

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**
ΣΧΟΛΗ: ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ: ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Σχέση διατμητικής αντοχής – κοκκομετρίας
λεπτόκοκκων υλικών

Φοιτήτρια : Σταυρίδου Αλεξάνδρα
Επιβλέπων καθηγητής : κ. Χρηστάρας Βασίλης

Θεσσαλονίκη 2014

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ :

<< Σχέση διατμητικής αντοχής – κοκκομετρίας
λεπτόκοκκων υλικών >>

Φοιτήτρια:

Σταυρίδου Αλεξάνδρα

Επιβλέπων καθηγητής:

κ.Χρηστάρας Βασίλης

Περιεχόμενα

Εισαγωγή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Γενικά

1.1	Λόγος μελέτης περιοχής	7
1.2	Γεωλογία της περιοχής.....	9
1.2.1.	Στρωματογραφία	10
1.2.2.	Παλαιογεωγραφία.....	10
1.3	Συνοπτική περιγραφή των εργαστηριακών δοκιμών.....	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Περιγραφή των εργαστηριακών δοκιμών της εδαφομηχανικής

2.1	Προσδιορισμός φαινομένου και ειδικού βάρους των εδαφικών δειγμάτων.....	14
2.2	Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα.....	18
2.3	Όρια Atterberg.....	23
2.4	Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

3.1	Αποτελέσματα δοκιμών.....	35
3.1.1.	Αποτελέσματα δοκιμών για την εύρεση του φαινομένου βάρους εδαφών.....	35

3.1.2. Αποτελέσματα δοκιμών για την εύρεση του ειδικού βάρους των εδαφών.....	35
3.1.3. Αποτελέσματα κοκκομετρικών αναλύσεων.....	37
3.1.4. Αποτελέσματα προσδιορισμού των ορίων Atterberg.....	42
3.1.5. Αποτελέσματα από την κοκκομετρική ανάλυση με πυκνόμετρο.....	45
3.1.6. Αποτελέσματα της δοκιμής για την εύρεση της διατμητικής αντοχής των εδαφών με τη χρήση της μεθόδου πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου.....	47
3.2 Συμπεράσματα δοκιμών.....	49
Βιβλιογραφία.....	50

Εισαγωγή

Τα εδάφη χωρίζονται σε δυο μεγάλες ομάδες με βάση το μέγεθος των κόκκων που βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό, και την πλαστικότητα. Τα αδρόκοκκα εδάφη αποτελούνται από κόκκους στο μέγεθος της άμμου ή μεγαλύτερο, δηλαδή το μέγεθος των κόκκων είναι μεγαλύτερο των 2mm. Τα λεπτόκοκκα εδάφη αποτελούνται κυρίως από κόκκους στο μέγεθος της αργίλου (με διαστάσεις κόκκων από 2mm έως 0.06mm) και της ιλύος(με διαστάσεις κόκκων από 0.06mm έως 0.002mm) με διαφορετικό βαθμό πλαστικότητας. Τα αδρόκοκκα προέρχονται κυρίως από τη μηχανική αποσάθρωση των βράχων, ενώ τα λεπτόκοκκα ιζήματα από τη χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων.

Η ταξινόμηση των εδαφών σε ομάδες μας δίνει πληροφορίες για τη μηχανική τους συμπεριφορά στις θέσεις κατασκευής τεχνικών έργων. Για παράδειγμα τα λεπτόκοκκα εμφανίζουν μικρότερη διαπερατότητα, άρα είναι πιο στεγανά, μικρότερη αποστραγγιστική ικανότητα και ικανότητες καθίζησης σε σχέση με τα αδρόκοκκα, συνεπώς θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν θα πραγματοποιείται η θεμελίωση ενός τεχνικού έργου.

Οι ιδιότητες των εδαφών προσδιορίζονται με τις δυο παρακάτω μεθοδολογίες:

- *Επι τόπου δοκιμές.* Η διαδικασία αυτή αφορά δοκιμές που γίνονται στον τόπο κατασκευής ενός έργου. Αν και δεν είναι τόσο ακριβείς όσο οι εργαστηριακές δοκιμές, είναι πολλές οι φορές που μόνο αυτές μπορούν να δώσουν μια εικόνα για τις ιδιότητες του εδάφους. Για παράδειγμα ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων της άμμου γίνεται με δοκιμή διείσδυσης επι τόπου
- *Εργαστηριακές δοκιμές.* Με τη διαδικασία της δειγματοληψίας λαμβάνονται εδαφικά δείγματα τα οποία μεταφέρονται στη συνέχεια στο χώρο του εργαστηρίου.

Στα παρακάτω κεφάλαια θα γίνει η περιγραφή της γεωλογίας της περιοχής από την οποία έγινε η λήψη των εδαφικών δειγμάτων, λεπτομερικά οι

εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα αυτά, καθώς επίσης και ο λόγος για τον οποίο διεκπερεώθηκε η μελέτη αυτή.

Βιβλιογραφία :

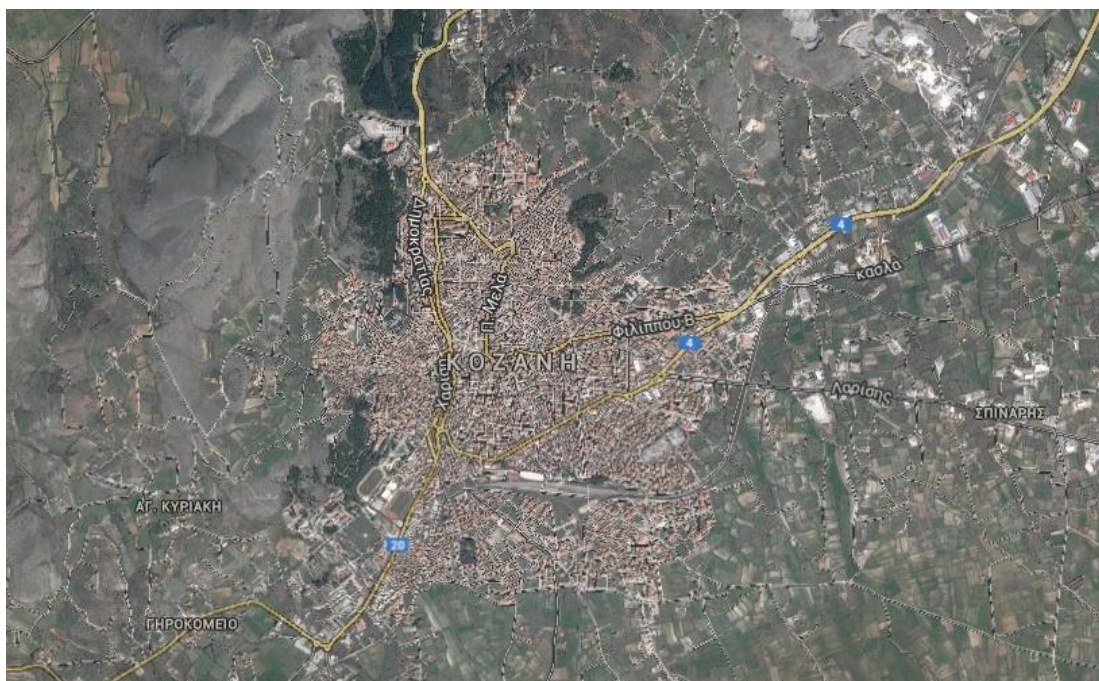
- Εργαστηριακές και Επι Τόπου Δοκιμές Εδαφομηχανικής, Βασίλης Χρηστάρας, Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας , Α.Π.Θ.

Κεφάλαιο 1^ο:Γενικά

1.1 Αίτια επιλογής της περιοχής

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στις περιοχές Ρύμνιο και Χρώμιο της Κοζάνης με σκοπό τον εμπλουτισμό της βάσης δεδομένων. Αντίστοιχες μελέτες έλαβαν χώρα σε πολλές ελλαδικές περιοχές, με απώτερο σκοπό τη γνώση της σχέσης αντοχή-κοκκομετρίας των λεπτόκοκκων υλικών για την ορθή θεμελίωση ενός τεχνικού έργου. Η βάση δεδομένων ολοένα και αυξάνεται καθώς η γνώση των ιδιοτήτων των εδαφών μας βοηθάει στην αποφυγή τυχόν προβλημάτων που μπορούν να προκύψουν, όπως η καθίζηση.

Στην περιοχή του Ρυμνίου συναντήθηκαν ποτάμια αποθέσεις και λιμναία ιζήματα ενώ στο Χρώμιο βρέθηκαν ποτάμια αποθέσεις, ψαμμίτες, κοκκινωπή άμμος, ποτάμια αναβαθμίδες και terra rossa.



Εικ. 1 Περιοχή της Κοζάνης



Εικ. 2 Περιοχή Ρύμνιο Κοζάνης

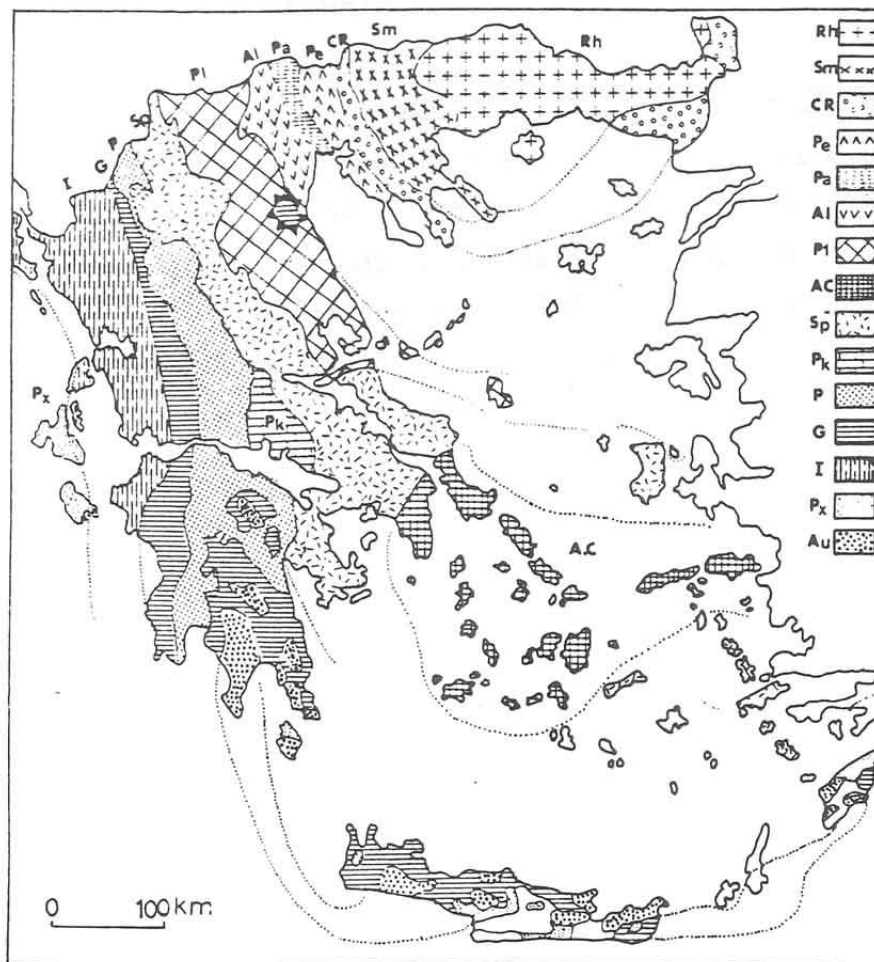


Εικ.3 Περιοχή Χρώμιο Κοζάνης

1.2 Γεωλογία της περιοχής

Η περιοχή της Κοζάνης είναι τμήμα της πελαγονικής ζώνης. Η ζώνη αποτελεί τμήμα των εσωτερικών Ελληνίδων και εκτείνεται με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ από τη Γιουγκοσλαβία προς τους Ελληνικούς ορεινούς όγκους του Βόρα, του Βέρνου, του Βερμίου, των Πιερίων, του Ολύμπου, του Πηλίου και της Βόρειας Εύβοιας.

Εικ.4 Διαχωρισμός της Ελλάδας σε ζώνες



1.2.1 Στρωματογραφία

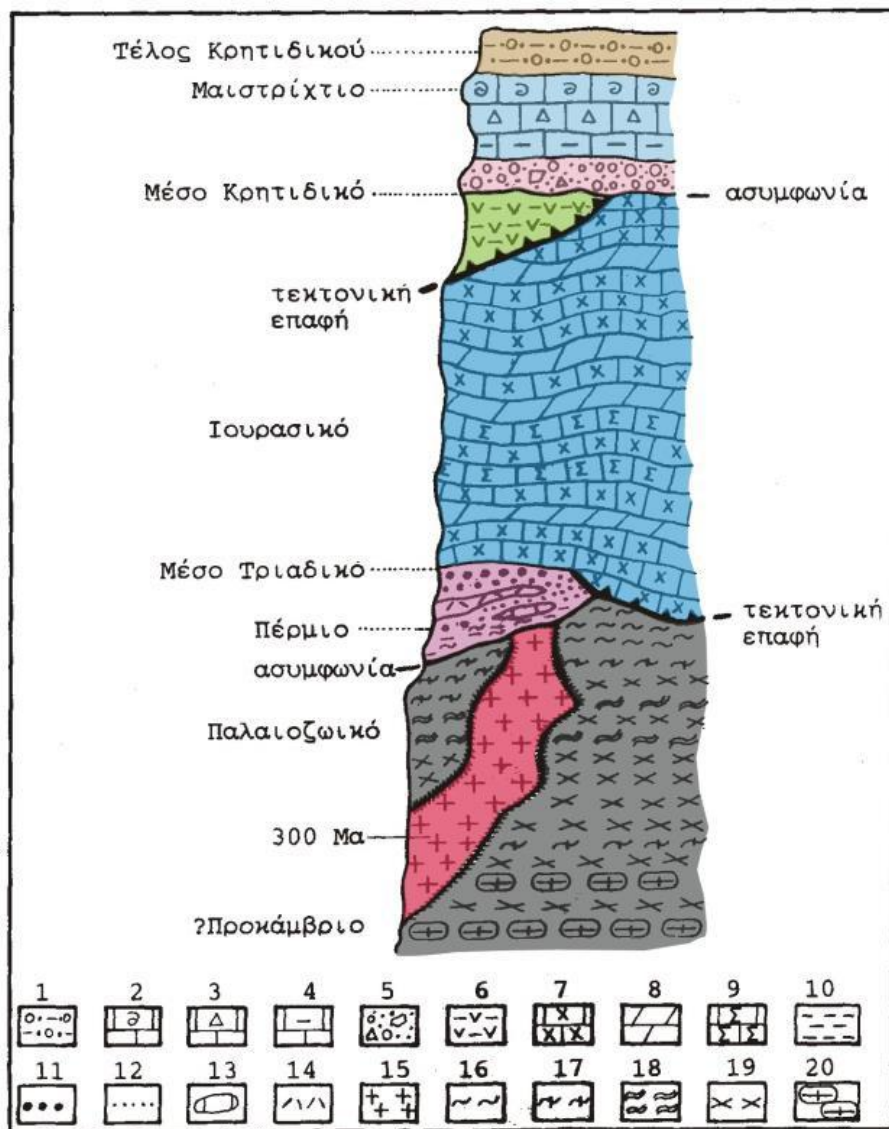
Η ζώνη δομείται από μεταμορφωμένα κρυσταλλικά πετρώματα και μάρμαρα και από τη βάση ως την οροφή εμφανίζονται :

- Το κρυσταλλικό υπόβαθρο της ζώνης είναι παλαιοζωικής ηλικίας και συνίσταται από διμαρμαρυγικούς παραγνεύσιους και γνευσιοσχιστόλιθους με παρεμβολές αμφιβολιτών.
- Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες, που συνίστανται από φυλλίτες, χλωριτικούς και σερικιτικούς σχιστολίθους, χαλαζιακά μετα-κροκαλοπαγή και φακών τεφρών ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων και λατυποπαγών ασβεστολίθων.
- Ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού-Ιουρασικού νηριτικής φάσης.
- Οφειόλιθοι και τα συνοδά ιζήματα. Οι οφειόλιθοι αυτοί είναι αλλόχθονοι και προέρχονται από τις δύο ωκεάνιες περιοχές των ζωνών του Αξιού και της Υποπελαγονικής και επωθήθηκαν μαζί με τα ιζήματα βαθιάς θάλασσας πάνω στα Τριαδικοιουρασικά ανθρακικά καλύμματα.
- Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου-Άνω Τριαδικού που συνίστανται από κροκαλοπαγή, μαρμαρυγικούς ασβεστόλιθους, μικρολατυποπαγή και φλύσχη.

1.2.2 Παλαιογεωγραφία

Παλαιογεωγραφικά, η Πελαγονική ζώνη αποτελούσε τμήμα της Κιμμερικής η οποία αποσπάστηκε από την Γκοντβάνα και εκκατέρωθεν της αναπτύχθηκαν οι ωκεάνιες περιοχές της Νεο-Τηθύος και της Παλαιο-Τηθύος, από τις οποίες προήλθαν με επώθηση οι οφειόλιθοι. Σε δυο βυθίσματα, στις περιοχές της

Κοζάνης και της Κεντρικής Εύβοιας, που θεωρείται ότι διέκοπταν την υποθαλάσσια ράχη της ζώνης διατηρούνται οι μάζες των οφειολίθων αυτών και των συνοδών ιζημάτων .



Εικ. 5 Συνοπτική λιθοστρωματογραφική – τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης.

1.3 Συνοπτική περιγραφή των εργαστηριακών δοκιμών.

Μετά την συλλογή των εδαφικών δειγμάτων από τις περιοχές Ρύμνιο και Χρώμιο της Κοζάνης, πραγματοποιήθηκε η μεταφορά τους στο εργαστήριο όπου και εφαρμόστηκαν ορισμένες εργαστηριακές δοκιμές της εδαφομηχανικής. Αρχικά τα υλικά τοποθετήθηκαν σε φούρνο για 24 ώρες στη θερμοκρασία των 105 βαθμών και έγινε προσδιορισμός του φαινομένου και του ειδικού βάρους των 3 διαφορετικών εδαφικών δειγμάτων, που συλλέχτηκαν από τις περιοχές τις δειγματοληψίας.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μηχανική ανάλυση χονδρόκοκκων υλικών με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου συγκεκριμένη ποσότητα απο κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε πρότυπα κόσκινα τετραγωνικών οπών με διαφορετική διάμετρο. Ολόκληρη η στήλη των κόσκινων μεταφέρθηκε σε συσκευή κοσκινίσματος όπου και κοσκινίστηκε για 15 λεπτά με συνεχείς κυκλικές κινήσεις. Ακολούθησε η εύρεση των ορίων Atterberg, δηλαδή του ορίου υδαρότητας και του ορίου πλαστικότητας. Για την επίτευξη της εύρεσης του ορίου υδαρότητας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου, ενώ για την εύρεση του ορίου πλαστικότητας πραγματοποιήθηκε η ζύμωση του υλικού σε μικρούς κυλινδρους με το χέρι, μέχρι τη στιγμή που αρχίζουν και κόβονται. Στο σημείο αυτό το υλικό χάνει τις πλαστικές του ιδιότητες και προσδιορίζεται τότε η περιεκτικότητά του σε νερό.

Με τη βοήθεια της μεθόδου του πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου βρέθηκε η διατμητική αντοχή για κάθε ένα από τα τρία εδαφικά δείγματα. Το κωνικό βαρίδιο βάρους 60 gr και γωνίας ανοίγματος 60 κρέμεται με την κορυφή του κώνου να είναι σε επαφή με την επιφάνεια του εδαφικού δείγματος και στη συνέχεια απελευθερώνετε και βυθίζεται εντός του δείγματος. Ως τελική δοκιμή πραγματοποιήθηκε κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο με σκοπό τον ποσοτικό προσδιορισμό της κατά μέγεθος κατανομής των κόκκων στα λεπτόκοκκα εδάφη.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει μια λεπτομερής περιγραφή των μεθόδων αυτών, που θα συνοδεύονται από τους αντίστοιχους πίνακες με τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα, τους υπολογισμούς και τις κοκκομετρικές καμπύλες.

Βιβλιογραφία :

- Γεωλογία της Ελλάδας, Δημοσθένης Μ. Μουντράκης
- Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές Εδαφομηχανικής, Βασίλης Χρηστάρας, καθηγητής τεχνικής γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Κεφάλαιο 2° : Περιγραφή των Εργαστηριακών Δοκιμών

Εδαφομηχανικής

2.1 Προσδιορισμός Φαινόμενου και Ειδικού Βάρους των Εδαφικών Δειγμάτων.

Ο προσδιορισμός του φαινόμενου βάρους γίνεται με τη βοήθεια του τύπου :

$$\gamma = W/V \text{ (gr/cm}^3 \text{)}$$

όπου, W το ολικό βάρος του δείγματος μαζί με τους πόρους και το περιεχόμενό τους και V ο συνολικός όγκος του δείγματος.

Για την εκτέλεση της δοκιμής χρησιμοποιούνται :

- Ηλεκτρικός φούρνος
- Κάψες προρσελάνης
- Ζυγός ακριβείας 0.01 gr
- Σπάτουλα

Εκτέλεση δοκιμής - Υπολογισμοί

Καθώς έχουμε τρία διαφορετικά εδαφικά δείγματα, η εργασία πραγματοποιήθηκε τρεις φορές, για κάθε ένα από τα δείγματα αυτά.

Αρχικά, γεμίσαμε έναν ογκομετρικό κύλινδρο με απεσταγμένο νερό το ζυγίσαμε και καταγράψαμε την στάθμη. Για την εύρεση του όγκου (V) έγινε η χρήση του τύπου :

$$V = \text{Εμβαδόν} \times \text{ύψος (cm}^3\text{)}$$

Ενώ το εμβαδόν του ογκομετρικού κυλίνδρου το βρίσκουμε με τη βοήθεια του τύπου :

$$E = \pi r^2 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Όπου $\pi = 3.14$ και r η ακτίνα.

Με μετρήσεις βρέθηκε ότι το ύψος είναι 2 cm και η διάμετρος 5.08 cm άρα η ακτίνα (r) είναι 2.54 cm . Συνεπώς,

$$E = 3.14 \times (2.54)^2 = 20.25 \text{ cm}^2$$

$$V = 20.25 \times 2 = 40.51 \text{ cm}^3$$

Για κάθε εδαφικό δείγμα, πραγματοποιήθηκε λήψη περίπου 100 gr και τοποθετήθηκε μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο. Αυτός έπειτα ζυγίζεται εκ νέου και καταγράφεται η νέα στάθμη.

- Για το δείγμα 1 το βάρος υπολογίστηκε, $W = 79.68 \text{ gr}$
Συνεπώς εφόσον ο όγκος έχει υπολογιστεί έχουμε

$$\gamma = W/V = 79.68/40.51 = 1.96 \text{ gr/cm}^3$$

- Για το δείγμα 2 το βάρος υπολογίστηκε, $W = 82.7 \text{ gr}$
Συνεπώς το φαινόμενο βάρος για το συγκεκριμένο δείγμα είναι

$$\gamma = W/V = 82.7/40.51 = 2.04 \text{ gr/cm}^3$$

- Για το δείγμα 3το βάρος υπολογίστηκε, $W = 92.82 \text{ gr}$
Συνεπώς το φαινόμενο βάρος για το δείγμα 3 είναι

$$\gamma = W/V = 92.82/40.51 = 2.29 \text{ gr/cm}^3$$

Το ειδικό βάρος ενός εδάφους ισούται με το λόγο του βάρους ορισμένου όγκου κόκκων εδάφους προς το βάρος ίσου όγκου αποσταγμένου νερού θερμοκρασίας 4.

$$\gamma_s = W_s/V_s \times \gamma_w$$

Όπου, γ_w είναι το ειδικό βάρος του νερού που σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας ισούται με 1, W_s είναι το βάρος της στέρεας ύλης και V_s ο αντίστοιχος όγκος της.

Για την εκτέλεση αυτής της δοκιμής απαιτούνται :

- Μικρές φιάλες των 100ml
- Ζυγοί ακριβείας 0.001gr
- Γυάλινη ράβδος
- Κάψες πορσελάνης
- Απεσταγμένο νερό
- Θερμόμετρο ακριβείας 0.1
- Φούρνος ξήρανσης

Εκτέλεση δοκιμής

Αρχικά καθαρίζεται, ξηραίνεται και ζυγίζεται ο ογκομετρικός κύλινδρος του οποίου το βάρος καταγράφεται. Γεμίζουμε τον ογκομετρικό κύλινδρο με 100 ml αποσταγμένο νερό, το οποίο βρίσκετε σε θερμοκρασία δωματίου, το ζυγίζουμε κ έπειτα καταγράφεται το βάρος (W_a). Με τη βοήθεια του θερμομέτρου ακριβείας μετριέται η θερμοκρασία του δοχείου με το αποσταγμένο νερό (T_y).

Στη συνέχεια , το βάρος του εδαφικού δείγματος που χρησιμοποιήτε στη δοκιμή αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 25 gr ,και μπορεί να εμπεριέχει τη φυσική του υγρασία είτε να έχει ξηρανθεί στον κλίβανο. Το δείγμα

τοποθετήτε μέσα στον κύλινδρο, ο οποίος στη συνέχεια γεμίζεται με απεσταγμένο νερό μέχρι τα 100 ml και γίνεται λήψη του βάρους του (W_b) και της θερμοκρασίας του περιοχόμενου (T_x).

Υπολογισμοί

Το ειδικό βάρος εδάφους σε σχέση με το νερό θερμοκρασίας T_x υπολογίζεται με τον εξής τύπο :

$$T_x/T_y = W_o / W_o + (W_a - W_b)$$

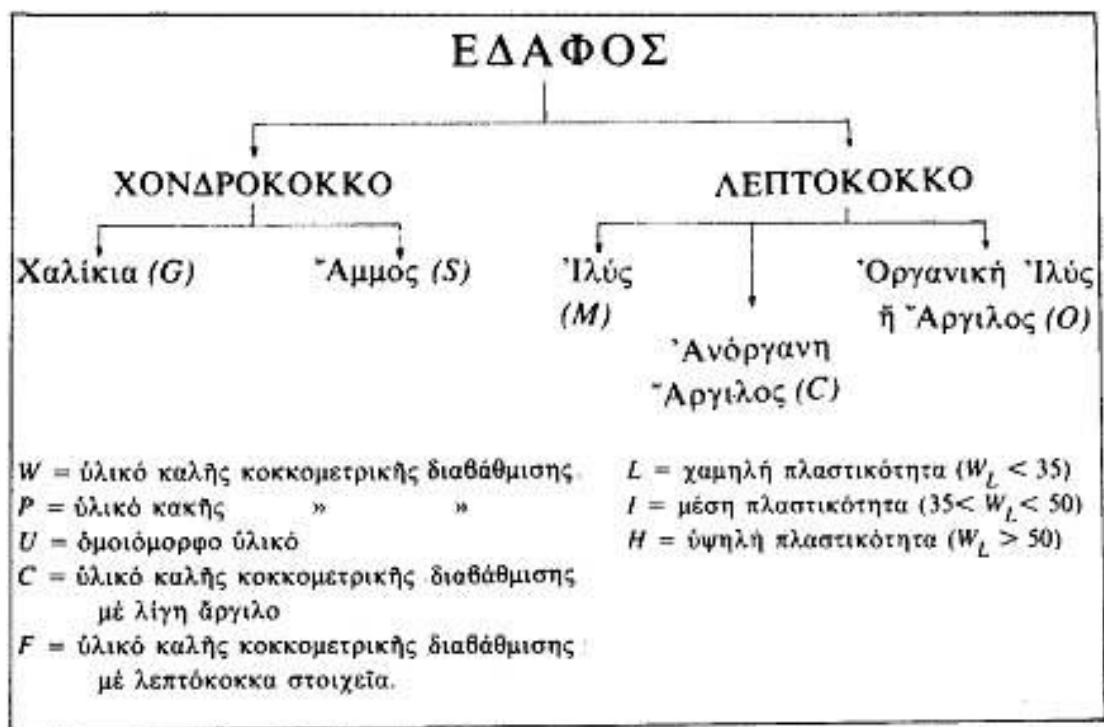
Όπου :

- W_o , το βάρος του ξηρού δείγματος εδάφους
- W_a , το βάρος του δοχείου γεμάτο με απεσταγμένο νερό
- W_b , το βάρος του δοχείου γεμάτο με απεσταγμένο νερό και το ξηρό δείγμα σε θερμοκρασία T_x
- T_x , η θερμοκρασία του περιεχόμενου του δοχείου κατά τη μέτρηση του βάρους W_b .

2.2 Κοκκομετρική Ανάλυση με κόσκινα.

Διαχωρισμός Εδαφών με βάση το μέγεθος των κόκκων.

Τα εδάφη χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τα χονδρόκοκκα, τα λεπτόκοκκα και τα οργανικά. Τα χονδρόκοκκα περιέχουν κάτω από 35% έδαφος, το μέγεθος των κόκκων είναι μικρότερο από 0.075mm και χωρίζονται σε άμμους και χάλικες. Τα λεπτόκοκκα, περιέχουν πάνω από 35% εδαφικά υλικά λεπτότερα των 0.075mm και χωρίζονται σε ίλυ και άργιλο.



Εικ. 6 Ταξινόμηση εδαφών κατά Casagrande (1948, ASTM D 2487-85)

Τα εδαφικά υλικά ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων λαμβάνουν τα παρακάτω ονόματα (ASTM, 1989) :

- Κροκάλες – Λίθοι 76.2mm
- Χαλίκια , χονδροί 76.2mm – 19.0mm και λεπτοί 19.0mm - 4.76mm
- Άμμος , χονδρή 4.76mm – 2mm , μέση 2mm – 0.425mm και λεπτή 0.425mm – 0.075mm
- Ιλύς 0.075mm – 0.002mm
- Άργιλος C : < 0.002mm

Πίνακας χαρακτηριστικών κοσκίνων.

Πέτρες	Το κόσκινο των 75mm διαχωρίζει το εδαφικό υλικό από τις πέτρες.
Χαλίκια	Τα κόσκινα μεταξύ αυτού των 75mm και των 4.75mm (No 4), συγκρατούν τα χαλίκια.
Άμμος	Η άμμος συγκρατείται στα ενδιάμεσα κόσκινα των 4.75mm (No 4) και 0.075mm (No 200).
Ίλυσ - Άργιλος	Η ίλυσ και η άργιλος είναι το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο No 200 και συγκρατείται στην παιπάλη.

Για την εκτέλεση αυτής της δοκιμής απαιτούνται :

- Ζυγός ακριβείας 0.01gr (Εικ.7)



- Ηλεκτρικός φούρνος
- Ένα σύνολο κοσκίνων τετραγωνικών οπών (Εικ.8)



Εκτέλεση δοκιμής

Ανάλογα με το υλικό που διαθέτουμε για εξέταση, γίνεται λήψη συγκεκριμένης ποσότητας. Για λεπτή έως μέση άμμο χρειαζόμαστε 100-200gr , για χονδρή άμμο μέχρι λεπτά χαλίκια χρειαζόμαστε 0.5kg ,ενώ για χονδρά χαλίκια και κροκάλες 5kg ή και περισσότερο. Τα εδαφικά δείγματα ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, είναι δηλαδή λεπτή έως μέση άμμος, συνεπώς πραγματοποιήθηκε λήψη για κάθε ένα απο τα τρία εδαφικά δείγματα, βάρους 100-200 gr.

Τα κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν για τη δοκιμή αυτή με αυξανόμενη σειρά μεγέθους από κάτω προς τα πάνω είναι :

- 0.075 (No 200)
- 0.150 (No 100)
- 0.180 (No 80/2)
- 0.425 (No 40)
- 1.18 (No 16)
- 2.00 (No 10)
- 4.75 (No 4)
- 6.30 (1/4'')
- 9.50 (3/8'')
- 12.5 (1/2'')



Εικ.9 Διάταξη κοσκίων πάνω σε συσκευή δόνησης

Με τη βοήθεια του ζυγού ακριβείας , απομονώνουμε 100-200 gr απο κάθε εδαφικό δείγμα και τα τοποθετούμε στο φούρνο για 24 ώρες. Έπειτα, τα επανατοποθετούμε στο γουδί για να σπάσουμε τα συσσωματώματα των ξηρών κόκκων. Το δείγμα αδειάζετε σε μια σειρά κοσκίνων με διαφορετική διάμετρο και τοποθετήτε σε μια συσκευή δόνησης, όπου κοσκινίζετε για 15 λεπτα με κυκλικές συνεχόμενες κινήσεις. Το τελευταίο κόσκινο , No 200, αντιπροσωπεύει το τελευταίο κλάσμα της άμμου. Μετά το τέλος του κοσκινίσματος, παρατηρούμε πως σε κάθε κόσκινο διατηρείται μια ποσότητα υλικού, την οποία ζυγίζουμε στο ζυγό ακριβείας και τη μετατρέπουμε σε ποσοστό επι της εκατο του συνολικού βάρους του δείγματος. Στο τέλος ζυγίζουμε και το περιεχόμενο της παιπάλης, του δίσκου που βρίσκεται κάτω απο το τελευταίο κόσκινο, και περιέχει τα λεπτόκοκκα υλικά (ίλυ και άργιλο).

Παρουσίαση αποτελεσμάτων – Κοκκομετρική καμπύλη

Τα αποτελέσματα μιας κοκκομετρικής ανάλυσης διακρίνονται στα % ποσοστά εδαφικού υλικού που συγκρατούνται σε κάθε κόσκινο και με τα % ποσοστά υλικού που διέρχονται απο κάθε κόσκινο. Τα ποσοστά αυτά υπολογίζονται απο το ολικό βάρος του δείγματος και του υλικού που συγκεντρώνεται στο κόσκινο No 200.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση απεικονίζεται με την κοκκομετρική καμπύλη. Μεταφέρουμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε ημιλογαριθμικό σύστημα συντεταγμένων στις τετμημένες τοποθετούμε τη διάμετρο των κόκκων σε mm , ενώ στις τεταγμένες το αθροιστικό ποσοστό του υλικού

που διέρχεται επί της εκατό. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται η κοκκομετρική καμπύλη

Από την κλίση της κοκκομετρικής καμπύλης μεταξύ των διαμέτρων d_{60} και d_{10} διαπιστώνεται η ομοιομορφία του εδάφους. Αριθμητικά ο συντελεστής ομοιομορφίας εκφράζεται ως εξής :

$$U = d_{60}/d_{10}$$

Όπου, d_{60} και d_{10} είναι οι διάμετροι των κόκκων που αντιστοιχούν στο 60% και στο 10% αντιστοιχα, του διερχόμενου βάρους.

- Όταν $U < 5$, το έδαφος θεωρείται ομοιόμορφο.
- Όταν $U = 5-15$, το έδαφος θεωρείται ανομοιόμορφο.
- Όταν $U > 15$, το έδαφος θεωρείται πολύ ανομοιόμορφο.

Επιπλέον απο την κοκκομετρική καμπύλη μπορούμε να υπολογίσουμε το βαθμό διαβάθμισης, που είναι:

$$C_c = d_{30}^2 / d_{60} \times d_{10}$$

2.3 Όρια Atterberg

Η περιεχόμενη υγρασία των αργιλικών υλικών επηρεάζει σημαντικά κάποιες φυσικές ιδιότητες των εδαφών όπως η αντοχή και το πόσο στερεό είναι το υλικό. Όταν έχουμε να κάνουμε με ένα κοκκώδες έδαφος, οι μεταβολές της περιεχόμενης υγρασίας δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα την αντοχή του , ενώ όταν μιλάμε για ένα συνεκτικό οι μεταβολές αυτές μπορούν να προκαλέσουν αξιοσημείωτες αλλαγές.

Όριο Υδαρότητας (LL)

Ως όριο υδαρότητας ορίζεται η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό , τη χρονική στιγμή που αυτό μεταβαίνει από την πλαστική στην ρευστή κατάσταση. Όταν η περιεχόμενη υγρασία του εδάφικου υλικού είναι πάνω απο το όριο αυτό , τότε το υλικό συμπεριφέρεται ως λάσπη. Ενώ κάτω από το όριο το υλικό είναι αρκετά εύπλαστο.

Το όριο υδαρότητας προσδιορίζεται είτε με τη συσκευή Cassagrande είτε με τη μέθοδο του πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου. Στη συγκεκριμένη δοκιμή για την εύρεση του ορίου υδαρότητας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του πίπτοντος κώνου.



Εικ.10 Συσκευή πίπτοντως κώνου και στα δεξιά η συσκευή Casagrande.

Για την εκτέλεση της συγκεκριμένης δοκιμής απαιτούνται :

- Συσκευή πίπτοντος κώνου
- Πορσελάνινες κάψες μικρές και μεγάλες
- Σπάτουλα
- Απεσταγμένο νερό
- Ζυγό ακριβείας 0.01gr

Εκτέλεση δοκιμής

Μέσα σε μια μεγάλη πορσελάνινη κάψα τοποθετήθηκε εδαφικό υλικό, το οποίο είχε ήδη κοσκινιστεί, και ρίχνουμε μια μικρή ποσότητα απεσταγμένου νερού. Με τα χέρια πλάθουμε το υλικό, ώστε να γίνει μια ομογενοποιημένη μάζα, και τοποθετήτε στο δοχείο της συσκευής πίπτοντος κώνου με τη βοήθεια της σπάτουλας. Το εδαφικό υλικό που τοποθετήτε μέσα στον ειδικό υποδοχέα πρέπει να μην έχει κενά αέρα και η επιφάνεια του να είναι λεία, όσο το δυνατόν περισσότερο. Η συσκευή αυτή διαθέτει ένα κωνικό βαρίδιο συγκεκριμένου βάρους και γωνίας ανοίγματος, το οποίο τοποθετείτε σε συγκεκριμένο σημείο ώστε να κρέμετε πάνω από τον ειδικό υποδοχέα.

Η μεθοδος πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου χρησιμοποιήτε και για την εύρεση της διατμητικής αντοχής του εδάφους, γι' αυτό και για την εύρεση του ορίου υδαρότητας γίνετε χρήση κωνικού βαριδίου με βάρος 60 gr και γωνία 60 μοιρών.

Ρυθμίζοντας τη συσκευή, μεταφέρουμε το κωνικό βαρίδιο που κρέμεται με την κορυφή του κώνου σε επαφή με την επιφάνεια του δείγματος. Το βαρίδιο απελευθερώνεται , βυθίζεται μέσα στο δείγμα και καταγράφετε το βάθος διείσδυσης του. Έπειτα, με τη σπατουλα συλλέγουμε μια μικρη ποσότητα του

υλικού από τον ειδικό υποδοχέα, την τοποθετούμε σε μια μικρή πορσελάνινη κάψα και ζυγίζουμε το βάρος του, αφού πρώτα έχουμε μετρήσει το βάρος της άδειας κάψας. Η κάψα αυτή τοποθετήτε στο φούρνο για 24 ώρες.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήτε 3 φορές για κάθε διαφορετικό εδαφικό υλικό προς μελέτη που διαθέτουμε, αυξάνοντας κάθε φορά την ποσότητα του απειονισμένου νερού, μέχρι το σημείο που το εδαφικό μας υλικό έχει φτάσει στη μορφή της λάσπης.

Με την ίδια μέθοδο, το βάθος διείσδυσης του κώνου, ανάλογα με το βάρος του, σχετίζεται με τη διατμητική αντοχή του εδάφους με την παρακάτω σχέση του Hansbo (1957) :

$$C_u = 9.8 \times (K \times M) / p^2 \quad (\text{KPa})$$

Όπου :

- M, η μάζα του κώνου (gr)
- p , το βάθος διείσδυσης του κώνου μέσα στο έδαφος
- K, σταθερά που εξαρτάται από τη γωνία ανοίγματος του κώνου.

Γωνία ανοίγματος κώνου	K, έδαφος αδιατάρακτο	K, έδαφος αναζυμωμένο
30	1.0	0.8
60	0.25	0.27

Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Κατασκευάζεται ένα διάγραμμα όπου στις τετμημένες τοποθετούμε το βάθος διείσδυσης σε mm και στις τεταγμένες την περιεχόμενη υγρασία σε %.

Το όριο υδαρότητας υπολογίζεται απο την περιεκτικότητα σε νερό που αντιστοιχεί σε 10mm βάθος διείσδυσης (z) .Αυτό που αντιστοιχεί στο όριο υδαρότητας εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων του εδαφικού δείγματος και μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση :

$$Z = 6 \times C^{0.14}$$

Όπου C είναι το ποσοστό της αργίλου (Christaras,1991).

Όριο Πλαστικότητας (PL)

Το όριο πλαστικότητας, είναι το σημείο στο οποίο η υγρασία του εδάφους είναι στο χαμηλότερο ποσοστό και μεταβαίνει απο την πλαστική στην ημιστέρεη κατάσταση. Στο σημείο αυτό μπορεί να κυλινδρωθεί σε μικρές ράβδους διαμέτρου 3mm, χωρίς αυτοί να σπάνε. Όταν η περιεχόμενη υγρασία του εδαφικού υλικού ελαττώνεται , τότε το υλικό συρρικνώνεται και αυξάνεται η αντοχή του στην πίεση. Αν η ελάττωση αυτή συνεχιστεί τότε στους πόρους του δείγματος εισέρχεται αέρας και όταν το πλάσουμε σπάει σε μικρούς κυλίνδρους.Στο σημείο αυτό το εδαφικό υλικό χάνει τις πλαστικές του ιδιότητες και προσδιορίζουμε την περιεκτικότητά του σε νερό κατά το όριο πλαστικότητας του. (Δημόπουλος, 1986)

Για την εκτέλεση της συγκεκριμένης δοκιμής απαιτείται :

- Μεγάλη πορσελάνινη κάψα
- Σπάτουλα
- Μικρές πορσελάνινες κάψες
- Ζυγός ακριβείας 0.01gr
- Ηλεκτρικός φούρνος
- Απεσταγμένο νερό

Εκτέλεση δοκιμής

Μέσα στη μεγάλη πορσελάνινη κάψα τοποθετούμε 20gr εδαφικού υλικού και προσθέτουμε προσεχτικά απεσταγμένο νερό ανακατεύοντας με το υλικό, μέχρι τη στιγμή που το δείγμα θα μπορεί να ζυμωθεί σε σφαιρική μορφή. Από αυτό γίνεται λήψη ενός τμηματός, το οποίο πρέπει να είναι περίπου 8 gr και έπειτα ζυμώνεται με τα χέρια και η μάζα του κυλινδρώνεται μεταξύ των δακτύλων.

Το δείγμα πλάθεται στη συνέχεια πάνω σε χαρτί, που βοηθάει στο να απορροφηθεί ένα μέρος της περιεχόμενης υγρασίας του. Σχηματίζεται κύλινδρος ο οποίος σπάει σε κομμάτια και συνεχίζουμε τη ζύμωση στα κομματάκια αυτά μέχρι τη διαμόρφωσή τους σε ομοιόμορφους κυλινδρους μεγέθους 3 mm. Όταν φτάσουν στο μέγεθος αυτό οι ραβδίσκοι σπάνε σε τεμάχια ξανά και τότε τα ενώνουμε και τα συμπιέζουμε για να γίνει μια ομοιόμορφη μάζα και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία. Η επαναληπτική αυτή διαδικασία συνεχίζεται, μέχρι που ο ραβδίσκος θρυμματιστεί με την απαιτούμενη πίεση και το έδαφος δεν μπορεί να κυλινδρωθεί πλέον σε ραβδίσκο.

Αφού πρώτα ζυγιστούν σε ζυγό ακριβείας οι μικρές κάψες, τοποθετούμε μερικά θραυσμάτα από τους ραβδίσκους, ζυγίζεται ξανά η κάθε κάψα και τοποθετείται στο φούρνο για 24 ώρες. Έπειτα, ζυγίζονται οι κάψες με τα δείγματα και καταγράφεται το ξηρό τους βάρος.

Το όριο πλαστικότητας υπολογίζεται αφαιρώντας το βάρος ξηρού δείγματος από το βάρος του υγρού δείγματος, και προκύπτει από το μέσο όρο των δοκιμών που έγιναν σε κάθε δείγμα.

Δείκτης πλαστικότητας (PI)

Ο δείκτης πλαστικότητας ορίζεται ως η διαφορά του ορίου υδαρότητας από το όριο πλαστικότητας, όπου το υλικό είναι εύπλαστο.

$$PI = LL - PL$$

Ο δείκτης πλαστικότητας είναι αυξάνεται όσο το εδαφικό υλικό είναι πιο λεπτόκοκκο.

2.4 Κοκκομετρική Ανάλυση με Αραιόμετρο

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό της κατανομής μεγέθους των κόκκων στα λεπτόκοκκα εδάφη. Βασίζεται στη διασπορά και την καθίζηση των κόκκων στο νερό με διαφορετικές ταχύτητες, που εξαρτώνται από το μέγεθος και το βάρος τους.

Για την εκτέλεση αυτής της δοκιμής απαιτούνται :

- Ζυγός ακριβείας 0.01 gr
- Κόσκινο Νο. 10
- Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι (Εικ. 11)



- Θερμόμετρο ακριβείας
- Έτοιμο διάλυμα του παράγοντα διασποράς (Πολυφωσφορικό νάτριο $\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$)
- Απεσταγμένο νερό
- Μηχανική συσκευή ανάδυσης
- Χρονόμετρο
- Αραιόμετρο

Εκτέλεση δοκιμής

Πραγματοποιήθηκε λήψη εδαφικού δείγματος, τέτοια ώστε η ποσότητα που θα διέρχεται απο το κόσκινο Νο.10 να είναι περίπου 50 gr. Μια μικρή ποσότητα , του υλικού χρησιμοποιείται για την εύρεση της φυσικής του υγρασίας.

Μεσα σε ποτήρι των 250 ml, τοποθετήται το εδαφικό υλικό που διέρχεται απο το κόσκινο και προστήθενται 125 ml από κάποιο παράγοντα διασποράς. Στη συγκεκριμένη δοκιμή επιλέχθηκε το πολυφωσφορικό νάτριο. Με τη βοήθεια μιας γυάλινης ράβδου, ανακατεύουμε το υλικό καλά και το αφήνουμε για τουλάχιστον 12 ώρες. Έπειτα, το περιεχόμενο του ποτηριού με επίπλυση αποσταγμένου νερού μεταφέρεται σε ειδικό κύπελο και τοποθετήται σε μηχανική συσκευή ανάδευσης για περίπου 1 λεπτό για επιτευχθεί η διασπορά.

Την εργασία αυτή την κάναμε 3 φορές, για κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά εδαφικά δείγματα, και στη συνέχεια το κάθε υλικό απο τη συσκευή ανάδευσης μεταφέρθηκε μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο 1000 ml , όπου προσθεσαμε απεσταγμένο νερό μέχρι η στάθμη να φτάσει στη χαραγή των 1000 ml .

Εκτός των 3 γυάλινων ογκομετρικών κυλίνδρων , χρησιμοποιήθηκε και ένας τέταρτος γεμάτος με καθαρό νερό, μέσα στον οποίο τοποθετείται το αραιόμετρο. Στο σημείο αυτό, ξεκινάμε τις μετρήσεις. Κάθε μέτρηση πέρνεται σε συγκεκριμένο χρόνο, οι οποίοι χρόνοι είναι :

- 1min
- 2 min
- 5min
- 15 min
- 30 min
- 60 min
- 250 min
- 1440 min
- 5760 min

Σε κάθε χρονική στιγμή, από τις παραπάνω, βυθίζετε το αραιόμετρο με περιστροφικές κινήσεις μέσα σε κάθε ογκομετρικό κύλινδρο και καταγράφεται η ένδειξη του. Έπειτα, βυθίζουμε την άκρη του ηλεκτρονικού θερμομέτρου μέσα στον κύλινδρο για να καταγράψουμε και την αντίστοιχη θερμοκρασία. Μετά τις μετρήσεις αυτές το αραιόμετρο επανατοποθετείται στον γεμάτο καθαρό νερό ογκομετρικό κύλινδρο.

Μετά το τέλος των μετρήσεων, το αιώρημα πλένεται πάνω σε κόσκινο No.200, το υλικό που συγκρατείται ξηραίνεται, και πραγματοποιείται κοκκομετρική ανάλυση σε κόσκινα No. 40, No. 100 και No.200.

Υπολογισμοί

- **Ποσοστό εδάφους στο αιώρημα**

Το ποσοστό εδάφους που βρίσκεται σε αιώρηση παρέχεται από τις διορθωμένες αναγνώσεις του υδρόμετρου και εξαρτάται από την ποσότητα και το ειδικό βάρος του εδάφους που βρίσκεται σε διασπορά. Αυτό υπολογίζεται από τον εξής τύπο :

$$P = R_a / W_s \times 100 (\%)$$

Όπου :

- P , το ποσοστό % του αρχικού εδαφικού δείγματος που αναμίχθηκε και παραμένει σαν αιώρημα.

- R, η διορθωμένη ένδειξη του υδρομέτρου.
- W , το βάρος του αρχικού δείγματος του εδάφους ελαττωμένο κατά την υγρασία του.
- a, σταθερά που εξαρτάται από την πυκνότητα του αιωρήματος.

- **Διάμετρος των κόκκων εδάφους που βρίσκεται σε μορφή αιωρήματος**

Η μέγιστη διάμετρος d_o , υπολογίζεται από την εφαρμογή του νόμου του Stokes :

$$d_o = \sqrt{\frac{30 \cdot n \cdot L}{980 \cdot (G_s - 1) \cdot t}}$$

Όπου :

- d_o , η μέγιστη διάμετρος σε mm
- n , συντελεστής ιξώδους του μέσου διασποράς , που μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του αιωρήματος
- L , η απόσταση που διατρέχουν κατά την καθίζηση οι κόκκοι του εδάφους σε μια ορισμένη χρονική στιγμή
- T, χρόνος σε min περιόδου καθιζήσεως
- G , το ειδικό βάρος των κόκκων του εδάφους
- G_l , το ειδικό βάρος του μέσου διασποράς

Οι διάμετροι των κόκκων διορθώνονται για συνθήκες διάφορες των παραδοχών σύμφωνα με τον τύπο :

$$d = d_o \times K_L \times K_G \times K_a$$

Όπου:

- d , διορθωμένη διάμετρος των κόκκων σε mm
- d_o , μέγιστη διάμετρος κόκκων υπολογισμένη από το νόμο του Stokes
- K_L , συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με την ανάγνωση του υδρόμετρου χωρίς συνθετη διόρθωση
- K_G , συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με το ειδικό βάρος του εδάφους
- K_a , συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία

Ο συντελεστής K_L εξαρτάται από το υδρόμετρο σε αντίθεση με τους συντελεστές K_a και K_G .

Βιβλιογραφία :

- Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές Εδαφομηχανικής, Βασίλης Χρηστάρας, καθηγητής τεχνικής γεωλογίας, Α.Π.Θ.
- Ηλεκτρονική διεύθυνση του μαθήματος της Εδαφομηχανικής του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. από τον καθηγητή Β. Χρηστάρα.
(<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg883e>)

Κεφάλαιο 3^ο : Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

3.1 Αποτελέσματα Δοκιμών

3.1.1 Αποτελέσματα δοκιμών για την εύρεση του Φαινόμενου Βάρους Εδαφών.

Σε δείγμα με μορφή κανονικού γεωμετρικού σχήματος

	Δείγμα 1	Δείγμα 2	Δείγμα 3	
Υψος Δοκιμίου, H	2.00	2.00	2.00	cm
Διάμετρος δοκιμίου, D	5.08	5.08	5.08	cm
Όγκος δείγματος, V	40.52	40.52	40.52	Cm³
Βάρος δείγματος, G	79.68	82.7	92.82	gr
Φαινόμενο βάρος $\gamma = G/V$	1.97	2.04	2.29	gr / cm³

3.1.2 Αποτελέσματα δοκιμών για την εύρεση του Ειδικού Βάρους Εδαφών.

Η δοκιμή αυτή εκτελέστηκε για κάθε ένα από τα 3 διαφορετικά εδαφικά δείγματα και τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι τα εξής :

	Βάρος δοχείου	Wa	Ty	Wo	Wb	Tx
Δείγμα 1	48.75gr	148.23gr	20.7	28.42	166.52	20.8
Δείγμα 2	48.78gr	148.29gr	20.9	28.8	164.58	20.7
Δείγμα 3	48.77gr	148.13gr	20.8	28.83	166.56	20.8

Το ειδικό βάρος εδάφους σε σχέση με το νερό θερμοκρασίας Tx υπολογίζεται με τον εξής τύπο :

$$T_x/T_y = W_o / W_o + (W_a - W_b)$$

Για το δείγμα 1 :

$$\gamma_s = W_o / W_o + (W_a - W_b) = 28.42 / 28.42 + (148.23 - 166.52) = >$$

$$\gamma_s = 2.805$$

Για το δείγμα 2:

$$\gamma_s = W_o / W_o + (W_a - W_b) = 28.8 / 28.8 + (148.29 - 164.58) =>$$

$$\gamma_s = 2.302$$

Για το δείγμα 3:

$$\gamma_s = W_o / W_o + (W_a - W_b) = 28.83 / 28.83 + (148.13 - 166.56) \Rightarrow$$

$$\gamma_s = 2.772$$

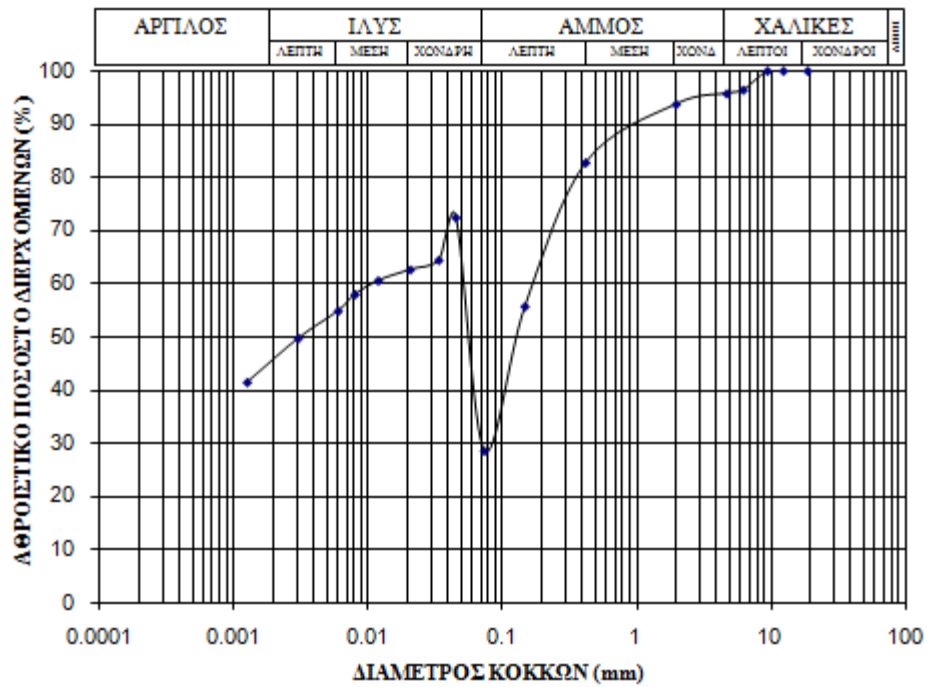
3.1.3 Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης

Για το δείγμα 1, τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης είναι τα εξής :

Αριθμός κοσκίνου	Ανοίγμα κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο βάρος		Διερχόμενο βάρος	
		gr	%	gr	%
2 in.	50	0	0.00	152.650	100.00
1 in.	25	0	0.00	152.650	100.00
3/4 in.	19	0	0.00	152.650	100.00
1/2 in.	12.5	0	0.00	152.650	100.00
3/8 in.	9.5	0	0.00	152.650	100.00
1/4 in.	6.3	5.46	3.58	147.190	96.42
No. 4	4.75	1.04	0.68	146.150	95.74
No. 10	2	3.07	2.01	143.080	93.73
No. 40	0.425	16.79	11.00	126.290	82.73
No. 100	0.15	41.35	27.09	84.940	55.64
No. 200	0.075	41.58	27.24	43.360	28.40
Παυτάλη		43.360	28.40		
Ολικό Βάρος:		152.650	100.00		

Το βάρος του ολικού δείγματος που βάλαμε για κοσκίνισμα, ήταν 153.17gr.

ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ

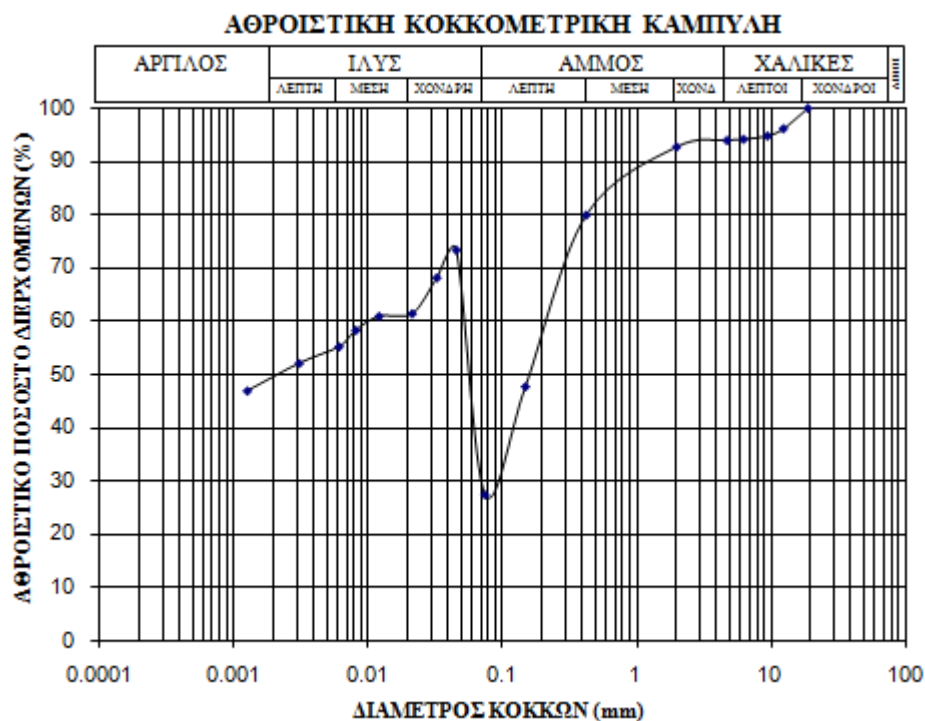


Κοκκομετρία κατά ASTM D2487			
Χαλίκια	Άμμος	Ιλύς	Άργιλλος
4.26	67.34	-16.15	44.55

Για το δείγμα 2, τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης είναι τα εξής:

Αριθμός κοσκίνου	Ανογμά κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο βάρος		Διαρχόμενο βάρος	
		gr	%	gr	%
2 in.	50	0	0.00	131.510	100.00
1 in.	25	0	0.00	131.510	100.00
3/4 in.	19	0	0.00	131.510	100.00
1/2 in.	12.5	5.04	3.83	126.470	96.17
3/8 in.	9.5	1.78	1.35	124.690	94.81
1/4 in.	6.3	0.82	0.62	123.870	94.19
No. 4	4.75	0.28	0.21	123.590	93.98
No. 10	2	1.63	1.24	121.960	92.74
No. 40	0.425	16.88	12.84	105.080	79.90
No. 100	0.15	42.46	32.29	62.620	47.62
No. 200	0.075	26.76	20.35	35.860	27.27
	Παυτάλη	35.860	27.27		
	Ολικό Βάρος:	131.510	100.00		

Το βάρος του ολικού δείγματος που βάλαμε για κοσκίνισμα, ήταν 131.45 gr.



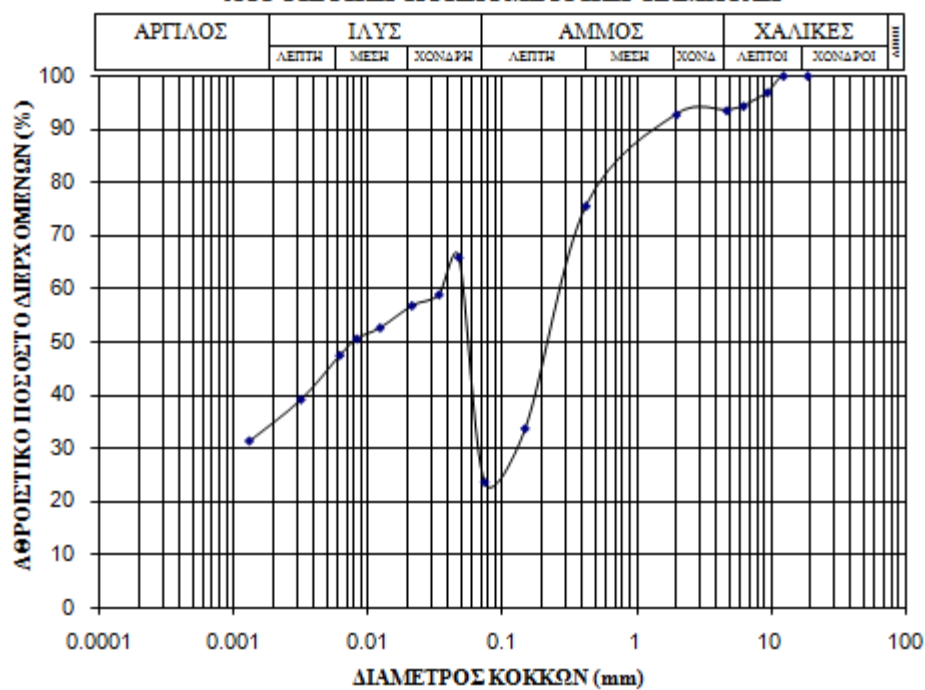
Κοκκομετρία κατά ASTM D2487			
Χαλίκια	Άμμος	Ίλος	Άργιλλος
0.84	66.71	21.58	48.85

Για το δείγμα 3 τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης είναι τα εξής:

Αριθμός κοσκίνου	Ανοίγμα κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο βάρος		Διερχόμενο βάρος	
		gr	%	gr	%
2 in.	50	0	0.00	131.690	100.00
1 in.	25	0	0.00	131.690	100.00
3/4 in.	19	0	0.00	131.690	100.00
1/2 in.	12.5	0	0.00	131.690	100.00
3/8 in.	9.5	4.12	3.13	127.570	96.87
1/4 in.	6.3	3.37	2.56	124.200	94.31
No. 4	4.75	1.09	0.83	123.110	93.48
No. 10	2	1.02	0.77	122.090	92.71
No. 40	0.425	22.71	17.25	99.380	75.47
No. 100	0.15	55.23	41.94	44.150	33.53
No. 200	0.075	13.32	10.11	30.830	23.41
	Παυτάλη	30.830	23.41		
	Ολικό Βάρος:	131.690	100.00		

Το βάρος του ολικού δείγματος που βάλαμε για κοσκίνισμα, ήταν 131.84 gr.

ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ



Κοκκομετρία κατά ASTM D2487			
Χαλίκια	Άμμος	Ίλος	Αργίλλος
3.39	70.07	10.53	33.94

3.1.4 Αποτελέσματα Προσδιορισμού των Ορίων Atterberg

Για το δείγμα 1, τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι τα εξής :

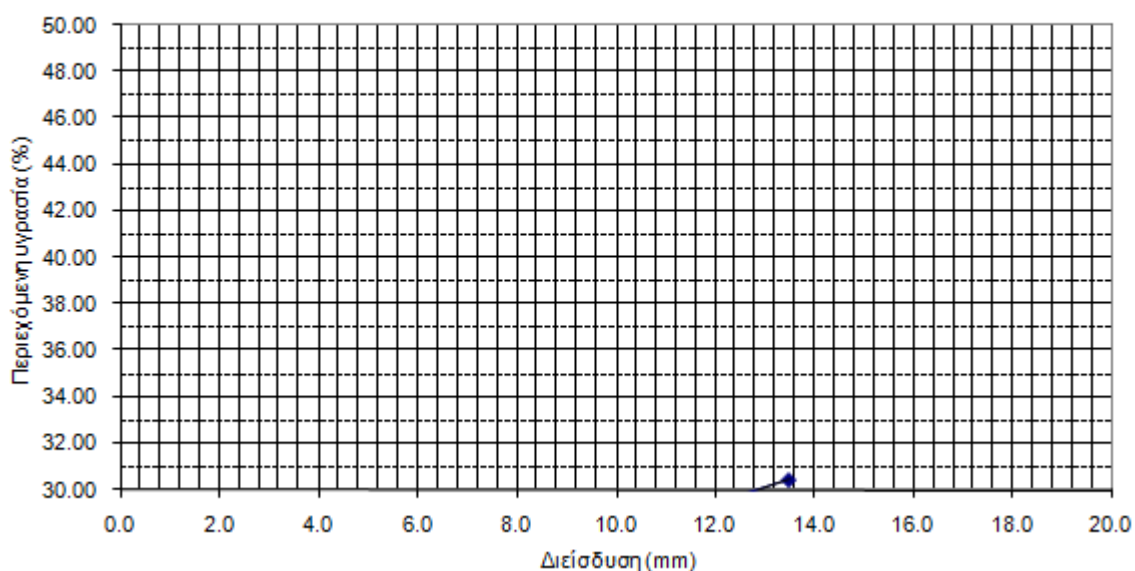
	ΔΟΚΙΜΗ	Προσδιορισμός Ορίου Υδαρότητας				Προσδιορισμός Ορίου Πλαστικότητας			
		1	2	3	4	1	2	3	4
	Αριθμός δοκιμής								
	Αριθμός υποδοχέα								
	Βάθος διείδυσης (mm)	4.5	9	13.5					
A	Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα gr	36.230	40.106	42.542		37.219	34.590		
B	Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα gr	34.331	37.585	39.395		36.590	33.802		
Γ	Βάρος ύδατος gr	1.899	2.521	3.147		0.629	0.788		
Δ	Βάρος υποδοχέα gr	26.430	28.370	29.060		32.090	29.230		
E	Βάρος ξηρού δείγματος gr	7.901	9.215	10.335		4.500	4.572		
Z	Περιεχόμενη υγρασία %	24.03	27.36	30.45		13.98	17.24		

Όριο υδαρότητας LL , 41%

Όριο πλαστικότητας PL , 16%

Δείκτης πλαστικότητας PI ,25%

Όριο υδαρότητας



Για το δείγμα 2, τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι τα εξής :

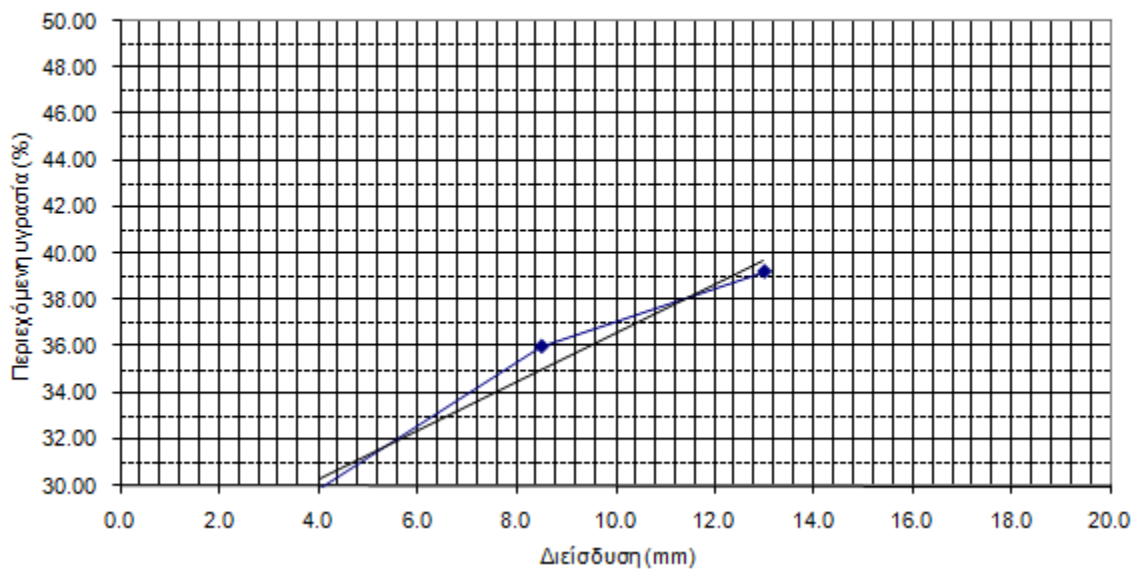
	ΔΟΚΙΜΗ	Προσδιορισμός Ορίου Υδαρότητας				Προσδιορισμός Ορίου Πλαστικότητας			
		1	2	3	4	1	2	3	4
	Αριθμός δοκιμής								
	Αριθμός υποδοχέα								
	Βάθος διείδυσης (mm)	4	8.5	13					
A	Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα gr	42.350	41.092	42.547		32.519	30.766		
B	Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα gr	39.767	37.754	38.908		31.715	29.948		
Γ	Βάρος ύδατος gr	2.583	3.338	3.639		0.804	0.818		
Δ	Βάρος υποδοχέα gr	31.110	28.480	29.630		27.470	25.650		
E	Βάρος ξηρού δείγματος gr	8.657	9.274	9.278		4.245	4.298		
Z	Περιεχόμενη υγρασία %	29.84	35.99	39.22		18.94	19.03		

Όριο υδαρότητας LL , 41%

Όριο πλαστικότητας PL , 19%

Δείκτης πλαστικότητας PI , 22%

Όριο υδαρότητας



Για το δείγμα 3 τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι τα εξής :

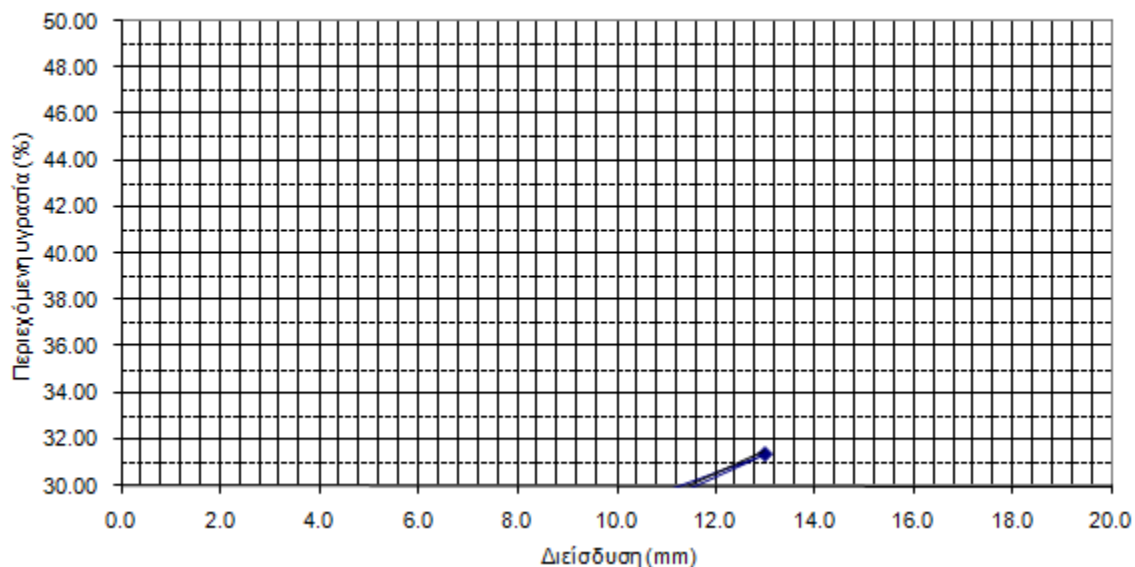
	ΔΟΚΙΜΗ	Προσδιορισμός Ορίου Υδαρότητας				Προσδιορισμός Ορίου Πλαστικότητας			
		1	2	3	4	1	2	3	4
	Αριθμός δοκιμής								
	Αριθμός υποδοχέα								
	Βάθος διείδυσης (mm)	7	13	11					
A	Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα gr	38.423	35.754	39.732		35.933	34.994		
B	Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα gr	35.950	33.609	37.098		35.173	34.280		
Γ	Βάρος ύδατος gr	2.473	2.145	2.634		0.760	0.714		
Δ	Βάρος υποδοχέα gr	26.280	26.770	28.270		31.160	30.470		
E	Βάρος ξηρού δείγματος gr	9.670	6.839	8.828		4.013	3.810		
Z	Περιεχόμενη υγρασία %	25.57	31.36	29.84		18.94	18.74		

Όριο υδαρότητας LL, 41%

Όριο πλαστικότητας PL, 19%

Δείκτης πλαστικότητας PI, 22%

Όριο υδαρότητας



3.1.5 Αποτελέσματα από κοκκομετρική ανάλυση με πυκνόμετρο.

Ως αντιθρομβωτική ουσία χρησιμοποιήθηκε : $\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$

Το εδαφικό δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για τη δοκιμή αυτή ήταν 36.14 gr για το δείγμα 1.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής είναι τα εξής :

Ωρα	Χρόνος μέτρησης (h:min)	Θερμοκρασία (°C)	Ανάγνωση πυκνομέτρου Ro	Διόρθωση R'	Διορθωμένη τιμή R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων στο δείγμα Ws (%)
9:55	0:00							
9:56	0:01	23.9	30	-2	28	77.22	0.0460	72.38
9:57	0:02	20	28	-3.1	24.9	68.67	0.0344	64.36
10:00	0:05	24	26	-1.8	24.2	66.74	0.0212	62.55
10:10	0:15	24.9	25	-1.6	23.4	64.53	0.0122	60.49
10:25	0:30	24.5	24	-1.6	22.4	61.77	0.0082	57.90
10:55	1:00	24	23	-1.8	21.2	58.46	0.0061	54.80
14:05	4:10	24	21	-1.8	19.2	52.95	0.0031	49.63
9:55	0:00	23.8	18	-2	16	44.12	0.0013	41.36

Χρόνος (λεπτά)	Μέγιστη Διάμετρος d_0 (mm)	K_n	K_L	K_G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d(mm)
1	0.058	0.946	0.839	1.00	0.0460
2	0.040	0.988	0.870	1.00	0.0344
5	0.026	0.946	0.865	1.00	0.0212
15	0.015	0.935	0.871	1.00	0.0122
30	0.010	0.940	0.872	1.00	0.0082
60	0.0074	0.946	0.8714	1.00	0.0061
250	0.0036	0.946	0.911	1.00	0.0031
1440	0.0015	0.946	0.928	1.00	0.0013

Το K_L το υπολογίζουμε από τον τύπο : $d = d_0 \times K_G \times K_L \times K_n$, ενώ οι τιμές για τα K_n , K_G λαμβάνονται από πίνακες.

Για το 2^ο δείγμα, χρησιμοποιήθηκαν 36.16gr για τη δοκιμή και τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Ωρα	Χρόνος μέτρησης (h:min)	Θερμοκρασία (°C)	Ανάγνωση πυκνομέτρου Ro	Διόρθωση R'	Διορθωμένη τιμή R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων στο δείγμα W _s (%)
9:55	0:00							
9:56	0:01	24	30	-1.8	28.2	79.06	0.0458	73.32
9:57	0:02	24.3	28	-1.8	26.2	73.45	0.0329	68.12
10:00	0:05	22.1	26	-2.4	23.6	66.16	0.0216	61.36
10:10	0:15	24.6	25	-1.6	23.4	65.60	0.0122	60.84
10:25	0:30	24.6	24	-1.6	22.4	62.80	0.0082	58.24
10:55	1:00	24	23	-1.8	21.2	59.43	0.0061	55.12
14:05	4:10	23.7	22	-2	20	56.07	0.0031	52.00
9:55	0:00	23.9	20	-2	18	50.46	0.0013	46.80

Χρόνος (λεπτά)	Μέγιστη Διάμετρος d ₀ (mm)	K _n	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d(mm)
1	0.058	0.946	0.848	1.00	0.0458
2	0.040	0.940	0.875	1.00	0.0329
5	0.026	0.967	0.864	1.00	0.0216
15	0.015	0.946	0.871	1.00	0.0122
30	0.010	0.940	0.872	1.00	0.0082
60	0.0074	0.946	0.8714	1.00	0.0061
250	0.0036	0.950	0.911	1.00	0.0031
1440	0.0015	0.946	0.928	1.00	0.0013

Τέλος για τη δοκιμή αυτή χρησιμοποιήθηκαν 36.14 gr απο το δείγμα 3 και τα αποτελέσματα της είναι τα εξής :

Ωρα	Χρόνος μέτρησης (h:min)	Θερμοκρασία (°C)	Ανάγνωση πυκνωμέτρου Ro	Διόρθωση R'	Διορθωμένη τιμή R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων στο δείγμα W _s (%)
9:55	0:00							
9:56	0:01	21	28	-2.7	25.3	70.97	0.0483	65.79
9:57	0:02	22.3	25	-2.4	22.6	63.39	0.0344	58.77
10:00	0:05	23	24	-2.2	21.8	61.15	0.0217	56.69
10:10	0:15	24.4	22	-1.8	20.2	56.66	0.0125	52.53
10:25	0:30	24.7	21	-1.6	19.4	54.42	0.0084	50.45
10:55	1:00	24.3	20	-1.8	18.2	51.05	0.0063	47.33
14:05	4:10	23.8	17	-2	15	42.08	0.0032	39.01
9:55	0:00	23.9	14	-2	12	33.66	0.0013	31.21

Χρόνος (λεπτά)	Μέγιστη Διάμετρος d ₀ (mm)	K _n	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d(mm)
1	0.058	1.014	0.821	1.00	0.0483
2	0.040	0.962	0.905	1.00	0.0344
5	0.026	0.956	0.875	1.00	0.0217
15	0.015	0.940	0.886	1.00	0.0125
30	0.010	0.935	0.898	1.00	0.0084
60	0.0074	0.940	0.913	1.00	0.0063
250	0.0036	0.946	0.941	1.00	0.0032
1440	0.0015	0.946	0.928	1.00	0.0013

3.1.6 Αποτελέσματα της δοκιμής για την εύρεση της διατμητικής αντοχής του εδάφους, με τη χρήση της μεθόδου πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου.

Για το 1^ο δείγμα:

Διείσδυση	Βάρος μικρής κάψας (gr)	Βάρος υγρού δείγματος (gr)	Βάρος ξηρού δείγματος (gr)
7	26.787	43.945	40.399
16.5	31.135	55.015	49.125

$$C_u = 9.8 \times (K \times M)/p^2 = 9.8 \times (60 \times 0.25)/7^2 = 3 \text{ KPa}$$

$$C_u = 9.8 \times (K \times M)/p^2 = 9.8 \times (6 \times 2.5)/(16.5)^2 = 0.539 \text{ KPa}$$

Για το 2^ο δείγμα :

Διείσδυση	Βάρος μικρής κάψας (gr)	Βάρος υγρού δείγματος (gr)	Βάρος ξηρού δειγματος (gr)
6	21.794	34.340	31.079
17.5	27.416	48.706	42.678

$$C_u = 9.8 \times (K \times M)/p^2 = 9.8 \times (6 \times 2.5)/36 = 4.08 \text{ KPa}$$

$$C_u = 9.8 \times (K \times M)/p^2 = 9.8 \times (6 \times 2.5)/(17.5)^2 = 0.48 \text{ KPa}$$

Για το 3^ο δείγμα :

Διείσδυση	Βάρος μικρής κάψας (gr)	Βάρος υγρού δείγματος (gr)	Βάρος ξηρού δειγματος (gr)
5	26.422	34.758	33.007
18	26.492	43.681	39.087

$$C_u = 9.8 \times (K \times M)/p^2 = 9.8 \times (6 \times 2.5)/25 = 5.88 \text{ KPa}$$

$$C_u = 9.8 \times (K \times M)/p^2 = 9.8 \times (6 \times 2.5)/18^2 = 0.453 \text{ KPa}$$

3.2 Συμπεράσματα Δοκιμών

Οι περιοχές Ρύμνιο και Χρώμιο, έξω από την Κοζάνη, με τη βοήθεια των κοκκομετρικών αναλύσεων με τη χρήση κοσκίνων, αποτελούνται κατά κύριο λόγο από άμμο και ιλύς, ενώ σε πολύ μικρότερα ποσοστά από άργιλο και λεπτούς χάλικες. Από τις δοκιμές για την εύρεση των ορίων Atterberg όμως, παρατηρούμε πως τα υλικά του δείγματος Νο.1 χρειάστηκαν μικρότερες ποσότητες νερού για να μεταβούν στην ρευστή κατάσταση. Σε αντίθεση με το δείγμα Νο.3 στο οποίο προστέθηκε ποσότητα νερού ελαφρώς αυξημένη και το δείγμα Νο.2 το οποίο χρειάστηκε τη μεγαλύτερη ποσότητα σε σχέση με τα άλλα δύο, για να μεταβεί στην υδαρή κατάσταση.

Και τα τρία εδαφικά δείγματα των περιοχών αυτών αποτελούνται κυρίως από άμμο και ιλύς και έχουν ποικίλα και διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά. Για την εύρεση της διατμητικής αντοχής του παρατηρούμαι πως όσο αυξάνεται η περιεχόμενη υγρασία τόσο μειώνεται η αντοχή των υλικών. Συγκεκριμένα στο δείγμα Νο. 2, χρειάστηκε μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας έτσι ώστε να ελαττωθεί η αντοχή του και έπειτα ακολουθεί το εδαφικό δείγμα Νο.1 και τέλος το δείγμα Νο.3. Διαπιστώνεται ότι η διατμητική αντοχή δεν επηρεάζεται από τα φυσικά χαρακτηριστικά των λεπτόκοκκων υλικών.

Βιβλιογραφία

- **AASHO (1961)** . The classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway constructions purposes. In Standard specifications for highway materials and methods of sampling and testing, 8th ed., Part 1, Specifications, Am. Assoc. State. Highway Officials, pp 45-51.
- **ASTM (1989)**. Annual book of ASTM Standards. Sec. 4 Construction, Vol. 04.08, Soil and Rock Building Stones, Geotextiles, Philadelphia, 997p.
- **ASTM (1983)**. Standard test method for classification of soils for engineering purposes : Am. Soc. For Testing and Mater., ASTM Designation D 2487-69, Annual book of ASTM standards, Sec. 4, Vol. 04.08, pp. 392-396.
- **ASTM (1985)**. Standard test method for classification of soils for engineering purpose : Am. Soc. For Testing and Mater., ASTM Designation D 2487-83, Annual book of ASTM standards, Sec. 4, Vol. 04.08, pp. 395-408.
- **Δημόπουλος, Γ.Χ. (1986)** . Τεχνική Γεωλογία: βασικές έννοιες βραχομηχανικής και γεωλογικές μελέτες τεχνικών έργων. Εκδόσεις Γιαχούδι- Γιαπούλη, Α.Π.Θ., 344 σελ.
- **Hansbo, S. (1957)**. A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall cone test. Roy. Swed. Geotech. Inst., Proceed. 14,47 p.
- **Μουντράκης Δ.** Γεωλογία της Ελλάδας.
- Ηλεκτρονική διεύθυνση του μαθήματος της Εδαφομηχανικής του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. από τον καθηγητή Β. Χρηστάρα.
(<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg883e>)
- **Χρηστάρας Β.** Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας, Α.Π.Θ. , Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές Εδαφομηχανικής.