυκνότητα νερού, Mg/m^3

g : επιτάχυνση της βαρύτητας, m/s^2

Ο τρόπος έμμεσου προσδιορισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας εμπεριέχει ανακρίβειες λόγω των πολλαπλών παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν το φαινόμενο της στερεοποίησης, ενδείκνυται πάντως σε περιπτώσεις πολύ λεπτόκοκκων εδαφών, όπου η εφαρμογή του περατομέτρου μεταβλητού φορτίου γίνεται προβληματική.

Για την αξιολόγηση των προβλημάτων αυτών στα δείγματα που μελετώνται και την σύγκριση μεταξύ των έμμεσων και άμεσων τιμών υδραυλικής αγωγιμότητας πραγματοποιήθηκαν δοκιμές άμεσης μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας στα δοκίμια σύμφωνα με την τεχνική του πίπτοντος φορτίου εφαρμόζοντας ανά στάδιο φόρτισης-αποφόρτισης μια υδραυλική βαθμίδα και μετρώντας το χρόνο που

χρειάζεται το επίπεδο του νερού να κατέλθει από ένα σημείο γνωστού υδραυλικού ύψους σε ένα άλλο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μετά την ολοκλήρωση κάθε σταδίου φόρτισης και αποφόρτισης των δοκιμών. Θεωρήθηκε ότι η δευτερεύουσα στερεοποίηση δεν θα επηρέαζε σημαντικά τις μετρήσεις. Η ροή του νερού είχε διεύθυνση από το κατώτερο προς το ανώτερο άκρο του δοκιμίου ενώ η υδραυλική βαθμίδα που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα δείγματα ήταν μικρότερη της μονάδας ($i < 1$).

Σύμφωνα με τους Pane et al., 1983 για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που προκύπτουν από στερεοποίηση λόγω ροής νερού μέσα στο δείγμα κατά την διάρκεια δοκιμών με την δοκιμή οιδημέτρου πρέπει να εφαρμοστούν υδραυλικές βαθμίδες μικρότερες της μονάδας.

Με βάση τις μετρήσεις της υδραυλικής αγωγιμότητας στο οιδήμετρο με τη μέθοδο του πίπτοντος φορτίου σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα της υδραυλικής αγωγιμότητας k ως συνάρτηση του δεκαδικού λογαρίθμου των ενεργών τάσεων σ' για κάθε εδαφικό δείγμα καθώς επίσης και τα διαγράμματα της υδραυλικής αγωγιμότητας k σε συνάρτηση με το $1-e$.

Μειονεκτήματα της συγκεκριμένης δοκιμής είναι το μικρό μέγεθος του δοκιμίου, οι μεγάλοι χρόνοι που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των δοκιμών. Επίσης ο κορεσμός του δοκιμίου καθώς και η πίεση των πόρων στο δοκίμιο δεν μπορούν να προσδιοριστούν αριθμητικά.

4.4.2 Αποτελέσματα

Στους Πίνακες 4.11 έως 4.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών μονοδιάστατης στερεοποίησης που πραγματοποιήθηκαν με τη δοκιμή οιδημέτρου καθώς και τα υπολογιζόμενα μεγέθη της υδραυλικής αγωγιμότητας στα τα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα **Καολίνης-Άμμος 70-30%**, **Καολίνης-Άμμος 30-70%** και **Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%**.

Τα αποτελέσματα της υδραυλικής αγωγιμότητας k των εδαφικών δειγμάτων που στερεοποιήθηκαν μονοδιάστατα κάτω από διάφορες ενεργές τάσεις, δίνουν σχέσεις για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας σε διάφορα στάδια φόρτισης, χαρακτηριστικές των υπό εξέταση δειγμάτων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην

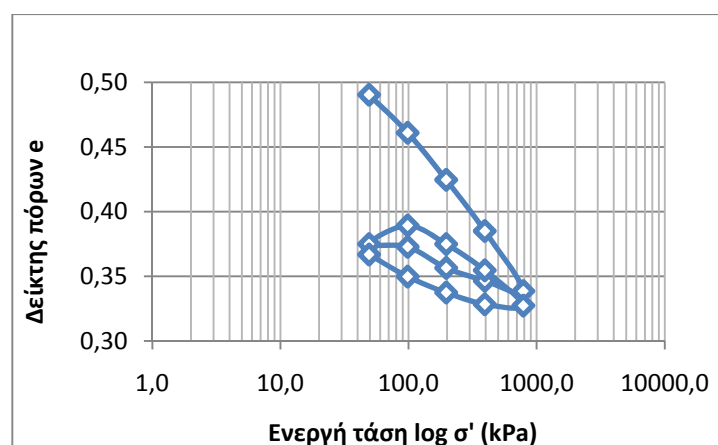
προσομοίωση της συμπεριφοράς των εδαφικών σχηματισμών σε σχεδιαζόμενα τεχνικά έργα.

Από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών της δοκιμής οιδιμέτρου στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα (**Πίνακες 4.11 έως 4.13**) προκύπτουν τα **Διαγράμματα 4.8 έως 4.22**.

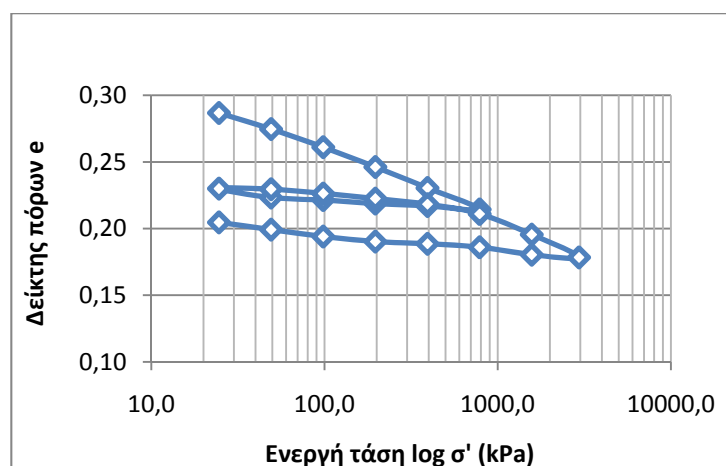
Στα **Διαγράμματα 4.8 έως 4.10** παρουσιάζεται ο υπολογιζόμενος δείκτης πόρων e , σε συνάρτηση με το $\log_{10}$ της ενεργής τάση σ' για κάθε εδαφικό δείγμα, δηλαδή η μεταβολή που επέρχεται στον δείκτη πόρων e κατά τα στάδια φόρτισης και αποφόρτισης των εδαφικών μινμάτων.

Η ενεργή τάση είναι η τάση που υπάρχει στην ορυκτολογική κοκκώδη δομή των εδαφικών δειγμάτων. Όταν αυτή μεταβάλλεται, η δομή αντιδρά μειώνοντας ή αυξάνοντας τον όγκο της καθώς το νερό εισρέει ή εκρέει στα κενά. Παρατηρείται ότι για τα ίδια στάδια φόρτισης και αποφόρτισης το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%** παρουσιάζει μια μείωση του δείκτη πόρων κατά 0,402 (83,0%) σε μια αρχική και τελική ενεργή τάση ίση με 50 kN/m². Αντίστοιχα για την ίδια αρχική και τελική ενεργή τάση, η μείωση που επιδέχεται το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** είναι ίση με 0,076 (27,6%) ενώ για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%** ίση με 0,098 (26,4%).

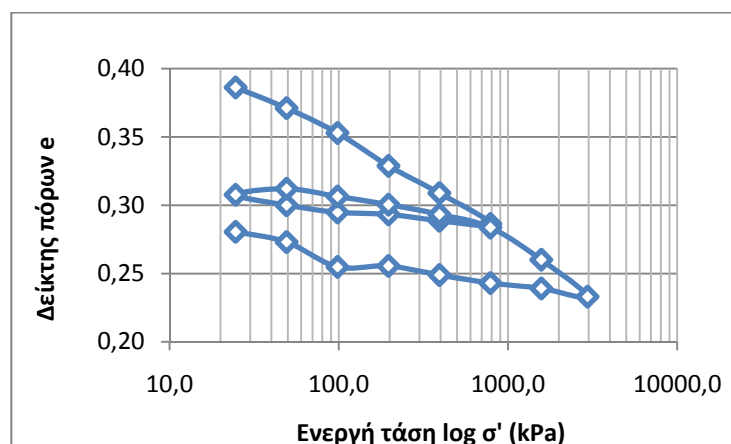
Στο **Παράρτημα III** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα φύλλα εργασίας των δοκιμών μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας των υπό εξέταση δειγμάτων.



Διάγραμμα 4.8 Δείκτης πόρων σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%**



Διάγραμμα 4.9 Δείκτης πόρων σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%**



Διάγραμμα 4.10 Δείκτης πόρων σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%**

Δείγμα	Καολίνης-Άμμος 70-30 %
Κωδικός Δείγματος	Cons_k70s30
Έναρξης Δοκιμής	13/6/2008
Λήξης Δοκιμής	21/7/2008

Διάμετρος δοκιμίου D (mm):	50,4
Ύψος δοκιμίου H ₀ (mm):	20,35
Επιφάνεια δοκιμίου A (mm ²):	1995,04
Ποσοστό υγρασίας w (%):	22,40
Ειδικό βάρος στερεών G _s	2,650

	Φορτίο (kg)	Τάση σ' (kN/m ²)	log σ'	Έμμεσο k (m/s)	Άμεσο k (m/s)	Πάχος δοκιμίου (mm)	ΔH _f (mm)	e _f	ε	1-ε
Φόρτιση	0	0	-	-	-	20,35	0	0,596	-	-
	1	49,17	1,692	8,31E-09	2,96E-10	18,92	1,43	0,484	0,070	0,930
	2	98,34	1,993	5,62E-09	2,58E-10	18,55	1,80	0,454	0,088	0,912
	4	196,69	2,294	5,04E-09	2,00E-10	18,09	2,26	0,418	0,111	0,889
	8	393,38	2,595	4,11E-09	1,75E-10	17,59	2,76	0,378	0,136	0,864
	16	786,75	2,896	2,92E-09	1,45E-10	17,00	3,35	0,332	0,164	0,836
Αποφόρτιση	8	393,38	2,595	-	1,66E-10	17,10	3,25	0,062	0,160	0,840
	4	196,69	2,294	-	1,80E-10	17,23	3,12	0,072	0,153	0,847
	2	98,34	1,993	-	1,88E-10	17,44	2,91	0,088	0,143	0,857
	1	49,17	1,692	-	2,02E-10	17,46	2,89	0,090	0,142	0,858
Φόρτιση	2	98,34	1,993	1,28E-08	1,72E-10	17,65	2,71	0,383	0,133	0,867
	4	196,69	2,294	5,74E-09	1,62E-10	17,46	2,89	0,368	0,142	0,858
	8	393,38	2,595	5,04E-09	1,54E-10	17,21	3,14	0,348	0,154	0,846
	16	786,75	2,896	2,31E-09	1,40E-10	16,86	3,49	0,321	0,171	0,829
Αποφόρτιση	8	393,38	2,595	-	1,42E-10	16,87	3,48	0,044	0,171	0,829
	4	196,69	2,294	-	1,52E-10	16,99	3,36	0,053	0,165	0,835
	2	98,34	1,993	-	1,63E-10	17,15	3,21	0,065	0,157	0,843
	1	49,17	1,692	-	1,70E-10	17,36	2,99	0,082	0,147	0,853

Πίνακας 4.11 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών δοκιμής οιδιμέτρου για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 70-30%

Δείγμα	Καολίνης-Άμμος 30-70 %
Κωδικός Δείγματος	Cons k30s70
Έναρξης Δοκιμής	13/6/2008
Λήξης Δοκιμής	21/7/2008

Διάμετρος δοκιμίου D (mm):	50,4
Ύψος δοκιμίου H ₀ (mm):	20,35
Επιφάνεια δοκιμίου A (mm ²):	1995,04
Ποσοστό υγρασίας w (%):	12,10
Ειδικό βάρος στερεών G _s	2,642

	Φορτίο (kg)	Τάση σ' (kN/m ²)	log σ'	Έμμεσο κ (m/s)	Άμεσο κ (m/s)	Πάχος δοκιμίου (mm)	ΔH _f (mm)	e _f	ε	1-ε
Φόρτιση	0	0	0	0	0	20,35	0	0,318	-	-
	0,5	24,59	1,391	1,66E-08	8,34E-09	19,86	0,49	0,287	0,024	0,976
	1	49,17	1,692	2,91E-09	4,93E-09	19,66	0,69	0,275	0,034	0,966
	2	98,34	1,993	1,51E-09	2,46E-09	19,44	0,91	0,261	0,045	0,955
	4	196,69	2,294	1,01E-09	1,59E-09	19,19	1,16	0,246	0,057	0,943
	8	393,38	2,595	1,33E-10	9,75E-10	18,92	1,43	0,230	0,070	0,930
	16	786,75	2,896	6,58E-10	7,73E-10	18,63	1,72	0,214	0,084	0,916
	8	393,38	2,595		9,03E-10	18,65	1,70	0,217	0,083	0,917
	4	196,69	2,294		1,31E-09	18,687	1,66	0,219	0,082	0,918
	2	98,34	1,993		1,95E-09	18,73	1,62	0,221	0,079	0,921
Αποφόρτιση	1	49,17	1,692		2,42E-09	18,77	1,58	0,223	0,078	0,922
	0,5	24,59	1,391		3,00E-09	18,88	1,47	0,230	0,072	0,928
Φόρτιση	1	49,17	1,692	2,00E-09	2,32E-09	18,88	1,47	0,230	0,072	0,928
	2	98,34	1,993	8,91E-10	1,55E-09	18,83	1,52	0,226	0,075	0,925
	4	196,69	2,294	8,94E-10	1,16E-09	18,76	1,59	0,223	0,078	0,922
	8	393,38	2,595	2,73E-10	8,04E-10	18,69	1,66	0,218	0,082	0,918
	16	786,75	2,896	4,61E-11	7,11E-10	18,56	1,79	0,211	0,088	0,912
	32	1573,50	3,197	8,69E-11	6,29E-10	18,29	2,06	0,196	0,101	0,899
	60	2950,32	3,470	2,30E-11	3,20E-10	17,97	2,38	0,178	0,117	0,883
Αποφόρτιση	32	1573,50	3,197		5,27E-10	17,97	2,38	0,180	0,117	0,883
	16	786,75	2,896		5,59E-10	18,07	2,28	0,186	0,112	0,888
	8	393,38	2,595		6,55E-10	18,13	2,22	0,189	0,109	0,891
	4	196,69	2,294		7,72E-10	18,16	2,19	0,190	0,108	0,892
	2	98,34	1,993		1,14E-09	18,23	2,12	0,194	0,104	0,896
	1	49,17	1,692		1,98E-09	18,32	2,03	0,199	0,100	0,900
	0,5	24,59	1,391		2,69E-09	18,42	1,93	0,205	0,095	0,905

Πίνακας 4.12 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών δοκιμής οιδιμέτρου για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος 30-70%

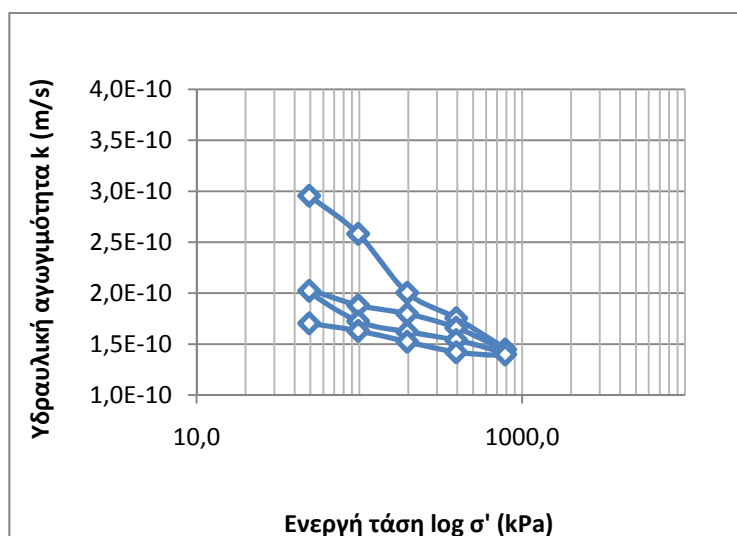
Δείγμα	Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40 %
Κωδικός Δείγματος	Cons_k30s30L_40
Έναρξης Δοκιμής	17/6/2008
Λήξης Δοκιμής	22/7/2008

Διάμετρος δοκιμίου D (mm):	50,4
Ύψος δοκιμίου H ₀ (mm):	20,09
Επιφάνεια δοκιμίου A (mm ²):	1995,04
Ποσοστό υγρασίας w (%):	14,50
Ειδικό βάρος στερεών G _s	2,691

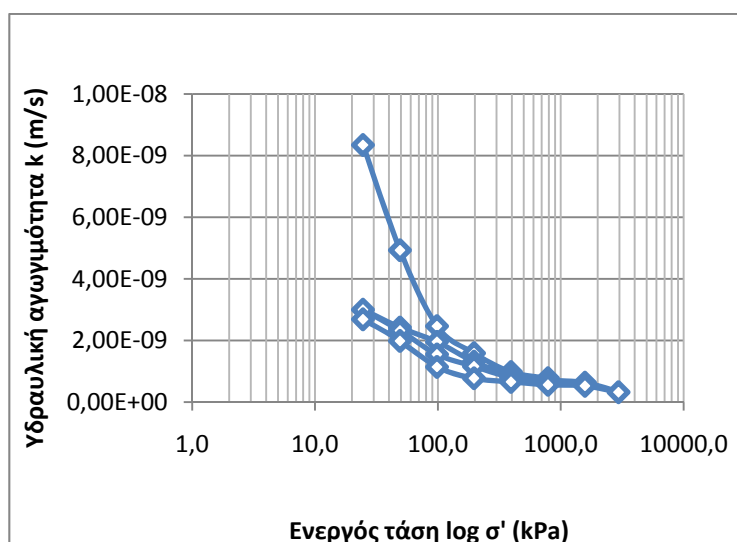
	Φορτίο (kg)	Τάση σ' (kN/m ²)	log σ'	Έμμεσο κ (m/s)	Άμεσο κ (m/s)	Πάχος δοκιμίου (mm)	ΔH _f (mm)	e _f	ε	1-ε
Φόρτιση	0	0	0	0	0	20,09	0	0,394		
	0,5	24,59	1,391	4,11E-09	3,64E-09	19,97	0,12	0,386	0,006	0,994
	1	49,17	1,692	1,45E-09	2,22E-09	19,75	0,34	0,371	0,017	0,903
	2	98,34	1,993	5,03E-10	9,07E-10	19,48	0,61	0,353	0,030	0,970
	4	196,69	2,294	4,42E-10	6,78E-10	19,12	0,97	0,329	0,048	0,952
	8	393,38	2,595	2,49E-10	5,03E-10	18,80	1,29	0,309	0,064	0,936
	16	786,75	2,896	5,46E-11	3,64E-10	18,43	1,66	0,286	0,083	0,917
Αποφόρτιση	8	393,38	2,595		4,59E-10	18,44	1,65	0,289	0,082	0,918
	4	196,69	2,294		5,63E-10	18,514	1,58	0,293	0,078	0,922
	2	98,34	1,993		7,20E-10	18,54	1,55	0,295	0,077	0,923
	1	49,17	1,692		1,04E-09	18,63	1,47	0,300	0,073	0,927
	0,5	24,59	1,391		1,27E-09	18,75	1,34	0,308	0,067	0,933
Φόρτιση	1	49,17	1,692	9,86E-10	9,03E-10	18,83	1,27	0,312	0,063	0,937
	2	98,34	1,993	1,43E-09	6,15E-10	18,74	1,35	0,306	0,067	0,933
	4	196,69	2,294	3,87E-10	4,94E-10	18,65	1,45	0,300	0,072	0,928
	8	393,38	2,595	2,21E-10	4,15E-10	18,53	1,56	0,293	0,078	0,922
	16	786,75	2,896	2,25E-10	3,51E-10	18,37	1,72	0,284	0,086	0,914
	32	1573,50	3,197	2,20E-10	3,00E-10	17,99	2,10	0,260	0,105	0,895
	60	2950,32	3,470	2,21E-10	2,92E-10	17,52	2,57	0,233	0,128	0,872
Αποφόρτιση	32	1573,50	3,197		2,97E-10	17,56	2,53	0,239	0,126	0,874
	16	786,75	2,896		3,68E-10	17,64	2,45	0,243	0,122	0,878
	8	393,38	2,595		4,20E-10	17,74	2,35	0,249	0,117	0,883
	4	196,69	2,294		4,75E-10	17,86	2,23	0,256	0,111	0,889
	2	98,34	1,993		6,07E-10	17,86	2,23	0,255	0,111	0,889
	1	49,17	1,692		7,85E-10	18,15	1,94	0,273	0,097	0,903
	0,5	24,59	1,391		1,02E-09	18,29	1,80	0,281	0,089	0,911

Πίνακας 4.13 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών δοκιμής οιδημέτρου για το εδαφικό δείγμα Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%

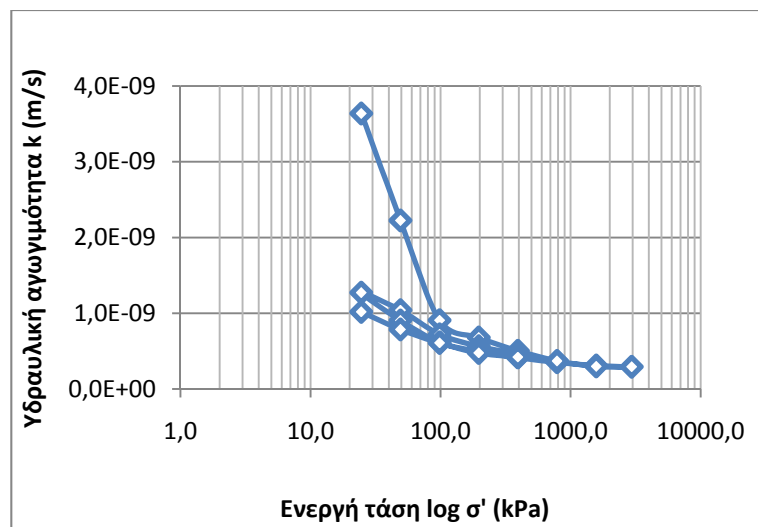
Στα **Διαγράμματα 4.11** έως **4.13** παρουσιάζεται ο μετρούμενη (μέθοδος πίπτοντος φορτίου), υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το $\log_{10}$ της ενεργής τάση σ' για κάθε εδαφικό δείγμα.



Διάγραμμα 4.11 Υδραυλική αγωγιμότητας k σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργή τάση για το εδαφικό δείγμα **Κασολίνης - Άμμος 70-30%**



Διάγραμμα 4.12 Υδραυλική αγωγιμότητας k σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργή τάση για το εδαφικό δείγμα **Κασολίνης - Άμμος 30-70%**



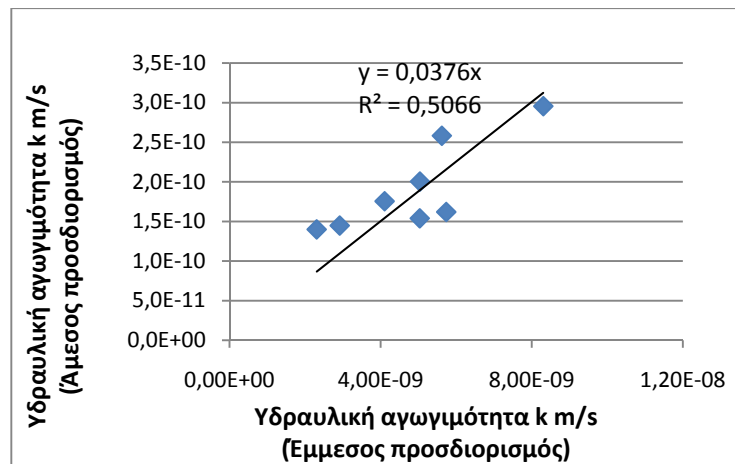
Διάγραμμα 4.13 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ενεργό τάση για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%**

Στα **Διαγράμματα 4.11** έως **4.13** είναι εμφανής η διαφοροποίηση της μεταβολής ανάλογα με το περιεχόμενο λεπτομερές ποσοστό στο δείγμα.

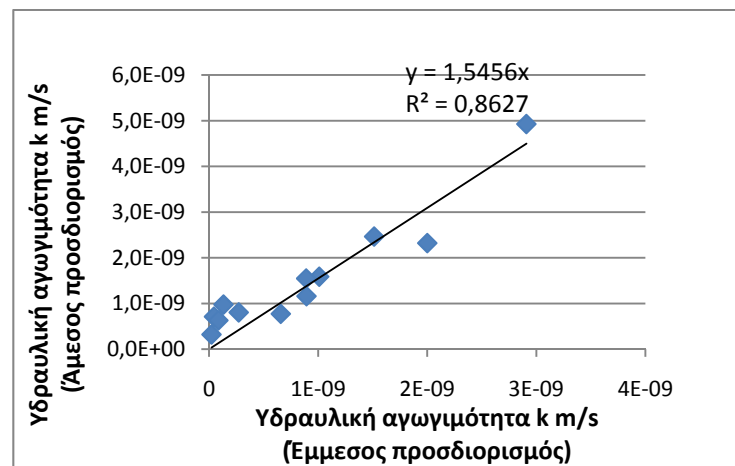
Η υδραυλική αγωγιμότητας k που μετρήθηκε με την τεχνική του πίπτοντος φορτίου με επιβολή φορτίου στερεοποίησης 50 kPa για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%** ($U=16,6$) διαφοροποιείται από $2,26 \times 10^{-10}$ σε $1,70 \times 10^{-10}$ m/s, για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** ($U=105,8$) από $4,93 \times 10^{-9}$ σε $1,98 \times 10^{-9}$ m/s ενώ για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%** ($U=40$) από $2,22 \times 10^{-9}$ σε $7,85 \times 10^{-10}$ m/s (**Πίνακας 4.12** έως **4.14**). Κατά την αποφόρτιση των δοκιμίων η υδραυλική αγωγιμότητα (k) μένει πρακτικά σταθερή με πολύ μικρή διακύμανση των τιμών.

Το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** παρουσιάζει με επιβολή φορτίου στερεοποίησης 25 kPa, μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) κατά μισή τάξη μεγέθους περίπου (από $8,34 \times 10^{-9}$ σε $2,69 \times 10^{-9}$ m/s).

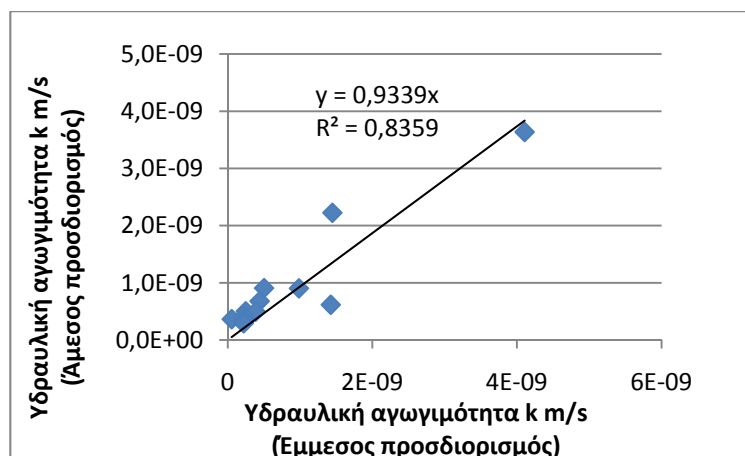
Στα **Διαγράμματα 4.14** έως **4.16** παρουσιάζεται η υπολογιζόμενη στη δοκιμή οιδημέτρου, με τη μέθοδο του πίπτοντος φορτίου, υδραυλική αγωγιμότητα (k) σε συνάρτηση με τον υπολογιζόμενη υδραυλική αγωγιμότητα (k) μέσω του συντελεστή στερεοποίησης για τα στάδια φόρτισης κάθε εδαφικού δείγματος.



Διάγραμμα 4.14 Συσχέτιση μεταξύ της έμμεσα και άμεσα μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας (Καολίνης - Άμμος 70-30%)



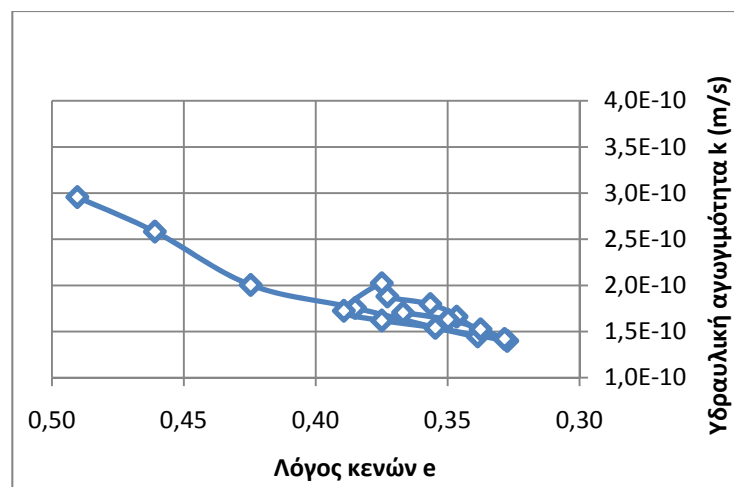
Διάγραμμα 4.15 Συσχέτιση μεταξύ της έμμεσα και άμεσα μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας (Καολίνης - Άμμος 30-70%)



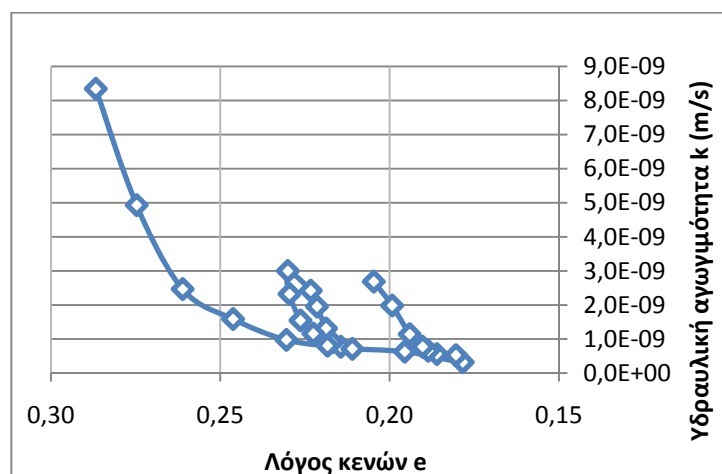
Διάγραμμα 4.16 Συσχέτιση μεταξύ της έμμεσα και άμεσα μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας (Καολίνης - Άμμος- Παιπάλη 30-30-40%)

Από τα **Διαγράμματα 4.13 έως 4.16** παρατηρείται ότι το πλέον αδρόκοκκο εδαφικό δείγμα (**Καολίνης - Άμμος 30-70%**) παρουσιάζει καλύτερη συσχέτιση μεταξύ του άμεσα και έμμεσα υπολογιζόμενου συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας k σε αντίθεση με το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%**.

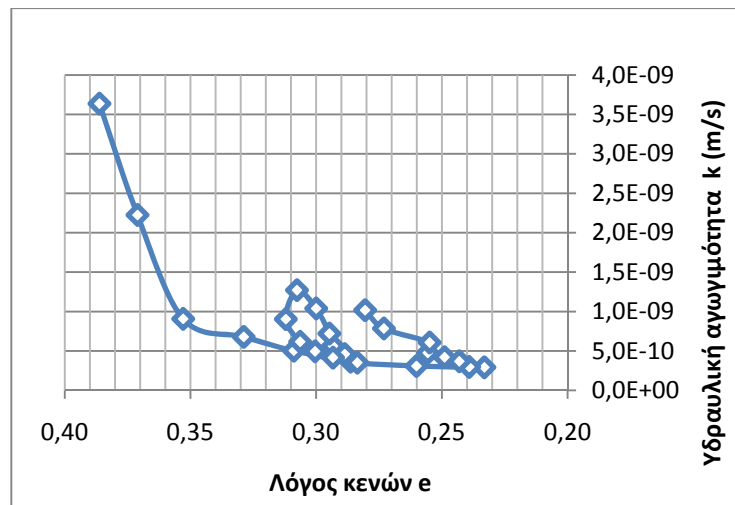
Τα **Διαγράμματα 4.17 έως 4.19** υποδεικνύουν την σχέση της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) σε συνάρτηση με την μεταβολή του λόγου κενών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις χαρακτηριστικές καμπύλες εδαφικών δειγμάτων που είναι απαραίτητες στις εξισώσεις ροής μέσω τεχνικών έργων.



Διάγραμμα 4.17 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το λόγο κενών για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%**

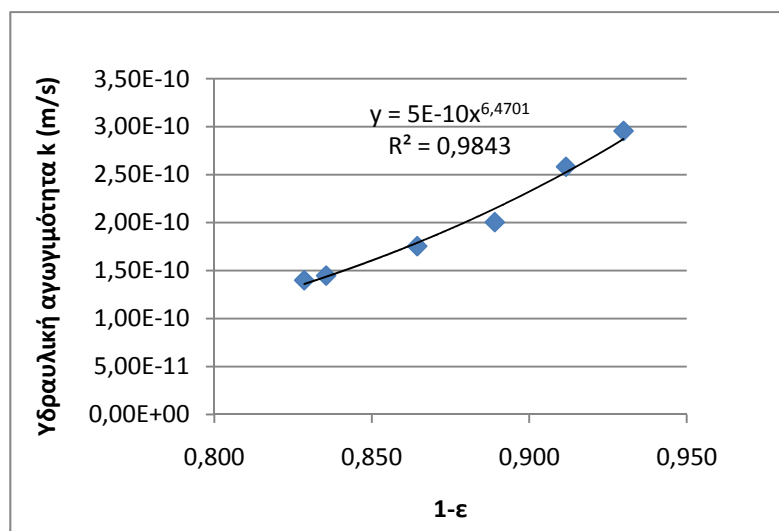


Διάγραμμα 4.18 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το λόγο κενών για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%**

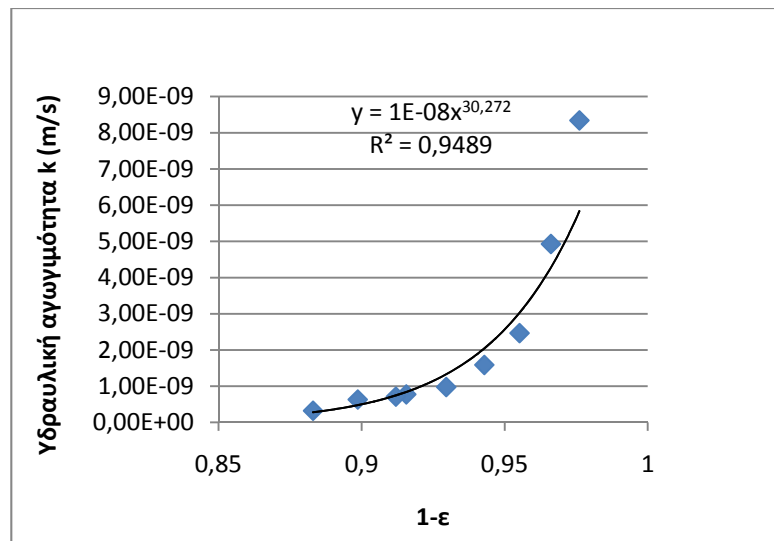


Διάγραμμα 4.19 Υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το λόγο κενών για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%**

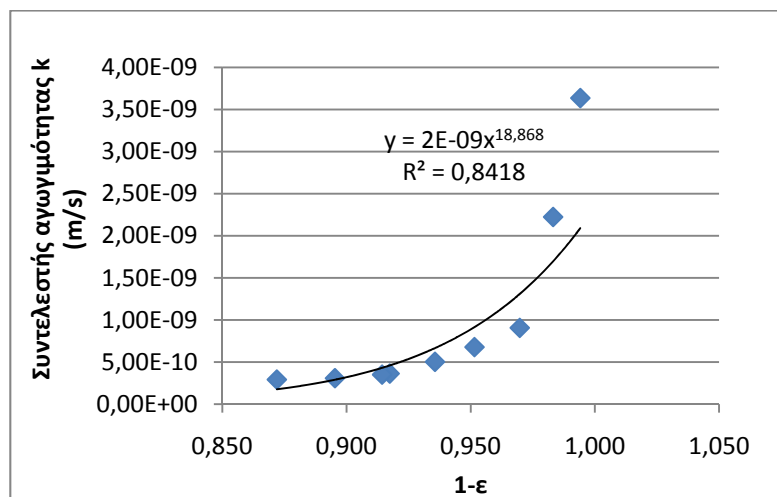
Στα **Διαγράμματα 4.20 έως 4.22** παρουσιάζεται η υπολογιζόμενη στη δοκιμή οιδημέτρου, με τη μέθοδο του πίπτοντος φορτίου, υδραυλική αγωγιμότητα k σε συνάρτηση με το $1-e$ για τα στάδια φόρτισης κάθε εδαφικού δείγματος. Οι σχέσεις αυτές είναι χαρακτηριστικές των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση της συμπεριφοράς των εδαφικών δειγμάτων στο πεδίο.



Διάγραμμα 4.20 Συσχέτιση υδραυλικής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με το $(1-e)$ για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%**



Διάγραμμα 4.21 Συσχέτιση υδραυλικής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με το $(1-\varepsilon)$ για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%**



Διάγραμμα 4.22 Συσχέτιση υδραυλικής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με το $(1-\varepsilon)$ για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%**

Η μέτρηση λοιπόν της υδραυλικής αγωγιμότητας μέσω της τεχνικής του οιδιμέτρου δίνει την δυνατότητα εκτίμησης παραμέτρων για την προσομοίωση της ροής μέσω των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων.

Οι χαρακτηριστικές εξισώσεις των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.14**.

Οι εξισώσεις προσομοιώνουν την συμπεριφορά σύμφωνα με το μοντέλο Power function που προτάθηκε από τους Ravaska and Vepsäläinen (2001) είναι της μορφής:

$$k = k_o (1 - \varepsilon)^\alpha \quad (\text{Εξίσωση 4.12})$$

όπου,

- k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s
- k_o : υδραυλική αγωγιμότητα κάτω από μηδενική παραμόρφωση, cm/s
- ε : μοναδιαία παραμόρφωση,
- α : συντελεστής

Πίνακας 4.14 Χαρακτηριστικές εξισώσεις υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων

	Καολίνης-Άμμος 70-30%	Καολίνης-Άμμος 30-70%	Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%
Χαρακτηριστική εξίσωση	$y = 5 \times 10^{-9} x^{6,4701}$	$y = 1 \times 10^{-9} x^{30,272}$	$y = 2 \times 10^{-9} x^{18,868}$
Συντελεστής συσχέτισης R²	0,9843	0,9489	0,8418

Το μοντέλο Power function έχει διάφορα πλεονεκτήματα μερικά των οποίων είναι (Ravaska and Vepsäläinen, 2001):

- Η παραμόρφωση εκφράζεται μέσω της παραμέτρου ε.
- Η παράμετρος k_o έχει φυσική σημασία. Εκφράζει την υδραυλική αγωγιμότητα k εδαφικού δείγματος στην φυσική του θέση χωρίς να έχει υποστεί κάποιου είδους φόρτιση.
- Το συγκεκριμένο μοντέλο ισχύει για κανονικά στερεοποιημένα εδαφικά δείγματα αλλά και για υπερστερεοποιημένα σε αντίθεση με άλλα μοντέλα.
- Ο προσδιορισμός των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται μπορεί να γίνει γραφικά πάρα πολύ εύκολα.

Έτσι αν στις εξισώσεις του **Πίνακα 4.14** θεωρηθεί ότι $\varepsilon=0$ μπορεί να εκτιμηθεί το k_0 , δηλαδή η υδραυλική αγωγιμότητα των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων στη φυσική τους θέση χωρίς να έχουν υποστεί κάποιου είδους φόρτιση, με εφαρμογή μικρής υδραυλικής βαθμίδας (**Πίνακας 4.15**).

Πίνακας 4.15 Εκτιμώμενη υδραυλική αγωγιμότητα k_0 κάτω από μηδενική φόρτιση

	Καολίνης-Άμμος 70-30%	Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%	Καολίνης-Άμμος 30-70%
Υδραυλική αγωγιμότητα k στους 20 °C (m/s)			
Τιμή	5×10^{-9}	1×10^{-9}	2×10^{-9}

4.5 Εκτίμηση υδραυλικής αγωγιμότητας με εμπειρικούς τύπους

Έχει διαπιστωθεί ότι η υδραυλική αγωγιμότητα σχετίζεται με την κοκκομετρική διαβάθμιση σε χονδρόκοκκα εδαφικά δείγματα (Freeze and Cherry, 1979). Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας από εμπειρικούς τύπους βασισμένους στα χαρακτηριστικά κοκκομετρικής διαβάθμισης ώστε να ξεπεραστούν τα εργαστηριακά προβλήματα απόκτησης αντιπροσωπευτικών δειγμάτων και, πολύ συχνά, των μεγάλων χρόνων δοκιμής.

Υπάρχουν πολυάριθμοι τύποι που έχουν προκύψει βάσει πειραματικών μετρήσεων. Ο Kozeny (1927) πρότεινε έναν τύπο ο οποίος τροποποιήθηκε έπειτα από τον Carman (1937, 1956) για να γίνει η γνωστή εξίσωση Kozeny-Carman. Άλλες προσπάθειες έγιναν από τους Hazen (1892), Terzaghi και Peck (1964), Shepherd (1989), Alyamani και Sen (1993). Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων εφαρμόζοντας τους προαναφερόμενους τύπους εξαρτάται από το εδαφικό δείγμα στο οποίο ερευνάται η υδραυλική αγωγιμότητα. Επιπλέον, κάποιοι από τους τύπους αυτούς δίνουν λιγότερο αξιόπιστα αποτελέσματα λόγω της δυσκολίας να συμπεριλάβουν όλες τις μεταβλητές που επηρεάζουν την υδραυλική αγωγιμότητα (Odong, 2007).

4.5.1 Εμπειρικοί τύποι

Η εξίσωση κατά Hazen για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας που αναπτύχθηκε μετά από εργαστηριακά πειράματα σε καθαρές άμμους δίνεται από τον τύπο:

$$k = C_1 d_{10} \quad (\text{Εξίσωση 4.13})$$

όπου,

- k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s
- d_{10} : ενεργό μέγεθος που αντιστοιχεί στο μέγεθος του 10% κατά βάρος των λεπτόκοκκων κόκκων, cm
- C_1 : συντελεστής Hazen, 1/cm s

Ο Hazen πρότεινε για τον συντελεστή C_1 μια τιμή ίση με 100 (Terzaghi and Peck, 1948). Η σχέση είναι προσεγγιστική και δίνει εκτίμηση για την τάξη μεγέθους της υδραυλικής αγωγιμότητας.

Ένας εναλλακτικός τύπος εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας με βάση το d_{10} είναι ο εξής:

$$k = \frac{g}{\nu} \times 6 \times 10^{-4} [1 + 10(n - 0.26)] d_{10}^2 \quad (\text{Εξίσωση 4.14})$$

όπου,

- k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s
- d_{10} : ενεργό μέγεθος που αντιστοιχεί στο μέγεθος του 10 % κατά βάρος των λεπτόκοκκων κόκκων, cm
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας, cm/s²
- ν : κινηματικό ιξώδες του υγρού, cm³/s
- n : πορώδες, %

Ο Breyer (Εξίσωση 4.15) διαπίστωσε έναν άλλο τύπο για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας, η οποία δεν λαμβάνει υπόψη το πορώδες και συνεπώς η συνάρτηση πορώδους παίρνει την τιμή 1. Θεωρείται χρήσιμος για ετερόμορφα

εδαφικά δείγματα με συντελεστή ομοιομορφίας (U) μεταξύ 1 και 20, και ενεργό μέγεθος κόκκων (d_{10}) μεταξύ 0,06 mm και 0,6 mm.

$$k = \frac{g}{v} \times 6 \times 10^{-4} \log \frac{500}{U} d_{10}^2 \quad (\text{Εξίσωση 4.15})$$

όπου,

- k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s
- d_{10} : ενεργό μέγεθος που αντιστοιχεί στο μέγεθος του 10% κατά βάρος των λεπτόκοκκων κόκκων, cm
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας, cm/s²
- v : κινηματικό ιξώδες, cm³/s
- U : συντελεστής ομοιομορφίας

Ο τύπος εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας κατά **Slitcher (Εξίσωση 4.16)** είναι περισσότερο εφαρμόσιμος για μέγεθος κόκκων μεταξύ 0,01 και 5 mm.

$$k = \frac{g}{v} \times 1 \times 10^{-2} n^{3.287} d_{10}^2 \quad (\text{Εξίσωση 4.16})$$

όπου,

- k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s
- d_{10} : ενεργό μέγεθος που αντιστοιχεί στο μέγεθος του 10% κατά βάρος των λεπτόκοκκων κόκκων, cm
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας, cm/s²
- v : κινηματικό ιξώδες, cm³/s
- n : πορώδες, %

Ένας από τους πλέον αποδεκτούς και χρησιμοποιούμενους τύπους εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών του υπό εξέταση εδαφικού μέσου είναι η εξίσωση Kozeny-Carman (**Εξίσωση 4.17**). Η εξίσωση αυτή προτάθηκε αρχικά από τον Kozeny (1927) και μετά τροποποιήθηκε από τον Carman (1937, 1956) για να γίνει η εξίσωση Kozeny-Carman (Chapuis, 2003). Η εξίσωση αυτή αναπτύχθηκε θεωρώντας ένα πορώδες μέσο ως ένα σύνολο τριχοειδών αγγείων

στα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση Navier-Stokes. Η εξίσωση Kozeny-Carman θεωρεί την υδραυλική αγωγιμότητα k ως συνάρτηση του πορώδους (ή του λόγου κενών e), της ειδικής επιφάνειας S (m^2/kg) και ενός συντελεστή C ο οποίος λαμβάνει υπόψη του το σχήμα και την μαιανδρικότητα των καναλιών.

Μέσω της εξίσωσης αυτής υποδεικνύεται ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ της υδραυλικής αγωγιμότητας k και του $e^3/(1+e)$ και ισχύει:

$$k = C \frac{g}{\mu_w \rho_w} \frac{e^3}{S^2 G_s^2 (1+e)} \quad (\text{Εξίσωση 4.17})$$

όπου,

- k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s
- C : συντελεστής
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας, cm/s^2
- μ_w : δυναμικό ιξώδες του νερού, N s/cm^2
- G_s : ειδικό βάρος κόκκων ($D_R = \rho_s/\rho_w$),
- ρ_w : πυκνότητα του νερού, g/cm^3
- ρ_s : πυκνότητα κόκκων, g/cm^3
- S : ειδική επιφάνεια, m^2/kg
- e : λόγος κενών

Έχει αποδειχθεί σύμφωνα με την από **Εξίσωση 4.18** των Chapuis και Aubertin (2003) ότι σε εργαστηριακές δοκιμές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας τα αποτελέσματα πρέπει να επαληθεύουν την ακόλουθη εξίσωση, η οποία προκύπτει από λογαρίθμηση της **Εξίσωσης 4.17**:

$$\log[k_{\text{predicted}}] = A + \log\left[\frac{e^3}{D_R^2 \times S^2 \times (1+e)}\right] \quad (\text{Εξίσωση 4.18})$$

όπου,

- $k_{\text{predicted}}$: εκτιμώμενη υδραυλική αγωγιμότητα, m/s
- A : συντελεστής που κυμαίνεται μεταξύ 0,29-0,51 Carman (1939)

- D_R : ειδικό βάρος κόκκων ($D_R = \rho_s / \rho_w$),
 ρ_w : πυκνότητα του νερού, g/cm^3
 ρ_s : πυκνότητα κόκκων, g/cm^3
 S : ειδική επιφάνεια, m^2/kg
 e : λόγος κενών

Μια παραλλαγή του τύπου κατά **Kozeny-Carman** είναι η **Εξίσωση 4.19**. Η εξίσωση αυτή δεν είναι κατάλληλη για εδάφη με ενεργό μέγεθος (d_{10}) πάνω από 3 mm ή για αργιλώδη εδάφη.

$$k = \frac{g}{v} \times 8.3 \times 10^{-3} \left[\frac{n^3}{(1-n)^2} \right] d_{10}^2 \quad (\text{Εξίσωση 4.19})$$

όπου,

- k : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s
 d_{10} : ενεργό μέγεθος που αντιστοιχεί στο μέγεθος του 10% κατά βάρος των λεπτόκοκκων κόκκων, cm
 g : επιτάχυνση της βαρύτητας, cm/s^2
 v : κινηματικό ιξώδες, cm^3/s
 n : πορώδες, %

4.5.2 Αποτελέσματα

Στον **Πίνακα 4.16** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας k με την χρήση εμπειρικών εξισώσεων που περιγράφηκαν προηγουμένως ως συνάρτηση της κοκκομετρικής διαβάθμισης και τα φυσικά χαρακτηριστικά των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων.

Για τον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας k μέσω της **Εξίσωσης 4.18** θεωρήθηκε ότι ο συντελεστής A παίρνει την τιμή 0,3 για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%** ενώ για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** την τιμή 0,5.

Από τον **Πίνακα 4.16** παρατηρείται μια διαφοροποίηση των εκτιμώμενων μεγεθών υδραυλικής αγωγιμότητας k η οποία ποικίλει σε εύρος μέχρι και πέντε τάξεις μεγέθους. Σύγκριση των μεγεθών αυτών με τις αντίστοιχες εργαστηριακές μετρήσεις με τις τέσσερις μεθόδους-τεχνικές που εφαρμόστηκαν, θα δείξει τον πλέον κατάλληλο μαθηματικό τύπο υπολογισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας k για τα τρία υπό εξέταση εδαφικά δείγματα.

Πίνακας 4.16 Αποτελέσματα εκτίμησης υδραυλικής αγωγιμότητας μέσω εμπειρικών τύπων

	Καολίνης-Άμμος 70-30%	Καολίνης-Άμμος 30-70%	Καολίνης-Άμμος-Παπάλη 30-30-40%
Υδραυλική αγωγιμότητα k στους 20 °C (m/s)			
Hazen (Εξίσωση 4.12)	$6,00 \times 10^{-5}$	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,50 \times 10^{-4}$
Hazen (Εξίσωση 4.13)	$3,09 \times 10^{-9}$	$9,95 \times 10^{-9}$	$1,43 \times 10^{-8}$
Breyer (Εξίσωση 4.14)	$2,73 \times 10^{-9}$	$1,00 \times 10^{-8}$	$1,27 \times 10^{-8}$
Slitcher (Εξίσωση 4.15)	$7,83 \times 10^{-10}$	$1,89 \times 10^{-9}$	$3,08 \times 10^{-9}$
Kozeny-Carman (Εξίσωση 4.18)	$3,06 \times 10^{-10}$	$5,98 \times 10^{-9}$	-
Kozeny-Carman (Εξίσωση 4.19)	$1,98 \times 10^{-9}$	$4,02 \times 10^{-9}$	$7,15 \times 10^{-9}$

4.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στον Πίνακα 4.17 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας k με την χρήση των τεσσάρων συσκευών οι οποίες περιγράφηκαν προηγουμένως.

Πίνακας 4.17 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης υδραυλικής αγωγιμότητας

		Καολίνης-Άμμος 70-30%	Καολίνης-Άμμος-Παιπάλη 30-30-40%	Καολίνης-Άμμος 30-70%
Υδραυλική βαθμίδα		Υδραυλική αγωγιμότητα k στους 20 °C (m/s)		
$i < 1$	Περατόμετρο πίπτοντος φορτίου	$1,51 \times 10^{-10}$	$2,34 \times 10^{-10}$	$1,30 \times 10^{-9}$
	Συσκευή οιδήμετρου	$5,0 \times 10^{-9}$	$1,0 \times 10^{-9}$	$2,0 \times 10^{-9}$
$20 < i < 200$	Περατόμετρο υψηλής πίεσης	$3,06 \times 10^{-10}$	$4,72 \times 10^{-10}$	$7,26 \times 10^{-9}$
	Υδραυλικό οιδήμετρο	$4,53 \times 10^{-10}$	-	$6,52 \times 10^{-9}$

Από τον Πίνακα 4.17 προκύπτουν τα εξής:

- Τα μεγέθη της υδραυλικής αγωγιμότητας κάτω από διάφορες υδραυλικές βαθμίδες με χρήση των τεσσάρων τεχνικών μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας σε συμπυκνωμένα δείγματα (συμπύκνωση σε υγρασία 2-4% πάνω από την βέλτιστη) κυμαίνονται για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** από $4,5 \times 10^{-10}$ έως $5,0 \times 10^{-9}$ m/s, για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** από $1,3 \times 10^{-9}$ έως $7,3 \times 10^{-9}$ m/s και τέλος για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%** από $1,0 \times 10^{-9}$ έως $4,7 \times 10^{-9}$ m/s. Τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα, με το περατόμετρο υψηλής πίεσης να δίνει τα πλέον αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Για τα εδαφικά δείγματα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** και **Καολίνης-Άμμος 30-70%** παρουσιάζεται ταύτιση της μετρούμενης υδραυλικής αγωγιμότητας k με την χρήση του περατομέτρου υψηλής πίεσης και του

υδραυλικού οιδημέτρου για ένα μεγάλο εύρος εφαρμογής υδραυλικής βαθμίδας το οποίο κυμαίνεται από 20 έως 200.

- Δεν παρουσιάζεται συσχέτιση μεταξύ των μετρούμενων μεγεθών υδραυλικής αγωγιμότητας k μεταξύ του περατομέτρου πίπτοντος φορτίου και της συσκευής οιδημέτρου εφαρμόζοντας μικρή υδραυλική βαθμίδα ($i < 1$) παρά μόνο για το πλέον αδρόκοκκο δείγμα (**Καολίνης-Άμμος 30-70%**).

Όσον αφορά την σύγκριση των υπολογιζόμενων μεγεθών της υδραυλικής αγωγιμότητας k (**Πίνακας 4.16**) με αυτά που υπολογίστηκαν πειραματικά (**Πίνακας 4.17**) προκύπτουν τα εξής:

- Η εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας k εδαφικών δειγμάτων σε σχέση με την κοκκομετρική διαβάθμιση μπορεί να οδηγήσει σχετικά σε υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση των μεγεθών εκτός αν χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη μέθοδος. Οι τύποι κατά Hazen (**Εξίσωση 4.12** και **4.13**) και Breyer (**Εξίσωση 4.14**) υποεκτίμησαν συνολικά τα μεγέθη της υδραυλικής αγωγιμότητας σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τύπους που αξιολογήθηκαν.
- Για τα δείγματα που μελετήθηκαν και συνεπώς ίσως για ένα μεγάλο εύρος εδαφικών τύπων η καλύτερη προσέγγιση του μεγέθους της υδραυλικής αγωγιμότητας επιτυγχάνεται από τον τύπο Kozeny-Carman (**Εξίσωση 4.18**).
- Η εναλλακτική εξίσωση κατά Kozeny-Carman (**Εξίσωση 4.19**) δίνει καλύτερα αποτελέσματα για το πιο αδρόκοκκο εδαφικό δείγμα (**Καολίνης-Άμμος 30-70%**) ενώ για το λεπτόκοκκο δείγμα (**Καολίνης-Άμμος 70-30%**) οδηγεί σε υποεκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η μικροδομή εδαφικών δειγμάτων επηρεάζει σημαντικά την κατανόηση της υδραυλικής και μηχανικής συμπεριφοράς. Για την μελέτη της μικροδομής των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM).

Διερευνήθηκε η επίδραση της εφαρμογής μεγάλων υδραυλικών βαθμίδων στην υδραυλική αγωγιμότητα μετρώντας το ενεργό πορώδες με τη χρήση ποροσίμετρου τύπου Boyle σε δείγματα στα οποία εφαρμόστηκαν διαφόρων μεγεθών υδραυλικές βαθμίδες ($i < 1$ και $i = 200$).

Επίσης έγινε προσπάθεια τεκμηρίωσης της πιθανής διάβρωσης των δοκιμίων γραφικά ελέγχοντας την διαφοροποίηση του ισοδύναμου μέγεθος κόκκων με την αύξηση της υδραυλικής βαθμίδας.

5.1 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (**Εικόνα 5.1**) είναι ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με ανάλυση 10-20 nm και μεγάλο βάθος πεδίου. Χρησιμοποιεί ηλεκτρονοδέσμη και ανιχνεύεται η παραγόμενη δευτερογενής εκπομπή ηλεκτρονίων από το υπό εξέταση δείγμα. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) χρησιμοποιείται ευρύτατα σε τομείς που η γεωμετρία και η σύσταση της μικροδομής είναι σημαντική. κλπ.

Η μεγάλη δυνατότητα εστίασης και αλλαγής μεγέθυνσης σε ένα ευρύ πεδίο, η ελάχιστη προετοιμασία του δείγματος και τα τρισδιάστατα διαγράμματα έχουν κάνει το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) ένα απαραίτητο όργανο έρευνας.

Οι Leroueil και Vaughan (1990) εξέτασαν τη δομή που προκύπτει από τη διάταξη των σωματιδίων σε αναζυμωμένες αργίλους.



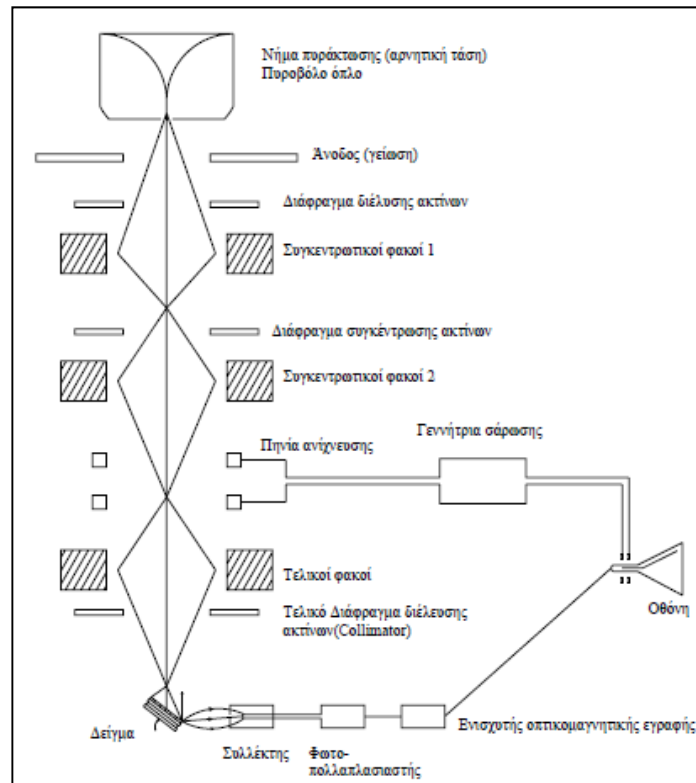
Εικόνα 5.1 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) που χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων (**Καολίνης - Άμμος 30-70%, Καολίνης - Άμμος 70-30% και Καολίνης - Άμμος – Παιπάλη 30-30-40%**) είναι τύπου JEOL JSM 5400.

Η αρχή λειτουργίας του συγκεκριμένου οργάνου στηρίζεται στην επεξεργασία της εκπομπής δευτερογενών ή οπισθοσκεδαζόμενων ηλεκτρονίων από μια επιφάνεια όταν αυτή σαρώνεται από μια καλά εστιασμένη προσπίπτουσα δέσμη ηλεκτρονίων αρκετά υψηλής ενέργειας (10-40 keV).

Τα κύρια μέρη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης είναι το νήμα εκπομπής ηλεκτρονίων το οποίο παράγει μια δέσμη ηλεκτρονίων, οι συγκεντρωτικοί φακοί, οι τελικοί φακοί, η τράπεζα που τοποθετείται το δείγμα και οι ανιχνευτές ηλεκτρονίων (**Σχήμα 5.1**). Ως πηγή ηλεκτρονίων χρησιμοποιείται ένα νήμα βολφραμίου το οποίο βρίσκεται σε υψηλό κενό της τάξης των 10-5 torr. Για την αποδοτική διέγερση του δείγματος και την παραγωγή ακτίνων-X, η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων που βομβαρδίζουν το δείγμα πρέπει να είναι της τάξεως των 15-30 kV. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή θετικής διαφοράς δυναμικού γύρω στα 15 με 30 kV, μεταξύ του νήματος βολφραμίου και του δείγματος, χρησιμοποιώντας μια σταθερή γεννήτρια υψηλής τάσης, και την επιφάνεια του δείγματος να είναι αγωγίμη. Τα περισσότερα ορυκτά ως μη μεταλλικά δείγματα, καθίστανται αγωγίμα με εξάχνωση στρώματος γραφίτη ($\approx 200 \text{ \AA}$) ή χρυσού. Η σάρωση της επιφάνειας του

δείγματος με την δέσμη ηλεκτρονίων δημιουργεί ηλεκτρονική εικόνα υψηλής ανάλυσης με διακριτική ικανότητα $< 0.01 \mu\text{m}$ (Αποστολάκη, 2005).



Σχήμα 5.1 Σχηματική λειτουργίας Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου Σάρωσης (SEM)

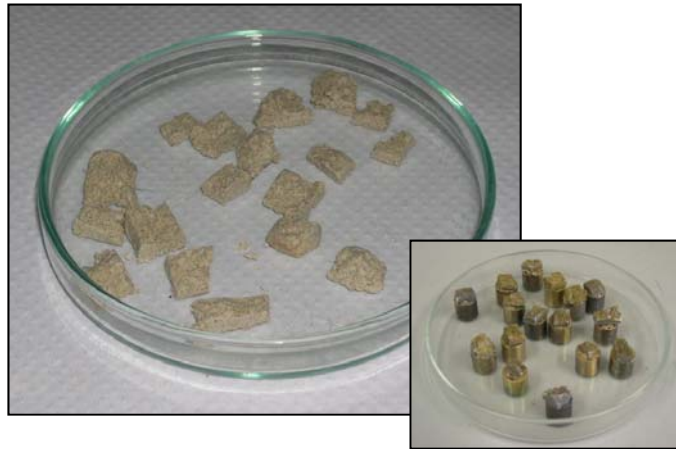
5.1.1 Προετοιμασία δοκιμών για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Οι περισσότερες τεχνικές για τη μελέτη της μικροδομής απαιτούν την αφαίρεση ύδατος από το εδαφικό δείγμα (Tovey και Wong, 1973). Οι πιο κοινές μέθοδοι είναι: ξήρανση με αέρα ή σε φούρνο και ξήρανση με ψύξη. Η μέθοδος ξήρανσης με αέρα ή σε φούρνο δεν ενδείκνυται σε αργίλους υψηλής υγρασίας.

Από τα δοκίμια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας k των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων ενώ ήταν ακόμη υγρά, παρασκευάστηκαν μικρά δοκίμια επίπεδης επιφάνειας $1 \times 1 \text{ cm}$ (**Εικόνα 5.2**), κατά μήκος των δοκιμών παράλληλα προς τη ροή του νερού.

Τα δοκίμια αυτά επικαλύφθηκαν με ένα στρώμα χρυσού ώστε να δημιουργηθεί αγωγίμο μονοπάτι και στην συνέχεια, αλλά και όσο γίνεται πιο λεπτό, για να

αποφευχθεί η κάλυψη των λεπτομερειών. Τα δοκίμια ξηράθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου πριν τη λήψη των εικόνων



Εικόνα 5.2 Δοκίμια ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM)

5.1.2 Αποτελέσματα

Για την ερμηνεία της επίδρασης της μικροδομής και της αργιλικής ορυκτολογικής σύστασης στην υδραυλική αγωγιμότητα k των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων, παρουσιάζονται χαρακτηριστικές εικόνες από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).

Στην **Εικόνα 5.3** και **5.4** παρουσιάζονται οι εικόνες SEM που ελήφθησαν από τα δοκίμια των εδαφικών δειγμάτων **Καολίνης-Άμμος 70-30%** και **Καολίνης-Άμμος 30-70%** για κάθε μια τεχνική μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας k .

Η μεγέθυνση των εικόνων για το εδαφικό μίγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** είναι $\times 100$, $\times 500$, $\times 2.000$, $\times 5.000$ και $\times 10.000$ ενώ για το εδαφικό μίγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** είναι $\times 100$, $\times 200$, $\times 5.000$, και $\times 10.000$ αντίστοιχα.

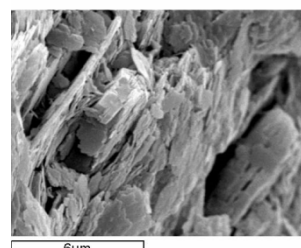
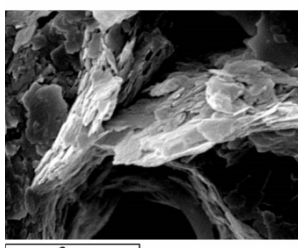
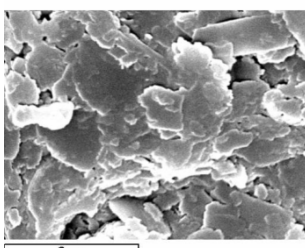
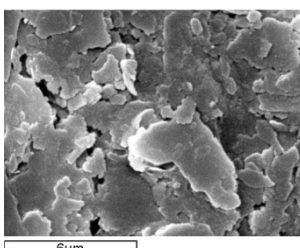
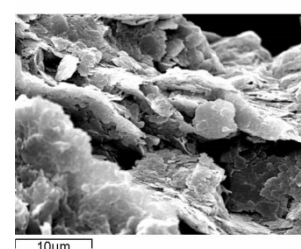
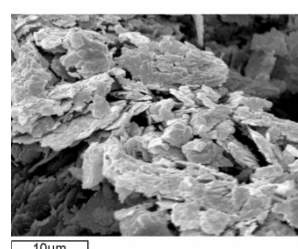
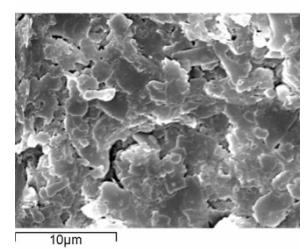
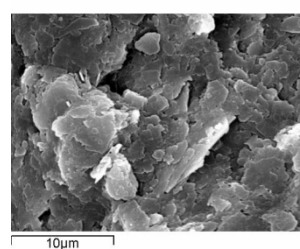
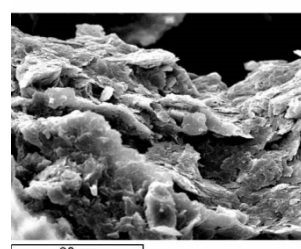
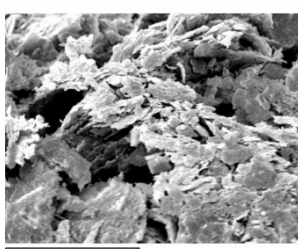
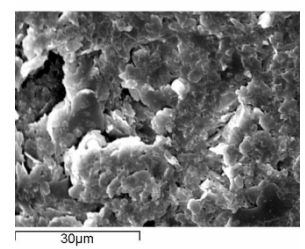
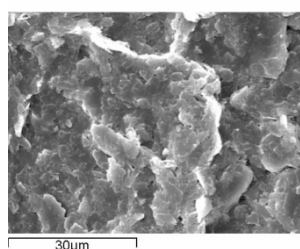
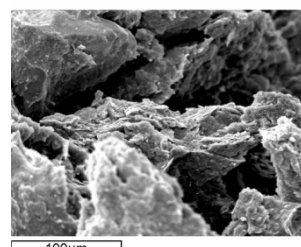
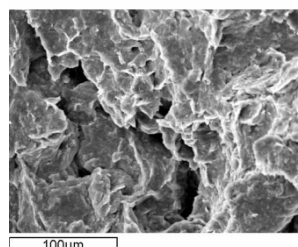
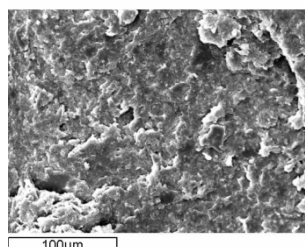
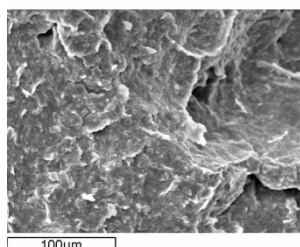
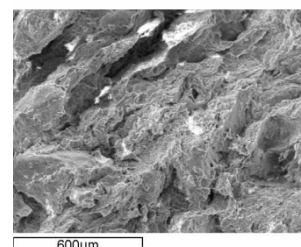
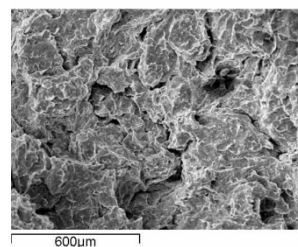
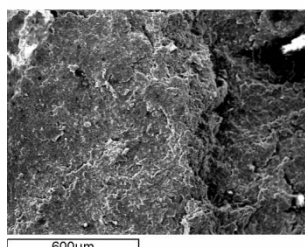
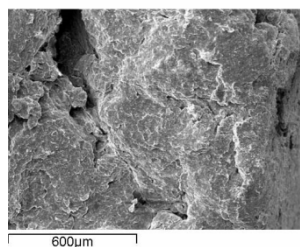
Εικόνα 5.3 Φωτογραφίες μικροδομής δείγματος **Καολίνης-Άμμος 70-30%** με τη χρήση SEM (α) αρχικά πριν την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας και μετά την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας (β) με την δοκιμή οιδημέτρου, (γ) με το περατόμετρο υψηλής πίεσης, (δ) με το υδραυλικό οιδήμετρο

α) Αρχικό

(β) Δοκιμή οιδημέτρου

(γ) Περατόμετρο υψηλής
πίεσης

(δ) Υδραυλικό οιδήμετρο



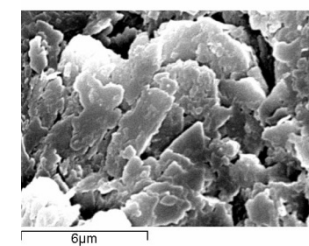
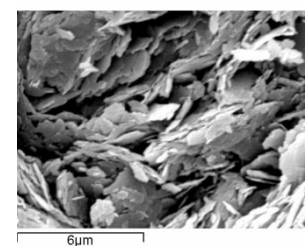
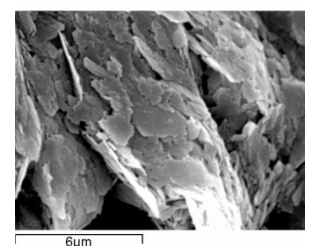
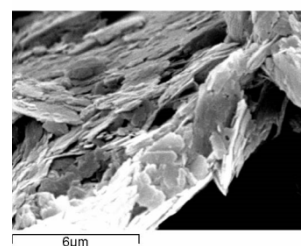
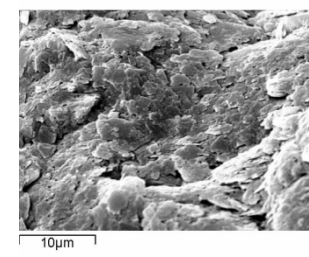
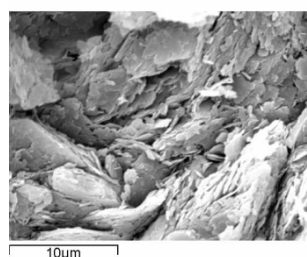
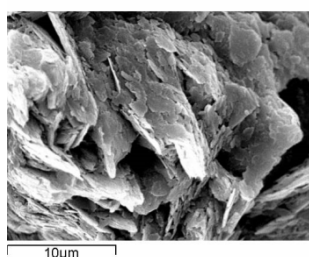
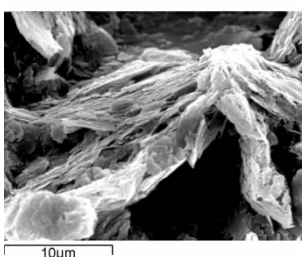
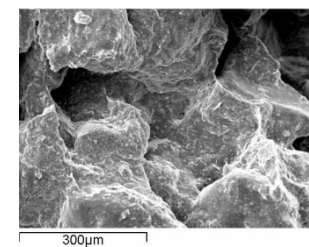
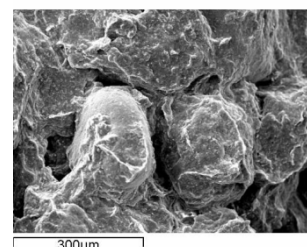
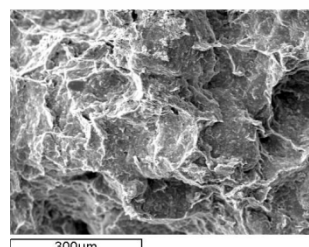
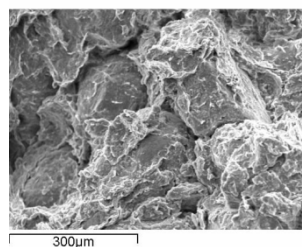
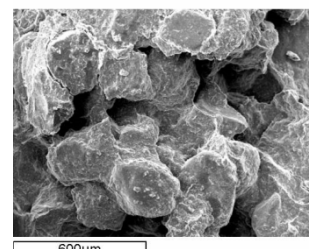
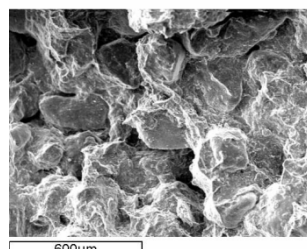
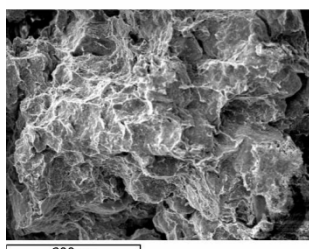
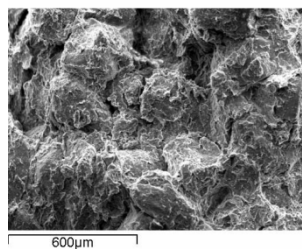
Εικόνα 5.4 Φωτογραφίες μικροδομής δείγματος **Καολίνης-Άμμος 30-70%** με τη χρήση SEM (α) αρχικά πριν την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας και μετά την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας (β) με την δοκιμή οιδήμετρου, (γ) με το περατόμετρο υψηλής πίεσης, (δ) με το υδραυλικό οιδήμετρο

α) Αρχικό

(β) Δοκιμή οιδήμετρου

(γ) Περατόμετρο υψηλής πίεσης

(δ) Υδραυλικό οιδήμετρο



Οι εικόνες υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές στη διάταξη των σωματιδίων για τα δοκίμια κάθε εδαφικού δείγματος αλλά και μετά τις δοκιμές χρησιμοποιώντας τις διάφορες τεχνικές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας.

Πιο συγκεκριμένα για το εδαφικό μίγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30% (Εικόνα 5.3)** προκύπτουν τα εξής :

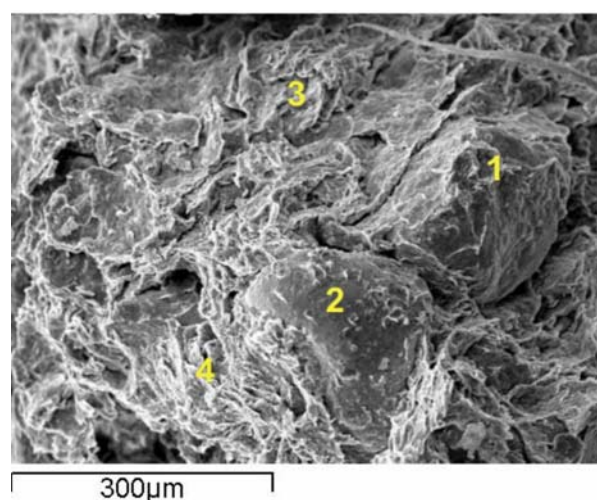
- Κυρίαρχη δομή είναι αυτή των αργιλικών ορυκτών του Καολίνη με την διάταξη των αργιλικών κόκκων να είναι γενικά επίπεδη.
- Στις Εικόνες πριν την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας (α) καθώς και μετά τις δοκιμές στη συσκευή στερεοποίησης (β) φαίνεται μια πυκνή δομή, όπου τα σωματίδια είναι γενικά προσανατολισμένα προς μία και μόνο κατεύθυνση, με τις πλακώδεις επιφάνειες να είναι οριζόντιες. Ο οριζόντιος αυτός προσανατολισμός δεν μεταβάλλεται ούτε σε πάρα πολύ μικρό μέγεθος κόκκων (μεγέθυνση $\times 10.000$). Υπάρχουν μικροπόροι μεταξύ των κόκκων που επικοινωνούν μεταξύ τους.
- Μετά την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας, στο περατόμετρο υψηλής πίεσης (γ) και στο υδραυλικό οιδήμετρο (δ) παρατηρείται μια πυκνή δομή σε μικρές μεγεθύνσεις ($\times 100$) ενώ σε μεγαλύτερες μεγεθύνσεις είναι εμφανείς μικροπόροι μεταξύ των μικροσυσσωμάτων. Τα σωματίδια δεν είναι προσανατολισμένα προς μία και μόνο κατεύθυνση σε αντίθεση τις περιπτώσεις (α) και (β). Να σημειωθεί ότι στα δοκίμια από τα οποία προήλθαν οι Εικόνες (γ) και (δ) υποβλήθηκαν πολύ υψηλές υδραυλικές βαθμίδες ($20 < i < 200$).

Αντίστοιχα για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70% (Εικόνα 5.4)** προκύπτουν τα εξής:

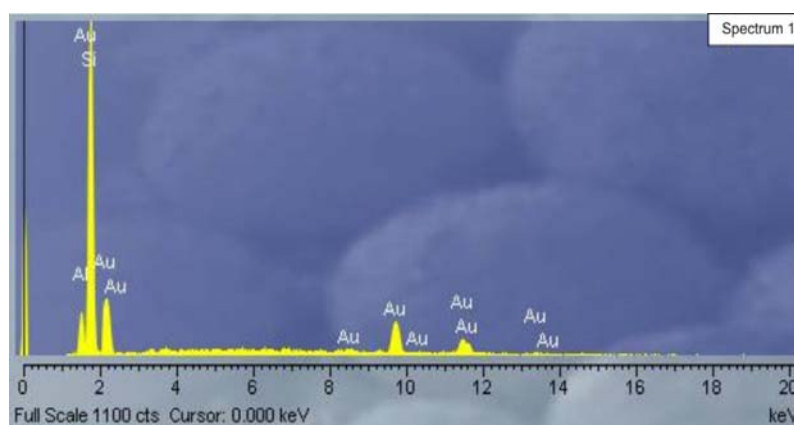
- Παρατηρείται μια δομή στην οποία κυριαρχούν κόκκοι μεγέθους άμμου. Τα αργιλικά ορυκτά (καολινίτης) περιέχονται σε μικρό ποσοστό και σχηματίζουν μικροσυσσωμάτωμα κυρίως ισομεγέθη που κατανέμονται με τρόπο ασυνεχή μεταξύ των κόκκων. Οι μικροπόροι που σχηματίζονται μεταξύ των κόκκων και είναι ποικίλου μεγέθους.

- Μετά την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας, στο περατόμετρο υψηλής πίεσης (γ) και στο υδραυλικό οιδήμετρο (δ) σε μεγάλες μεγεθύνσεις (x5.000 και x10.000) μεταξύ των κόκκων άμμου παρατηρείται μια πυκνή δομή αργιλικών ορυκτών. Η δομή αυτή στο περατόμετρο υψηλής πίεσης (γ) δεν είναι προσανατολισμένη σε αντίθεση με το υδραυλικό οιδήμετρο (δ) όπου οι κόκκοι της αργίλου παρουσιάζουν προσανατολισμό προς μία και μόνο κατεύθυνση, με τις πλακώδεις επιφάνειες να είναι παράλληλες στην ροή.
- Μετά την εφαρμογή υψηλής υδραυλικής βαθμίδας παρατηρείται διεύρυνση των κενών μεταξύ των κόκκων του καολίνη και της άμμου.

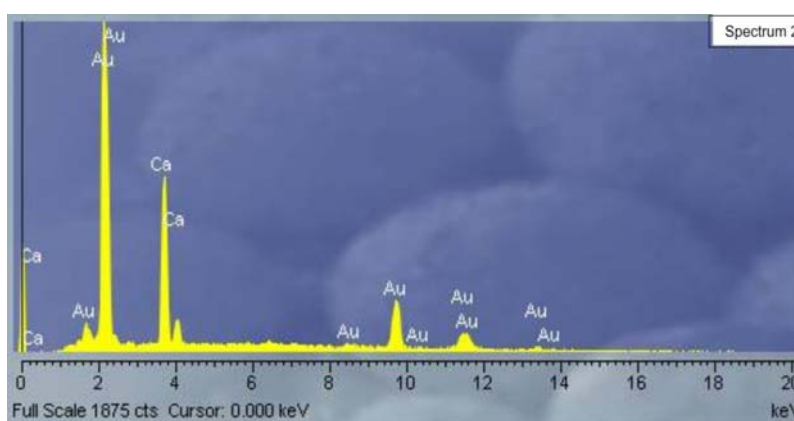
Στις **Εικόνες 5.5** και **5.10** παρουσιάζονται εικόνες από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) για τα εδαφικά δείγματα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** και **Καολίνης-Άμμος 30-70%** αντίστοιχα. Στις **Εικόνες 5.6** έως **5.9** παρουσιάζεται η χημική μικροανάλυση στα σημεία 1,2,3,4 των **Εικόνων 5.5** και **5.10** των εδαφικών δειγμάτων **Καολίνης-Άμμος 70-30%** και **Καολίνης-Άμμος 30-70%** με την χρήση ακτίνων-X και φασματομέτρου διασποράς ενέργειας (EDS). Οι εικόνες αυτές επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα των ορυκτολογικών αναλύσεων που παρουσιάστηκαν στην **Ενότητα 2.2.2**.



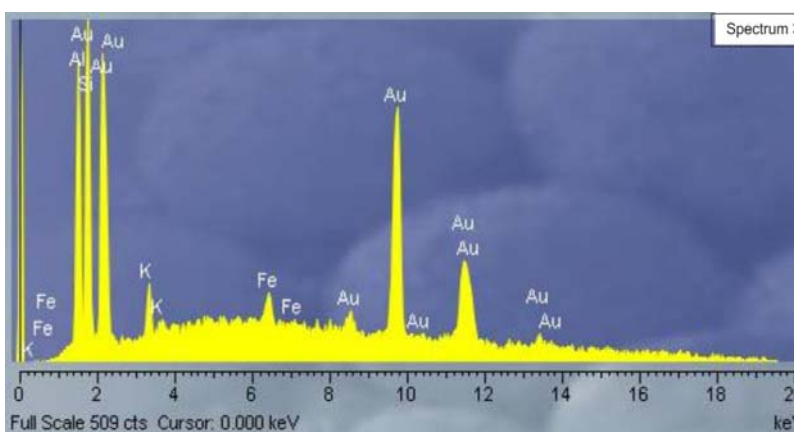
Εικόνα 5.5 Φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) εδαφικού δείγματος **Καολίνης-Άμμος 70-30%** (x200)



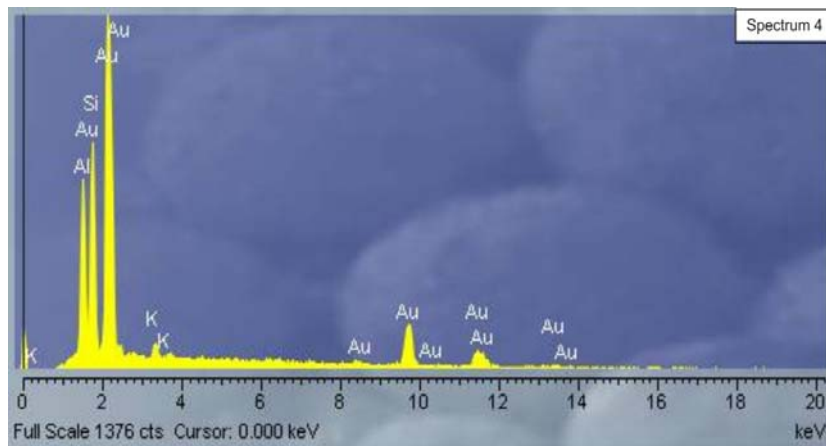
Εικόνα 5.6 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 1, Εικόνα 5.5)



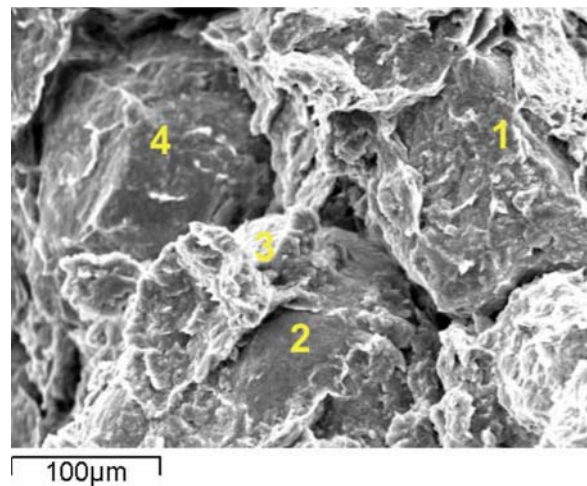
Εικόνα 5.7 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 2, Εικόνα 5.5)



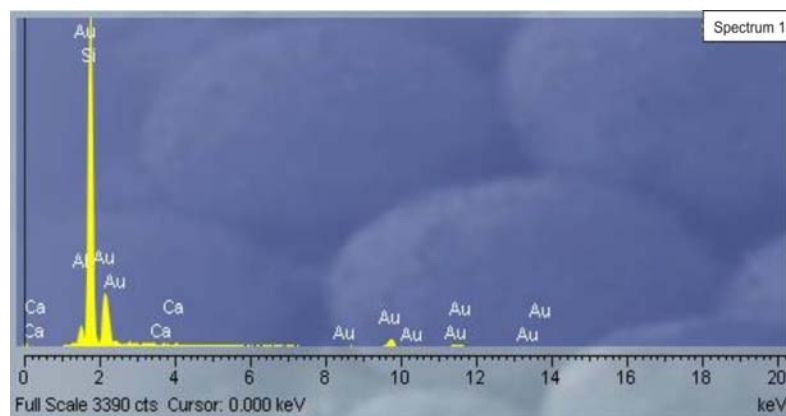
Εικόνα 5.8 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 3, Εικόνα 5.5)



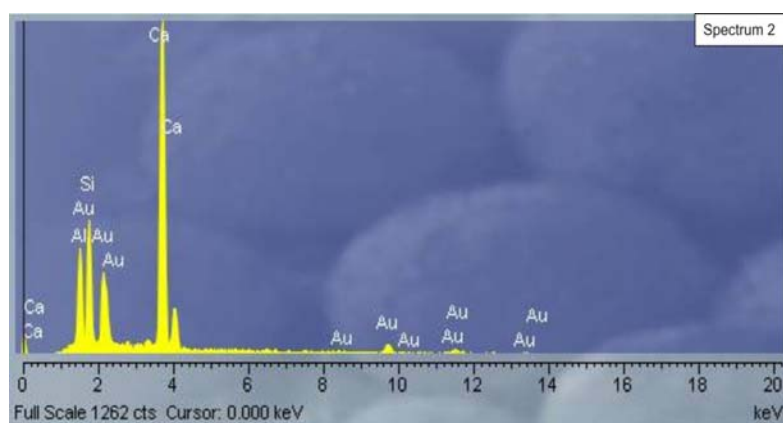
Εικόνα 5.9 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 4, Εικόνα 5.5)



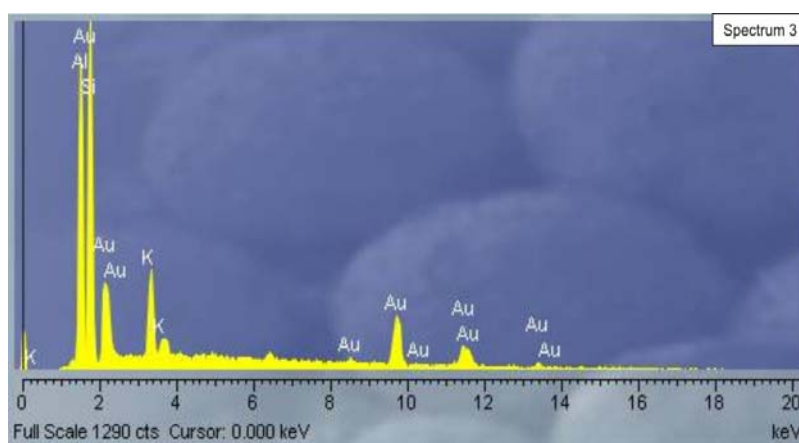
Εικόνα 5.10 Φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) εδαφικού μίγματος **Καολίνης-Άμμος 30-70% (x500)**



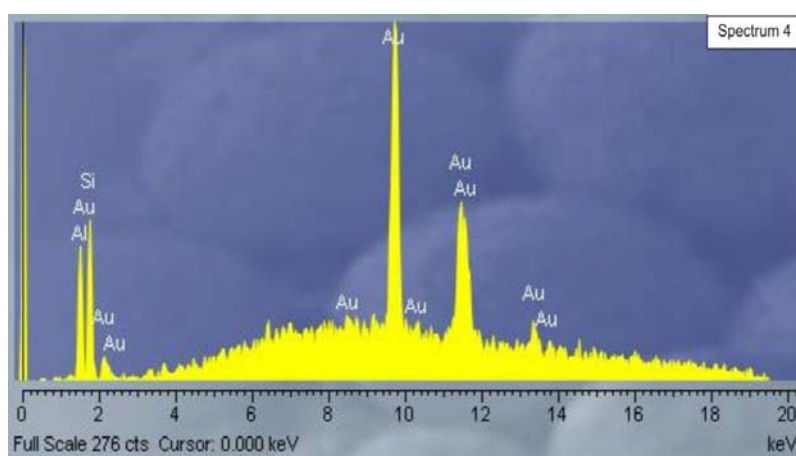
Εικόνα 5.11 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 1, Εικόνα 5.10)



Εικόνα 5.12 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 2, Εικόνα 5.10)



Εικόνα 5.13 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 3, Εικόνα 5.10)



Εικόνα 5.14 Φάσμα απεικόνισης των κρούσεων των εκπεμπόμενων ακτίνων-X έναντι της ενέργειας των ακτίνων σε keV (Σημείο 4, Εικόνα 5.10)

5.2 Μέτρηση ενεργού πορώδους – Ποροσίμετρο τύπου Boyle

Σε δύο δοκίμια από κάθε εδαφικό δείγμα στο οποίο έγιναν δοκιμές μέτρησης της υδραυλική αγωγιμότητα για το περατομέτρου πίπτοντος φορτίου και του περατομέτρου υψηλής πίεσης χρησιμοποιήθηκε ποροσίμετρο τύπου Boyle, στο Εργαστήριο Ανάλυσης Πυρήνων Υπόγειων Ταμιευτήρων για την μέτρηση του ενεργού πορώδους. Η πειραματική διάταξη παρουσιάζεται στην **Εικόνα 5.15**.



Εικόνα 5.15 Ποροσίμετρο τύπου Boyle

Οι περισσότερες εργαστηριακές μέθοδοι υπολογίζουν το ενεργό πορώδες και όχι το ολικό. Η διάταξη αποτελείται από δύο μεταλλικά αεροστεγή δοχεία, ψηφιακά μανόμετρα με διακριτική ικανότητα μέτρησης 0,01 bar, σύστημα σωλήνων και βαλβίδων, μια αντλία κενού και μια φιάλη He.

Για την μέτρηση του ενεργού πορώδους χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι που βασίζονται στον νόμο του Boyle. Ένα καθαρό ξηρό δείγμα τοποθετείται εντός δοχείου κενού αέρος και γνωστού όγκου V_s . Το δοχείο συνδέεται με άλλου γνωστού όγκου V_R που περιέχει αέριο υπό πίεση. Με την εκτόνωση του αερίου στο πρώτο δοχείο, αποκαθίσταται πίεση P_2 στο σύστημα.

Ο νόμος του Boyle επιτάσσει πως για ένα αέριο ισχύει:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \quad (\text{Εξίσωση 5.1})$$

Η εξίσωση εφαρμοζόμενη στην πιο πάνω περίπτωση γίνεται:

$$P_1 \times V_R = P_2 \times (V_R + V_s - V_G)$$

ή

$$V_G = \frac{P_2 \times V_R + P_2 \times V_s - P_1 \times V_R}{P_2} \quad (\text{Εξίσωση 5.2})$$

όπου,

V_R : Γνωστός όγκος δοχείου αναφοράς (Reference cell volume),

V_s : Όγκος δειγματολήπτη,

V_G : Όγκος κόκκων δοκιμίου,

P_1 : Αρχική πίεση δοχείου αναφοράς,

P_2 : Τελική πίεση συστήματος.

Συνίσταται η χρήση ηλίου (He) καθότι τα πολύ μικρού μεγέθους μόρια του μπορούν να διεισδύσουν και στους πλέον στενούς πόρους του δοκιμίου.

Κατασκευάζεται διάγραμμα βαθμονόμησης της πίεσης σε συνάρτηση με τον όγκο των στερεών δειγμάτων. Στην συνέχεια μετρώντας την πίεση στο σύστημα όταν εκτονωθεί η ίδια ποσότητα αερίου στο δοχείο με το υπό εξέταση δείγμα, από το διάγραμμα πίεση – όγκος στερεού υπολογίζεται ο όγκος των κόκκων του δοκιμίου. Η μέτρηση επαναλαμβάνεται τουλάχιστον τρεις φορές και υπολογίζεται η μέση τιμή.

5.2.1 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των δοκιμών μέτρησης του ενεργού πορώδους σε κατάσταση εφαρμογής μικρής υδραυλικής βαθμίδας, $i < 1$ (περατόμετρο πίπτοντος φορτίου) καθώς και πολύ μεγάλης, $i > 200$ (περατόμετρο υψηλής πίεσης) στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5.1**.

Πίνακας 5.1 Αποτελέσματα μέτρησης ενεργού πορώδους

Εδαφικό Δείγμα	Υδραυλική βαθμίδα	Όγκος Κόκκων (cm ³)	Ύψος Δοκιμίου (cm)	Διάμετρος Δοκιμίου (cm)	Όγκος Δοκιμίου (cm ³)	Όγκος Πόρων (cm ³)	Ενεργό πορώδες (%)
Καολίνης - Άμμος 30-70%	<1	22,24	5,30	2,63	28,78	6,54	22,7
	200	17,17	4,86	2,47	23,28	6,11	26,2
Καολίνης - Άμμος 70-30%	<1	18,35	5,38	2,54	27,25	8,89	32,6
	200	18,35	5,30	2,56	27,27	8,91	32,7
Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%	<1	20,17	5,19	2,63	28,18	8,01	28,4
	200	18,25	5,02	2,57	26,03	7,78	29,9

Από τον **Πίνακα 5.1** προκύπτουν τα εξής:

- Αύξηση του ενεργού πορώδους με ροή (μέτρηση υδραυλικής αγωγιμότητας) παρουσιάζει το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** ενώ το εδαφικό μίγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%** παρατηρείται δηλαδή μείωση του ενεργού πορώδους με μείωση του ποσοστού της **Άμμου**.
- Σε όλα τα εδαφικά δείγματα μετά την εφαρμογή μεγάλης υδραυλικής βαθμίδας ($i > 150$) το ενεργό πορώδες αυξάνεται, με την μεγαλύτερη αύξηση να παρουσιάζεται στο περισσότερο αδρόκοκκο εδαφικό δείγμα (**Καολίνης - Άμμος 30-70%**) και να είναι ίση με 3,6%. Στο πλέον λεπτόκοκκο αργιλικό δείγμα (**Καολίνης - Άμμος 70-30%**) πρακτικά δεν παρουσιάζεται καμία διαφοροποίηση του ενεργού πορώδους (0,1%) ενώ στο εδαφικό μίγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%** παρουσιάζεται ενδιάμεση αύξηση, ίση με 1,5%.

5.3 Έλεγχος πιθανής διάβρωσης δοκιμίων

Η διαφοροποίηση του ενεργού πορώδους που παρατηρείται στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** κάτω από την επιβολή διάφορων υδραυλικών βαθμίδων στο περατόμετρο υψηλής πίεσης μπορεί να αποδοθεί στην εσωτερική διάβρωση των δοκιμίων δηλαδή στην παράσυρση λεπτομερών κόκκων.

Ο Istomina (1957) πρώτος προσπάθησε να μελετήσει την εσωτερική διάβρωση δοκιμίων που επέρχεται εφαρμόζοντας διάφορες υδραυλικές βαθμίδες ως συνάρτηση της κατανομής των κόκκων στο δείγμα, δηλαδή ως συνάρτηση του συντελεστή ομοιομορφίας U θέτοντας ότι:

- Δεν υπάρχει εσωτερική διάβρωση εάν $U < 10$
- Υπάρχει μια μεταβατική κατάσταση εάν $10 < U < 20$
- Εσωτερική διάβρωση είναι πιθανή εάν $U > 20$.

Σύμφωνα με τους Kaoser et al. (2006) η εσωτερική διάβρωση ενός δοκιμίου μπορεί να υπολογιστεί ως συνάρτηση του ισοδύναμου μεγέθους κόκκων (D_e) το οποίο ορίζεται από τον τύπο:

$$D_e = \frac{1}{\sum_i^n \left(\frac{x_i \times a_i}{d_i} \right)} \quad (\text{Εξίσωση 5.3})$$

όπου,

- x_i : το κλάσμα κόκκων με μέση διάμετρο d_i και
 a_i : συντελεστής σχήματος ο οποίος παίρνει τιμή 8 για κόκκους άμμου, 25 για κόκκους ιλύος και 70 για αργιλικούς κόκκους καολίνη.

Η υδραυλική αγωγιμότητα k (m/s) ενός εδαφικού δείγματος το οποίο έχει συμπακνωθεί δίνεται από τον τύπο:

$$k = \frac{D_e^2 \times \rho \times g}{5\mu \times \varepsilon} \quad (\text{Εξίσωση 5.4})$$

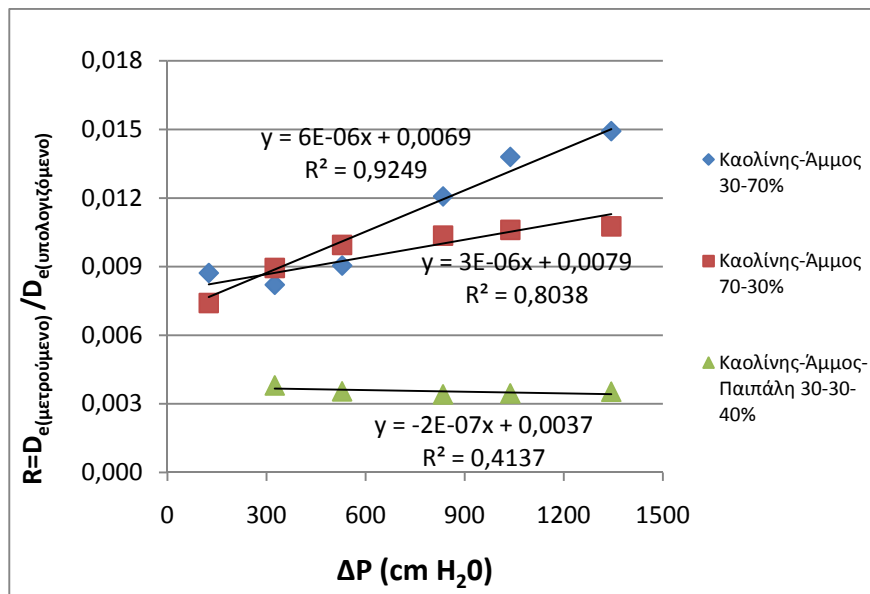
όπου,

- D_e : ισοδύναμο μέγεθος κόκκων
- ρ : πυκνότητα νερού, kg/m^3
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας, m/s^2
- μ : δυναμικό ιξώδες, kg/m s
- ε : μοναδιαία παραμόρφωση

Χρησιμοποιώντας την **Εξίσωση 5.3** υπολογίζεται μετρούμενοι το ισοδύναμο μέγεθος κόκκων ($D_{e(\text{μετρούμενο})}$) σύμφωνα με τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής διαβάθμισης των υπό εξέταση εδαφικών δειγμάτων. Στην συνέχεια σχεδιάζεται το διάγραμμα του πηλίκου του μετρούμενου ισοδύναμου μεγέθους κόκκων ($D_{e(\text{μετρούμενο})}$) με αυτό που υπολογίζεται μέσω της **Εξίσωσης 5.4** ($D_{e(\text{υπολογιζόμενο})}$) ως συνάρτηση των εφαρμοζόμενων υδραυλικών βαθμίδων.

5.3.1 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα εκτίμησης της πιθανής εσωτερικής διάβρωσης των δοκιμίων που χρησιμοποιήθηκαν στο περατόμετρο υψηλής πίεσης εφαρμόζοντας διάφορες υδραυλικές βαθμίδες ($19 < i < 200$) στα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα παρουσιάζονται στο **Διάγραμμα 5.1**.



Διάγραμμα 5.1 Λόγος $D_{e(\text{μετρούμενο})} / D_{e(\text{υπολογιζόμενο})}$ σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη υδραυλική πίεση ΔP .

Η πιθανότητα διάβρωσης των δοκιμίων τεκμηριώνεται γραφικά από το πηλίκο της εκτίμησης του μετρούμενου ισοδύναμου μεγέθους κόκκων D_e (κοκκομετρική διαβάθμιση) ως προς το υπολογιζόμενο ισοδύναμο μέγεθος κόκκων D_e (μέσω της υδραυλικής αγωγιμότητας) σε συνάρτηση με την αυξανόμενη υδραυλική βαθμίδα.

Η αυξανόμενη γραμμική συνάρτηση ως αποτέλεσμα εφαρμογής υψηλότερων υδραυλικών πιέσεων υποδηλώνει την διάβρωση που προκαλείται στο υπό εξέταση δοκίμιο. Έτσι από το **Διάγραμμα 5.1**, στο υπό εξέταση εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** παρατηρείται μεγαλύτερη εσωτερική διάβρωση και παράσυρση λεπτομερών κόκκων σε σχέση με τα υπόλοιπα υπό εξέταση εδαφικά δείγματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα μεγέθη της υδραυλικής αγωγιμότητας σε δείγματα Καολίνη, Άμμου και παιπάλης που συμπυκνώθηκαν σε υγρασία 2-4% πάνω από την βέλτιστη κάτω από διάφορες υδραυλικές βαθμίδες με χρήση των τεσσάρων τεχνικών μέτρησης είναι της τάξεως των 10^{-9} και 10^{-10} m/s. Αναλυτικότερα κυμαίνονται για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 70-30%** από $4,5 \times 10^{-10}$ έως $5,0 \times 10^{-9}$ m/s, για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης-Άμμος 30-70%** από $1,3 \times 10^{-9}$ έως $7,3 \times 10^{-9}$ m/s και τέλος για το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος - Παιπάλη 30-30-40%** από $1,0 \times 10^{-9}$ έως $4,7 \times 10^{-9}$ m/s.

Από τους εμπειρικούς τύπους που χρησιμοποιήθηκαν, ο τύπος κατά Kozeny-Carman δίνει καλύτερη εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας k για εδαφικά δείγματα με συντελεστή ομοιομορφίας $U \leq 17$ (**Καολίνης – Άμμος 70-30%**) ενώ αντίστοιχα εδαφικά δείγματα με συντελεστή ομοιομορφίας $U = 105,8$ (**Καολίνης – Άμμος 30-70%**) υπάρχει απόκλιση η οποία κυμαίνεται από 5-10 %.

Η πιθανότητα χρήσης της **Παιπάλης** αντί του **Καολίνη** διατηρεί την υδραυλική αγωγιμότητα σε επιτρεπτά όρια λόγω κοκκομετρικής διαβάθμισης (συντελεστής Hazen, $U=40$), αλλά η έλλειψη αργιλικών ορυκτών δεν επιτρέπει τη χρησιμοποίησή της ως υλικό στεγάνωσης σε Χ.Υ.Τ.Α ενώ παρουσιάζει προβλήματα διάβρωσης σε υψηλές υδραυλικές βαθμίδες.

Η εφαρμογή υψηλής υδραυλικής βαθμίδας στο περατόμετρο υψηλής πίεσης ($30 < i < 200$) για τη μείωση του χρόνου της δοκιμής σε δείγματα με χαμηλό συντελεστή ομοιομορφίας (**Καολίνης – Άμμος 70-30%** με $U=16,6$) δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Αντίθετα στην περίπτωση υψηλού συντελεστή ομοιομορφίας (**Καολίνης – Άμμος 30-70%** με $U=105,8$) μετά την εφαρμογή μιας υδραυλικής βαθμίδας ίση με 80 προκαλείται αλλαγή της υδραυλικής αγωγιμότητας και απόκλιση από το νόμο του Darcy ως αποτέλεσμα διάβρωσης και παράσυρσης των εδαφικών κόκκων.

Το γεγονός αυτό τεκμηριώνεται από τις μετρήσεις του ενεργού πορώδους που διαμορφώνονται με την επιβολή χαμηλής ($i=1$) και υψηλής ($i>150$) υδραυλικής βαθμίδας. Η μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάζεται στο αδρόκοκκο εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** ($U=105,8$) και είναι ίση με 3,6%, ενώ στο πλέον λεπτόκοκκο αργιλικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%** ($U=16,6$) δεν παρουσιάζεται καμία διαφοροποίηση του ενεργού πορώδους (0,1%).

Η πιθανότητα διάβρωσης των δοκιμίων τεκμηριώνεται γραφικά από το πηλίκο της εκτίμησης του ισοδύναμου μεγέθους κόκκων D_e (κοκκομετρική διαβάθμιση) ως προς το εκτιμώμενο ισοδύναμο μέγεθος κόκκων D_e (μέσω της υδραυλικής αγωγιμότητας) σε συνάρτηση με την αυξανόμενη υδραυλική βαθμίδα. Η αυξανόμενη γραμμική συνάρτηση ως αποτέλεσμα εφαρμογής υψηλότερων υδραυλικών βαθμίδων υποδηλώνει την διάβρωση που προκαλείται στο υπό εξέταση δοκίμιο.

Η ευελιξία χρησιμοποίησης της δοκιμής οιδιμέτρου και τα αποτελέσματα μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας των δοκιμίων που στερεοποιήθηκαν μονοδιάστατα κάτω από διάφορες ενεργές τάσεις δίνουν σχέσεις χαρακτηριστικές των υπό εξέταση δειγμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση της συμπεριφοράς τους στο πεδίο. Το εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%** ($U=16,6$) παρουσιάζει μια μείωση του δείκτη πόρων κατά 80,0 % (ενεργή τάση ίση με 50 kN/m^2) ενώ αντίστοιχα η μείωση που επιδέχονται τα εδαφικά δείγματα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** ($U=105,8$) και **Καολίνης - Άμμος -Παιπάλη 30-30-40%** ($U=40$) προσεγγίζει το 27 % για το ίδιο φορτίο.

Ο τρόπος έμμεσου προσδιορισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας μέσω την συντελεστών στερεοποίησης εμπεριέχει ανακρίβειες λόγω των πολλαπλών παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν το φαινόμενο της στερεοποίησης, ενδείκνυται πάντως σε περιπτώσεις λεπτόκοκκων εδαφικών δειγμάτων ($U<17$).

Με την διερεύνηση της δομής των δειγμάτων μέσω του SEM προκύπτει ότι στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 70-30%** ($U=16,6$) κυρίαρχη δομή είναι αυτή των αργιλικών ορυκτών του Καολίνη με την διάταξη των αργιλικών κόκκων να είναι γενικά επίπεδη. Αντίστοιχα στο εδαφικό δείγμα **Καολίνης - Άμμος 30-70%** ($U=105,8$) κυριαρχούν κόκκοι μεγέθους άμμου με τα αργιλικά ορυκτά (καολινίτης)

να περιέχονται σε μικρό ποσοστό και να σχηματίζουν μικροσυσσωματώματα κυρίως ισομεγέθη που κατανέμονται με τρόπο ασυνεχή μεταξύ των κόκκων. Η δομή αυτή επηρεάζει ανάλογα την υδραυλική αγωγιμότητα και την εμφανιζόμενη διάβρωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Αποστολάκη, Χ., 2005. Μελέτη Ρωμαϊκών κονιαμάτων και χρωστικών τοιχογραφιών από την Αρχαία Κόρινθο - Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Κούκης, Γ. και Σαμπατακάκης, Ν., 2000. Τεχνική Γεωλογία. Εκδ. Παπασωτηρίου

Κωστάκης, Γ., 1999. Κεφάλαια ακτινοσκοπία των κρυστάλλων. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Μαρίνος, Π., 1991. Κεφάλαια Τεχνικής Γεωλογίας. Εκδ. Ε.Μ.Π.

Παπαχαρίσης, Ν., Γραμματικόπουλος Ι. και Μάνου-Ανδρεάδη Ν., 2003. Γεωτεχνική Μηχανική, Β' Έκδοση. Εκδ. Αδελφών Κυριακίδη

Στειακάκης, Εμμ., 2005. Σημειώσεις Τεχνικής Γεωλογίας - Εδαφομηχανικής. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Alyamani, M. S., and Sen, Z. 1993. Determination of Hydraulic Conductivity from Grain-Size Distribution Curves. *Ground Water*, 31,551-555.

ASTM D422. Standard test methods for particle-size analysis of soils. *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

ASTM D698. Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600kN-m/m³)). *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

ASTM D854. Standard test methods for specific gravity of soils. *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

ASTM D2434. Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head). *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

ASTM D2435 Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading. *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

ASTM D4318 Standard test methods for liquid limit, plasticity limit, and plasticity index of soils. *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

ASTM D5084. Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter. *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

ASTM D6531. Standard Test Method for Relative Tinting Strength of Aqueous Ink Systems by Instrumental Measurement. *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones. ASTM, Philadelphia.

BS1377-1:1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. General requirements and sample preparation. British Standards Institution.

Barnes, G.E., 2000. Soil Mechanics: Principles and Practice, Palgrave MacMillan LTD, 2nd Edition. Απόδοση στα Ελληνικά, Καραντώνη. Φ, 2005, Εδαφομηχανική, Αρχές και Εφαρμογές, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Carman, P.C. 1937. Fluid Flow through Granular Beds. Trans.Inst.Chem. Eng., 15,150.

Carman, P.C. 1956. Flow of Gases through Porous Media. Butterworths Scientific Publications, London.

Chapuis P. R., and Aubertin M., 2003, On the use of the Kozeny–Carman equation to predict the hydraulic conductivity of soils, Can. Geotech. J. 40(3), pp 616–628.

Craig, R.F, 2004. Craig’s Soil Mechanics. Seventh edition. Spon Press, New York

Daniel, D.E., Anderson, D.C., and Boynton, S.S., 1986, Fixed-wall Versus Flexible-wall Permeameters, Hydraulic Barriers in Soil and Rock, ASTM STP 874, A.I Johnson, R.K Frobel, N.J Cavalli, and C.B. Pettersson, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 107-126.

Daniel, D.E., and Benson, C.H., 1990. Water Content-Density Criteria for Compacted Soil Liners, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 116, No. 12, pp. 1811-1830.

Darcy, H., 1856. Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon, Dalmont, Paris.

DIN 18122, Bl.1 1997. Soil, investigation and testing - Consistency limits - Part 1: Determination of liquid limit and plastic limit.

DIN 18132, 1995. Soil, testing procedures and testing equipment - Determination of water absorption.

ELE International, Inc., 2004. High Pressure Permeameter Set, Model 25-0670 (K-670A), Operating Instructions.

Freeze, R.A., and Cherry, J.A. 1979. Groundwater. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Hansbo, S., 1960. Consolidation of clay, with special reference to influence of vertical sand drains. Proc. R. Swed. Geotech.Inst., No 18, pp.41-61.

Hazen, A., 1892. Some Physical Properties of Sands and Gravels, with special reference to their Use in Filtration. 24th Annual Report, Massachusetts State Board of Health, Pub.Doc. No34, pp. 539-556.

Kaoser, S., and Barrington, S., and Elektrowicz, M., and Ayadat, T., 2006. The influence of Hydraulic Gradient and Rate of Erosion on Hydraulic Conductivity of Sand-Bentonite Mixtures. *Soil & Sediment Contamination* 15, pp.481-496.

Kodikara, J.K, and Rahman, F, 2002. Effects of specimen consolidation on the laboratory hydraulic conductivity measurement. *Canadian Geotechnical Journal* 39, pp.908-923.

Kozeny, J. 1927. Uber Kapillare Leitung Des Wassers in Boden. *Sitzungsber Akad. Wiss.Wien Math.Naturwiss.Kl., Abt.2a*, 136,271-306 (In German).

Leroueil, S., and Vaughan, P.R., 1970. The general and congruent effects of structure in natural soils and weak rocks. *Geotechnique* 40, pp. 467-488.

Mesri G., and Olson, R.E, 1971, Mechanisms controlling the permeability of clays. *Clays and Clay Minerals*, vol. 19, pp. 151-158.

Met I., Akgün H., Türkmenoğlu A.G, 2004, Environmental geological and geotechnical investigations related to the potential use of Ankara clay as a compacted landfill liner material, Turkey. *Environmental Geology* 47, pp. 225-236.

Mitchell, J.K., 1976. *Fundamentals of Soil Behavior*, John Wiley & Sons, New York, 422p.

Odong J., 2007, Evaluation of Empirical Formulae for Determination of Hydraulic Conductivity based on Grain-Size Analysis, *Journal of American Science*, 3(3).

Olson, R.E., 1986, State of the art : Consolidation Testing. *Consolidation of Soils : Testing and Evaluation*, ASTM STP 892, R.N. Yong and F.C Townsend, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 7-70.

Olson, R.E., and Daniel, D.E., 1981, Measurement of the Hydraulic Conductivity of Fine-Grained Soils, *Permeability and Groundwater Contaminant Transport*, ASTM STP 746, T.F Zimmie and C.O. Rigs, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 18-64.

Pane, V., Croce P., Znidarcic D., Ko H-Y., Olsen H.W., and Schiffman R.L., 1983, Effects of consolidation on permeability measurements for soft clays, *Technical Note*.

Pinder, G. F., and Celia, M. A. 2006. *Subsurface Hydrology*. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey.

Ravaska, O.T., and Vepsäläinen, P.E., 2004. On the stress dependence of consolidation parameters. Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.

Rowe, R.K., Quigley, R.M., and Booker, J.R., 1995. Clayey barrier systems for waste disposal facilities. E&FN Spon, London.

Sällfors, G., and Öberg-Högst., A., 2002. Determination of hydraulic conductivity of sand-bentonite mixtures for engineering purposes, Geotechnical and Geological Engineering, pp. 65-80.

Skempton, A.W., 1954. The Pore Pressure Coefficients A and B, Geotechnique, Vol. 4, No.4, pp. 143-147.

Tavenas F., Leblond P., Jean P., and Lereoueil S., 1983, The permeability of natural soft clays. Part I: Methods of Laboratory measurement. Can. Geotech. J.20, pp. 629-644.

Taylor, D.W., 1948. Fundamentals of Soil Mechanics. Wiley, New York.

Terzaghi, K., and Peck, R. B. 1964. Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley, New York.

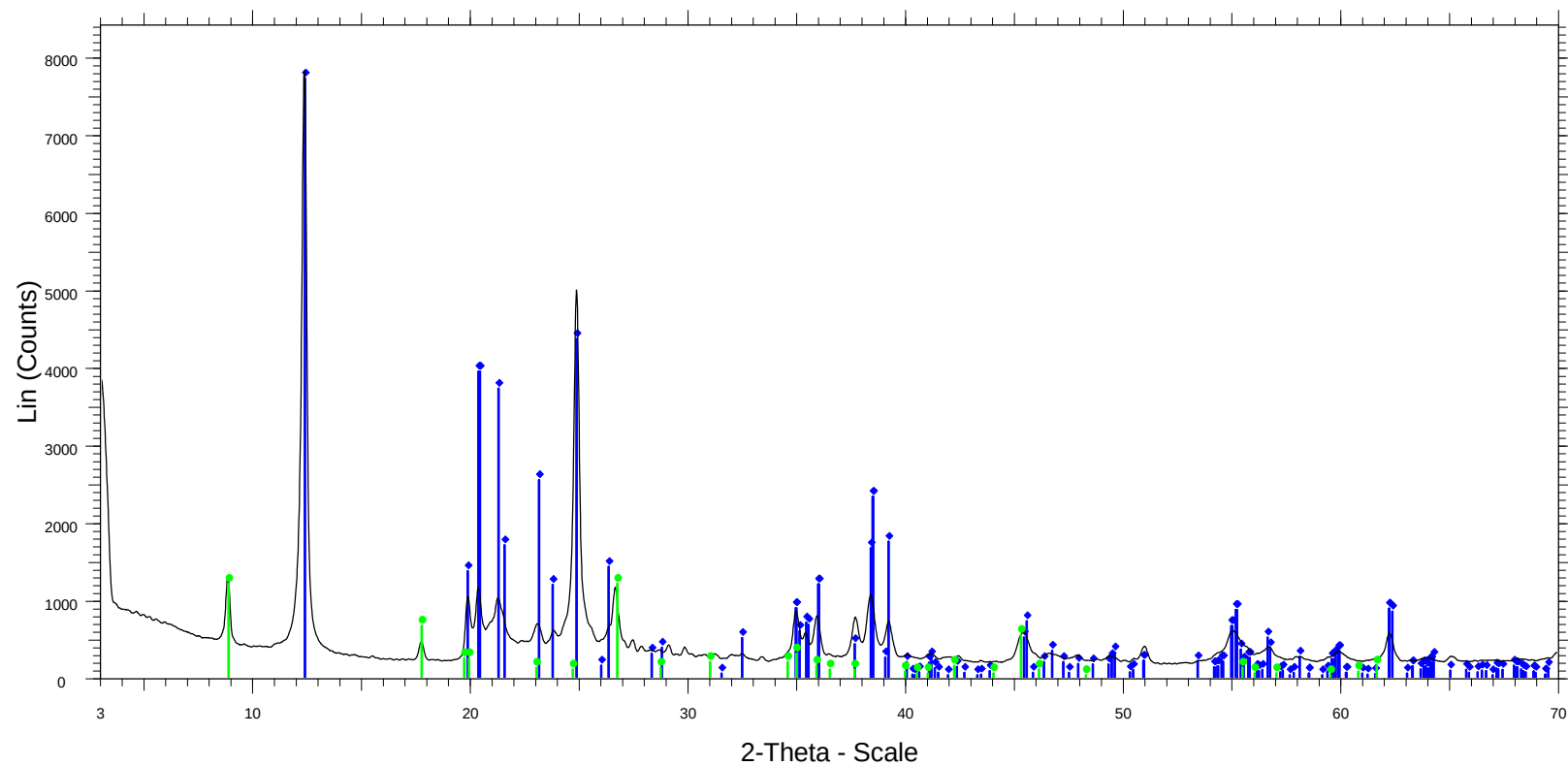
Wykeham Farrance International, 2007. Hydrocon Hydraulic Oedometer manual, WF24581 to WF24585 Hydrocon Hydraulic Oedometers.

Zimmie, T.F., 1981, Geotechnical Testing Considerations in the Determination of Laboratory Permeability for Hazardous Waste Disposal Siting:, Hazardous Solid Waste Testing: First Conference, ASTM STP 760, R.A Conway and B.C Malloy, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 293-304.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

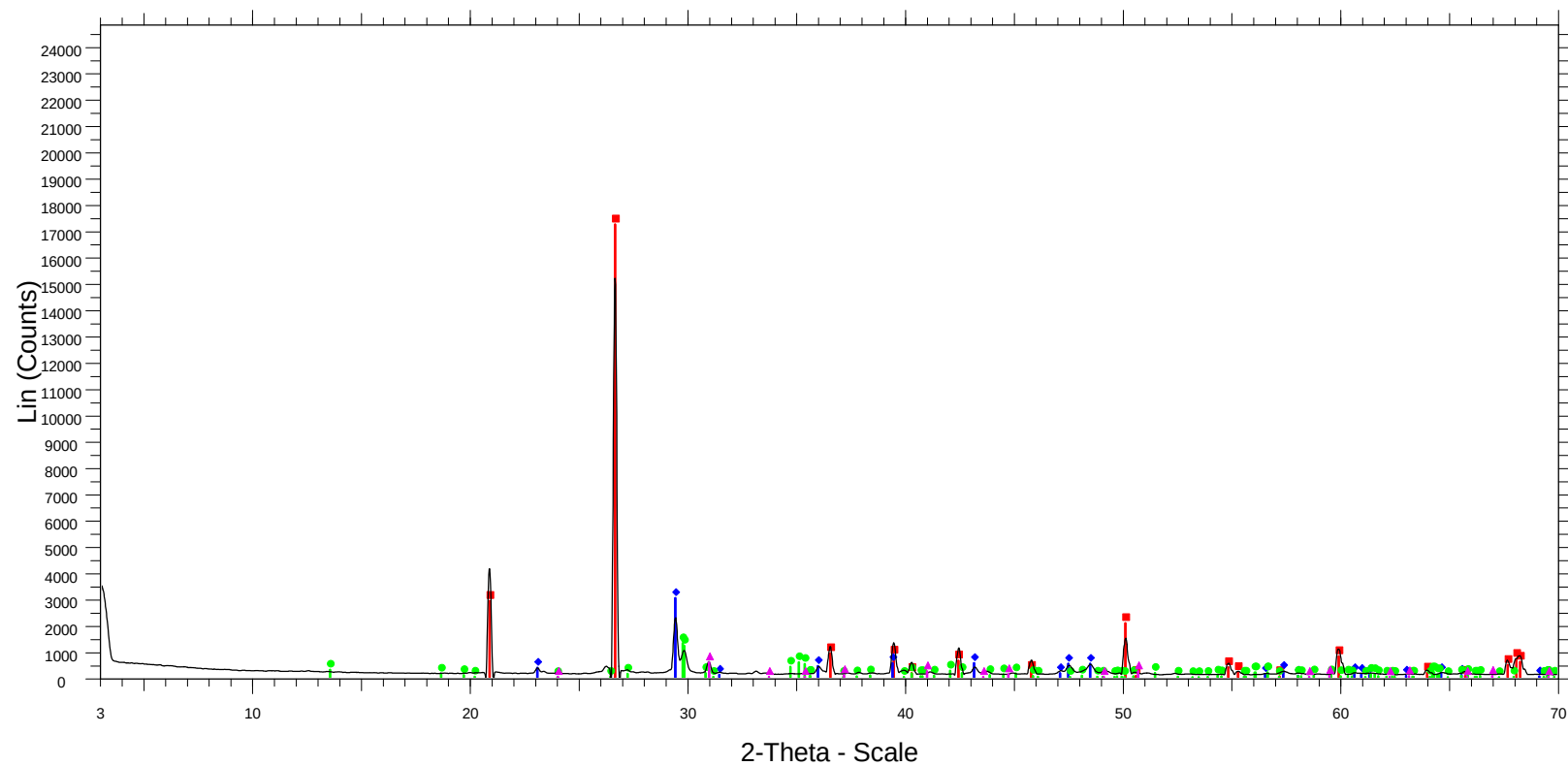
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

**(Ακτινογραφήματα XRD - φύλλα εργασίας
υδατοαπορροφητικότητας)**



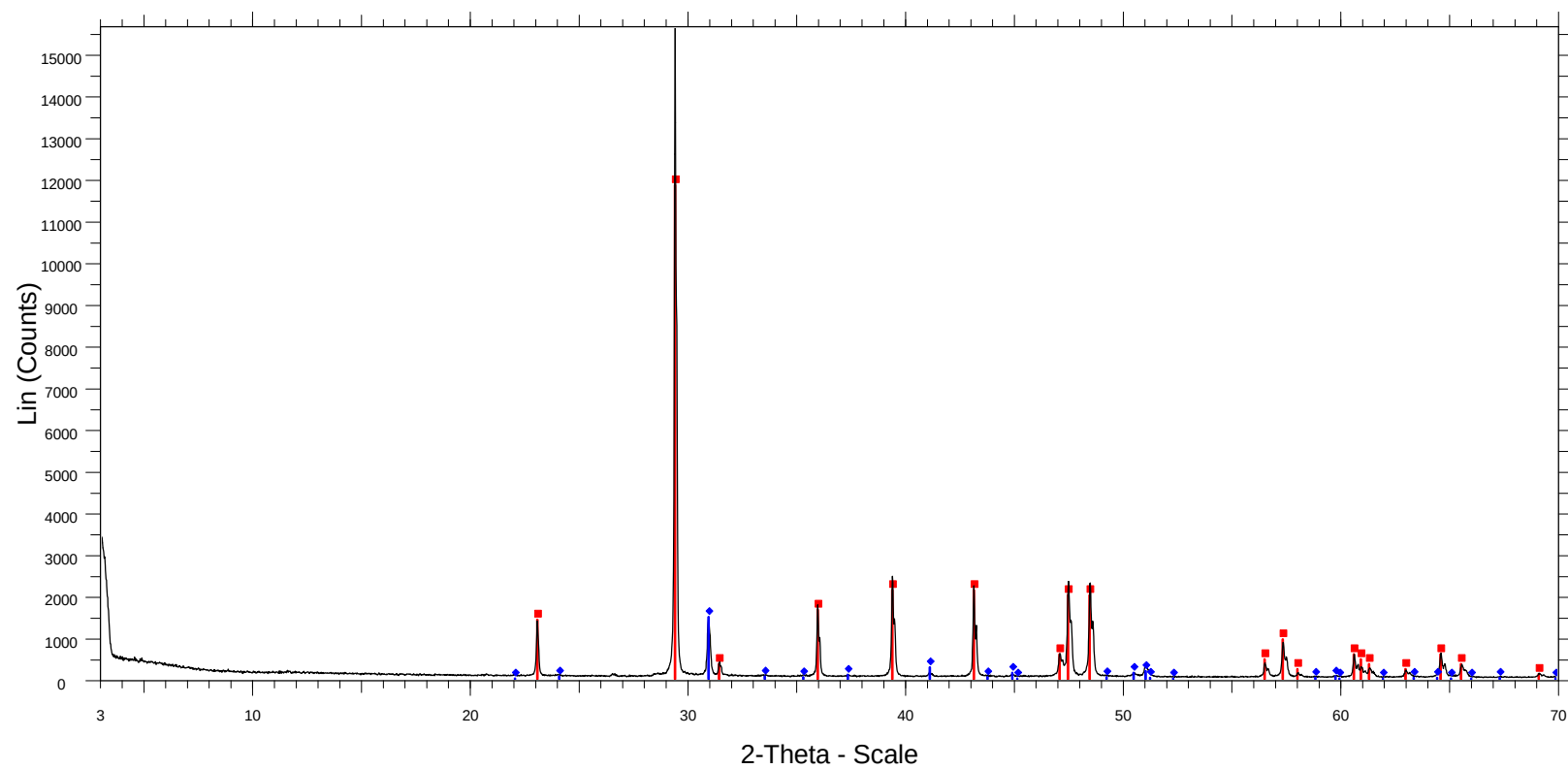
KAOL? - File: d8080077.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 69.997 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.0
 01-089-6538 (C) - Kaolinite - $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ - Y: 98.81 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.15400 - b 8.94200 - c 7.40100 - alpha 91.690 - beta 104.610 - gamma 89.820 - Base-centered - C1 (0) -
 00-007-0042 (I) - Muscovite-3T - $(\text{K},\text{Na})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si}_3.1\text{Al}_0.9)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ - Y: 15.39 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.20300 - b 5.20300 - c 29.98800 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.

Σχήμα 1 Ακτινογράφημα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X δείγματος Καολίνη



A1 - File: d8080012.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 69.997 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° -
 03-065-0466 (C) - Quartz low, syn - SiO₂ - Y: 113.51 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91410 - b 4.91410 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3
 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO₃ - Y: 19.85 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98900 - b 4.98900 - c 17.06200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) -
 01-071-1498 (C) - Hedenbergite, syn - CaFeSi₂O₆ - Y: 8.51 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.84500 - b 9.02400 - c 5.24500 - alpha 90.000 - beta 104.740 - gamma 90.000 - Base-centered - C2
 00-001-0942 (D) - Dolomite - CaO-MgO·2CO₂ - Y: 3.73 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.83300 - b 4.83300 - c 15.93500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (1

Σχήμα 2 Ακτινογράφημα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X δείγματος Άμμος



P1 - File: d8080015.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 69.997 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° -
 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO_3 - Y: 75.94 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98900 - b 4.98900 - c 17.06200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) -
 00-036-0426 (*) - Dolomite - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - Y: 9.52 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.80920 - b 4.80920 - c 16.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (148) -

Σχήμα 3 Ακτινογράφημα περιθλασιμετρίας ακτίνων - X δείγματος Παιπάλη

Wasseraufnahmevermögen

DIN 18132 (nach Enslin / Neff)

Probenbez.:	KAOL 100%	Bodenart:	
Auftraggeber:		Tiefe:	
Entnahmeort:		Datum:	29.10.2008

Probenvorbereitung		
Bodenart:		Einwaagemenge: 1,0g für $w_A < 100 \%$ 0,2g für $w_A > 100 \%$
Einwaage m_d :	(g) 1,002	
Massenanteil der Körner < 0,4mm:	(%)	
Raumtemperatur:	(°C) 19,50	
Für den Versuch wird entmineralisiertes und entgastes Wasser verwendet!		

Bestimmung der Wasseraufnahme				
Versuchszeit: t	Volumen des aufgesaugten verdunsteten Wassers:		Wassermasse:	Wassergehalt:
	$V_w(\text{cm}^3)$	$V_k(\text{cm}^3)$	$m_w = (V_w - V_k) \cdot \rho_w$ (g)	$w = 100 \cdot m_w / m_d$ (%)
30 s	0,205		0,21	20,46
1 min	0,340		0,34	33,93
2 min	0,550		0,55	54,89
4 min	0,650		0,65	64,87
8 min	0,760		0,76	75,85
15 min	0,795		0,80	79,34
30 min	0,800		0,80	79,84
60 min	0,805		0,81	80,34
2 h	0,805		0,81	80,34
4 h	0,805		0,81	80,34
6 h	0,815		0,82	81,34
24 h	0,840		0,84	83,83

Anmerkung:

Wasseraufnahmevermögen $w_A = w_{\max}(\%)$ Dichte des Wassers $\rho_w = 1,0\text{g} / \text{cm}^3$

Bei Versuchen von mehr als 1 Std.Dauer ist die gemessene Wasseraufnahme um das gleichzeitig gemessene Verdunstungsvolumen zu korrigieren.

Wenn die Wasseraufnahme nach 24 Std.noch nicht beendet ist, gilt bei vollständiger Durchfeuchtung des Kegels der 24 Std.-Wert.Ist der Kegel auch bei wiederholtem Versuch nicht vollständig durchfeuchtet, so ist dies als Ergebnis anzugeben!

Für die Meßergebnisse gibt es ein separates halblogarithmisches Diagramm mit Achsbeschriftung:
senkrecht: Wassergehalt $w(\%)$ und waagrecht: Zeit $t(\text{min})$

Bemerkungen:

GRDB9/2005

Σχήμα 4 Φύλλο εργασίας δοκιμής απορροφητικότητας για το δείγμα Καολίνης

Wasseraufnahmevermögen

DIN 18132 (nach Enslin / Neff)

Probenbez.: LIME 100%	Bodenart:
Auftraggeber:	Tiefe:
Entnahmeort:	Datum: 29.10.2008

Probenvorbereitung		
Bodenart:		Einwaagemenge: 1,0g für $w_A < 100 \%$ 0,2g für $w_A > 100 \%$
Einwaage m_d :	(g) 1,005	
Massenanteil der Körner $< 0,4\text{mm}$:	(%)	
Raumtemperatur:	(°C) 19,50	
Für den Versuch wird entmineralisiertes und entgastes Wasser verwendet!		

Bestimmung der Wasseraufnahme				
Versuchszeit: t	Volumen des aufgesaugten verdunsteten Wassers:		Wassermasse: $m_w = (V_w - V_k) \cdot \rho_w$	Wassergehalt: $w = 100 \cdot m_w / m_d$
	$V_w(\text{cm}^3)$	$V_k(\text{cm}^3)$	(g)	(%)
30 s	0,210		0,21	20,90
1 min	0,280		0,28	27,86
2 min	0,310		0,31	30,85
4 min	0,320		0,32	31,84
8 min	0,325		0,33	32,34
15 min	0,325		0,33	32,34
30 min	0,325		0,33	32,34
60 min	0,325		0,33	32,34
2 h	0,330		0,33	32,64
4 h	0,335		0,34	33,33
6 h	0,335		0,34	33,33
24 h	0,350		0,35	34,83

Anmerkung:

Wasseraufnahmevermögen $w_A = w_{\max} (\%)$ Dichte des Wassers $\rho_w = 1,0 \text{ g / cm}^3$

Bei Versuchen von mehr als 1 Std.Dauer ist die gemessene Wasseraufnahme um das gleichzeitig gemessene Verdunstungsvolumen zu korrigieren.

Wenn die Wasseraufnahme nach 24 Std.noch nicht beendet ist, gilt bei vollständiger Durchfeuchtung des Kegels der 24 Std.-Wert.Ist der Kegel auch bei wiederholtem Versuch nicht vollständig durchfeuchtet, so ist dies als Ergebnis anzugeben!

Für die Meßergebnisse gibt es ein separates halblogarithmisches Diagramm mit Achsbeschriftung:
senkrecht: Wassergehalt $w (\%)$ und **waagrecht:** Zeit $t (\text{min})$

Bemerkungen:

GRDB9/2005

Σχήμα 5 Φύλλο εργασίας δοκιμής απορροφητικότητας για το δείγμα Παιπάλη

Wasseraufnahmevermögen

DIN 18132 (nach Enslin / Neff)

Probenbez.:	KAOL 30% / Sand 70%	Bodenart:	
Auftraggeber:		Tiefe:	
Entnahmeort:		Datum:	29.10.2008

Probenvorbereitung		
Bodenart:		Einwaagemenge: 1,0g für $w_A < 100 \%$ 0,2g für $w_A > 100 \%$
Einwaage m_d :	(g) 1,002	
Massenanteil der Körner $< 0,4\text{mm}$:	(%)	
Raumtemperatur:	(°C) 19,50	
Für den Veruch wird entmineralisiertes und entgastes Wasser verwendet!		

Bestimmung der Wasseraufnahme				
Versuchszeit: t	Volumen des aufgesaugten verdunsteten Wassers:		Wassermasse: $m_w = (V_w - V_k) \cdot \rho_w$	Wassergehalt: $w = 100 \cdot m_w / m_d$
	$V_w(\text{cm}^3)$	$V_k(\text{cm}^3)$	(g)	(%)
30 s	0,230		0,23	22,95
1 min	0,320		0,32	31,94
2 min	0,330		0,33	32,93
4 min	0,335		0,34	33,43
8 min	0,335		0,34	33,43
15 min	0,335		0,34	33,43
30 min	0,335		0,34	33,43
60 min	0,335		0,34	33,43
2 h	0,340		0,34	33,93
4 h	0,350		0,35	34,93
6 h	0,355		0,36	35,43
24 h	0,395		0,40	39,42

Anmerkung:

Wasseraufnahmevermögen $w_A = w_{\max} (\%)$ Dichte des Wassers $\rho_w = 1,0 \text{ g} / \text{cm}^3$

Bei Versuchen von mehr als 1 Std.Dauer ist die gemessene Wasseraufnahme um das gleichzeitig gemessene Verdunstungsvolumen zu korrigieren.

Wenn die Wasseraufnahme nach 24 Std.noch nicht beendet ist, gilt bei vollständiger Durchfeuchtung des Kegels der 24 Std.-Wert.Ist der Kegel auch bei wiederholtem Versuch nicht vollständig durchfeuchtet, so ist dies als Ergebnis anzugeben!

Für die Meßergebnisse gibt es ein separates halblogarithmisches Diagramm mit Achsbeschriftung:

senkrecht: Wassergehalt $w (\%)$ und waagrecht: Zeit $t (\text{min})$

Bemerkungen:

GRDB9/2005

Σχήμα 6 Φύλλο εργασίας δοκιμής απορροφητικότητας για το δείγμα
Καολίνης – Άμμος 30-70%

Wasseraufnahmevermögen

DIN 18132 (nach Enslin / Neff)

Probenbez.:	KAOL 70% / Sand 30%	Bodenart:	
Auftraggeber:		Tiefe:	
Entnahmeort:		Datum:	29.10.2008

Probenvorbereitung		
Bodenart:		Einwaagemenge: 1,0g für $w_A < 100 \%$ 0,2g für $w_A > 100 \%$
Einwaage m_d :	(g) 1,007	
Massenanteil der Körner $< 0,4\text{mm}$:	(%)	
Raumtemperatur:	(°C) 19,50	
Für den Veruch wird entmineralisiertes und entgastes Wasser verwendet!		

Bestimmung der Wasseraufnahme				
Versuchszeit: t	Volumen des aufgesaugten verdunsteten Wassers:		Wassermasse:	Wassergehalt:
	$V_w(\text{cm}^3)$	$V_k(\text{cm}^3)$	$m_w = (V_w - V_k) \cdot \rho_w$ (g)	$w = 100 \cdot m_w / m_d$ (%)
30 s	0,195		0,20	19,36
1 min	0,300		0,30	29,79
2 min	0,420		0,42	41,71
4 min	0,510		0,51	50,65
8 min	0,590		0,59	58,59
15 min	0,600		0,60	59,58
30 min	0,610		0,61	60,58
60 min	0,610		0,61	60,58
2 h	0,610		0,61	60,58
4 h	0,620		0,62	61,57
6 h	0,625		0,63	62,07
24 h	0,645		0,65	64,05

Anmerkung:

Wasseraufnahmevermögen $w_A = w_{\max} (\%)$ Dichte des Wassers $\rho_w = 1,0 \text{ g / cm}^3$

Bei Versuchen von mehr als 1 Std.Dauer ist die gemessene Wasseraufnahme um das gleichzeitig gemessene Verdunstungsvolumen zu korrigieren.

Wenn die Wasseraufnahme nach 24 Std.noch nicht beendet ist, gilt bei vollständiger Durchfeuchtung des Kegels der 24 Std.-Wert.Ist der Kegel auch bei wiederholtem Versuch nicht vollständig durchfeuchtet, so ist dies als Ergebnis anzugeben!

Für die Meßergebnisse gibt es ein separates halblogarithmisches Diagramm mit Achsbeschriftung:
senkrecht: Wassergehalt $w (\%)$ und waagrecht: Zeit $t (\text{min})$

Bemerkungen:

GRDB9/2005

Σχήμα 7 Φύλλο εργασίας δοκιμής απορροφητικότητας για το δείγμα
Καολίνης – Άμμος 70-30%

Wasseraufnahmevermögen

DIN 18132 (nach Enslin / Neff)

Probenbez.:	KAOL 30% / Sand 30% / LIME 40%	Bodenart:	
Auftraggeber:		Tiefe:	
Entnahmeort:		Datum:	29.10.2008

Probenvorbereitung		
Bodenart:		Einwaagemenge: 1,0g für $w_A < 100 \%$ 0,2g für $w_A > 100 \%$
Einwaage m_d :	(g) 1,004	
Massenanteil der Körner $< 0,4\text{mm}$:	(%)	
Raumtemperatur:	(°C) 19,50	
Für den Veruch wird entmineralisiertes und entgastes Wasser verwendet!		

Bestimmung der Wasseraufnahme				
Versuchszeit: t	Volumen des aufgesaugten verdunsteten Wassers:		Wassermasse: $m_w = (V_w - V_k) \cdot \rho_w$	Wassergehalt: $w = 100 \cdot m_w / m_d$
	$V_w(\text{cm}^3)$	$V_k(\text{cm}^3)$	(g)	(%)
30 s	0,210		0,21	20,92
1 min	0,305		0,31	30,38
2 min	0,390		0,39	38,84
4 min	0,425		0,43	42,33
8 min	0,430		0,43	42,83
15 min	0,430		0,43	42,83
30 min	0,430		0,43	42,83
60 min	0,430		0,43	42,83
2 h	0,435		0,44	43,33
4 h	0,450		0,45	44,82
6 h	0,460		0,46	45,82
24 h	0,550		0,55	54,78

Anmerkung:
Wasseraufnahmevermögen $w_A = w_{\max} (\%)$ Dichte des Wassers $\rho_w = 1,0\text{g} / \text{cm}^3$
Bei Versuchen von mehr als 1 Std.Dauer ist die gemessene Wasseraufnahme um das gleichzeitig gemessene Verdunstungsvolumen zu korrigieren.
Wenn die Wasseraufnahme nach 24 Std.noch nicht beendet ist, gilt bei vollständiger Durchfeuchtung des Kegels der 24 Std.-Wert.Ist der Kegel auch bei wiederholtem Versuch nicht vollständig durchfeuchtet, so ist dies als Ergebnis anzugeben!
Für die Meßergebnisse gibt es ein separates halblogarithmisches Diagramm mit Achsbeschriftung: senkrecht: Wassergehalt $w (\%)$ und waagrecht: Zeit $t (\text{min})$

Bemerkungen:
GRDB9/2005

Σχήμα 8 Φύλλο εργασίας δοκιμής απορροφητικότητας για το δείγμα
Καολίνης - Άμμος – Παιπάλη 30-30-40%

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

**(Φύλλα εργασίας υπολογισμού βέλτιστης
υγρασίας συμπύκνωσης)**

ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROCTOR						
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ : ASTM D1557-91						
Δείγμα: Άμμος	Διαστάσεις εμβόλου : Διάμετρος (mm) 50,8 Βάρος (kg) 2,50 Ύψος πτώσης εμβόλου (cm) 30,50					
Ημερομηνία: 29/10/2008						
Προσδιορισμός Υγρασίας						
Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Βάρος υποδοχέα και υγρού δείγματος (g)	104,12	104,2	109,54	109,88	108,54	106,58
Βάρος υποδοχέα και ξηρού δείγματος (g)	102,79	102,14	106,79	106,63	104,61	102,6
Βάρος νερού (g)	1,33	2,06	2,75	3,25	3,93	3,98
Βάρος υποδοχέα (g)	41,33	40,4	40,4	40,4	40,4	48,14
Βάρος ξηρού δείγματος (g)	61,46	61,74	66,39	66,23	64,21	54,46
Περιεκτικότητα σε υγρασία, w %	2,16	3,34	4,14	4,91	6,12	7,31
Προσδιορισμός ξηρού μοναδιαίου βάρους						
Διαστάσεις μήτρας : Διάμετρος (cm) 10,16 Ύψος (cm) 11,64						
Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Περιεκτικότητα σε υγρασία %	2,16	3,34	4,14	4,91	6,12	7,31
Βάρος υγρού εδάφους και μήτρας (g)	5799	5810	5839	5867	5875	5871
Βάρος μήτρας (g)	4308	4308	4308	4308	4308	4308
Βάρος υγρού εδάφους στη μήτρα (g)	1491	1502	1531	1559	1567	1563
Όγκος μήτρας (cm ³)	943	943	943	943	943	943
Υγρό μοναδιαίο βάρος, γ _b (kN/m ³)	15,51	15,62	15,92	16,21	16,30	16,26
Ξηρό μοναδιαίο βάρος, γ _d (kN/m ³)	15,18	15,12	15,29	15,46	15,36	15,15
Για κατάσταση κορεσμού έχουμε : γ _d (kN/m ³)						
Θεωρώντας ότι : γ _s = 2,63 m _c %	24,41	23,72	23,27	22,85	22,22	21,64
	2,16	3,34	4,14	4,91	6,12	29,39

Καμπύλη υγρασίας-ξηρής πυκνότητας εδάφους

◆ Καμπύλη συμπίκνωσης — Καμπύλη κορεσμού (0% αέρας)

Μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος γ _{dmax}	15,46
Βέλτιστη υγρασία, OMC %	4,9

ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROCTOR						
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ : ASTM D1557-91						
Δείγμα:	Καολίνης	Διαστάσεις εμβόλου : Διάμετρος (mm)	50,8			
Ημερομηνία:	29/10/2008	Βάρος (kg)	2,50			
		Ύψος πτώσης εμβόλου (cm)	30,50			
Προσδιορισμός Υγρασίας						
Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Βάρος υποδοχέα και υγρού δείγματος (g)	102,56	111,46	103,72	99,48	121,67	133,78
Βάρος υποδοχέα και ξηρού δείγματος (g)	92,32	98,7	91,57	87,71	103,84	114,33
Βάρος νερού (g)	10,24	12,76	12,15	11,77	17,83	19,45
Βάρος υποδοχέα (g)	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	48,14
Βάρος ξηρού δείγματος (g)	51,89	58,27	51,14	47,28	63,41	66,19
Περιεκτικότητα σε υγρασία, w %	19,73	21,90	23,76	24,89	28,12	29,39
Προσδιορισμός ξηρού μοναδιαίου βάρους						
Διαστάσεις μήτρας :	Διάμετρος (cm)	10,16				
	Ύψος (cm)	11,64				
Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Περιεκτικότητα σε υγρασία %	19,73	21,90	23,76	24,89	28,12	29,39
Βάρος υγρού εδάφους και μήτρας (g)	5900	6030	6083	6096	6071	6026
Βάρος μήτρας (g)	4308	4308	4308	4308	4308	4308
Βάρος υγρού εδάφους στη μήτρα (g)	1592	1722	1775	1788	1763	1718
Όγκος μήτρας (cm ³)	943	943	943	943	943	943
Υγρό μοναδιαίο βάρος, γ _b (kN/m ³)	16,56	17,91	18,46	18,60	18,34	17,87
Ξηρό μοναδιαίο βάρος, γ _d (kN/m ³)	13,83	14,69	14,92	14,89	14,31	13,81
Για κατάσταση κορεσμού έχουμε : γ _d (kN/m ³)	17,28	16,65	16,14	15,84	15,06	14,77
Θεωρώντας ότι : γ _s = 2,7 m _c %	19,73	21,90	23,76	24,89	28,12	29,39

Καμπύλη υγρασίας-ξηρής πυκνότητας εδάφους

Μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος γ _{dmax}	15
Βέλτιστη υγρασία, OMC %	24,2

ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROCTOR
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ : ASTM D1557-91

Δείγμα: Καολίνης30 - Άμμος 30 - Παιπάλη 40
 Ημερομηνία: 30/6/2008

Διαστάσεις εμβόλου Διάμετρος (mm) 50,8
 Βάρος (kg) 2,50
 Ύψος πτώσης εμβόλου (cm) 30,50

Προσδιορισμός Υγρασίας

Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Βάρος υποδοχέα και υγρού δείγματος (g)	389,67	417,58	410,72	414,2	451,25	403,45
Βάρος υποδοχέα και ξηρού δείγματος (g)	385,31	408,34	400,32	400,3	429,48	387,3
Βάρος νερού (g)	4,36	9,24	10,40	13,90	21,77	16,15
Βάρος υποδοχέα (g)	310,9	310,9	310,9	310,9	310,9	310,9
Βάρος ξηρού δείγματος (g)	74,41	97,44	89,42	89,4	118,58	76,4
Περιεκτικότητα σε υγρασία, w_c %	5,86	9,48	11,63	15,55	18,36	21,14

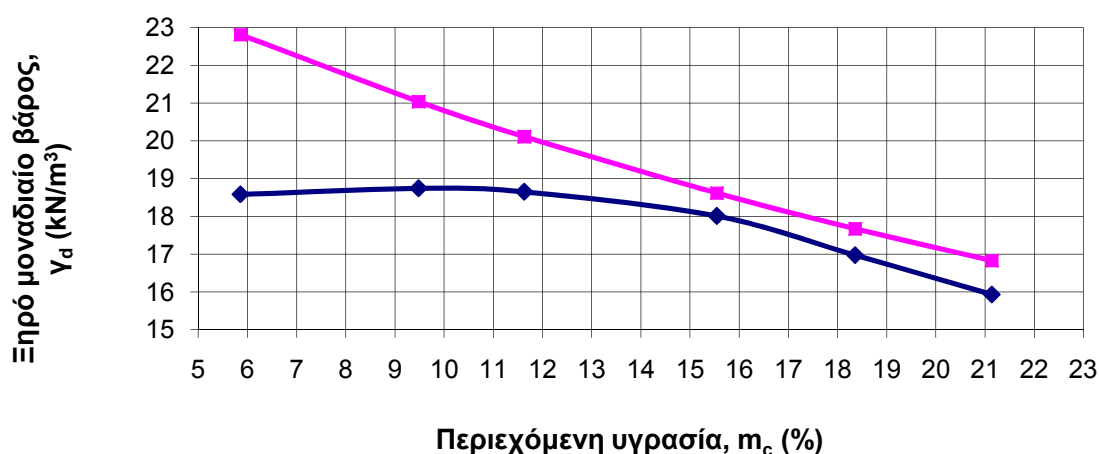
Προσδιορισμός ξηρού μοναδιαίου βάρους

Διαστάσεις μήτρας :	Διάμετρος (cm)	10,16
	Ύψος (cm)	11,64

Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Περιεκτικότητα σε υγρασία %	5,86	9,48	11,63	15,55	18,36	21,14
Βάρος υγρού εδάφους και μήτρας (g)	6199	6281	6310	6309	6240	6164
Βάρος μήτρας (g)	4308	4308	4308	4308	4308	4308
Βάρος υγρού εδάφους στη μήτρα (g)	1891	1973	2002	2001	1932	1856
Όγκος μήτρας (cm ³)	943	943	943	943	943	943
Υγρό μοναδιαίο βάρος, γ_b (kN/m ³)	19,67	20,52	20,82	20,81	20,09	19,30
Ξηρό μοναδιαίο βάρος, γ_d (kN/m ³)	18,58	18,74	18,65	18,01	16,98	15,94

Για κατάσταση κορεσμού έχουμε :	γ_d (kN/m ³)	22,81	21,03	20,11	18,61	17,67	16,83
Θεωρώντας ότι : $\gamma_s =$ 2,6915	w_c %	5,86	9,48	11,63	15,55	18,36	21,14

Καμπύλη υγρασίας-ξηρής πυκνότητας εδάφους



◆ Καμπύλη συμπίκνωσης ■ Καμπύλη κορεσμού (0% αέρας)

Μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος γ_{dmax}	18,75
Βέλτιστη υγρασία, OMC %	10,5

ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROCTOR
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ : ASTM D1557-91

Δείγμα: Καολίνης 70 - Άμμος 30
 Ημερομηνία: 1/4/2008

Διαστάσεις εμβόλου : Διάμετρος (mm) 50,8
 Βάρος (kg) 2,50
 Ύψος πτώσης εμβόλου (cm) 30,50

Προσδιορισμός Υγρασίας

Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Βάρος υποδοχέα και υγρού δείγματος (g)	211,94	190,9	164,46	159,32	163,51	170,83
Βάρος υποδοχέα και ξηρού δείγματος (g)	195,04	174,67	152,18	146,58	149,04	152,79
Βάρος νερού (g)	16,90	16,23	12,28	12,74	14,47	18,04
Βάρος υποδοχέα (g)	97,25	97,25	97,25	97,25	97,25	97,25
Βάρος ξηρού δείγματος (g)	97,79	77,42	54,93	49,33	51,79	55,54
Περιεκτικότητα σε υγρασία, w %	17,28	20,96	22,36	25,83	27,94	32,48

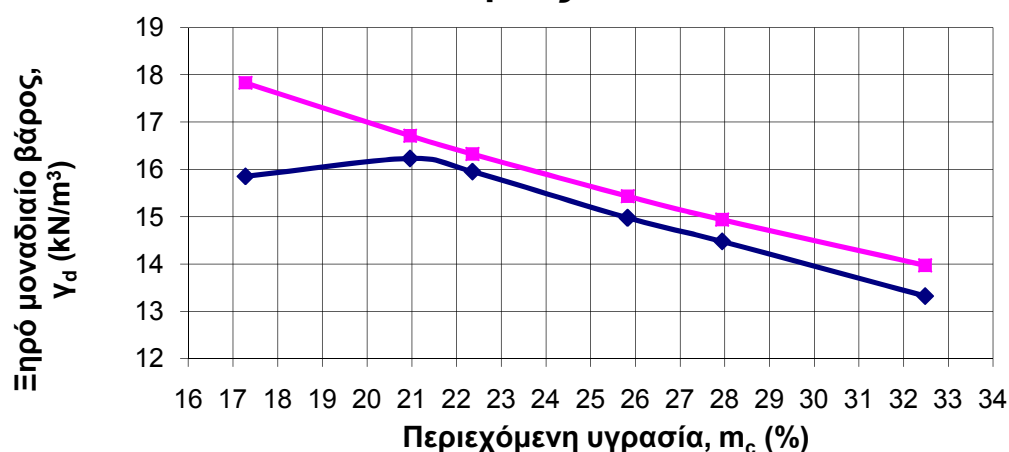
Προσδιορισμός ξηρού μοναδιαίου βάρους

Διαστάσεις μήτρας : Διάμετρος (cm) 10,16
 Ύψος (cm) 11,64

Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5	6
Περιεκτικότητα σε υγρασία %	17,28	20,96	22,36	25,83	27,94	32,48
Βάρος υγρού εδάφους και μήτρας (g)	6096	6196	6185	6120	6089	6005
Βάρος μήτρας (g)	4308	4308	4308	4308	4308	4308
Βάρος υγρού εδάφους στη μήτρα (g)	1788	1888	1877	1812	1781	1697
Όγκος μήτρας (cm ³)	943	943	943	943	943	943
Υγρό μοναδιαίο βάρος, γ_b (kN/m³)	18,60	19,64	19,52	18,85	18,52	17,65
Ξηρό μοναδιαίο βάρος, γ_d (kN/m³)	15,86	16,23	15,96	14,98	14,48	13,32

Για κατάσταση κορεσμού έχουμε : γ _d (kN/m ³)	17,83	16,71	16,33	15,43	14,94	13,97
Θεωρώντας ότι : γ _s = 2,65 m _c %	17,28	20,96	22,36	25,83	27,94	32,48

Καμπύλη υγρασίας-ξηρής πυκνότητας εδάφους



◆ Καμπύλη συμπίκνωσης ■ Καμπύλη κορεσμού (0% αέρας)

Μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος γ_{dmax} 16,25

Βέλτιστη υγρασία, OMC % 21

ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PROCTOR					
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ : ASTM D1557-91					
Δείγμα: Καολίνης 30 - Άμμος 70		Διαστάσεις εμβόλου : Διάμετρος (mm)		50,8	
Ημερομηνία: 7/6/2008		Βάρος (kg)		2,50	
		Ύψος πτώσης εμβόλου (cm)		30,50	
Προσδιορισμός Υγρασίας					
Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5
Βάρος υποδοχέα και υγρού δείγματος (g)	438,09	408,82	394,11	400,4	397,56
Βάρος υποδοχέα και ξηρού δείγματος (g)	429,01	399,81	384,8	389,17	386,35
Βάρος νερού (g)	9,08	9,01	9,31	11,23	11,21
Βάρος υποδοχέα (g)	310,9	310,9	310,9	310,9	310,9
Βάρος ξηρού δείγματος (g)	118,11	88,91	73,9	78,27	75,45
Περιεκτικότητα σε υγρασία, w_c %	7,69	10,13	12,60	14,35	14,86
Προσδιορισμός ξηρού μοναδιαίου βάρους					
Διαστάσεις μήτρας :		Διάμετρος (cm)		10,16	
		Ύψος (cm)		11,64	
Αριθμός δείγματος	1	2	3	4	5
Περιεκτικότητα σε υγρασία %	7,69	10,13	12,60	14,35	14,86
Βάρος υγρού εδάφους και μήτρας (g)	6235	6396	6372	6290	6235
Βάρος μήτρας (g)	4308	4308	4308	4308	4308
Βάρος υγρού εδάφους στη μήτρα (g)	1927	2088	2064	1982	1927
Όγκος μήτρας (cm ³)	943	943	943	943	943
Υγρό μοναδιαίο βάρος, γ_b (kN/m ³)	20,04	21,72	21,47	20,61	20,04
Ξηρό μοναδιαίο βάρος, γ_d (kN/m ³)	18,61	19,72	19,07	18,03	17,45
Για κατάσταση κορεσμού έχουμε :		γ_d (kN/m ³)	21,54	20,44	19,45
Θεωρώντας ότι : $\gamma_s=$ 2,642		w_c %	7,69	10,13	12,60
				14,35	14,86

Καμπύλη υγρασίας-ξηρής πυκνότητας εδάφους

Ξηρό μοναδιαίο βάρος, γ_d (kN/m ³)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Περιεχόμενη υγρασία, m_c (%)											

Καμπύλη συμπίκνωσης

Καμπύλη κορεσμού (0% αέρας)

Μέγιστο ξηρό μοναδιαίο βάρος γ_{dmax} (kN/m ³)	19,7
Βέλτιστη υγρασία, OMC (%)	10,2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

**(Φύλλα εργασίας δοκιμών μέτρησης
υδραυλικής αγωγιμότητας)**

Περατόμετρο υψηλής πίεσης

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample1			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k70s30_1			
Ημ/νια έναρξης :	18/04/2008			
Ημ/νια λήξης :	24/04/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	44,05		41,8	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	49,94		54,05	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	48,83		51,64	
Βάρος νερού (g)	1,11		2,41	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	4,78		9,84	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	23,2			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			24,5	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,30
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		248,8
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		250,1
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		112,09
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	90,97
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,98
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	19,44
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,61
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,78
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,648
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	95,0
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	39,3
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		113,39
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	91,08
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,004
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,66
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,646
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,5
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	39,2

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	18/4/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	19/4/2008
			Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος που βγήκε κατά τον κ	4,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	568,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	568,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		568,9		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		324,9		
Υδραυλική κλίση i		49,82		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1405	84300	0,9	0,0000107	23,4
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,4		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,068E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		2,45828E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		2,45828E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,2862E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	19/4/2008
Αναλογία άμμου-καολίνης	30-70		Ημερομηνία Λήξης	20/4/2008
			Θερμοκρασία °C	20
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος που βγήκε κατά τον κ	4,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	772,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	772,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		772,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		528,9		
Υδραυλική κλίση i		81,09		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1320	79200	1,8	0,0000227	22,8
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		22,8		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,273E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,21509E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,21509E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,02219E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	20/4/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	21/4/2008
			Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος που βγήκε κατά τον κ	4,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1078,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1078,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1078,5		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		834,6		
Υδραυλική κλίση i		127,97		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1300	78000	3,2	0,0000410	23,9
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,9		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		4,103E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,6777E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,6777E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,38348E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περatóμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	21/4/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	22/4/2008
			Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος που βγήκε κατά τον κ	4,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1282,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1282,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1282,2		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1038,3		
Υδραυλική κλίση i		159,20		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1300	78000	4,1	0,0000526	23,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		5,256E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,78761E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,78761E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,50354E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	22/4/2008
Αναλογία άμμου-καολίνης	30-70		Ημερομηνία Λήξης	23/4/2008
			Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος που βγήκε κατά τον κ	4,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1588,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1588,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1588,1		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1344,1		
Υδραυλική κλίση i		206,09		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1280	76800	5,3	0,0000690	23,9
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,9		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		6,901E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,84126E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,84126E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,53396E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	23/4/2008
Αναλογία άμμου-καολίνης	30-70		Ημερομηνία Λήξης	24/4/2008
			Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος που βγήκε κατά τον κ	4,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	2097,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	2097,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		2097,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1853,8		
Υδραυλική κλίση i		284,24		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1400	84000	8,2	0,0000976	24,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		9,762E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,93966E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,93966E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,62449E-10		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample2			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k70s30_2			
Ημ/νια έναρξης :	07/05/2008			
Ημ/νια λήξης :	15/05/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	44,05		41,82	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	50,21		53,95	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	49,05		51,55	
Βάρος νερού (g)	1,16		2,40	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	5,00		9,73	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	23,20			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			24,7	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,30
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		248,5
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		249,9
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		111,79
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	90,72
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,98
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	19,39
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,60
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,73
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,652
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	94,3
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	39,5
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		113,19
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	90,79
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,001
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,63
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,651
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,4
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	39,4

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	9/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	10/5/2008
			Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		111,79		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	3			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	566,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	566,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		566,7		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		322,7		
Υδραυλική κλίση i		49,48		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1391	83460	0,9	0,0000108	23,5
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,5		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,078E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		2,49994E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		2,49994E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,32495E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περatóμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	10/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	11/5/2008
			Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		111,79		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	3			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	770,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	770,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		770,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		526,7		
Υδραυλική κλίση i		80,75		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1380	82800	1,8	0,0000217	23,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,174E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,08815E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,08815E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,88124E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περatóμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	11/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	12/5/2008
			Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		111,79		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	3			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1076,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1076,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1076,5		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		832,6		
Υδραυλική κλίση i		127,66		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1400	84000	3,2	0,0000381	23,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,810E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,42321E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,42321E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,19385E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περatóμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	12/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	13/5/2008
			Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		111,79		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	3			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1280,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1280,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1280,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1036,5		
Υδραυλική κλίση i		158,92		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1425	85500	4,2	0,0000491	23,0
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,0		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		4,912E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,54579E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,54579E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,29758E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περatóμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	13/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	14/5/2008
			Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		111,79		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	3			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1586,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1586,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1586,3		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1342,3		
Υδραυλική κλίση i		205,81		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1465	87900	5,8	0,0000660	23,0
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,0		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		6,598E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,67773E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,67773E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,42029E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περatóμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	14/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	15/5/2008
			Θερμοκρασία °C	22,0
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		111,79		
Πίεση κορεσμού (kPa)	50			
Χρόνος κορεσμού (hours)	48			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	3			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	2096,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	2096,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		2096,0		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1852,1		
Υδραυλική κλίση i		283,98		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1400	84000	7,8	0,0000929	23,0
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,0		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		9,286E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,75102E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,75102E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,48845E-10		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample3			
Κωδικός δείγματος :	Perm_k70s30_3			
Ημ/νια έναρξης :	15/05/2008			
Ημ/νια λήξης :	25/05/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,42		41,68	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	46,38		49,82	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	45,4		48,1	
Βάρος νερού (g)	0,98		1,72	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	3,98		6,42	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	24,6			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			26,8	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,30
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		249,2
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		251,3
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		112,49
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	90,26
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,99
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	19,51
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,60
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,65
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,661
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	98,8
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	39,8
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		114,59
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	90,38
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,026
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,87
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,659
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	107,8
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	39,7

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	18/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	19/5/2008
			Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		24,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,49		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	566,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	566,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		566,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		322,4		
Υδραυλική κλίση i		49,44		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1480	88800	1	0,0000113	25,3
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,3		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,126E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		2,61311E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		2,61311E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,32567E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	19/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	21/5/2008
			Θερμοκρασία °C	24
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		24,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,49		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	770,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	770,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		770,3		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		526,3		
Υδραυλική κλίση i		80,70		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
2340	140400	3,2	0,0000228	25,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,279E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,23987E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,23987E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,88349E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	21/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	22/5/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		24,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,49		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1076,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1076,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1076,1		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		832,1		
Υδραυλική κλίση i		127,59		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1500	90000	3,5	0,0000389	25,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,889E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,49641E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,49641E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,07684E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	22/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	23/5/2008
			Θερμοκρασία °C	24
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		24,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,49		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1280,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1279,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1279,9		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1036,0		
Υδραυλική κλίση i		158,85		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1430	85800	4,3	0,0000501	25,3
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,3		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		5,012E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,61927E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,61927E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,22115E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	23/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	24/5/2008
			Θερμοκρασία °C	24
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		24,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,49		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1585,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1585,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1585,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1341,8		
Υδραυλική κλίση i		205,74		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1480	88800	6,1	0,0000687	25,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		6,869E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,83019E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,83019E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,37056E-10		

Δοκιμή πίπτντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	24/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	25/5/2008
			Θερμοκρασία °C	24
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		24,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,49		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	2095,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	2095,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		2095,5		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1851,6		
Υδραυλική κλίση i		283,90		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1360	81600	7,8	0,0000956	25,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		9,559E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,86239E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,86239E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,43753E-10		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample4			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k70s30_4			
Ημ/νια έναρξης :	26/05/2008			
Ημ/νια λήξης :	03/06/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	43,92	40,34		
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	53,91	54,19		
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	52,02	51,47		
Βάρος νερού (g)	1,89	2,72		
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	8,10	11,13		
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	23,30			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %		24,4		
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,30
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		249,3
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		250,4
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		112,59
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	91,31
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,99
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	19,53
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,61
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,84
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,642
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	96,2
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	39,1
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		113,99
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	91,63
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,010
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,72
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,640
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	101,0
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	39,0

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	29/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	31/5/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,3%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,59		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	565,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	565,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		565,1		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		321,2		
Υδραυλική κλίση i		49,24		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
2800	168000	2	0,0000119	27,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		27,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,190E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		2,77318E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		2,77318E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,34334E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	31/5/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	1/6/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,3%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,59		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	769,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	768,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		769,0		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		525,0		
Υδραυλική κλίση i		80,50		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1560	93600	2,2	0,0000235	27,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		27,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,350E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,34939E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,34939E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,83024E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	1/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	2/6/2008
			Θερμοκρασία °C	27
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,3%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,59		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1074,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1074,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1074,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		830,8		
Υδραυλική κλίση i		127,39		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1380	82800	3,2	0,0000386	26,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,865E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,48013E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,48013E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,99292E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	1/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	2/6/2008
			Θερμοκρασία °C	27
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,3%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,59		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1584,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	54,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1584,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1584,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1340,6		
Υδραυλική κλίση i		205,55		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1300	78000	5,4	0,0000692	27,4
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		27,4		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		6,923E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,86359E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,86359E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,28405E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	3/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	4/6/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,3%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		112,59		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	54,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	2094,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	54,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	200			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	29,01			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	2039			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	2094,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		2094,3		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1850,4		
Υδραυλική κλίση i		283,72		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1300	78000	7,6	0,0000974	26,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		9,744E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,9396E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,9396E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,38806E-10		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample5			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k70s30_5			
Ημ/νια έναρξης :	04/09/2008			
Ημ/νια λήξης :	11/09/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,1		41,49	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	49,78		49,09	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	48,15		47,6	
Βάρος νερού (g)	1,63		1,49	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	7,05		6,11	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	23,1			
Τελικό ποσοστό υγρασίας wf %			24,4	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	Do	mm		33,24
Ύψος δείγματος	Ho	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	Ao	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,30
Όγκος δείγματος	Vo	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		250,61
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		251,8
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	Wo	g		113,9
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	Wd	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	92,53
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρb	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,01
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γb	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	19,75
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρd	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,64
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γd	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	16,05
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	Gs	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γw	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	eo		$= \frac{G_s \times (1 + w)}{\rho_b} - 1$	0,620
Αρχικός βαθμός κορεσμού	So	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1 + w) - \rho_b}$	98,7
Αρχικό πορώδες	no	%	$= \frac{e_o}{1 + e_o}$	38,3
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	Wf	g		115,09
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	Wdf	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	92,52
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρbf	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,035
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γbf	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,96
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	ef		$= \frac{G_s \times (1 + w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,620
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	Sf	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	104,2
Τελικό πορώδες	nf	%	$= \frac{e_f}{1 + e_f}$	38,3

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	10/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	11/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25.5
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,1%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		113,9		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	367,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	367,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		367,7		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		123,8		
Υδραυλική κλίση i		18,98		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	0,3	0,0000035	29,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		29,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,472E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		2,09881E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		2,09881E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		1,72102E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	11/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	12/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,1%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		113,9		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	571,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	571,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		571,7		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		327,7		
Υδραυλική κλίση i		50,25		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1620	97200	1,2	0,0000123	27,8
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		27,8		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,235E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		2,81841E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		2,81841E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,35337E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	12/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	13/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,1%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		113,9		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	775,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	775,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		775,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		531,7		
Υδραυλική κλίση i		81,52		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1320	79200	1,8	0,0000227	26,3
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,3		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,273E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,19816E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,19816E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,7824E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	13/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	15/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,1%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		113,9		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1081,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1081,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1081,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		837,5		
Υδραυλική κλίση i		128,41		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
2580	154800	5,9	0,0000381	26,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,811E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,40483E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,40483E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,9622E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	15/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	16/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,1%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		113,9		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1285,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1284,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1285,1		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1041,1		
Υδραυλική κλίση i		159,64		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	4,2	0,0000486	26,3
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,3		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		4,861E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,49318E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,49318E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,03907E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	16/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	30-70		Ημερομηνία Λήξης	17/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		23,1%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		113,9		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1590,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1590,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1590,5		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1346,6		
Υδραυλική κλίση i		206,47		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	5,8	0,0000671	26,5
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,5		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		6,713E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,72978E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,72978E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,2449E-10		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample1			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k30s70_1			
Ημ/νια έναρξης :	20/06/2008			
Ημ/νια λήξης :	27/06/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,49		41,36	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	52,2		52,15	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	51		50,75	
Βάρος νερού (g)	1,2		1,4	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	9,51		9,39	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	12,6			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			14,9	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		258,7
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		260,2
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		121,99
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	108,32
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,16
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,16
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,91
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,79
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,380
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	87,8
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	27,5
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		123,29
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	107,29
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,179
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,38
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,393
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,2
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	28,2

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	21/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	22/6/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,99		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πίεσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	361,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πίεσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	361,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		361,7		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		117,8		
Υδραυλική κλίση i		18,06		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	5,6	0,0000648	26,3
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,3		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		6,481E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		4,13821E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		4,13821E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,64162E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	22/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	23/6/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,99		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	565,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	565,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		565,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		321,6		
Υδραυλική κλίση i		49,31		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1320	79200	10,4	0,0001313	28,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		28,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,313E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,07008E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,07008E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,54817E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	23/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	24/6/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,99		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	769,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	769,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		769,3		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		525,4		
Υδραυλική κλίση i		80,55		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1260	75600	22	0,0002910	26,8
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,8		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,910E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		4,16507E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		4,16507E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,54031E-09		

Δοκιμή πέπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	24/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	25/6/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Υψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,99		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1075,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	55,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1075,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1075,2		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		831,3		
Υδραυλική κλίση i		127,46		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1620	97200	80	0,0008230	24,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		8,230E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		7,44487E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		7,44487E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		6,62593E-09		

Δοκιμή πέπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	25/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	26/6/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,99		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	53,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1277,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	52,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1276,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1276,7		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1032,8		
Υδραυλική κλίση i		158,36		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	124	0,0014352	26,0
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,0		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,435E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,04492E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,04492E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		9,19529E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	26/6/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	27/6/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,6%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,99		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	52,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1581,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	51,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1580,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1581,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1337,5		
Υδραυλική κλίση i		205,07		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	183	0,0021181	26,0
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,0		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,118E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,19081E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,19081E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		1,04791E-08		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample2			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k30s70_2			
Ημ/νια έναρξης :	30/06/2008			
Ημ/νια λήξης :	08/07/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	43,35		40,38	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	52,07		49,93	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	51,05		48,62	
Βάρος νερού (g)	1,02		1,31	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	7,7		8,24	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	13,2			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			15,9	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		257,8
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		260,1
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		121,09
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	106,97
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,14
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,00
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,89
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,55
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,397
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	87,8
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	28,4
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		122,69
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	105,86
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,169
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,28
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,412
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	102,0
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	29,2

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	4/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	5/6/2008
			Θερμοκρασία °C	24
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	369,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	369,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		369,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		125,5		
Υδραυλική κλίση i		19,24		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1200	72000	4,8	0,0000667	24,4
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,4		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		6,667E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,99524E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,99524E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,63566E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	5/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	6/6/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	573,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	573,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		573,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		329,4		
Υδραυλική κλίση i		50,51		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1280	76800	13	0,0001693	27,3
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		27,3		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,693E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,86382E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,86382E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,28425E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	6/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	7/6/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	777,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	777,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		777,2		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		533,2		
Υδραυλική κλίση i		81,76		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1320	79200	25	0,0003157	26,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,157E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		4,45139E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		4,45139E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,82819E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	7/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	7/6/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1082,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1082,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1082,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		838,9		
Υδραυλική κλίση i		128,63		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
600	36000	30	0,0008333	25,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		8,333E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		7,46964E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		7,46964E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		6,64798E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	7/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	8/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1286,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1285,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1285,9		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1042,0		
Υδραυλική κλίση i		159,77		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
840	50400	67	0,0013294	26,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,329E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		9,59329E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		9,59329E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		8,4421E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	8/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	8/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,09		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,6			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πίεσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1591,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πίεσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1590,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1590,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1346,7		
Υδραυλική κλίση i		206,48		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	175	0,0020255	26,1
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,1		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,025E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,13097E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,13097E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		9,95257E-09		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample3			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k30s70_3			
Ημ/νια έναρξης :	12/07/2008			
Ημ/νια λήξης :	16/07/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	48,09		41,5	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	64,63		55,12	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	62,86		53,3	
Βάρος νερού (g)	1,77		1,82	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	14,77		11,8	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	12,0			
Τελικό ποσοστό υγρασίας wf %			15,4	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	Do	mm		33,24
Ύψος δείγματος	Ho	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	Ao	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	Vo	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		257,1
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		259,7
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	Wo	g		120,39
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	Wd	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	107,49
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρb	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,13
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γb	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	20,88
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρd	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,90
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γd	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,64
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	Gs	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γw	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	eo		$= \frac{G_s \times (1 + w)}{\rho_b} - 1$	0,390
Αρχικός βαθμός κορεσμού	So	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1 + w) - \rho_b}$	81,2
Αρχικό πορώδες	no	%	$= \frac{e_o}{1 + e_o}$	28,1
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	Wf	g		122,99
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	Wdf	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	106,58
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρbf	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,174
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γbf	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,33
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	ef		$= \frac{G_s \times (1 + w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,402
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	Sf	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	101,1
Τελικό πορώδες	nf	%	$= \frac{e_f}{1 + e_f}$	28,7

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	12/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	13/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,0%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		120,42		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	369,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	369,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		369,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		125,5		
Υδραυλική κλίση i		19,24		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
930	55800	3	0,0000538	26,5
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,5		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		5,376E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,22196E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,22196E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,73867E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	13/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	14/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,0%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		120,42		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	573,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	573,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		573,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		329,4		
Υδραυλική κλίση i		50,51		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
930	55800	8,6	0,0001541	26,8
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,8		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,541E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,51802E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,51802E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,99032E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	14/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	14/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,0%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		120,42		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	777,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	777,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		777,3		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		533,4		
Υδραυλική κλίση i		81,78		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
405	24300	6,4	0,0002634	26,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,634E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,71306E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,71306E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,1561E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	14/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	15/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,0%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		120,42		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		63,5		
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100		
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50		
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020		
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1083,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40		
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20		
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90		
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204		
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,5		
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100		
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50		
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020		
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1081,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40		
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20		
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90		
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95		
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1082,2		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		838,3		
Υδραυλική κλίση i		128,53		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	63	0,0007292	26,5
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,5		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		7,292E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		6,54061E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		6,54061E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		5,55952E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	15/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	16/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				
Βάρος υγρού δείγματος (g)				
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1591,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1588,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1589,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1345,7		
Υδραυλική κλίση i		206,33		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1400	84000	158	0,0018810	26,9
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,9		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,881E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,05106E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,05106E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		9,03914E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	16/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	16/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,0%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		120,42		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	68,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	180			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	26,11			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1836			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1904,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	180			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	26,11			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1836			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1892,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1898,0		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1654,1		
Υδραυλική κλίση i		253,62		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
680	40800	108	0,0026471	26,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,647E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,20335E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,20335E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		1,02285E-08		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample4			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k30s70_3			
Ημ/νια έναρξης :	16/07/2008			
Ημ/νια λήξης :	24/07/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,50		41,30	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	48,60		50,20	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	47,80		49,02	
Βάρος νερού (g)	0,80		1,18	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	6,30		7,72	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	12,70			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			15,30	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		260,02
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		260,87
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		123,31
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	109,41
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,18
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,38
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,93
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,97
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,366
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	91,7
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	26,8
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		124,16
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	107,68
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,195
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,53
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,388
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	104,2
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	27,9

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	19/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	20/9/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,7%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		123,31		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	568,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	568,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		568,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		324,8		
Υδραυλική κλίση i		49,80		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
870	52200	8,2	0,0001571	26,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,571E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,63651E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,63651E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,09104E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	20/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	21/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,7%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		123,31		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	772,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	772,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		772,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		528,6		
Υδραυλική κλίση i		81,05		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	26	0,0003009	26,8
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,8		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,009E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		4,28058E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		4,28058E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,80972E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	21/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	22/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,7%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		123,31		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πίεσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1078,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πίεσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1077,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1078,1		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		834,1		
Υδραυλική κλίση i		127,90		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
900	54000	42	0,0007778	26,5
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,5		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		7,778E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		7,01136E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		7,01136E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		6,24011E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	22/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	23/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,7%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		123,31		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1287,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1287,2		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1287,2		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1043,3		
Υδραυλική κλίση i		159,97		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	105	0,0012153	26,8
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,8		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,215E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		8,75906E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		8,75906E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		7,4452E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 4		Ημερομηνία Έναρξης	23/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	24/7/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,7%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		123,31		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1587,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1587,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1587,7		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1343,8		
Υδραυλική κλίση i		206,04		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
790	47400	92	0,0019409	26,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,941E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,08611E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,08611E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		9,23194E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 3		Ημερομηνία Έναρξης	24/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	24/7/2008
			Θερμοκρασία °C	26
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,7%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		123,31		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	5,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πίεσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	180			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	26,11			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1836			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1893,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πίεσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	57,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	180			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	26,11			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1836			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1893,0		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1893,3		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1649,3		
Υδραυλική κλίση i		252,89		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
400	24000	66	0,0027500	26,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,750E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,25375E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,25375E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		1,06569E-08		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample5			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k30s70_5			
Ημ/νια έναρξης :	25/07/2008			
Ημ/νια λήξης :	05/08/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,69		41,49	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	61,36		62,62	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	59,17		59,74	
Βάρος νερού (g)	2,19		2,88	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	17,48		18,25	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	12,5			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			15,8	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		258,27
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		259,43
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		121,56
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	108,05
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,15
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,08
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,91
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,74
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,383
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	85,5
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	27,9
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		122,72
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	105,98
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,169
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,28
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,410
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	101,7
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	29,1

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 5		Ημερομηνία Έναρξης	28/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	29/7/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,5%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,56		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	6,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	366,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	366,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		366,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		122,8		
Υδραυλική κλίση i		18,83		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	5	0,0000579	24,8
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,8		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		5,787E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,54291E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,54291E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,11776E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 5		Ημερομηνία Έναρξης	29/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	30/7/2008
			Θερμοκρασία °C	24
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Υψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,5%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,56		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	6,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	570,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	570,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		570,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		326,7		
Υδραυλική κλίση i		50,09		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	12	0,0001389	24,5
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,5		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,389E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,197E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,197E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		2,84533E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 5		Ημερομηνία Έναρξης	30/7/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	1/8/2008
			Θερμοκρασία °C	24,5
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,5%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,35		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	6,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	774,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	60,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	774,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		774,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		530,5		
Υδραυλική κλίση i		81,34		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	25	0,0002894	25,3
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		25,3		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,894E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		4,10159E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		4,10159E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,6094E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 5			Ημερομηνία Έναρξης	1/8/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30			Ημερομηνία Λήξης	2/8/2008
				Θερμοκρασία °C	24,5
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32			
	Υψος L, (cm)	6,52			
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57			
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67			
Υγρασία συμπίκνωσης (%)					12,5%
Βάρος υγρού δείγματος (g)					121,56
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		6,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1080,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		59,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1079,6			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1079,9			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		836,0			
Υδραυλική κλίση i		128,18			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1440	86400	75	0,0008681	25,1	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				25,1	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				8,681E-04	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				7,80787E-07	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				7,80787E-09	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				6,87092E-09	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Πιετόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 5		Ημερομηνία Έναρξης	2/8/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	3/8/2008
			Θερμοκρασία °C	24,0
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,5%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,56		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	6,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1283,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1282,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1283,1		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1039,2		
Υδραυλική κλίση i		159,34		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	112	0,0012963	24,4
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,4		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,296E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		9,37986E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		9,37986E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		8,34808E-09		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 5		Ημερομηνία Έναρξης	3/8/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	4/8/2008
			Θερμοκρασία °C	23,5
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,5%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,56		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	6,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	59			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1588,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	57,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1587,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1588,1		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1344,1		
Υδραυλική κλίση i		206,09		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	168	0,0019444	23,4
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,4		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,944E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,0878E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,0878E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		1,01165E-08		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 5		Ημερομηνία Έναρξης	4/8/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη	70-30		Ημερομηνία Λήξης	5/8/2008
			Θερμοκρασία °C	24,0
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,32		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,57		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,67		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		12,5%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		121,56		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	6,5			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	57,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	180			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	26,11			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1836			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1893,4		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	56,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	180			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	26,11			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1836			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1892,1		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1892,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1648,8		
Υδραυλική κλίση i		252,81		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	227	0,0026273	23,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		2,627E-03		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,19818E-06		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,19818E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		1,10233E-08		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample1			
Κωδικός δείγματος :	HPres_k30s30p40_1			
Ημ/νια έναρξης :	25/08/2008			
Ημ/νια λήξης :	04/09/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,71		40,31	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	56,07		58,9	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	54,33		56,45	
Βάρος νερού (g)	1,74		2,45	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	12,62		16,14	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	13,8			
Τελικό ποσοστό υγρασίας wf %			15,2	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	Do	mm		33,24
Ύψος δείγματος	Ho	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	Ao	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	Vo	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		261,03
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		261,98
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	Wo	g		124,32
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	Wd	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	109,24
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρb	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,20
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γb	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,56
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρd	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,93
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γd	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,95
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	Gs	Αδιάστατο		2,6915
Φαινόμενο βάρος νερού	γw	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	eo		$= \frac{G_s \times (1 + w)}{\rho_b} - 1$	0,394
Αρχικός βαθμός κορεσμού	So	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1 + w) - \rho_b}$	94,3
Αρχικό πορώδες	no	%	$= \frac{e_o}{1 + e_o}$	28,2
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	Wf	g		125,27
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	Wdf	g	$= \frac{W_f}{1 + w_f}$	108,74
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρbf	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,214
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γbf	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,72
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	ef		$= \frac{G_s \times (1 + w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,400
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	Sf	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	102,2
Τελικό πορώδες	nf	%	$= \frac{e_f}{1 + e_f}$	28,6

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	29/8/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλι	30-30-40		Ημερομηνία Λήξης	30/8/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Υψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,8%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		124,32		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	368,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	306			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	368,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		368,9		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		125,0		
Υδραυλική κλίση i		19,16		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	1,6	0,0000185	26,0
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,0		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,852E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		1,10862E-07		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		1,10862E-09		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		9,64497E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	30/8/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλι	30-30-40		Ημερομηνία Λήξης	31/8/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,8%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		124,32		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	572,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	510			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	572,9		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		572,9		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		328,9		
Υδραυλική κλίση i		50,43		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1260	75600	2,8	0,0000370	27,6
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		27,6		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,704E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		8,42439E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		8,42439E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		7,16073E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	31/8/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλ	30-30-40		Ημερομηνία Λήξης	1/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Υψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,8%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		124,32		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	776,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	714			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	776,8		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		776,8		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		532,9		
Υδραυλική κλίση i		81,70		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1320	79200	4	0,0000505	26,7
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,7		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		5,051E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		7,09101E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		7,09101E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		6,09827E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περatoόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 1			Ημερομηνία Έναρξης	1/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	2/9/2008
				Θερμοκρασία °C	24
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,8%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		63			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1082,7			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1082,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1082,6			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		838,7			
Υδραυλική κλίση i		128,59			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1380	82800	5,8	0,0000700	26,4	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				26,4	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				7,005E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				6,2487E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				6,2487E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				5,37389E-10	

Δοκιμή Μεταβλητού φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 1		Ημερομηνία Έναρξης	2/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40		Ημερομηνία Λήξης	3/9/2008
			Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,8%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		124,32		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	62,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1286,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	62,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1224			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1286,3		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1286,4		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1042,4		
Υδραυλική κλίση i		159,84		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1320	79200	6,8	0,0000859	26,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		26,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		8,586E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		6,16208E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		6,16208E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		5,29939E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 1			Ημερομηνία Έναρξης	3/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	4/9/2008
				Θερμοκρασία °C	25
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,8%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		4			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1592,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1592,1			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1592,2			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1348,2			
Υδραυλική κλίση i		206,72			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1380	82800	9,4	0,0001135	26,3	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				26,3	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				1,135E-04	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				6,29991E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				6,29991E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				5,41792E-10	

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample2			
Κωδικός δείγματος :	Perm_k30s30p40_2			
Ημ/νια έναρξης :	18/09/2008			
Ημ/νια λήξης :	27/09/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,36		43,36	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	50,54		50,79	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	49,46		49,78	
Βάρος νερού (g)	1,08		1,01	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	8,1		6,42	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	13,3			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			15,7	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		259,95
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		261,4
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		123,24
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	108,77
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,18
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,37
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,92
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,86
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,6915
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,400
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	89,6
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	28,6
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		124,69
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	107,77
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,204
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,62
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,413
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	102,4
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	29,2

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 2			Ημερομηνία Έναρξης	22/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	23/9/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,3%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				123,24	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		4,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		367,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		367,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		367,2			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		123,3			
Υδραυλική κλίση i		18,90			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1430	85800	1,3	0,0000152	24,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				24,0	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				1,515E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				9,19559E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				9,19559E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				8,27603E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 2			Ημερομηνία Έναρξης	23/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	24/9/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,3%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				123,24	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		4,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,3			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		571,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		571,0			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		571,1			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		327,1			
Υδραυλική κλίση i		50,16			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1545	92700	2,8	0,0000302	24,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,0			
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,020E-05			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		6,90818E-08			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		6,90818E-10			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		6,21736E-10			

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 2			Ημερομηνία Έναρξης	24/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	25/9/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,3%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				123,4	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		4,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		90			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		13,05			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		918			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		978,9			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		90			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		13,05			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		918			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		978,9			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		978,9			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		734,9			
Υδραυλική κλίση i		112,68			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1455	87300	4,5	0,0000515	24,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,0			
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		5,155E-05			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		5,24752E-08			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		5,24752E-10			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		4,72277E-10			

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 2			Ημερομηνία Έναρξης	25/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	26/9/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,3%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				123,24	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		4,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1284,8			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		61			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1284,7			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1284,7			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1040,8			
Υδραυλική κλίση i		159,58			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1390	83400	6,4	0,0000767	24,1	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				24,1	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				7,674E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				5,51627E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				5,51627E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				4,96464E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 2		Ημερομηνία Έναρξης	26/9/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40		Ημερομηνία Λήξης	27/9/2008
			Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,3%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		123,24		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	4,2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1590,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	61			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1530			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1590,6		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1590,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1346,7		
Υδραυλική κλίση i		206,48		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1495	89700	9	0,0001003	24,2
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		24,2		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		1,003E-04		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		5,57425E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		5,57425E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		5,01682E-10		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample3			
Κωδικός δείγματος :	Perm_k30s30p40_3			
Ημ/νια έναρξης :	27/09/2008			
Ημ/νια λήξης :	08/10/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	42,75		42,89	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	61,8		53,15	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	59,57		51,74	
Βάρος νερού (g)	2,23		1,41	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	16,82		8,85	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	13,3			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			15,9	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		259,23
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		261,05
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		122,52
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	108,18
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,17
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,25
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,91
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,75
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,6915
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,408
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	87,7
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	29,0
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		124,34
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	107,28
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,198
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,56
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,419
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	102,1
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	29,5

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 3			Ημερομηνία Έναρξης	1/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	2/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				14,4%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				122,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		3,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		366,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		366,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		366,5			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		122,6			
Υδραυλική κλίση i		18,79			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1470	88200	1,4	0,0000159	24,1	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				24,1	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				1,587E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				9,68849E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				9,68849E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				8,71964E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 3			Ημερομηνία Έναρξης	2/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	3/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				14,4%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				122,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		3,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		570,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		570,4			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		570,4			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		326,5			
Υδραυλική κλίση i		50,06			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1640	98400	2,8	0,0000285	24,6	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				24,6	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				2,846E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				6,52097E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				6,52097E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				5,80366E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 3			Ημερομηνία Έναρξης	3/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	4/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				14,4%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				122,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		3,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		714			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		774,3			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		714			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		774,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		774,3			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		530,3			
Υδραυλική κλίση i		81,31			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1445	86700	3,4	0,0000392	24,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				24,0	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				3,922E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				5,53244E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				5,53244E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				4,9792E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 3			Ημερομηνία Έναρξης	410/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	5/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				14,4%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				122,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		3,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1080,1			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1080,1			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1080,1			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		836,2			
Υδραυλική κλίση i		128,21			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1290	77400	4,4	0,0000568	24,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				24,0	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				5,685E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				5,08628E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				5,08628E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				4,57765E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 3			Ημερομηνία Έναρξης	510/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	6/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				14,4%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				122,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		3,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1284,1			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1284,1			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2, (cm H ₂ O)		1284,1			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1040,1			
Υδραυλική κλίση i		159,48			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1220	73200	5,2	0,0000710	23,6	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				23,6	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				7,104E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				5,1097E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				5,1097E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				4,70092E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 3			Ημερομηνία Έναρξης	610/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	7/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				14,4%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				122,32	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		3,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1590,0			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		60,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1589,8			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1589,9			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1346,0			
Υδραυλική κλίση i		206,37			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1460	87600	8,4	0,0000959	23,6	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				23,6	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				9,589E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				5,33012E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				5,33012E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				4,90371E-10	

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample4			
Κωδικός δείγματος :	Perm_k30s30p40_4			
Ημ/νια έναρξης :	10/10/2008			
Ημ/νια λήξης :	22/10/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	42,82	40,39		
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	57,27	51,96		
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	55,55	50,47		
Βάρος νερού (g)	1,72	1,49		
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	12,73	10,08		
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	13,5			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %		14,8		
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		261,66
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		262,25
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		124,95
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	110,09
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,21
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,67
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,95
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	19,09
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,6915
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,383
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	94,9
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	27,7
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		125,54
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	109,36
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,219
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,77
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,392
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	101,5
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	28,2

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 4			Ημερομηνία Έναρξης	13/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	14/10/2008
				Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,5%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,95	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		368,6			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		368,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		368,6			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		124,6			
Υδραυλική κλίση i		19,11			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1400	84000	1,6	0,0000190	22,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				22,0	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				1,905E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				1,14349E-07	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				1,14349E-09	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				1,09775E-09	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 4			Ημερομηνία Έναρξης	14/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	15/10/2008
				Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Υψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,5%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,95	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		572,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		572,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		572,5			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		328,5			
Υδραυλική κλίση i		50,37			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1400	84000	2,5	0,0000298	22,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				22,0	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				2,976E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				6,77784E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				6,77784E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				6,50672E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 4			Ημερομηνία Έναρξης	15/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	16/10/2008
				Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)			13,5%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)			124,95		
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,6			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		714			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		776,4			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		714			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		776,3			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		776,4			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		532,4			
Υδραυλική κλίση i		81,63			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1400	84000	3,2	0,0000381	22,4	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		22,4			
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		3,810E-05			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		5,35317E-08			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		5,35317E-10			
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		5,11228E-10			

Δοκιμή πέπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 4			Ημερομηνία Έναρξης	16/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	17/10/2008
				Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Υψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,5%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,95	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1082,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1020			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1082,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1082,2			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		838,3			
Υδραυλική κλίση i		128,53			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1400	84000	4,5	0,0000536	22,1	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				22,1	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				5,357E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				4,78115E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				4,78115E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				4,58991E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 4			Ημερομηνία Έναρξης	17/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	19/10/2008
				Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,5%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,95	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,5			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1286,2			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1286,1			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1286,1			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1042,2			
Υδραυλική κλίση i		159,80			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
2880	172800	12	0,0000694	22,7	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				22,7	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				6,944E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				4,98523E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				4,98523E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				4,73597E-10	

Δοκιμή πέπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 4			Ημερομηνία Έναρξης	19/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	21/10/2008
				Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Υψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,5%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,95	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		72			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,4			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1592,0			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		62,2			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1591,8			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1591,9			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1348,0			
Υδραυλική κλίση i		206,68			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
2200	132000	13	0,0000985	22,4	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				22,4	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				9,848E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				5,46621E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				5,46621E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				5,1929E-10	

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης			
Δείγμα:	Sample5			
Κωδικός δείγματος :	Perm_k30s30p40_5			
Ημ/νια έναρξης :	29/10/2008			
Ημ/νια λήξης :	09/11/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,53		40,96	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	64,55		54,17	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	61,87		52,49	
Βάρος νερού (g)	2,68		1,68	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	20,34		11,53	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	13,2			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			14,6	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		33,24
Ύψος δείγματος	H _o	mm		65,22
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	867,3
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	56568,2
Βάρος δειγματολήπτη		g		136,71
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		261,97
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		262,70
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		125,26
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	110,65
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,21
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,72
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,96
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	19,19
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,6915
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,376
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	94,5
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	27,3
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		125,99
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	109,94
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,227
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,85
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,385
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	102,1
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	27,8

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 5			Ημερομηνία Έναρξης	2/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	3/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπύκνωσης (%)				13,2%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,96	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		58,1			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		364,0			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		30			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		4,35			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		306			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		363,9			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		364,0			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		120,0			
Υδραυλική κλίση i		18,40			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1640	98400	1,4	0,0000142	24,0	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				24,0	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				1,423E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				8,8687E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				8,8687E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				7,98183E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 5			Ημερομηνία Έναρξης	3/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	4/10/2008
				Θερμοκρασία °C	23
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,2%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,96	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		567,9			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		7,25			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		510			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		567,9			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		567,9			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		323,9			
Υδραυλική κλίση i		49,67			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1260	75600	1,8	0,0000238	23,7	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				23,7	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				2,381E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				5,49927E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				5,49927E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				5,00434E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 5			Ημερομηνία Έναρξης	4/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	5/10/2008
				Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,2%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,96	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		714			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		771,8			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		57,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		70			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		10,15			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		714			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		771,7			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		771,8			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		527,8			
Υδραυλική κλίση i		80,93			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1440	86400	2,6	0,0000301	23,4	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				23,4	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				3,009E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				4,26549E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				4,26549E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				3,88159E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιόμετρο Υψηλής Πίεσης				
Δείγμα	Sample 5		Ημερομηνία Έναρξης	5/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40		Ημερομηνία Λήξης	6/10/2008
			Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου	Διάμετρος D, (cm)	3,33		
	Ύψος L, (cm)	6,52		
	Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
	Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)		13,2%		
Βάρος υγρού δείγματος (g)		124,96		
Πίεση κορεσμού (kPa)	30			
Χρόνος κορεσμού (hours)	96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)	2,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου				
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	58			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)	1077,7		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	204			
	Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)	243,9		
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων				
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)	57,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)	100			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)	14,50			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)	1020			
	Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)	1077,5		
Πίεση λόγω θέσης (cm)	40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)	20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)	2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)	203,95			
	Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)	243,9		
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1077,6		
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		833,7		
Υδραυλική κλίση i		127,83		
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου				
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C
0	0	0	0	
1440	86400	3,8	0,0000440	23,5
Μέση Θερμοκρασία νερού °C		23,5		
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)		4,398E-05		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec		3,94693E-08		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec		3,94693E-10		
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C		3,5917E-10		

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περατόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 5			Ημερομηνία Έναρξης	6/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	7/10/2008
				Θερμοκρασία °C	22
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,2%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,96	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		58,9			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1282,6			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		57,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		120			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		17,40			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1224			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1281,5			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1282,0			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1038,1			
Υδραυλική κλίση i		159,17			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
1400	84000	4,7	0,0000560	23,4	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				23,4	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				5,595E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				4,03254E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				4,03254E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				3,66961E-10	

Δοκιμή πίπτοντος φορτίου με Περαιτόμετρο Υψηλής Πίεσης					
Δείγμα	Sample 5			Ημερομηνία Έναρξης	7/10/2008
Αναλογία άμμου-καολίνη-παιπάλης	30-30-40			Ημερομηνία Λήξης	9/10/2008
				Θερμοκρασία °C	21
Διαστάσεις δοκιμίου		Διάμετρος D, (cm)	3,33		
		Ύψος L, (cm)	6,52		
		Όγκος δοκιμίου (cm ³)	56,85		
		Εμβαδόν διατομής A, cm ²	8,72		
Υγρασία συμπίκνωσης (%)				13,2%	
Βάρος υγρού δείγματος (g)				124,96	
Πίεση κορεσμού (kPa)		30			
Χρόνος κορεσμού (hours)		96			
Όγκος κατά τον κορεσμό (ml)		2,8			
Επίπεδο αναφοράς η βάση του οργάνου					
Πιέσεις πριν την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		57,8			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ (cm H ₂ O)		1587,4			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		204			
Πίεση εξόδου P ₂ (cm H ₂ O)		243,9			
Πιέσεις μετά την καταγραφή των μετρήσεων					
Στάθμη νερού στον ογκομετρικό (cm)		57,7			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (kPa)		150			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (psi)		21,76			
Πίεση μανομέτρου στην είσοδο (cm H ₂ O)		1530			
Πίεση εισόδου P ₁ ' (cm H ₂ O)		1587,3			
Πίεση λόγω θέσης (cm)		40			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (kPa)		20			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (psi)		2,90			
Πίεση μανομέτρου στην έξοδο (cm H ₂ O)		203,95			
Πίεση εξόδου P ₂ ' (cm H ₂ O)		243,9			
Μέση πίεση εισόδου (P ₁ + P ₁ ') / 2 , (cm H ₂ O)		1587,4			
Διαφορά πίεσης, ΔP (cm H ₂ O)		1343,4			
Υδραυλική κλίση i		205,98			
Μετρήσεις Παροχής ανά μονάδα χρόνου					
Χρόνος(min)	Χρόνος(sec)	Όγκος εκροής (cm ³)	Q (cm ³ /sec)	Θερμοκρασία °C	
0	0	0	0		
2090	125400	9,6	0,0000766	22,5	
Μέση Θερμοκρασία νερού °C				22,5	
Μέση Παροχή Q _{aver} , (cm ³ /sec)				7,656E-05	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, cm/sec				4,26343E-08	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec				4,26343E-10	
Συντελεστής Διαπερατότητας k, m/sec στους 20 °C				3,87972E-10	

Υδραυλικό οιδήμετρο

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Υδραυλικό Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample1			
Κωδικός δείγματος :	Hydrocon_k70s30_1			
Ημ/νια έναρξης :	10/04/2008			
Ημ/νια λήξης :	26/04/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,35		42,6	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	52,6		57,6	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	50,6		54,4	
Βάρος νερού (g)	2		3,2	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	9,25		11,8	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	21,6			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			27,1	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		69,95
Ύψος δείγματος	H _o	mm		19,04
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	3841,0
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	73132,8
Βάρος δειγματολήπτη		g		113,69
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		254,55
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		259,1
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		140,86
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	115,82
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,93
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	18,89
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,58
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,54
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,673
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	85,1
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	40,2
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		145,41
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	115,84
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	1,988
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,51
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,673
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,5
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	40,2

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Υδραυλικό Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample2			
Κωδικός δείγματος :	Hydrocon_k70s30_2			
Ημ/νια έναρξης :	07/05/2008			
Ημ/νια λήξης :	22/05/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	40,37		41,83	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	52,17		52,94	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	50,05		50,60	
Βάρος νερού (g)	2,12		2,34	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	9,68		8,80	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	21,9			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			26,7	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		69,95
Ύψος δείγματος	H _o	mm		19,04
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	3841,0
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	73132,8
Βάρος δειγματολήπτη		g		113,69
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		252,54
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		258,10
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		138,85
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	113,90
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,899
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	18,63
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,56
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,28
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,701
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	82,7
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	41,2
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		144,41
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	113,99
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	1,975
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,37
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,700
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	101,0
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	41,2

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Υδραυλικό Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample3			
Κωδικός δείγματος :	Hydrocon_k70s30_3			
Ημ/νια έναρξης :	23/05/2008			
Ημ/νια λήξης :	04/06/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	40,58			41,58
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	49,04			47,43
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	47,44			46,20
Βάρος νερού (g)	1,6			1,23
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	6,86			4,62
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	23,3			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %				26,6
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		69,95
Ύψος δείγματος	H _o	mm		19,04
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	3841,0
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	73132,8
Βάρος δειγματολήπτη		g		113,69
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		255,73
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		259,45
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		142,04
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	115,20
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,94
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	19,05
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,58
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,45
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,682
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	90,5
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	40,6
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		145,76
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	115,11
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	1,993
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,55
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,684
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	103,2
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	40,6

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Υδραυλικό Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample1			
Κωδικός δείγματος :	Hydrocon_k30s70_1			
Ημ/νια έναρξης :	30/06/2009			
Ημ/νια λήξης :	13/07/2009			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,73		41,01	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	49,02		49,96	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	48,12		48,71	
Βάρος νερού (g)	0,9		1,25	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	6,39		7,7	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	14,1			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			16,2	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		69,95
Ύψος δείγματος	H _o	mm		19,04
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	3841,0
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	73132,8
Βάρος δειγματολήπτη		g		113,69
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		268,69
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		274,10
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		155
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	135,85
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,12
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	20,79
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,86
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,22
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,422
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	88,2
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	29,7
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		160,41
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	138,05
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,193
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,52
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,400
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	107,1
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	28,6

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Υδραυλικό Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample2			
Κωδικός δείγματος :	Hydrocon_k30s70_2			
Ημ/νια έναρξης :	14/07/2008			
Ημ/νια λήξης :	25/07/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	48,09		42,70	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	69,71		49,60	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	67,08		48,70	
Βάρος νερού (g)	2,63		0,9	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	18,99		6,0	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	13,8			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			15,0	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		69,95
Ύψος δείγματος	H _o	mm		19,04
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	3841,0
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	73132,8
Βάρος δειγματολήπτη		g		113,69
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		270,05
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		273,65
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		156,36
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	137,34
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,14
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	20,97
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,88
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,42
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,407
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	89,9
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	28,9
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		159,96
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	139,10
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,187
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,46
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,389
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	101,9
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	28,0

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Υδραυλικό Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample3			
Κωδικός δείγματος :	Hydrocon_k30s70_3			
Ημ/νια έναρξης :	25/08/2008			
Ημ/νια λήξης :				
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,42	41,73		
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	55,41	49,96		
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	53,67	48,85		
Βάρος νερού (g)	1,74	1,11		
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	12,25	7,12		
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	14,2			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %		15,6		
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		69,95
Ύψος δείγματος	H _o	mm		19,04
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	3841,0
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	73132,8
Βάρος δειγματολήπτη		g		113,69
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		268,32
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		272,25
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		154,63
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	135,40
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,11
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	20,74
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,85
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,16
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,427
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	87,9
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	29,9
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		158,56
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	137,17
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,168
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,27
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,409
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,8
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	29,0

Οιδήμετρο εμπρόσθιας στερεοποίησης

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample1			
Κωδικός δείγματος :	Cons_k70s30			
Ημ/νια έναρξης :	16/04/2008			
Ημ/νια λήξης :	03/06/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	43,8		41,44	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	50,97		50,04	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	49,66		48,35	
Βάρος νερού (g)	1,31		1,69	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	5,86		6,91	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	22,4			
Τελικό ποσοστό υγρασίας wf %			24,5	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	Do	mm		50,4
Ύψος δείγματος	Ho	mm		20,35
Εμβαδόν διατομής δείγματος	Ao	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	1994,0
Όγκος δείγματος	Vo	mm ³	$= A_o \times H_o$	40578,4
Βάρος δειγματολήπτη		g		60,23
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		136,16
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		141,46
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	Wo	g		75,93
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	Wd	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	62,03
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρb	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	1,87
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γb	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	18,36
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρd	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,53
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γd	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	15,00
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	Gs	Αδιάστατο		2,65
Φαινόμενο βάρος νερού	γw	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	eo		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,733
Αρχικός βαθμός κορεσμού	So	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	80,9
Αρχικό πορώδες	no	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	42,3
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	Wf	g		81,23
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	Wdf	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	65,27
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρbf	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,002
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γbf	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	19,64
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	ef		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,648
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	Sf	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,1
Τελικό πορώδες	nf	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	39,3
Τελικό ύψος δείγματος	Hf	mm		18,69

Δοκιμή Οιδημέτρου										
Κωδικός Δείγματος				Cons_k70s30		Οιδημέτρο		2		
Ημ/νια Έναρξης Δοκιμής				16/4/2008		Σημείο υπερχειλίσσης, h ₀ (cm)		128,5		
Ημ/νια Λήξης Δοκιμής				3/6/2008						
Υγρασία συμπύκνωσης %				22,4						
Βάρος Δείγματος, (g)				76,13						
Βάρος Δείγματος στο τέλος, (g)				76,53						
Διαστάσεις δείγματος										
Ύψος, (mm)				20,35						
Διάμετρος, (mm)				50,4						
Εμβαδόν διατομής, (mm ²)				1994						
Όγκος δείγματος, (mm ³)				40578,4						
Εμβαδόν διατομής σωλήνα α,cm ²				0,1257						
Στάδιο Φόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας						
Φορτίο (kg)		Τάση (kPa)		Διάρκεια (hours)		Χρόνος (min)	y1 (cm)	y2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
1	0,5	24,59	Κορεσμός	-	-	-	-	-	-	-
2	1	49,17	24	1440	217	200	17	22		
3	2	98,34	24	1350	215	201	14	22,7		
4	4	196,69	24	1380	216	205	11	21,3		
5	8	393,38	24	1360	219	209	10	21,5		
6	16	786,75	24	1350	216	208	8	21,3		
Στάδιο Αποφόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας						
Φορτίο (kg)		Τάση (kPa)		Διάρκεια (hours)		Χρόνος (min)	h1(cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
7	8	393,38	24	1360	218	209	9	21,8		
8	4	196,69	24	1300	214,5	205	9,5	22,7		
9	2	98,34	24	1360	220	209	11	22,7		
10	1	49,17	24	2440	219	198	21	24,7		
Στάδιο Φόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας						
Φορτίο (kg)		Τάση (kPa)		Διάρκεια (hours)		Χρόνος (min)	h1(cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
11	2	98,34	24	1385	217	206,5	10,5	24,4		
12	4	196,69	24	1400	217	207	10	24,5		
13	8	393,38	24	1477	217,5	207,2	10,3	25,5		
14	16	786,75	24	1475	217,5	208	9,5	26		
Στάδιο Αποφόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας						
Φορτίο (kg)		Τάση (kPa)		Διάρκεια (hours)		Χρόνος (min)	h1 (cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
15	8	393,38	24	1535	216,5	206,5	10	26,7		
16	4	196,69	24	1440	217	207,2	9,8	25		
17	2	98,34	24	1420	217	206,7	10,3	25		
18	1	49,17	24	1440	217	206	11	25,7		

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample2			
Κωδικός δείγματος :	Cons_k30s70			
Ημ/νια έναρξης :	13/06/2008			
Ημ/νια λήξης :	20/07/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	41,44		41,36	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	59,28		51,50	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	57,36		50,30	
Βάρος νερού (g)	1,92		1,14	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	15,92		8,94	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	12,1			
Τελικό ποσοστό υγρασίας w _f %			12,8	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	D _o	mm		50,4
Ύψος δείγματος	H _o	mm		20,35
Εμβαδόν διατομής δείγματος	A _o	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	1994,0
Όγκος δείγματος	V _o	mm ³	$= A_o \times H_o$	40578,4
Βάρος δειγματολήπτη		g		60,23
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		147,5
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		150,7
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	W _o	g		87,27
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	W _d	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	77,88
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _b	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,15
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _b	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,10
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρ _d	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,92
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γ _d	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,83
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	G _s	Αδιάστατο		2,642
Φαινόμενο βάρος νερού	γ _w	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _o		$= \frac{G_s \times (1+w)}{\rho_b} - 1$	0,377
Αρχικός βαθμός κορεσμού	S _o	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1+w) - \rho_b}$	84,6
Αρχικό πορώδες	n _o	%	$= \frac{e_o}{1+e_o}$	27,4
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	W _f	g		90,47
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	W _{df}	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	80,24
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρ _{bf}	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,230
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γ _{bf}	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,87
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	e _f		$= \frac{G_s \times (1+w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,336
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	S _f	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,2
Τελικό πορώδες	n _f	%	$= \frac{e_f}{1+e_f}$	25,2
Τελικό ύψος δείγματος	H _f	mm		18,77

Δοκιμή Οιδημέτρου								
Κωδικός Δείγματος	Cons_k70s30			Οιδημέτρο		2		
Ημ/νια Έναρξης Δοκιμής	13/6/2008			Σημείο υπερχείλισης, h _o (cm)		128,5		
Ημ/ναι Λήξης Δοκιμής	21/7/2008							
Υγρασία συμπίκνωσης %	12,1							
Βάρος Δείγματος, (g)	83,67							
Βάρος Δείγματος στο τέλος, (g)	84,54							
Διαστάσεις δείγματος								
Ύψος, (mm)	20,35							
Διάμετρος, (mm)	50,4							
Εμβαδόν διατομής, (mm ²)	1994							
Όγκος δείγματος, (mm ³)	40578,4							
Εμβαδόν διατομής σωλήνα α,cm ²		0,1257						
	Στάδιο Φόρτισης			Μέτρηση Διαπερατότητας				
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	γ1 (cm)	γ2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
0	0,25	12,295	Κορεσμός	-	-	-	-	-
1	0,5	24,59	24	25	220	210,5	9,5	25,4
2	1	49,17	24	50	220	209	11	24,7
3	2	98,34	24	100	220	209	11	25,2
4	4	196,69	24	130	220	210,5	9,5	25,8
5	8	393,38	24	250	220	209	11	25
6	16	786,75	24	300	220	209,5	10,5	25,3
	Στάδιο Αποφόρτισης			Μέτρηση Διαπερατότητας				
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	h1(cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
7	8	393,38	24	270	220	209	10	25,3
8	4	196,69	24	195	220	208,5	11,5	25,4
9	2	98,34	24	120	220	209,5	10,5	24,6
10	1	49,17	24	90	220	210	10	25,6
11	0,5	24,59	24	65	220	211	9	25,7
	Στάδιο Φόρτισης			Μέτρηση Διαπερατότητας				
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	h1(cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
12	1	49,17	24	105	220	209	10	25
13	2	98,34	24	150	220	209,5	10,5	25
14	4	196,69	24	190	220	210	10	25,3
15	8	393,38	24	245	220	211	9	24,9
16	16	786,75	24	290	220	210,5	9,5	26
17	32	1573,5	24	350	220	211	9	25,3
18	60	2950,3	24	685	220	210	10	25,5
	Στάδιο Αποφόρτισης			Μέτρηση Διαπερατότητας				
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	h1 (cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)
19	32	1573,5	24	460	220	209	11	25,5
20	16	786,75	24	385	220	210	10	26,3
21	8	393,38	24	340	219,5	209,5	10	25,3
22	4	196,69	24	290	219	209	10	25,1
23	2	98,34	24	220	218,5	207,5	11	23,8
24	1	49,17	24	105	219	210	9	22,9
25	0,5	24,59	24	82	220	210	10	24,7

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ				
Εργαστηριακή δοκιμή :	Οιδήμετρο			
Δείγμα:	Sample3			
Κωδικός δείγματος :	Cons_k30s30p40			
Ημ/νια έναρξης :	17/06/2008			
Ημ/νια λήξης :	22/07/2008			
Ποσοστό υγρασίας δείγματος w %				
Απόβαρο (g)	42,9		40,39	
Βάρος εδάφους υγρό + απόβαρο (g)	56,79		48,31	
Βάρος εδάφους ξηρό + απόβαρο (g)	55,03		47,65	
Βάρος νερού (g)	1,76		1,14	
Βάρος ξηρού εδάφους (g)	12,13		7,26	
Αρχικό ποσοστό υγρασίας w %	14,5			
Τελικό ποσοστό υγρασίας wf %			15,7	
Στοιχεία δείγματος				
	Σύμβολο	Μονάδες	Τύπος	Τιμή
Διάμετρος δείγματος	Do	mm		50,4
Ύψος δείγματος	Ho	mm		20,09
Εμβαδόν διατομής δείγματος	Ao	mm ²	$= \frac{\pi \times D_o^2}{4}$	1994,0
Όγκος δείγματος	Vo	mm ³	$= A_o \times H_o$	40060,0
Βάρος δειγματολήπτη		g		59,49
Βάρος δειγματολήπτη + αρχικό υγρό δείγμα		g		146,8
Βάρος δειγματολήπτη + τελικό υγρό δείγμα		g		148,4
Αρχικό βάρος υγρού δείγματος	Wo	g		87,31
Αρχικό βάρος ξηρού δείγματος	Wd	g	$= \frac{W_o}{1+w}$	76,25
Αρχική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρb	Mg/m ³	$= \frac{W_o \times 10^3}{V_o}$	2,15
Αρχικό υγρό φαινόμενο βάρος	γb	kN/m ³	$= \rho_b \times g$	21,11
Αρχική ξηρή πυκνότητα δείγματος	ρd	Mg/m ³	$= \frac{W_d \times 10^3}{V_o}$	1,88
Αρχικό ξηρό φαινόμενο βάρος	γd	kN/m ³	$= \rho_d \times g$	18,43
Ειδικό βάρος στερεών δείγματος	Gs	Αδιάστατο		2,6915
Φαινόμενο βάρος νερού	γw	kN/m ³		9,81
Αρχικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	eo		$= \frac{G_s \times (1 + w)}{\rho_b} - 1$	0,432
Αρχικός βαθμός κορεσμού	So	%	$= \frac{\rho_b \times w \times G_s}{G_s \times (1 + w) - \rho_b}$	90,3
Αρχικό πορώδες	no	%	$= \frac{e_o}{1 + e_o}$	30,2
Τελικό βάρος υγρού δείγματος	Wf	g		88,91
Τελικό βάρος ξηρού δείγματος	Wdf	g	$= \frac{W_f}{1+w_f}$	76,84
Τελική υγρή πυκνότητα δείγματος	ρbf	Mg/m ³	$= \frac{W_f \times 10^3}{V_o}$	2,191
Τελικό υγρό φαινόμενο βάρος	γbf	kN/m ³	$= \rho_{bf} \times g$	21,49
Τελικός δείκτης πόρων (λόγος κενών)	ef		$= \frac{G_s \times (1 + w_f)}{\rho_{bf}} - 1$	0,421
Τελικός βαθμός κορεσμού (%)	Sf	%	$= \frac{w_f \times G_s}{e_f}$	100,3
Τελικό πορώδες	nf	%	$= \frac{e_f}{1 + e_f}$	29,6
Τελικό ύψος δείγματος	Hf	mm		18,67

Δοκιμή Στερεοποίησης									
Κωδικός Δείγματος				Cons_k30s30p40		Οιδήμετρο			1
Ημ/νια Έναρξης Δοκιμής				17/6/2008		Σημείο υπερχειλίσσης, h ₀ (cm)			127
Ημ/ναι Λήξης Δοκιμής				22/7/2008					
Υγρασία συμπίκνωσης %				14,5					
Βάρος Δείγματος, (g)				83,31					
Βάρος Δείγματος στο τέλος, (g)				83,63					
Διαστάσεις δείγματος									
Ύψος, (mm)				20,09					
Διάμετρος, (mm)				50,4					
Εμβαδόν διατομής, (mm ²)				1994					
Όγκος δείγματος, (mm ³)				40060					
Εμβαδόν διατομής σωλήνα α,cm ²				0,1257					
Στάδιο Φόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας					
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	y1 (cm)	y2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)	
0	0,25	12,295	Κορεσμός	-	-	-	-	-	
1	0,5	24,59	24	65	220	209	11	25,1	
2	1	49,17	24	92	220	210,5	9,5	24,7	
3	2	98,34	24	225	220	210	10	26,8	
4	4	196,69	24	330	220	209,5	10,5	25,1	
5	8	393,38	24	420	220	210	10	25,4	
6	16	786,75	24	520	220	209	11	25,4	
Στάδιο Αποφόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας					
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	h1(cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)	
7	8	393,38	24	460	220	210	10	26	
8	4	196,69	24	375	220	210	10	25,7	
9	2	98,34	24	300	220	210	10	24,4	
10	1	49,17	24	225	220	209	11	25,5	
11	0,5	24,59	24	170	220	210	10	25	
Στάδιο Φόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας					
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	h1(cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)	
12	1	49,17	24	250	220	209	11	25	
13	2	98,34	24	355	220	210	10	23,5	
14	4	196,69	24	425	220	210	10	25,8	
15	8	393,38	24	570	220	209	11	24,6	
16	16	786,75	24	630	220	209,5	10,5	25,9	
17	32	1573,5	24	685	220	210	10	25,8	
18	60	2950,3	24	720	220	210	10	25,9	
Στάδιο Αποφόρτισης				Μέτρηση Διαπερατότητας					
	Φορτίο (kg)	Τάση (kPa)	Διάρκεια (hours)	Χρόνος (min)	h1 (cm)	h2 (cm)	Ύψος πτώσης (cm)	T _{νερού} (°C)	
19	32	1573,5	24	640	220	211	9	25,3	
20	16	786,75	24	580	220	210	10	25	
21	8	393,38	24	455	220	211	9	25	
22	4	196,69	24	460	220	210	10	23,4	
23	2	98,34	24	360	220	210	10	22,5	
24	1	49,17	24	260	220	210	10	27	
25	0,5	24,59	24	230	220	209,5	10,5	24,7	