

2.5. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

2.5.1. Εισαγωγή

Το έδαφος περιέχει κόκκους διαφόρων μεγεθών και σε διάταξη που ποικίλλει. Από αυτή τη σύνθεση και τη δομή του εξαρτώνται οι μηχανικές του ιδιότητες, δηλαδή η αντοχή του και οι καθιζήσεις που εκδηλώνονται όταν ασκηθούν σε αυτό δυνάμεις.

Θα εξετάσουμε χωριστά τα φυσικά χαρακτηριστικά των άμμων και των χαλικιών, τα οποία είναι εδάφη χωρίς συγκόλληση μεταξύ των κόκκων, και χωριστά τα Χαρακτηριστικά των ιλύων και των αργίλων, που είναι εδάφη με συγκόλληση μεταξύ των κόκκων τους. Τα πρώτα τα ονομάζουμε **«μη συνεκτικά εδάφη»** ή **«εδάφη χωρίς συνοχή»**, ενώ τα δεύτερα τα ονομάζουμε **«συνεκτικά εδάφη»**.

2.5.2. Εδάφη χωρίς συνοχή

Τα εδάφη χωρίς συνοχή χαρακτηρίζονται από την κοκκομετρική τους διαβάθμιση, δηλαδή από το ποσοστό στο οποίο περιέχονται κόκκοι κάποιας διαμέτρου, και από έναν δείκτη που ονομάζεται σχετική πυκνότητα και που μετράει το πόσο πυκνή ή αραιή είναι η διάταξη των κόκκων.

2.5.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μία από τις πλέον βασικές μεθόδους κατάταξης των εδαφών και χρησιμοποιείται διεθνώς. Η καταλληλότητα ενός εδάφους ως υλικού θεμελίωσης ή ως δομικού υλικού εξαρτάται από την κοκκομετρική ανάλυση, δηλαδή από τον προσδιορισμό της συμμετοχής των διαμέτρων των κόκκων, ως ποσοστών, στο συνολικό όγκο του θεωρούμενου εδάφους.

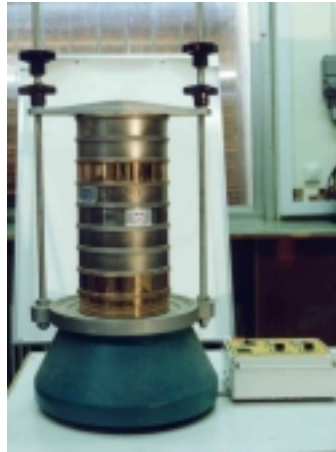
Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την κοκκομετρική ανάλυση μας διευκολύνουν να προβλέψουμε τη συμπεριφορά των εδαφών, όσον αφορά στην αντοχή και στην παραμόρφωση, να συμπεράνουμε τη δυνατότητα

κίνησης του υπόγειου νερού (διήθηση) μέσα από τα κενά μεταξύ των κόκκων και να εκτιμήσουμε την επιρροή του παγετού στο έδαφος.

Στη συνέχεια περιγράφονται ο απαιτούμενος εξοπλισμός και η διαδικασία της διεξαγωγής της ανάλυσης.

2.5.2.1.1. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. Συσκευή κοσκινίσματος (Φωτ. 6).



Φωτ. 6. Συσκευή κοσκινίσματος

2. Σειρά κόσκινων.

Μία ακολουθία κόσκινων δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:
Πίνακας 1

Αριθμός κόσκινου (No.)	Διάμετρος D (mm)
	75
	6,3
4	4,75
10	2,0
20	0,85
40	0,425
100	0,150
200	0,075



Φωτ. 7 Κόσκινα No. 200 και No. 4



Φωτ. 8 Κόσκινα διαμέτρου $D=6,3mm$ και $D=75mm$

Τα κόσκινα Νο. 4 και Νο. 200 (Φωτ. 7) έχουν διαμέτρους που διαχωρίζουν τα χαλίκια από την άμμο και την άμμο από την ιλύ αντίστοιχα. Στη Φωτογραφία 8 φαίνονται τα δύο κόσκινα με τις μεγαλύτερες διαμέτρους, τα οποία συγκρατούν τα χαλίκια.

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.

3. Γουδί και γουδοχέρι.

4. Ζυγαριά με ακρίβεια 2 δεκαδικών ψηφίων.

2.5.2.1.2. Προδιαγραφές:

1. «Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής» (Ε 105-86), δημοσιευμένες στο Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως Φ.Ε.Κ. αρ. 955/31-12-86, τεύχος δεύτερο.
2. Αμερικανική Προδιαγραφή ASTM D422-1980.

2.5.2.1.3. Διαδικασία:

- Τοποθετούνται τα κόσκινα στη συσκευή με τις διαμέτρους να αυξάνουν από κάτω προς τα άνω.
- Αν το δείγμα είναι κυρίως άμμος, επιλέγουμε μία ποσότητα 500 γραμμαρίων το οποίο έχει ξηρανθεί. Αν το δείγμα περιέχει χαλίκια, τότε επιλέγεται ποσότητα 1500 έως 5000 γραμμαρίων ανάλογα με τη διάμετρο των κόκκων.
- Τοποθετούμε το δείγμα εδάφους στο επάνω κόσκινο (με τη μεγαλύτερη διάμετρο).
- Κοσκινίζουμε το δείγμα, ενεργοποιώντας το δονητή της συσκευής, για 5 έως 10 λεπτά.
- Αφαιρούμε τα κόσκινα και τα ζυγίζουμε μαζί με την ποσότητα εδάφους που έχουν συγκρατήσει.
- Υπολογίζουμε το ποσοστό του συγκρατούμενου υλικού σε κάθε κόσκινο διαιρώντας το βάρος του συγκρατούμενου με το συνολικό βάρος του δείγματος.

- Υπολογίζουμε το ποσοστό του διερχόμενου ξεκινώντας από το 100% και αφαιρώντας σταδιακά το ποσοστό του συγκρατούμενου σε κάθε κόσκινο. Παράδειγμα: Έστω δείγμα 500 gr. Βρέθηκε ότι στο κόσκινο Νο. 4 συγκρατήθηκε ποσότητα δείγματος 9,7gr. Άρα, το διερχόμενο ήταν $500 - 9,7 = 490,3$ gr. Το ποσοστό συγκρατούμενου είναι $9,7/500 = 1,9\%$, ενώ το ποσοστό του διερχόμενου είναι $490,3/500 = 98,1\%$ ($=100\% - 1,9\%$).
- Τοποθετούμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα (Σχ. 3) και σχεδιάζουμε την καμπύλη που διέρχεται από τα σημεία.

Στην καμπύλη που σχεδιάσαμε βρίσκουμε τα εξής χαρακτηριστικά μεγέθη:

- **Ενεργός διάμετρος D_{10}** , η οποία ορίζεται ως η διάμετρος από την οποία διέρχεται το 10% του δείγματος. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς συνδέεται με τη δυνατότητα ροής του νερού μέσα στο έδαφος. Μικρή τιμή της ενεργού διαμέτρου δείχνει ότι το έδαφος περιέχει μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται σημαντικά από το λεπτόκοκκο υλικό που περιέχει.

- **Συντελεστής ομοιομορφίας C_u** , ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο

$$C_u = D_{60}/D_{10},$$

όπου D_{60} δηλώνει τη διάμετρο από την οποία διέρχεται το 60% του δείγματος. Μεγάλη τιμή του συντελεστή δηλώνει ότι τα μεγέθη των κόκκων είναι καλά διαβαθμισμένα από τους μικρότερους κόκκους προς τους μεγαλύτερους. Έδαφος με συντελεστή ομοιομορφίας ίσο προς 1 αποτελείται από κόκκους της ίδιας διαμέτρου. Εδάφη με συντελεστή $C_u < 5$ είναι σχετικά ομοιόμορφα, ενώ, εάν είναι $C_u > 5$, καλούνται καλά διαβαθμισμένα.

- **Συντελεστής καμπυλότητας C_c** , ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο

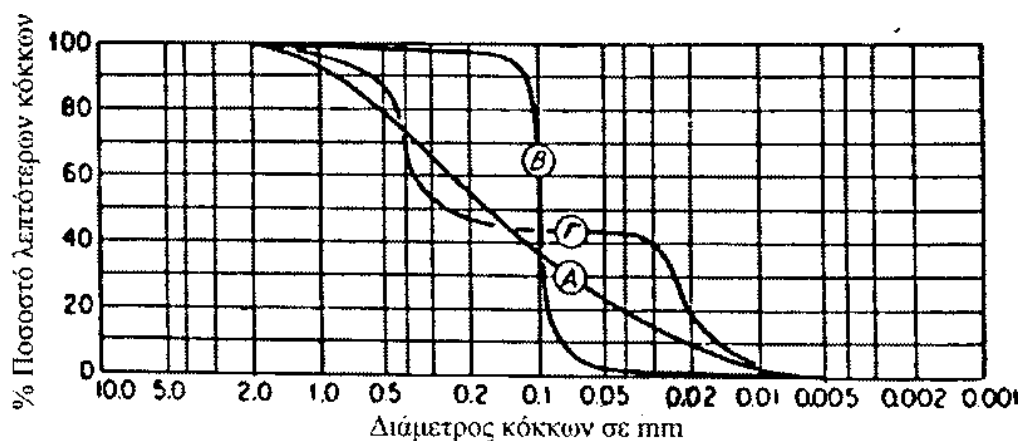
$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$$

Ο συντελεστής αυτός είναι ένα μέτρο της καμπυλότητας της καμπύλης μεταξύ των σημείων D_{60} και D_{10} .

2.5.2.1.4. Ερμηνεία της κοκκομετρικής καμπύλης:

Από τη μορφή της κοκκομετρικής καμπύλης παίρνουμε χρήσιμες πληροφορίες για τις ιδιότητες του εδάφους. Στο Σχήμα 3 φαίνονται οι κοκκομετρικές καμπύλες Α, Β και Γ τριών εδαφών. Από τη μορφή τους μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το έδαφος Α είναι καλά διαβαθμισμένο.

Αυτό σημαίνει ότι οι λεπτοί κόκκοι εισχωρούν στα κενά μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων με αποτέλεσμα το έδαφος να έχει αντοχή στη διάβρωση, να μπορεί να συμπυκνώνεται καλά, να παρουσιάζει μεγάλη αντοχή και να παραμορφώνεται λίγο. Η καμπύλη Β δείχνει ότι το έδαφος έχει κακή διαβάθμιση, καθώς επικρατεί ένα μέγεθος διαμέτρου, με συνέπεια να παρουσιάζει μεγάλα κενά. Επομένως, θα έχει μικρότερη αντοχή και θα παραμορφώνεται. Τέλος, το έδαφος Γ είναι γενικά κακής διαβάθμισης καθώς στερείται κόκκων με διαμέτρους που να καλύπτουν μεγάλο εύρος.



Σχήμα 3. Κοκκομετρικές καμπύλες

2.5.2.2. Σχετική Πυκνότητα

Ένα εδαφικό υλικό μπορεί να έχει λόγο κενών σε διάφορες τιμές. Αυτό εξαρτάται από τη δομή του, δηλαδή από τη διάταξη των κόκκων του. Πρόσφατες αποθέσεις άμμων είναι πολύ χαλαρές με αραιή διάταξη των κόκκων και με λόγο κενών που τείνει σε μία ελάχιστη τιμή. Αντίθετα, εάν η άμμος συμπυκνωθεί με έντονη δόνηση, οι κόκκοι πλησιάζουν μεταξύ τους

παίρνοντας μία πυκνή διάταξη. Ο λόγος κενών τείνει τότε σε μία μέγιστη τιμή. Αυτές οι ακραίες καταστάσεις διάταξης των κόκκων μπορούν να πραγματοποιηθούν στο εργαστήριο. Ένα χρήσιμο μέγεθος που συγκρίνει την πραγματική κατάσταση μιας άμμου με τις ακραίες τιμές της πυκνότητάς της είναι η σχετική πυκνότητα. Ορίζουμε ως σχετική πυκνότητα το πηλίκο

$$D_r = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$$

Όπου: e είναι ο πραγματικός λόγος κενών της άμμου,

$e_{\max}$ είναι ο λόγος κενών που αντιστοιχεί στην ελάχιστη πυκνότητα (χαλαρό δείγμα-μέγιστο πορώδες) και

$e_{\min}$ είναι ο λόγος κενών που αντιστοιχεί στη μέγιστη πυκνότητα (πυκνό δείγμα-ελάχιστο πορώδες).

Με βάση την τιμή της σχετικής πυκνότητας κατατάσσουμε ένα αμμώδες έδαφος σύμφωνα με τον Πίνακα:

Πίνακας 2

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

2.5.3. Φυσικά χαρακτηριστικά συνεκτικών εδαφών

2.5.3.1. Γενικά

Στα συνεκτικά εδάφη (ιλύες και άργιλοι) δεν είναι δυνατόν να γίνει κοσκίνισμα λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των κόκκων. Επιπλέον τα φυσικά χαρακτηριστικά που αναφέραμε στα μη συνεκτικά εδάφη δεν συσχετίζονται με τις ιδιότητες των συνεκτικών εδαφών. Μία

παράμετρος, η οποία φαίνεται πως έχει μεγάλη επιρροή σ' αυτά τα εδάφη είναι η περιεχόμενη υγρασία και τα όρια Atterberg.

Η παρουσία του νερού είναι καθοριστική για τη μηχανική συμπεριφορά των συνεκτικών εδαφών. Μεταβάλλοντας την περιεχόμενη υγρασία παρατηρούμε ότι με την αύξησή της έχουμε μεταβολή της κατάστασης του εδάφους από τη στερεή κατάσταση στην υδαρή. Η ερμηνεία αυτής της επιρροής έγκειται στην ιδιότητα που έχουν τα πολύ λεπτόκοκκα υλικά να προσροφούν στην επιφάνεια των κόκκων τους, οι οποίοι έχουν σχήμα πλακιδίου, νερό με ισχυρές δυνάμεις.

Στη συνέχεια θα δώσουμε τους ορισμούς των ορίων Atterberg.

2.5.3.2. Όρια Atterberg

Για τα πλέον λεπτόκοκκα εδάφη, όπως είναι οι άργιλοι και οι ιλύες, οι βασικοί δείκτες για την κατάταξή τους είναι τα όρια **Atterberg**.

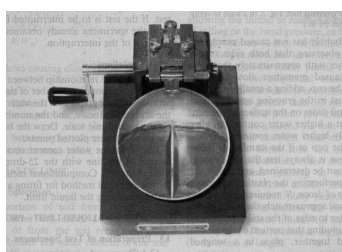
Τα όρια Atterberg είναι τιμές της περιεχόμενης υγρασίας, στις οποίες παρατηρείται μετάπτωση της κατάστασης του εδάφους από την “υγρή” στην “πλαστική” και στη συνέχεια στην “ημιστερεή” και στη “στερεή” κατάσταση.

Ειδικότερα τα όρια Atterberg ορίζονται ως εξής:

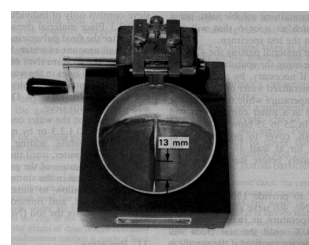
1. **Όριο υδαρότητας (LL)** : όριο υδαρότητας είναι η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας, εξαιτίας της οποίας τα τοιχώματα διαμορφωμένης εγκοπής ενός δείγματος εδάφους, που τοποθετείται στη συσκευή Casagrande, έρχονται σε επαφή μεταξύ τους μετά από 25 κρούσεις (**Φωτ. 9**).



(α) Η συσκευή Casagrande



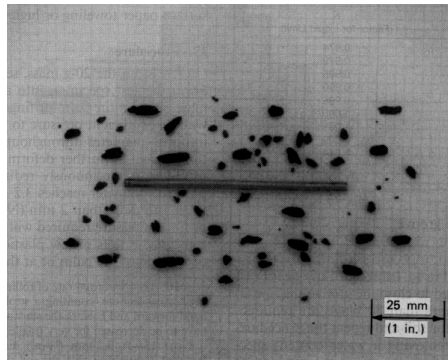
(β) Το δείγμα προ της δοκιμής



(γ) Το δείγμα μετά τη δοκιμή

Φωτ. 9. Προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας

2. **Όριο πλαστιμότητας (PL)** : είναι η περιεχόμενη υγρασία, εξαιτίας της οποίας ένα δείγμα εδάφους αρχίζει να θρυμματίζεται σε μικρά τεμάχια όταν πλάθεται σε λεπτές ίνες, μόλις φθάσει σε διάμετρο 3mm (Φωτ. 10).



Φωτ. 10. Προσδιορισμός του ορίου πλαστιμότητας

3. **Όριο συρρίκνωσης (SL)** : είναι η περιεχόμενη υγρασία, που αντιστοιχεί στην απαιτούμενη ποσότητα ύδατος για την πλήρωση των πόρων, όταν το δείγμα έχει τον ελάχιστο του όγκου του μετά από ξήρανση. Για μικρότερη περιεκτικότητα νερού το δείγμα παύει να είναι κορεσμένο.

Μέ τη βοήθεια αυτών των ορίων προσδιορίζονται οι δείκτες:

- **Δείκτης πλαστιμότητας (PI)** : ονομάζεται η διαφορά μεταξύ των ορίων υδαρότητας και πλαστιμότητας $PI=LL-PL$.

- **Δείκτης υδαρότητας (LI)** : ονομάζεται το πηλίκο

$$LI=(w-PL)/(LL-PL),$$

- **Δείκτης συνεκτικότητας (c_r)** : ονομάζεται το πηλίκο

$$c_r=(LL-w)/(LL-PL),$$

Το όριο υδαρότητας LL και ο δείκτης πλαστιμότητας PI χρησιμεύουν στην κατάταξη των λεπτόκοκκων εδαφών με βάση το διάγραμμα Casagrande (Σχ. 4).

Επί τόπου διάκριση ιλύων και αργίλων.

- **Δοκιμή καθίζησης:** Αναμιγνύουμε δείγμα εδάφους σε ένα ποτήρι με νερό και μετράμε τον χρόνο, ο οποίος απαιτείται για να γίνει το νερό διαυγές. Εάν το έδαφος είναι ιλύς, τότε θα κατακαθίσει σε 10 έως 60 λεπτά, ενώ εάν είναι άργιλος θα περάσουν πολλές ώρες ή και ημέρες.
- **Δοκιμή αντοχής:** Αποξηραίνουμε μικρό δείγμα εδάφους και στη συνέχεια το θραύουμε με τα δάχτυλα. Εάν είναι άργιλος, τότε θραύεται σχετικά δύσκολα, ενώ η ιλύς θραύεται εύκολα. Επιπλέον εάν τρίψουμε την ιλύ αφήνει σκόνη στα δάχτυλα.
- **Δοκιμή πλαστιμότητας:** Τα αργιλικά εδάφη που περιέχουν κατάλληλη ποσότητα νερού πλάθονται σε λεπτές ίνες, ενώ η ιλύς πλάθεται πολύ δύσκολα και με μεγάλη ποσότητα περιεχόμενου νερού.
- **Δοκιμή ανατάραξης:** Σε μικρή ποσότητα εδάφους προσθέτουμε νερό μέχρι να πλάθεται. Κατόπιν το εκτινάσσουμε ανάμεσα στις παλάμες μας οπότε παρατηρούμε, ότι στη μεν ιλύ η επιφάνεια του δείγματος γίνεται υγρή και λαμπρή, στη δε άργιλο δεν παρατηρούνται αυτές οι αλλαγές γιατί το νερό διασχίζει με πολλή δυσκολία τα σωματίδια της αργίλου.

Σχήμα 4. Διάγραμμα Casagrande

Πίνακας 3

ΠΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ			ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΧΑΛΙΚΙΑ (λιγότερο από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο No. 4)		GW	Χαλίκι καλά διαβαθμισμένο με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			GP	Χαλίκι κακής διαβάθμισης με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			GM	Χαλίκια ιλυώδη, μίγμα χαλικιών, άμμου και ιλύος.
			GC	Ιλυώδης άργιλος, μίγμα χαλικιών, άμμου και αργίλου.
	ΑΜΜΟΣ (πάνω από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο No. 4)		SW	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			SP	Άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			SM	Ιλυώδης Άμμος
			SC	Αργιλώδης Άμμος
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας 50% ή μικρότερο		ML	Ανόργανη ιλύς, λεπτόκοκκη άμμος, ιλυώδης ή αργιλώδης λεπτόκοκκη άμμος.
			CL	Ανόργανη άργιλος μικρής ή μέσης πλαστιμότητας, χαλικώδης άργιλος, αμμώδης άργιλος, ιλυώδης άργιλος, ισχνή άργιλος.
			OL	Οργανική ιλύς και οργανική ιλυώδης άργιλος χαμηλής πλαστιμότητας.
	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας μεγαλύτερο του 50%		MH	Ανόργανη ιλύς, μαρμαρυγιακά ή λεπτόκοκκα αμμώδη ή ιλυώδη εδάφη, ελαστική ιλύς.
			CH	Ανόργανη άργιλος μεγάλης πλαστιμότητας, παχιά άργιλος.
			OH	Οργανική άργιλος με μέση ως μεγάλη πλαστιμότητα
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ			PT	Χούμος, τύρφη και άλλα έντονα οργανικά εδάφη.

1.1 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από Νο 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL < 50

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ – ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL<50	PI > 7 Και σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	CL	< 30%	< 15% συγκρ. Νο 200		Ισχνή άργιλος
				15–29% συγκρατ. Νο 200	% άμμου > % χαλικιών	Ισχνή άργιλος με άμμο
					% άμμου < % χαλικιών	Ισχνή άργιλος με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης ισχνή άργιλος
					≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης ισχνή άργιλος με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	<15% άμμος	Χαλικώδης ισχνή άργιλος
	4 < PI < 7 Και σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	CL -- ML	< 30%	<15% συγκρ. Νο 200		Ιλυώδης άργιλος
				15-29% συγκρατ. Νο 200	% άμμου > % χαλίκια	Ιλυώδης άργιλος με άμμο
					% άμμου < χαλίκια	Ιλυώδης άργιλος με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης- Ιλυώδης άργιλος
					≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης – Ιλυώδης άργιλος με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Χαλικώδης – Ιλυώδης άργιλος
	PI < 4 Ή σημεία κάτω από τη γραμμή «Α»	ML	< 30%	< 15% συγκρ. Νο 200		Ιλύς
				15-29% συγκρατ. Νο 200	% άμμου > % χαλίκια	Ιλύς με άμμο
					% άμμου < % χαλίκια	Ιλύς με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης ιλύς
					≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης ιλύς με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Χαλικώδης ιλύς
					≥ 15% άμμος	Χαλικώδης ιλύς με άμμο

1.2 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL ≥ 50

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL≥50	Σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	CH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Παχιά άργιλος
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > %χαλικιών	Παχιά άργιλος με άμμο
					% άμμου < % χαλικιών	Παχιά άργιλος με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης παχιά άργιλος
				% άμμου < % χαλικιών	≥ 15 % χαλίκια	Αμμώδης παχιά άργιλος με χαλίκια
					< 15% άμμος	Χαλικώδης παχιά άργιλος
	Σημεία κάτω από τη γραμμή «Α»	MH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Χαλικώδης παχιά άργιλος με άμμο
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Ελαστική ιλύς
					% άμμου < % χαλικιών	Ελαστική ιλύς με άμμο
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Ελαστική ιλύς με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης ελαστική ιλύς
					< 15% άμμος	Αμμώδης ελαστική ιλύς με χαλίκια
					≥ 15% άμμος	Χαλικώδης ελαστική ιλύς
						Χαλικώδης ελαστική ιλύς με άμμο

2.1 ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Κοκκώδη, συγκρατούμενο από No 200 ($D=0,074 \text{ mm}$) $\geq 50\%$

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΧΑΛΙΚΙΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ				
% άμμου < %χαλικιών	Λεπτά χαλίκια ($d=4,75\text{mm}$) <5%	$C_u \geq 4$ και $1 \leq C_c \leq 3$		GW	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένα
					$\geq 15\%$	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άμμο
		$C_u < 4$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$		GP	<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης
					$\geq 15\%$	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με άμμο
	Λεπτά χαλίκια ($d=4,75\text{mm}$) 5÷12%	$C_u \geq 4$ και $1 \leq C_c \leq 3$ (1*)	ML ή MH	GW – GM	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με ιλύ
					$\geq 15\%$	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με ιλύ και άμμο
			CL, CH ή (CL – ML)	GW – GC	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					$\geq 15\%$	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και άμμο
		$C_u < 4$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$ (1*)	ML ή MH	GP – GM	<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με ιλύ
					$\geq 15\%$	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με ιλύ και άμμο
			CL, CH ή (CL – ML)	GP – GC	<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					$\geq 15\%$	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και άμμο
	Λεπτά χαλίκια ($d=4,75\text{mm}$) >12%		ML ή MH	GM	<15%	Ιλυώδη χαλίκια
					$\geq 15\%$	Ιλυώδη χαλίκια με άμμο
					<15%	Αργιλώδη χαλίκια

			CL ή CH	GC	≥15%	Αργιλώδη χαλίκια με άμμο
			CL - ML	GC - GM	<15%	Ιλυσσαργιλώδη χαλίκια
					≥15%	Ιλυσσαργιλώδη χαλίκια με άμμο

(1*) Ισχύουν και προσαρμόζονται οι έλεγχοι από τη στήλη «ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ» του Πίνακα 1 «Ανόργανα συνεκτικά εδάφη»

2.2 ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Κοκκώδη, συγκρατούμενο από No 200 (D=0,074 mm) ≥ 50%

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ	ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΑΜΜΟΣ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΜΟΙΟ- ΜΟΡΦΙΑ				
% άμμου > %χαλικιών	Λεπτή άμμος (d=0,425mm) <5%	$C_u \geq 6$ και $1 \leq C_c \leq 3$		SW	<15%	Αμμος καλά διαβαθμισμένη
					≥15%	Αμμος καλά διαβαθμισμένη με χαλίκια
		$C_u < 6$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$		SP	<15%	Αμμος κακής διαβάθμισης
					≥15%	Αμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια
	Λεπτή άμμος (d=0,425mm) 5÷12%	$C_u \geq 6$ και $1 \leq C_c \leq 3$ (1*)	ML ή MH	SW – SM	<15%	Αμμος καλά διαβαθμισμένη με ιλύ
					≥15%	Αμμος καλά διαβαθμισμένη με ιλύ και χαλίκια
			CL, CH ή (CL – ML)	SW – SC	<15%	Αμμος καλά διαβαθμισμένη με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					≥15%	Αμμος καλά διαβαθμισμένη με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και χαλίκια
		$C_u < 6$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$ (1*)	ML ή MH	SP – SM	<15%	Αμμος κακής διαβάθμισης με ιλύ
					≥15%	Αμμος κακής διαβάθμισης με ιλύ και χαλίκια
			CL, CH ή (CL – ML)	SP – SC	<15%	Αμμος κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					≥15%	Αμμος κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και χαλίκια
	Λεπτή άμμος (d=0,425mm) >12%		ML ή MH	SM	<15%	Ιλυώδης άμμος
					≥15%	Ιλυώδης άμμος με χαλίκια
					<15%	Αργιλώδης άμμος

			CL ή CH	SC	≥15%	Αργιλώδης άμμος με χαλίκια
			CL - ML	SC - SM	<15%	Ιλυσσαργιλώδης άμμος
					≥15%	Ιλυσσαργιλώδης άμμος με χαλίκια

(1*) Ισχύουν και προσαρμόζονται οι έλεγχοι από τη στήλη «ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ» του Πίνακα 1 «Ανόργανα συνεκτικά εδάφη»

3.1 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL < 50 και (LL_αποξηραμένο σε φούρνο / LL_μη αποξηραμένο) < 0,75

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL<50	PI ≥ 4 Και σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	OL	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Οργανική άργιλος
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > %χαλικιών	Οργανική άργιλος με άμμο
					% άμμου < % χαλικιών	Οργανική άργιλος με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική άργιλος
				% άμμου < % χαλικιών	≥ 15 % χαλίκια	Αμμώδης οργανική άργιλος με χαλίκια
					< 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική άργιλος
	PI < 4 Ή σημεία κάτω από τη γραμμή «Α»	OL	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Χαλικώδης οργανική άργιλος με άμμο
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Οργανική ιλύς
					% άμμου < % χαλικιών	Οργανική ιλύς με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Οργανική ιλύς με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική ιλύς
					≥ 15% άμμος	Αμμώδης οργανική ιλύς με χαλίκια
			% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς	
				≥ 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς με άμμο	

3.2 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL ≥ 50 και (LL_αποξηραμένο σε φούρνο) / (LL_μη αποξηραμένο) < 0,75

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL≥50	Σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	OH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Οργανική άργιλος
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > %χαλικιών	Οργανική άργιλος με άμμο
					% άμμου < % χαλικιών	Οργανική άργιλος με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική άργιλος
					≥ 15 % χαλίκια	Αμμώδης οργανική άργιλος με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική άργιλος
					≥ 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική άργιλος με άμμο
	Σημεία κάτω από τη γραμμή «Α»	OH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Οργανική ιλύς
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Οργανική ιλύς με άμμο
					% άμμου < % χαλικιών	Οργανική ιλύς με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική ιλύς
					≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική ιλύς με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς
					≥ 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς με άμμο

2.6.2. Παραδείγματα

2.6.2.1. Παράδειγμα 1°.

Δεδομένα

Έστω έδαφος με τα εξής χαρακτηριστικά:

Όρια Atterberg

1. Όριο υδαρότητας $LL=25\%$
2. Όριο πλαστιμότητας $PL=15\%$

Κοκκομετρική διαβάθμιση

1. % διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου 75mm = 100%
2. % Διερχόμενο από το κόσκινο No. 4 = 94%
3. % Διερχόμενο από το κόσκινο No. 200 = 57%

Κατάταξη

- Από τα όρια Atterberg προκύπτει ότι ο δείκτης πλαστιμότητας του εδάφους είναι:

$$PI=LL-PL, \text{ δηλαδή } 25\%-15\%=10\%$$

- Από την κοκκομετρική διαβάθμιση προκύπτει ότι:
% λεπτόκοκκων = 57% (διερχόμενο από το No. 200)
% άμμου = % διερχόμενο από το No. 4 - % διερχόμενο από το No. 200,
δηλαδή % άμμου = 94% - 57% = 37%
% χαλικιών = % διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου 75mm - % διερχόμενο από το No. 4, δηλαδή 100% - 94% = 6%.
• Από τα δεδομένα έχουμε ότι το ποσοστό του δείγματος που συγγρατείται από το κόσκινο No. 200 είναι ίσο προς 100% - 57% (διερχόμενο από το No. 200) = 43%.

Επι πλέον έχουμε ότι $LL < 50 \%$. Άρα το δείγμα εδάφους υπάγεται στον Πίνακα 4 (1.1 **Ανόργανα Συνεκτικά Εδάφη**).

- Από τα δεδομένα βρήκαμε ότι ο δείκτης πλαστιμότητας PI είναι ίσος προς $10\% > 7\%$. Επομένως το έδαφος ανήκει στην κατηγορία CL (Ισχνή άργιλος). Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγουμε και από το διάγραμμα του Σχήματος 4. Πράγματι, παρατηρούμε ότι για τιμές των LL και PI 25% και 10% , το έδαφος ανήκει στην κατηγορία CL . Στα επόμενα βήματα, θα προσδιορίσουμε την ονομασία, που περιγράφει τη σύσταση του εδάφους.
- Στη συνέχεια συγκρίνουμε το ποσοστό που συγκρατείται από το No. 200 με το 30% . Βρήκαμε ότι το συγκρατούμενο είναι $43\% (>30\%)$. Επιπλέον από την κοκκομετρία έχουμε ότι $\% \text{ άμμου} > \% \text{ χαλικιών}$ ($37\% > 6\%$) και ότι το $\% \text{ χαλικιών}$ είναι μικρότερο από 15% ($6\% < 15\%$).
- Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των συγκρίσεων με τα όρια του Πίνακα 4, προκύπτει ότι το έδαφος περιγράφεται ως αμμώδης ισχνή άργιλος- CL .

2.6.2.2. Παράδειγμα 2°.

Δεδομένα

1. $\% \text{ Διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου } 75\text{mm} = 93\%$,
2. $\% \text{ διερχόμενο από το κόσκινο No.4} = 66\%$,
3. $\% \text{ διερχόμενο από το No. 200} = 4\%$,
4. Διάμετρος $D_{10} = 1.8$,
5. Διάμετρος $D_{30} = 2.9$,
6. Διάμετρος $D_{60} = 4.4$,

Κατάταξη

- Το $\%$ που συγκρατείται από το κόσκινο No. 200 είναι ίσο προς $100\% - 4\% = 96\%$. Άρα το έδαφος είναι μη συνεκτικό και κατατάσσεται με βάση τον Πίνακα 2.1 ή 2.2, ανάλογα με το εάν είναι $\% \text{ άμμου} >$ ή $<$ $\% \text{ χαλικιών}$. Έχουμε ότι $\% \text{ άμμου} = \text{διερχόμενο από το No. 4} - \text{διερχόμενο από το No. 200}$, δηλαδή $66\% - 4\% = 62\%$. Το $\%$ των χαλικιών είναι ίσο προς το $\%$ που

διέρχεται από το κόσκινο διαμέτρου 75mm - % διερχόμενο από το No. 4, δηλαδή $93\% - 66\% = 27\%$.

- Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι είναι % άμμου $>$ % χαλικιών ($62\% > 27\%$), επομένως το έδαφος κατατάσσεται με βάση τον Πίνακα 2.2.

- Υπολογίζονται οι συντελεστές ομοιομορφίας και καμπυλότητας της κοκκομετρικής καμπύλης:

$$C_u = D_{60}/D_{10} = 4.4/1.8 = 2.4, \quad C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \cdot D_{60}) = 2.9^2/1.8 \cdot 4.4 = 1.1$$

Από αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το έδαφος ανήκει στην κατηγορία **SP**.

- Θα συγκρίνουμε τώρα το % χαλικιών με το 15%. Έχουμε ότι % χαλικιών = $27\% > 15\%$.
- Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι το δείγμα ανήκει σε έδαφος που χαρακτηρίζεται ως άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια – SP, με κροκάλες ή μεγάλους λίθους (το συγκρατούμενο από το κόσκινο των 75mm, δηλαδή $100\% - 93\% = 7\%$).