



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9
15780 ΖΩΓΡΑΦΟΥ ΑΘΗΝΑ

ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ & ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

Διδάσκων:

Κωνσταντίνος Λουπασάκης, Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ

Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΩΝ

Ο προσδιορισμός των φυσικών ιδιοτήτων αποσκοπεί στην κατάταξη και το χαρακτηρισμό των εδαφικών υλικών. Παράλληλα, μέσω εμπειρικών και θεωρητικών σχέσεων, οι φυσικές ιδιότητες μπορούν να παράσχουν προσεγγιστικές πληροφορίες για τις μηχανικές ιδιότητες των εδαφών.

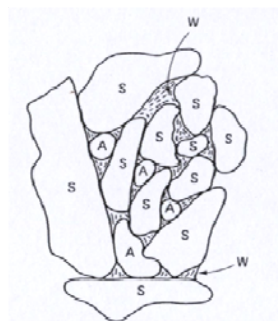
Οι βασικότερες φυσικές ιδιότητες των εδαφών είναι:

- Η φυσική υγρασία, W
- Το φαινόμενο βάρος, γ
- Το ειδικό βάρος ή φαινόμενο βάρος των στερεών συστατικών, γ_s
- Η κοκκομετρική διαβάθμιση
- Τα όρια Atterberg

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ως εδάφη χαρακτηρίζονται οι σχηματισμοί των οποίων τα **στερεά συστατικά** είναι μεταξύ τους **ασύνδετα ή ελαφρώς συγκολλημένα** ενώ τα μεταξύ τους **κενά** είναι **πληρωμένα με υγρά ή και αέρια** (συνήθως νερό και αέρα).

Επομένως, ως εδάφη χαρακτηρίζονται τα μη συμπαγή τριφασικά υλικά τα οποία εκτός από στερεά φάση, αποτελούνται και από υγρά ή και αέρια φάση.



S: Solid
W: Liquid
A: Air

ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ

- **Άμμοι & Χάλικες** : Αδρομερή εδαφικά υλικά **χωρίς συνοχή** αποτελούμενοι από στρογγυλεμένα, γωνιώδη ή υπογωνιώδη θραύσματα πετρωμάτων ή ορυκτών.
- **Ιλύες**: Λεπτόκοκκα εδάφη με **μικρή ή μηδενική πλαστικότητα**.
- **Άργιλοι**: Λεπτόκοκκα εδάφη με **υψηλή πλαστικότητα**, υψηλή συμπιεστότητα και πολύ μικρή διαπερατότητα.
- **Οργανικές ιλύες & άργιλοι**: Λεπτόκοκκα πλαστικά εδάφη με σωματίδια οργανικής ύλης. Παρουσιάζουν **υψηλή πλαστικότητα, μικρή διαπερατότητα και μεγάλη συμπιεστότητα**.

A.A.S.H.O.: American Association of State Highway Officials

Λίθιοι ή κρυσταλλικοί	Χάλικες	Άμμος		Μίγμα ιλός και άργιλου
		Χονδρή	Λεπτή	

A.U.S.C.S.: American Unified Soil Classification System

Λίθιοι ή κρυσταλλικοί	Χάλικες	Άμμος			Λεπτόκοκκο (ιλός ή άργιλος)
		Χονδρή	Μίση	Λεπτή	

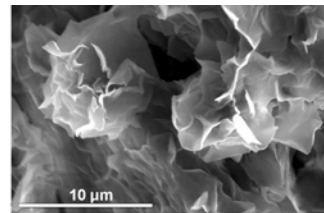
F.A.A.: Federal Aviation Administration

Χάλικες	Άμμος		Ιλός	Άργιλος
	Χονδρή	Λεπτή		

75	47.5	25	15	7.5	4.75	2.5	1.5	0.75	0.425	0.25	0.15	0.075	0.0425	0.025	0.015	0.0075	0.00425	0.0025	0.0015	0.00075	0.000425	0.00025	0.00015	0.000075	0.0000425	0.000025	0.000015	0.0000075	0.00000425	0.0000025	0.0000015	0.00000075	0.000000425	0.00000025	0.00000015	0.000000075	0.0000000425	0.000000025	0.000000015
Χάλικες		Άμμος			Λεπτόκοκκο		Ιλός		Άργιλος		Μέγεθος κόκκου - mm																												



Άμμος



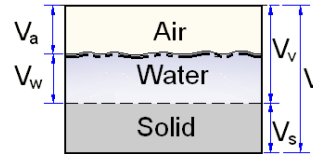
Άργιλος



ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗ ΥΠΟΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

- **Δείκτης Πόρων, e** (Καθαρός δεκαδικός αριθμός, Άργιλος ακόμα και > 1)

$$e = \frac{\text{Όγκος Κενών } (V_v)}{\text{Όγκος Στερεών } (V_s)}$$



- **Πορώδες, n** (σε ποσοστό %, Άργιλος 45-50%, Χαλίκια 25-40%)

$$n = \frac{\text{Όγκος Κενών } (V_v)}{\text{Συνολικός Όγκος Δείγματος } (V_t)} \quad n = \frac{V_s e}{V_s (1 + e)} = \frac{e}{1 + e}$$

- **Βαθμός Κορεσμού, S** (σε ποσοστό %, από 0 - 100%)

$$S = \frac{\text{Συνολικός Όγκος Κορεσμένων Κενών } (V_w)}{\text{Συνολικός Όγκος Κενών } (V_v)} \times 100\%$$

ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ, Dr

Η μηχανική συμπεριφορά των εδαφικών υλικών εξαρτάται από την πυκνότητα διάταξης των κόκκων. Ο δείκτης πόρων δε μπορεί από μόνος του να υποδηλώσει την πυκνότητα απόθεσης των εδαφικών υλικών, καθώς στη φύση κυμαίνεται μεταξύ μια μέγιστης, e_{max} και μίας ελάχιστης, e_{min} τιμής. Η εκάστοτε τιμή του δείκτη πόρων εξαρτάται από τη διαδικασία της απόθεσης καθώς και από τη διαδρομή των τάσεων που έχουν δράσει στο εδαφικό υλικό. Η πυκνότητα της διάταξης των κόκκων μπορεί να αποτυπωθεί στο Δείκτη Σχετικής Πυκνότητας, D_r .

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

Περιγραφή Εδαφικού Υλικού	e_{max}	e_{min}
Καλά διαβαθμισμένη λεπτή έως χονδρόκοκκη άμμος	0,70	0,35
Ομοιόμορφη λεπτή έως μέση άμμος	0,85	0,50
Ιλυώδης άμμος και χάλικες	0,80	0,25
Μαρμαρυγιακή άμμος με ιλύ	1,25	0,75

Δείκτης Σχετικής Πυκνότητας	Χαρακτηρισμός Εδάφους
$Dr \leq 0.15$	Πολύ Χαλαρό
$0.15 < Dr \leq 0.35$	Χαλαρό
$0.35 < Dr \leq 0.65$	Μέσης Πυκνότητας
$0.65 < Dr \leq 0.85$	Πυκνό
$0.85 < Dr \leq 1.0$	Πολύ Πυκνό

Η Σχετική Πυκνότητα συνήθως εκτιμάται με τη χρήση επιτόπου δοκιμών, π.χ. SPT.

ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ, W

Το νερό που περιέχεται στα εδαφικά υλικά μπορεί να διακριθεί σε :

- **Νερό Βαρύτητας** (ρέει σύμφωνα με τους νόμους της βαρύτητας - Απομάκρυνση με στράγγιση).
- **Νερό Τριχοειδών Κενών** (συγκρατείται στα τριχοειδή διάκενα με τις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων των υλικών - Απομάκρυνση με ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου).
- **Υγροσκοπικό Νερό** (λεπτός υδάτινος υμένας που περιβάλλει τους κόκκους του εδαφικού υλικού - Απομάκρυνση με θέρμανση άνω του σημείου βρασμού).

Ως υγρασία ορίζεται ο λόγος του βάρους του νερού που υπάρχει μέσα στους πόρους (G_w) προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους (G_d).

Όταν η μέτρηση αναφέρεται σε δείγμα προερχόμενο από φυσική θέση ονομάζεται **φυσική υγρασία**.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (ASTM D-2216/80)

- Το δοκίμιο για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητάς του σε νερό πρέπει να είναι **αντιπροσωπευτικό** και να **μην έχει υποστεί επιφανειακή ξήρανση**.
- Η **ποσότητα** του εδάφους που λαμβάνεται για τον προσδιορισμό της υγρασίας εξαρτάται από τον τύπο του εδαφικού σχηματισμού και τη διατιθέμενη ποσότητα. Γενικά **όσο μεγαλύτερο είναι το δοκίμιο τόσο ακριβέστερος είναι ο προσδιορισμός**, γιατί τα προσδιοριζόμενα βάρη είναι μεγαλύτερα.
- Τα **δείγματα** για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας σε νερό **ζυγίζονται με ακρίβεια** (G_d) όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την έναρξη της δοκιμής, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι επιδράσεις από την επιφανειακή ξήρανση.
- Στη συνέχεια το **δοκίμιο ξηραίνεται στο φούρνο σε θερμοκρασία 105° - 110° C** μέχρι σταθερού βάρους. Ο χρόνος ξηράνσεως εξαρτάται από τον τύπο, την ποσότητα και το σχήμα του δοκιμίου. Για να είμαστε σίγουροι ότι το δοκίμιο έχει ξηραθεί εντελώς, **συνιστάται χρόνος ξήρανσης μίας ημέρας**.
- Μετά την απομάκρυνσή του από το φούρνο, το **δείγμα ψύχεται και ζυγίζεται** εκ νέου (G_s).
- Η δοκιμή πραγματοποιείται το ελάχιστο σε **τρία αντιπροσωπευτικά δείγματα** του κάθε εδαφικού υλικού. Το **βάρος της κάψας ζυγίζεται και αφαιρείται** από τους υπολογισμούς

Η περιεκτικότητα σε νερό υπολογίζεται ως:

$$W = \frac{\text{Βάρος Νερού (G}_w\text{)}}{\text{Ξηρό Βάρος Δείγματος (G}_d\text{)}} * 100\%$$

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΤΡΟΠΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ



ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ, γ

Το φαινόμενο βάρος, γ , εδαφικού δείγματος είναι το βάρος της μονάδας του όγκου της στερεάς μάζας, μαζί με το περιεχόμενο των κενών. Δηλαδή, το φαινόμενο βάρος ορίζεται ως το πηλίκο του βάρους του εδάφους, G , προς τον όγκο του εδάφους, V .

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

Το φαινόμενο βάρος, γ , ανάλογα με το βαθμό κορεσμού του δείγματος, διακυμαίνεται από την ελάχιστη τιμή του ξηρού φαινόμενου βάρους, γ_d , έως την μέγιστη τιμή του κορεσμένου φαινόμενου βάρους, γ_{sat} .

Όταν το εδαφικό δείγμα βρίσκεται υπό συνθήκες άνωσης τότε αναφερόμαστε στο φαινόμενο βάρος υπό άνωσης, γ' .

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \gamma_d \left(1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_s} \right) \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Για $\gamma_s = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$ προκύπτει ότι το $\gamma' = 0,6\gamma_d$.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (AASHO T-147, ASTM C-29)

- Ογκομετρικός κύλινδρος 200ml πληρώνεται κατά τα $\frac{3}{4}$ του και καταγράφεται με ακρίβεια η στάθμη του νερού (αρχική ένδειξη).
- Πραγματοποιείται λήψη αδιατάρακτου εδαφικού δείγματος βάρους περίπου 100 gr και σχήματος που να χωράει εύκολα στον ογκομετρικό σωλήνα.
- Το δείγμα ζυγίζεται με ακρίβεια και στη συνέχεια, για να μη διαλυθεί στο νερό και για να μην αλλοιωθεί η φυσική του περιεκτικότητα σε νερό, εμποτίζεται σε λειωμένη παραφίνη. Ακολουθεί ζύγιση του παραφινωμένου δείγματος.
- Το δείγμα εισάγεται με προσοχή μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο και καταγράφεται η νέα ένδειξη της στάθμης του νερού (τελική ένδειξη).

Από τη διαφορά της αρχικής και τελικής ένδειξης της στάθμης του νερού μέσα στο σωλήνα, προκύπτει ο όγκος του παραφινωμένου δείγματος. Από τη διαίρεση του όγκου με το βάρος προκύπτει το φαινόμενο βάρος. Επισημαίνεται, ότι από τη διαφορά βάρους του αρχικού και του παραφινωμένου δείγματος προκύπτει ο όγκος της επικάλυψης ο οποίος και αφαιρείται από τους υπολογισμούς.

Το φαινόμενο βάρος μπορεί να υπολογιστεί και μέσω της ζύγισης δείγματος γνωστού όγκου. Π.χ. δείγματος το οποίο έχει τοποθετηθεί εντός δακτυλίου γνωστών διαστάσεων.

ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ή ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ, γ_s

Το ειδικό βάρος ενός εδάφους ή το φαινόμενο βάρος των στερεών συστατικών, γ_s , είναι το βάρος της μονάδας του όγκου μόνο των στερεών συστατικών του εδαφικού δείγματος. Το ειδικό βάρος ορίζεται ως ο λόγος του βάρους, G_s , ορισμένου όγκου κόκκων εδάφους, V_s , προς το βάρος ίσου όγκου αποσταγμένου νερού θερμοκρασίας 4° C.

$$\gamma_s = \frac{G_s}{V_s \cdot \gamma_w} \text{ (Καθαρός Αριθμός)}$$

Οι τιμές του ειδικού βάρους κυμαίνονται από 2,65 έως 2,80. Συνήθως για τους γεωτεχνικούς υπολογισμούς και χωρίς να εκτελούνται περεταίρω εργαστηριακές δοκιμές χρησιμοποιείται η τιμή 2,7.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (ASTM D-854/83, AASHTO T-100/75)

- Ογκομετρικός κύλινδρος 100ml καθαρίζεται, ξηραίνεται και ζυγίζεται με ακρίβεια.
- Ο Ογκομετρικός κύλινδρος πληρώνεται με αποσταγμένο νερό πραγματικής θερμοκρασίας δωματίου μέχρι τα 100 ml και εν συνεχεία ζυγίζεται (W_a).
- Το εδαφικό δείγμα ζυγίζεται (W_o) και τοποθετείται μέσα στον κενό ογκομετρικό κύλινδρο μαζί με νερό, αφού αφαιρεθεί ο περιεχόμενος αέρας με αντλία κενού ή με βρασμό, ο κύλινδρος πληρώνεται με αποσταγμένο νερό μέχρι τα 100 ml. Το έδαφος που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή του ειδικού βάρους μπορεί ή να περιέχει τη φυσική του υγρασία ή να έχει ξεραθεί σε κλίβανο. Το βάρος (W_o) του δείγματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 25 gr.
- Τέλος, λαμβάνεται το βάρος W_b του κυλίνδρου με το περιεχόμενό του και η θερμοκρασία t του περιεχομένου σε °C.

Το ειδικό βάρος εδάφους ως προς νερό θερμοκρασίας t υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

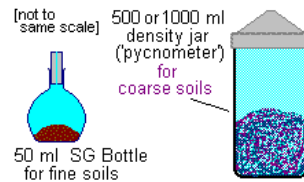
$$\gamma_{s(t^{\circ}C)} = \frac{W_o}{W_o + (W_a - W_b)}$$

Οι τιμές του ειδικού βάρους στην πράξη **αναφέρονται ως προς νερό θερμοκρασίας 20 °C**. Η αναγωγή των αποτελεσμάτων στους 20 °C πραγματοποιείται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\gamma_{s(20^{\circ}C)} = k \cdot \gamma_{s(t^{\circ}C)}$$

Όπου k ο αριθμός που προκύπτει από τη διαίρεση της σχετικής πυκνότητας του νερού θερμοκρασίας T_γ δια της σχετικής πυκνότητας του νερού στους 20°C και οι τιμές του λαμβάνονται από πίνακα.

Θερμοκρασία °C	Σχετική πυκνότητα νερού	Συντελεστής διορθώσεως (αναγωγής) K
18	0.9986244	1.0004
19	0.9984347	1.0002
20	0.9982343	1.0000
21	0.9980233	0.9998
22	0.9978019	0.9996
23	0.9975702	0.9993
24	0.9973286	0.9991
25	0.9970770	0.9989
26	0.9968156	0.9986
27	0.9965451	0.9983
28	0.9962652	0.9980
29	0.9959761	0.9977
30	0.9956780	0.9974



ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Μεγέθη	Γενικές συνθήκες	Συνθήκες κορεσμού
Όγκος ολικός	$V = V_s + V_w + V_v$	$V = V_s + V_w$
Όγκος κενών	$V_v = V_w + V_a = V - V_s = V_w/S_r$	$V_v = V_w$
Λείψητη πόρων	$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1-n} = \frac{\gamma_s}{\gamma_s} \frac{\gamma(1+w)}{\gamma} - 1$	$e = \frac{V_w}{V_s} = \frac{\gamma_w}{\gamma_s} w$
Πορόδες	$n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1+e} = 1 - \frac{\gamma_s}{\gamma}$	$n = \frac{V_w}{V} = \frac{\gamma_w}{\gamma} w$
Βαθμός κορεσμού	$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{\gamma_w w}{\gamma_s e}$	$S_r = 1$
Βάρος ολικό	$P = P_s + P_w \quad (P_a = 0)$	$(P_s = \text{βάρος στερεών συστατικών})$
Περιεκτικότητα σε νερό	$w = \frac{P_w}{P_s} = S_r e \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$	$w = e \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$
Φαινόμενο βάρος	$\gamma = \frac{P}{V} = \gamma_s(1+w) = \frac{S_r \gamma_s \gamma(1+w)}{S_r \gamma_s + \gamma_w w}$	$\gamma = \gamma_{sat} = \frac{w+1}{w+1/\gamma_s}$
Φαινόμενο βάρος στερεών συστατικών	$\gamma_s = \frac{P_s}{V_s} \approx 2.70 \text{ gr/cm}^3$	$(\text{για } \gamma_w \approx 1.00 \text{ gr/cm}^3)$
Ξηρό φαινόμενο βάρος	$\gamma_d = \frac{P_s}{V} = (1-n)\gamma_s = \frac{\gamma_s}{1+e} = \frac{\gamma}{1+w}$	$(\text{για } \gamma < \gamma_{sat})$
Φαινόμενο βάρος κορεσμένου εδάφους		$\gamma_{sat} = \gamma_s + n\gamma_w = \gamma_w \frac{\gamma_s + \gamma_w e}{1+e}$
Φαινόμενο βάρος κορεσμένου εδάφους (με άνωση)		$\gamma'_{sat} = \gamma_{sat} - \gamma_w = \gamma_s - (1-n)\gamma_w = \frac{\gamma_s - \gamma_w e}{1+e} = \gamma_s \left(1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_s}\right) \approx 0.60\gamma_s$

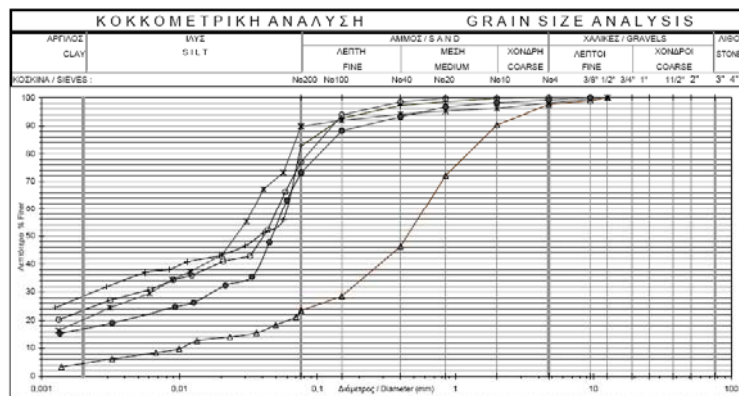
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Μεγέθη	Συμβολισμοί	Ορισμοί	Διαστάσεις	Κορεσμένο έδαφος w_s	Μη κορεσμένο έδαφος w	n	c	γ	γ_d
Περικτικότητα σε νερό	w	$\frac{P_w}{P_s} = \frac{V_w \gamma_w}{P_s}$	l^*	-	-	$w = \frac{(n-n_s)\gamma_w}{(1-n)\gamma_s}$	$w = \frac{e-n_s(1+e)}{\gamma_s}$	$w = \frac{\gamma-\gamma_d}{\gamma_s}$	-
Περικτικότητα σε νερό κορ. Εδάφους	w_s	$\frac{(V_w+V_s)\gamma_w}{P_s}$	1	-	-	$w_s = \frac{n\gamma_w}{(1-n)\gamma_s}$	$w_s = \frac{e\gamma_w}{\gamma_s}$	$w_s = \frac{(1+w)\gamma_w}{\gamma_s} - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$	$w_s = \frac{\gamma_w}{\gamma_d} - \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$
Πορόδες	n	$\frac{V_v}{V}$	1	$n = \frac{w_s \gamma_s}{w_s \gamma_s + \gamma_w}$	$n = \frac{w\gamma_s + n_s \gamma_w}{w\gamma_s + \gamma_w}$	$n = n_s + n_v$	$n = \frac{e}{1+e}$	$n = 1 - \frac{\gamma}{(1+w)\gamma_s}$	$n = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_s}$
Δείκτης πόρων	e	$\frac{V_v}{V_s}$	1	$e = \frac{w_s \gamma_s}{\gamma_w}$	$e = \frac{w\gamma_s + n_s \gamma_w}{(1-n_s)\gamma_w}$	$e = \frac{n}{(1-n)}$	-	$e = \frac{\gamma(1+w)}{\gamma_s} - 1$	$e = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d}$
Φαινόμενο βάρος εδάφους	γ	$\frac{P}{V} = \frac{P_s + P_w}{V_s + V_w + V_v}$	l/m^3	$\gamma = \frac{(1+w_s)\gamma_s}{w_s \gamma_s + \gamma_w}$	$\gamma = \frac{(1-n_s)(1+w)\gamma_s}{w\gamma_s + \gamma_w}$	$\gamma = (1-n_s)\gamma_s + n_s \gamma_w$ $= (1-n)(1+w)\gamma_s$	-	-	$\gamma = \gamma_d(1+w)$
Φαν. Βάρος ζηρ. εδάφους	γ_d	$\frac{P_s}{V_s + V_v}$	l/m^3	$\gamma_d = \frac{\gamma_s \gamma_w}{w_s \gamma_s + \gamma_w}$	$\gamma_d = \frac{(1-n_s)\gamma_s}{n_s \gamma_s + \gamma_w}$	$\gamma_d = (1-n)\gamma_s$	$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+e}$	$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$	-
Πορόδες αέρα	n_a	$\frac{V_a}{V}$	1	$n_a = 0$	-	-	-	$n_a = 1 - \frac{(w\gamma_s + \gamma_w)\gamma}{(1+w)\gamma_s}$	$n_a = 1 - \frac{w\gamma_d}{\gamma_w} - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$
Πορόδες νερού	n_w	$\frac{V_w}{V}$	1	$n_w = n$	$n_w = w \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$	-	$n_w = \frac{w\gamma_s}{(1+e)\gamma_w}$	$n_w = \frac{\gamma w}{(1+w)\gamma_w}$	$n_w = \frac{w\gamma_d}{\gamma_w}$
Βαθμός κορεσμού	S_r	$\frac{w}{w_s}$	1	$S_r = 1$	$S_r = \frac{w\gamma_s(1-n)}{n\gamma_w}$	$S_r = \frac{n_s}{n}$	-	-	-

*1: αδιάστατα μεγέθη

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

Η κοκκομετρική σύσταση των εδαφών εκφράζεται με τη μορφή Αθροιστικών Κοκκομετρικών Καμπυλών. Οι καμπύλες αυτές παρουσιάζουν την ποσοστιαία αναλογία των επιμέρους διαμέτρων των κόκκων στη σύσταση των εδαφικών υλικών.



Η κοκκομετρική διαβάθμιση

- 1) καθορίζει το είδος των εργαστηριακών δοκιμών που δύναται να πραγματοποιηθούν σε κάθε δείγμα,
 - 2) προδιαγράφει τη μηχανική συμπεριφορά των εδαφών,
 - 3) συμβάλλει στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων του συνόλου των δοκιμών,
- ως εκ τούτου η γνώση της είναι απαραίτητη πριν από την εκτέλεση οποιασδήποτε δοκιμής προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών.

Καθώς οι κόκκοι των εδαφών προκύπτουν από φυσικές, μηχανικές ή χημικές διεργασίες, η διάμετρός τους σε μεγάλο ποσοστό εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση του μητρικού πετρώματος.

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής διαβάθμισης πραγματοποιείται με τις ακόλουθες δοκιμές:

- Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα – για $d > 0.06\text{mm}$ (άμμος, χαλίκια),
- Κοκκομετρική ανάλυση με Αραιόμετρο ή Πυκνόμετρο – Ανάλυση Ιλύς, για $d < 0.06\text{mm}$ (άργιλος, ιλύς).

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ (AASHTO T-27/66, ASTM C-136)

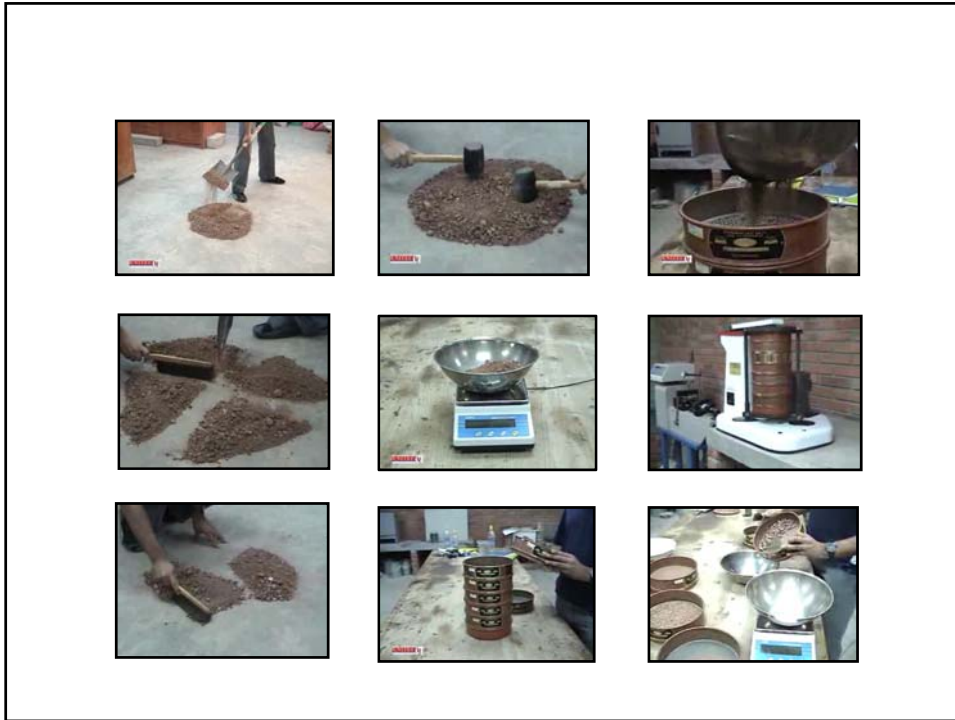
➤ Με τη διαδικασία του **τετραμερισμού λαμβάνεται η απαραίτητη ποσότητα δείγματος** η οποία εξαρτάται από την εκτιμώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού, π.χ. για λεπτή έως μέση άμμο χρειαζόμαστε 100-200 gr, για χοντρή άμμο μέχρι λεπτά χαλίκια χρειαζόμαστε 0,5 kgf και για χονδρά χαλίκια και κροκάλες 5 kgf και περισσότερο.

➤ **Το δείγμα θερμαίνεται στους 105° C** και αφού ξηραθεί **τρίβεται σε γουδί** με απώτερο στόχο την αποκόλληση των κόκκων και όχι τη θραύση τους.

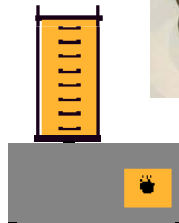
➤ Το εδαφικό δείγμα **ζυγίζεται με ακρίβεια** και αδειάζεται σε σειρά κατάλληλα επιλεγμένων κοσκίνων. Το τελευταίο κόσκινο με $d = 0.075\text{mm}$ (No. 200) αντιπροσωπεύει το τελευταίο κλάσμα της άμμου.

➤ Η στήλη με τα κόσκινα τοποθετείται σε **αυτόματη συσκευή δόνησης για 15'**. Το κοσκίνισμα γίνεται με πλευρικές κινήσεις του κόσκινου έτσι ώστε το δείγμα να είναι σε συνεχή κίνηση πάνω στην επιφάνειά του.

➤ **Το υλικό που έχει μείνει σε κάθε κόσκινο ζυγίζεται με ακρίβεια.** Στο τέλος ζυγίζεται και το περιεχόμενο του δίσκου που περιέχει τα λεπτόκοκκα υλικά (ιλύς και άργιλος). **Η διαφορά βάρους ανάμεσα στο αρχικό ζύγισμα και στο σύνολο των συγκρατούμενων υλικών των διαφορετικών κόσκινων δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 1% του αρχικού βάρους.**



ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΟΜΕΤΡΟ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΛΥΟΣ (AASHO T-88/78, ASTM D-422/72)

➤ Για την εκτέλεση της δοκιμής χρησιμοποιούνται 50 - 100 gr από το **υλικό που διέρχεται από το κόσκινο No. 10** (2 mm, όριο χονδρής - μέσης άμμου). Επίσης, περίπου 50 gr, από το ίδιο κλάσμα χρησιμοποιούνται για τον **προσδιορισμό της υγροσκοπικής υγρασίας του δείγματος**.

➤ Το δείγμα **τοποθετείται σε ποτήρι των 250 ml και καλύπτεται με 125 ml από το έτοιμο διάλυμα του παράγοντα διασποράς** που έχει επιλεγεί (π.χ. πολυφωσφορικό νάτριο $\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$, 21.6 gr/lit). Αναδεύεται καλά με γυάλινη ράβδο και **αφήνεται να διαβραχεί για 12 τουλάχιστον ώρες** για την αποσυσσωμάτωση των κόκκων.

➤ Το περιεχόμενο του ποτηριού μεταφέρεται με επίπλυση μέσα σε ένα κύπελλο διασποράς, προστίθεται απεσταγμένο νερό και **αναδεύεται με μηχανική συσκευή ανακίνησης (mixer) για 1min** για να επιτευχθεί η διασπορά.

➤ Το ομογενές αιώρημα **μεταφέρεται σε γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο** όπου προστίθεται απεσταγμένο νερό μέχρι την ογκομετρική χαραγή των 1000 ml και **αναταράσσεται με τα χέρια επί 1 min**.

➤ Με το τέλος της αναταράξεως τίθεται σε λειτουργία το χρονόμετρο και **διαβάζονται οι ενδείξεις στη βαθμονομημένη κλίμακα του αραιομέτρου με προσέγγιση 0,5 gr/lit των 1, 2, 5, 30, 60, 250 και 1440 min από την έναρξη της κατακαθίσεως**. Αμέσως μετά κάθε ανάγνωσης του αραιομέτρου **μετράται η θερμοκρασία** του εδαφικού αιωρήματος με τη χρήση υδραργυρικού θερμομέτρου.

➤ Μετά το τέλος κάθε ανάγνωσης, το αραιόμετρο απομακρύνεται προσεκτικά από το εδαφικό αιώρημα και τοποθετείται με περιστροφική κίνηση μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο γεμάτο καθαρό νερό. Περίπου 30 sec πριν την επόμενη ανάγνωση, το αραιόμετρο από το καθαρό νερό βυθίζεται αργά μέσα στο εδαφικό αιώρημα έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ακινητοποίησή του πριν από τον καθορισμένο χρόνο αναγνώσεως.

➤ Μετά την τελική ανάγνωση του αραιομέτρου, **το αιώρημα πλένεται επάνω σε κόσκινο No. 200**. Το κλάσμα που συγκρατείται στο κόσκινο No. 200 ξηραίνεται και εκτελείται κοκκομετρική ανάλυση με τα κόσκινα : No. 40, No. 100 και No. 200.

Η πυκνότητα του αιωρήματος ανάγεται, μέσω του νόμου του Stokes, σε ποσοστό εν αιωρήσει κόκκων μέγιστης διαμέτρου αιώρησης, επί του αρχικού δείγματος.

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΙΛΥΟΣ



ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ STOKES

Όταν σφαιρικά σωματίδια πέφτουν μέσα σε ένα ιξώδες ρευστό η οριακή ταχύτητα πτώσης τους εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ των δυνάμεων τριβής, των δυνάμεων άνωσης και των ελκτικών δυνάμεων της βαρύτητας.

$$F_d = 6\pi\eta Rv$$

F_d : η δύναμη τριβής μεταξύ του ρευστού και του στερεού (σε N),

η : το ιξώδες του ρευστού (σε [kg/m s]),

R : η διάμετρος του σφαιρικού σωματιδίου (σε m), και

v : η ταχύτητα πτώσης (σε m/s).

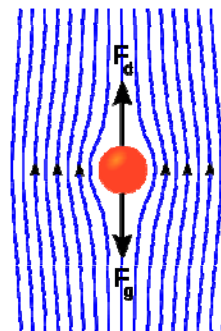
$$v = \frac{2(\rho_p - \rho_f)}{9\eta} gR^2$$

v : η οριακή ταχύτητα πτώσης ή ανόδου (m/s) ($\downarrow \rho_p > \rho_f$, $\uparrow \rho_p < \rho_f$),

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s²),

ρ_p : η πυκνότητα του στερεού σωματιδίου (kg/m³), και

ρ_f : η πυκνότητα του ρευστού (kg/m³).



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΚΟΚΚΩΝ

Ποσοστό εδάφους στο αιώρημα (Από την πυκνότητα του αιωρήματος)

Οι ενδείξεις του υδρομέτρου που διαβάζονται σε θερμοκρασία διάφορη των 20°C διορθώνονται με πίνακες που εφαρμόζονται για τους διάφορους παράγοντες διασποράς, για τις αποκλίσεις της θερμοκρασίας και για το ύψος του μηνίσκου επάνω στο στέλεχος του υδρομέτρου.

$$P = \frac{R\alpha}{W_s} \cdot 100(\%)$$

Όπου:

P : το ποσοστό % του αρχικού δείγματος εδάφους που παραμένει σαν αιώρημα,

R : διορθωμένη ένδειξη του υδρομέτρου,

W_s : βάρος του δείγματος ελαττωμένο κατά την υγροσκοπική του υγρασία,

α : σταθερά που εξαρτάται από την πυκνότητα του αιωρήματος ($\gamma_s = 2.65 \Rightarrow \alpha = 1.00$).

Διάμετρος των κόκκων εδάφους που βρίσκεται σε μορφή αιωρήματος (Από το χρόνο που έχει παρέλθει από την έναρξη της δοκιμής)

Η μέγιστη διάμετρος d_o των κόκκων που βρίσκονται σε αιώρηση αντιστοιχεί σε κάποιο (%) ποσοστό παρεχόμενο από αναγνώσεις του υδρομέτρου και υπολογίζεται με την εφαρμογή του νόμου του Stokes:

$$d_o = \sqrt{\frac{30 \cdot n \cdot L}{980 \cdot (G - G1) \cdot T}}$$

όπου

d_o : η μέγιστη διάμετρος σε mm,

n: συντελεστής ιξώδους του μέσου διασποράς (νερό),

L: απόσταση που διατρέχουν κατά την καθίζηση οι κόκκοι του εδάφους σε μια ορισμένη χρονική περίοδο (θεωρείται σταθερή και ίση προς 17,5 cm),

T : χρόνος σε min περιόδου καθιζήσεως,

G: ειδικό βάρος των κόκκων του εδάφους ($\gamma_s = 2.65$),

G1: ειδικό βάρος του μέσου διασποράς ($\gamma_w = 1$).

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

$$d = d_o \cdot K_L \cdot K_G \cdot K_n$$

όπου:

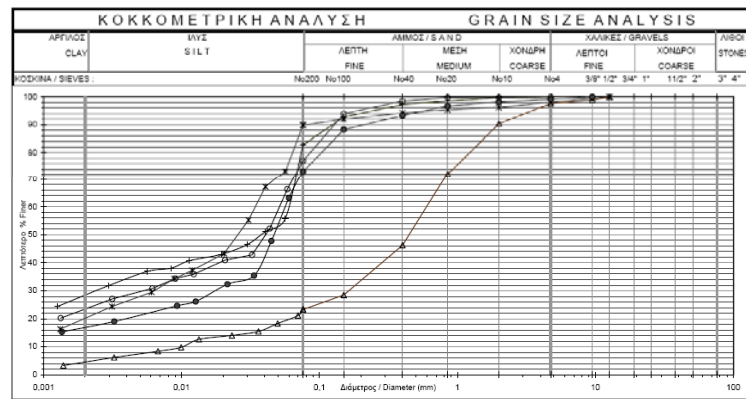
d: διορθωμένη διάμετρος κόκκων σε mm,

d_o: μέγιστη διάμετρος κόκκων υπολογιζόμενη από το νόμο του Stokes,

K_L: συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με την **ανάγνωση του υδρομέτρου** χωρίς τη σύνθετη διόρθωση,

K_G: συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με το **ειδικό βάρος του εδάφους**,

K_n: συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με τη **θερμοκρασία**.



ΑΝΑΚΤΟΜΕΝΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ

Οι διαστάσεις d_{50} και d_{60} παρέχουν πληροφορίες για τη μέση διάμετρο των κόκκων.

Η διάσταση d_{10} προσεγγίζει τις διαστάσεις των πόρων.

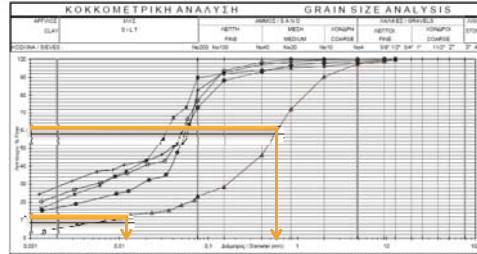
➤ Συντελεστής Ομοιομορφίας, U ή C_u

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Χαρακτηρισμός εδαφών ανάλογα με το U :

- $U < 5$: ομοιόμορφο (π.χ. αιολικές αποθέσεις)
- $U = 5-15$: ανομοιόμορφο (π.χ. άμμος)
- $U > 15$: πολύ ανομοιόμορφο (π.χ. χερσοποτάμιες αποθέσεις)

Η αύξηση του βαθμού ομοιομορφίας αυξάνει τη διατμητική αντοχή, αυξάνει τη δυνατότητα συμπίκνωσης και μειώνει τη διαβρωσιμότητα των εδαφών.



➤ Συντελεστής Καμπυλότητας ή Βαθμός Διαβάθμισης, C_c

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{60} \cdot d_{10}}$$

Η καλή διαβάθμιση του εδάφους σημαίνει ότι ανθίσταται στη διάβρωση, μπορεί να συμπυκνωθεί καλά και να αποκτήσει μεγάλη πυκνότητα με αποτέλεσμα μεγάλη αντοχή στη διάτμηση και φέρουσα ικανότητα. Στα εδάφη με κακή διαβάθμιση δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα λεπτομερούς κλάσματος για να πληρώσει τα κενά των μεγαλύτερων κόκκων.

➤ Συντελεστής Διαπερατότητας, k (κατά Hazen, 1911)

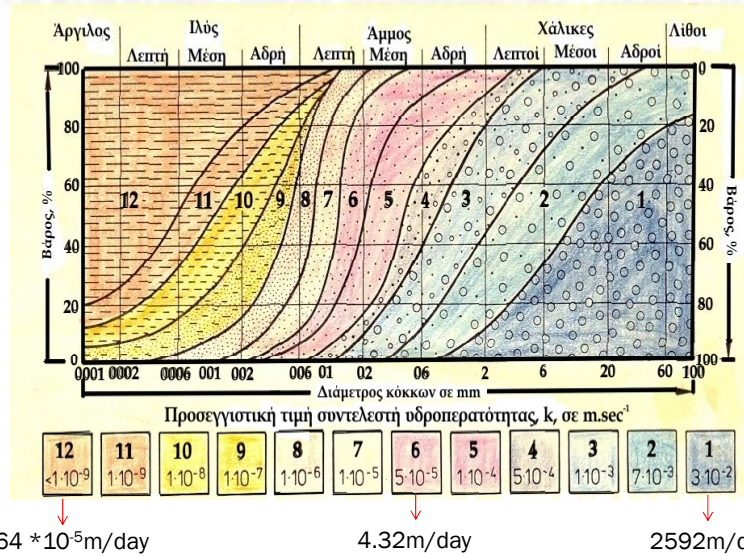
$$k = c \cdot d_{10}^2 \text{ (cm/sec)}$$

Το μεγάλο εύρος τιμών που έχουν προταθεί για την παράμετρο c καθιστά τα αποτελέσματα αναξιόπιστα. Πάραυτα θεωρώντας μια μέση τιμή $c = 100$ για την παράμετρο c προκύπτει μια ικανοποιητική προσέγγιση της τιμής της περατότητας.

Προτεινόμενα όρια τιμών της παραμέτρου, c :

- 41 -146: Taylor 1948
- 100 -150: Leonards 1962
- 100 -1000: Mansur and Kaufman 1962
- 100 -150: Terzaghi and Peck 1964
- 90 -120: Cedergren 1967
- 1 -42: Lambe and Whitman 1969
- 40 -120: Holtz and Kovacs 1981
- 50 -200: Terzaghi et al. 1996
- 100 -150: Das 1997
- 80 -120: Coduto 1999

ΣΧΕΣΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ - ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΙΛΤΡΩΝ

Τα εδαφικά φίλτρα αποσκοπούν:

- στον έλεγχο της ροής του νερού,
- στον περιορισμό της σε επιλεγμένες διαδρομές,
- στην παρεμπόδιση της μεταφοράς των εδαφικών κόκκων
- στην αποτροπή της εσωτερικής διάβρωσης (διασωλήνωσης) των εδαφικών σχηματισμών.

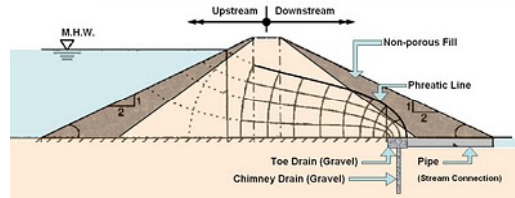
Έλεγχος Στράγγισης

Έλεγχος Διάβρωσης

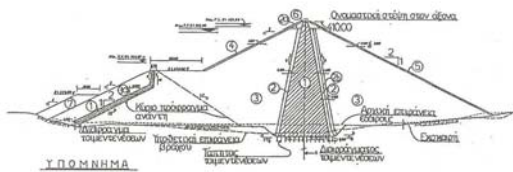
Ως υλικά φίλτρων χρησιμοποιούνται **χονδρόκοκκα εδάφη μεγάλης διαπερατότητας**, συνήθως φυσικά διαβαθμισμένες άμμοι και χαλίκια.

Για τον ακριβή προσδιορισμό ενός φίλτρου, θα πρέπει η κοκκομετρική διαβάθμιση του φίλτρου να **βρίσκεται σε συμφωνία με την κοκκομετρική καμπύλη του αποστραγγιζόμενου εδάφους**. Επιπλέον, το ποσοστό των λεπτόκοκκων υλικών **δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5%**, ενώ η μέγιστη διάμετρος των υλικών του φίλτρου **πρέπει να είναι μικρότερη από 7,5 cm**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΦΙΛΤΡΩΝ



ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΙΛΤΡΩΝ ΣΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΟΥ ΥΗΣ ΙΛΑΡΙΩΝΑ



- [1] Ακατέρατος κλίβανος
- [2] Λεπτόκοκκο φίλτρο Αμμοβόλκων ποταμού επιβραχιά. Μέγιστη διάσταση 15mm.
- [3] Μεσαίουκλή θάλα Αμμοβόλκων μέγιστης διάστασης 20cm.
- [4] Χονδρόκοκκο φίλτρο Αμμοβόλκων επιβραχιά. Μέγιστη διάσταση 75mm.
- [5] Ξύλα στην Ξηλ Αμμοβόλκων ποταμού. Μέγιστη διάσταση 30cm.
- [6] Ελαστική θάλα κλειστή προφύλαξη (Αδρανής) Μέγιστη μέγεθος 90cm.
- [7] Προστασία ανάντη κροακός (Αδρανής από κροακία λευκίμων).
- [8] Προστασία κατόπι κροακός (Σταβροειδής κροακός ποταμού Μέγεθος 60cm.
- [9] Ήλαθ βράχου σπάτης (Χρωστικός βράχος).
- [10] Τυλάει επικαυρών τυτακός διαβόλιωτος.

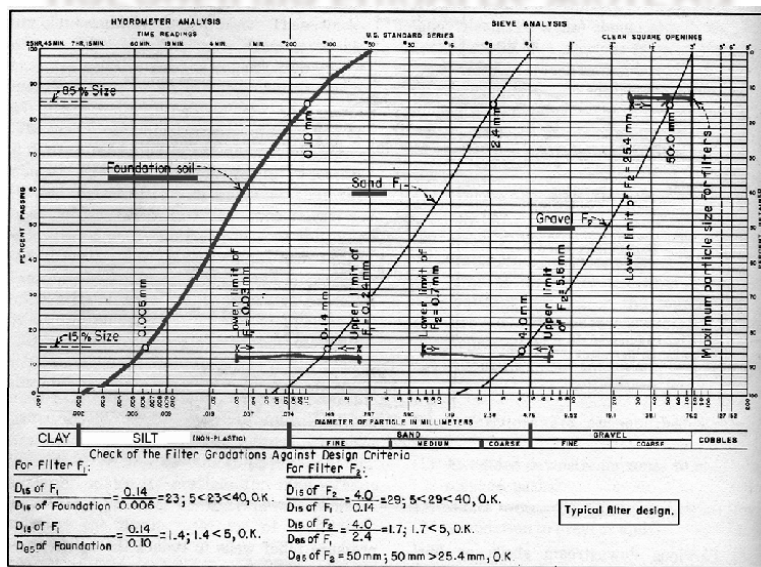


ΦΙΛΤΡΑ ΚΑΤΑ ΤΕΡΖΑΓΗ

Χαρακτηριστικά φίλτρων (κατά Terzaghi) :

- $D_{5,F} > 0.075\text{mm}$ (κόσκινο No 200), δηλαδή το φίλτρο να έχει το **πολύ 5% λεπτόκοκκο υλικό**, και το όποιο λεπτόκοκκο υλικό να είναι **μη-πλαστικό (ιλύς)** - Απαίτηση για ικανοποιητική στράγγιση
- $D_{15,F} > 5 D_{15,S}$ - Απαίτηση για ικανοποιητική στράγγιση (περατότητα)
- $D_{15,F} < 40 D_{15,S}$ - Απαίτηση για αποφυγή υδραυλικής διάβρωσης
- $D_{15,F} < 5 D_{85,S}$ - Απαίτηση για αποφυγή υδραυλικής διάβρωσης
- Οι κοκκομετρικές καμπύλες φίλτρου (F) και εδαφικού υλικού (S) να είναι περίπου **παράλληλες** (απαίτηση για ικανοποιητική στράγγιση και αποφυγή υδραυλικής διάβρωσης).

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΦΙΛΤΡΩΝ

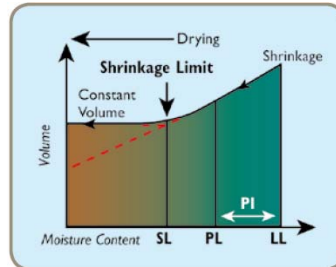


ΟΡΙΑ ATTERBERG

Ως όρια Atterberg ορίζονται τα όρια των τιμών της υγρασίας των συνεκτικών εδαφών που ορίζουν τις περιοχές της ημιστερεής και της πλαστικής συμπεριφοράς τους.

Τα όρια Atterberg είναι:

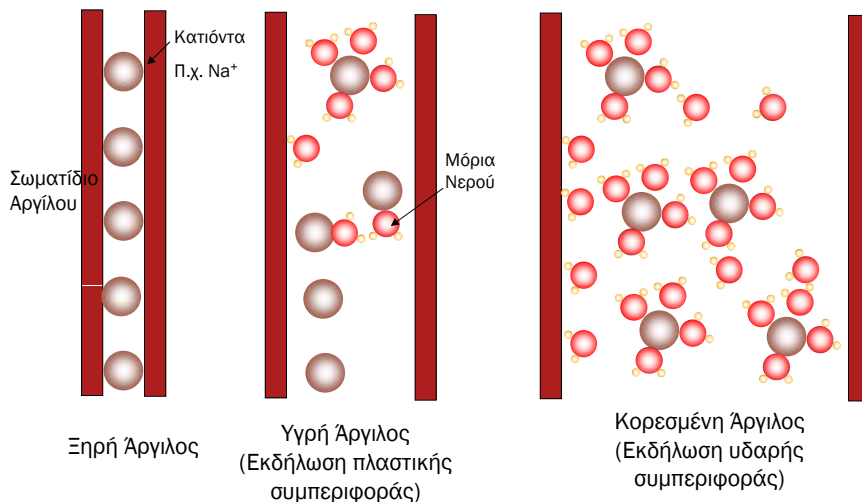
- Το **όριο συρρίκνωσης, SL**, όριο μεταξύ στερεής και ημιστερεής κατάστασης
- Το **όριο Πλαστικότητας, PL**, όριο μεταξύ ημιστερεής και πλαστικής κατάστασης, και
- Το **όριο Υδαρότητας, LL**, όριο μεταξύ της πλαστικής και της υδαρής κατάστασης.



Phase	Solid State	Semi-Solid State	Plastic State	Liquid State	Suspension
Water	Water Content Decreasing				
Limits	Dry soil	Shrinkage Limit SL	Plastic Limit PL	Liquid Limit LL	
Shrinkage	Volume Constant		Volume Decreasing		
Condition	Hard to stiff	Workable	Sticky	Slurry	Water-Held Suspension
Shear Strength (kN/m ²)	Shear Strength Increasing		170	1.7	Negligible to Nil
Moisture Content		SL	PL ← PI → LL		

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ

Η αύξηση της υγρασίας συνεπάγεται τη διόγκωση της αργίλου και τη μείωση της διατμητικής αντοχής της.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL) (AASHO T-89/76, ASTM D-4318/83)

Το όριο υδαρότητας προσδιορίζεται με τη συσκευή CASAGRANDE.

➤ Λαμβάνονται περίπου **100 gr** δείγματος διερχόμενα από το κόσκινο No.40 (<0.4 mm, όριο λεπτής - μέσης άμμου) και ζυμώνονται με τόσο νερό (περίπου **15-20 cm³**), ώστε να σχηματιστεί μία μαλακή - πλαστική μάζα.

➤ Μέρος της ομοιομορφης πλαστικής μάζας τοποθετείται και επιπεδώνεται στο κέντρο του κυπέλλου της συσκευής CASAGRANDE. Το μεγαλύτερο βάθος του δείγματος πρέπει να είναι 1 cm.

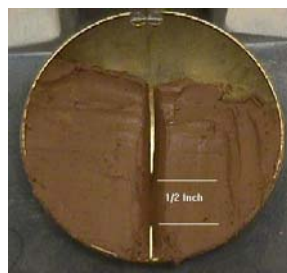
➤ Το εντός του κυπέλλου έδαφος διαιρείται με μια σταθερή διαδρομή του οργάνου χαραξέως κατά μήκος της διαμέτρου που διέρχεται από το μέσο του στηρίγματος του κυπέλλου, έτσι ώστε να σχηματιστεί μία καθαρή και απότομη χαραγή προδιαγεγραμμένων διαστάσεων.

➤ Με την περιστροφή του στρόφαλου της συσκευής η λεκάνη πέφτει ρυθμικά πάνω στο βάθρο του οργάνου μέχρις ότου η χαραγή κλείσει σε μήκος **12.7 mm** περίπου.

➤ Μετά το πέρας της δοκιμής καταγράφεται ο αριθμός των κτύπων που χρειάστηκαν για να κλείσει η χαραγή καθώς και η υγρασία του δείγματος.

Για κάθε δείγμα διεξάγονται τουλάχιστον **τρεις δοκιμές** για διαφορετικές περιεκτικότητες νερού και για 10 έως 40 κτυπήματα. **Το όριο υδαρότητας LL είναι η περιεκτικότητα σε νερό που αναλογεί στους 25 κτύπους** (Γραφική παράσταση W - log (κτύπων)).

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΩΝ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



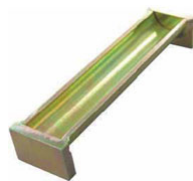
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL) (AASHO T-90/70, ASTM D-4318/83)

- Λαμβάνονται περίπου 20 gr υλικού από το διερχόμενο από το κόσκινο No. 40.
- Το δείγμα αναμιγνύεται με αποσταγμένο νερό μέχρι που η μάζα καταστεί αρκετά πλαστική και να μπορεί να μορφωθεί σε βώλο.
- Η μάζα αυτή κυλινδρώνεται μεταξύ των δακτύλων και συμριδωμένης γυάλινης πλάκας με την ακριβώς απαιτούμενη πίεση ώστε να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο - ``μακαρόνι`` ομοιόμορφης διαμέτρου σε όλο το μήκος του.
- Όταν η διάμετρος του ραβδίσκου καταστεί 3 mm, ο ραβδίσκος θραύεται ξανά σε έξι ή οκτώ τεμάχια. Συμπιέζονται τα τεμάχια μεταξύ τους προς ομοιόμορφη μάζα και επαναλαμβάνεται η κυλίνδρωση.
- Η εναλλαγή συνεχίζεται μέχρι που ο ραβδίσκος θρυμματισθεί με την απαιτούμενη για την κυλίνδρωση πίεση και το έδαφος δεν μπορεί πλέον να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο. Ο θρυμματισμός μπορεί να επέλθει όταν ο ραβδίσκος έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 3 mm.
- Το όριο πλαστικότητας υπολογίζεται σαν την περιεχόμενη υγρασία που περιέχεται στους ραβδίσκους των 3 mm και προκύπτει σαν ο μέσος όρος τριών δοκιμών.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ (SL)

- Λαμβάνονται περίπου 100 gr υλικού από το διερχόμενο από το κόσκινο No. 40.
- Το δείγμα αναμιγνύεται με αποσταγμένο νερό μέχρι που η μάζα καταστεί υδαρή (W_c) και στη συνέχεια με αυτό πληρώνεται κάψα συρρίκνωσης, γνωστού όγκου, V_f .
- Η πληρωμένη κάψα ζυγίζεται και στη συνέχεια εισάγεται στο φούρνο μέχρι την ξήρανση του δείγματος.
- Μετά την ξήρανση του δείγματος προσδιορίζεται το βάρος του ξηρού δείγματος, W_d , με ζύγιση, καθώς και ο όγκος του μέσω της βύθισης του δείγματος σε υδράργυρο, V_d .

$$W_s = \left[W_c - \frac{(V_f - V_d) \gamma_w}{W_d} \right] 100$$



ΔΕΙΚΤΕΣ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ

Δείκτης Πλαστικότητας (I_p). Ο συγκεκριμένος δείκτης ορίζει το εύρος της πλαστικής περιοχής. Το μεγάλο εύρος υποδηλώνει ότι ο σχηματισμός είναι υψηλής πλαστικότητας.

$$I_p = LL - PL$$

Δείκτης Υδαρότητας (I_L). Καθορίζει τη σχέση μεταξύ των ορίων και της φυσικής υγρασίας, W .

$$I_L = \frac{W - PL}{I_p}$$

Δείκτης Αντίστασης ή Συνεκτικότητας (I_c). Καθορίζει τη σχέση μεταξύ των ορίων και της φυσικής υγρασίας, W . Η αύξηση των τιμών του δείκτη αντιστοιχεί και σε αύξηση της αντοχής σε διάτμηση.

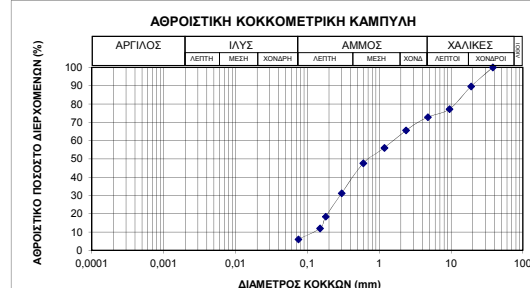
$$I_c = \frac{LL - W}{I_p}$$

Βαθμός Πλαστικότητας	I_p
Άνευ	0
Ελαφράς	1-5
Μικρής	5-10
Μέσης	10-20
Μεγάλης	20-40
Πολύ μεγάλης	>40

I_c	a_u (Kgr/cm ²)
0-0.25	<0.25
0.25-0.50	0.25-0.5
0.50-0.75	0.5-1
0.75-1.00	1-2
>1.00	2-4

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
1 1/2"	38.1	0	250	100.00
3/4"	19	26	224	89.60
3/8"	9.51	31	193	77.20
No. 4	4.75	11	182	72.80
No. 8	2.36	18	164	65.60
No. 16	1.18	24	140	56.00
No. 30	0.6	21	119	47.60
No. 50	0.3	41	78	31.20
No. 80	0.18	32	46	18.40
No. 100	0.15	16	30	12.00
No. 200	0.075	15	15	6.00
	Παιτάλη	15		
	Ολικό Βάρος:	250		



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γραμματικόπουλος Γ., Μάνου - Ανδρεάδου Ν., Χατζηγώγος Θ. (1998), Εδαφομηχανική - ασκήσεις και προβλήματα, Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Look B.G. (2007) Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables, Taylor & Francis.
- Παπαδόπουλος Β. (2003), Στοιχεία Γεωτεχνικής, Σημειώσεις ΕΜΠ.
- Smith G.N., Smith I.G.N., (1988) Elements of soil mechanics, Blackwell Science LTD.
- Παπαχαρίσης Ν., Μάνου-Ανδρεάδη Ν., Γραμματικόπουλος Ι., (1999) Γεωτεχνική Μηχανική, Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Τσότσος Στ. (1991), Εδαφομηχανική - Θεωρία Μέθοδοι Εφαρμογές, Εκδόσεις Φ. Βερβερίδης & Π. Πολυχρονίδης α.ε., Θεσσαλονίκη.
- Χρηστάρας Β., Δημητρίου Α., Λεμονή Ε., Λουπασάκης Κ., (2002)(β' έκδοση 2006), Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές εδαφομηχανικής, Εκδόσεις ΤΕΕ, Αθήνα.