

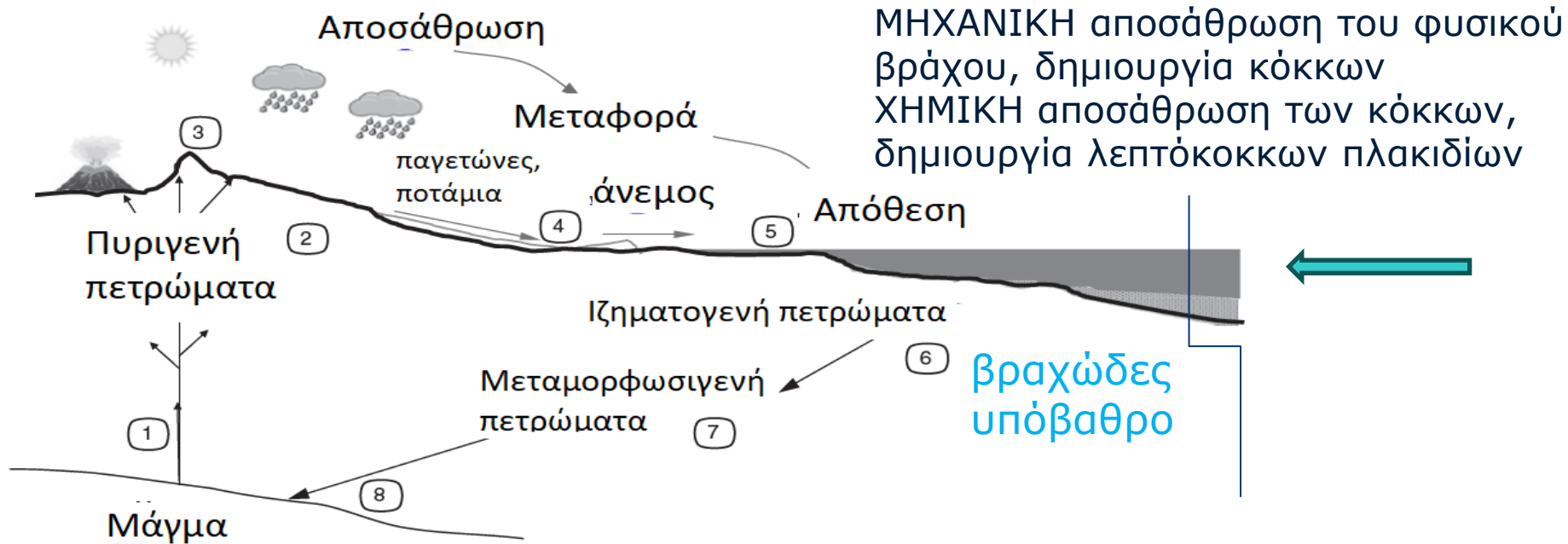


Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Γεωτεχνικής

ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Ι

Β.Ν. Γεωργιάννου, Α. Ζερβός
Καθηγήτρια, Επ. Καθ. Ε.Μ.Π.

Κύκλος γένεσης γεωϋλικών



1-3. Το μάγμα (λιωμένο πέτρωμα) ψύχεται και κρυσταλλώνεται κάτω ή πάνω από την επιφάνεια της Γης σχηματίζοντας πυριγενή πετρώματα (βράχο).

Στην επιφάνεια, τα πετρώματα υφίστανται μηχανική και χημική αποσάθρωση που διασπών το μητρικό πέτρωμα σε σωματίδια ή κόκκους.

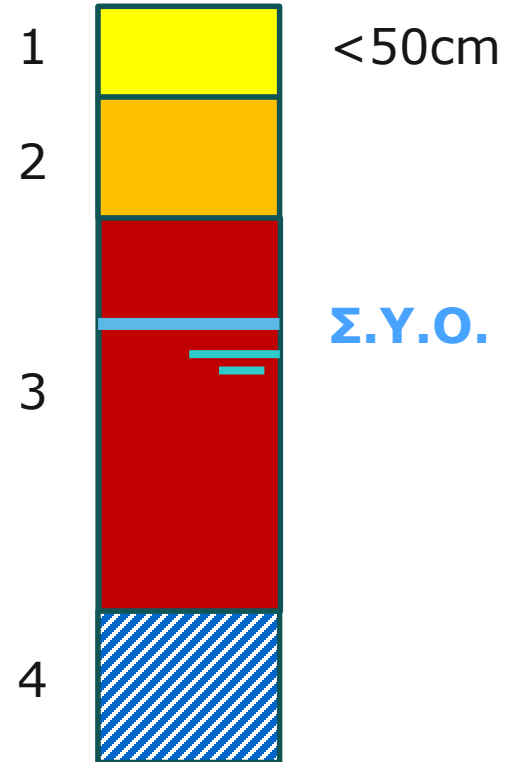
4-5. Οι κόκκοι που έχουν την ίδια σύσταση με τον μητρικό βράχο (ιζήματα) κινούνται στα κατάντη και μεταφέρονται από παγετώνες, ποτάμια και ριπές ανέμων.

6. Τελικά τα ιζήματα εναποτίθενται σε ωκεανούς και πεδιάδες ως ιζηματογενή εδάφη. Σε μεγάλο βάθος τα σωματίδια συμπιέζονται κάτω από μεγάλη πίεση με την πάροδο του χρόνου για να σχηματίσουν το βραχώδες υπόβαθρο (ιζηματογενές).

7-8. Για πιο μεγάλες τιμές πίεσης, θερμοκρασίας και υγρασίας δημιουργούνται τα μεταμορφωσιγενή πετρώματα που για ακόμη μεγαλύτερες τιμές υγροποιούνται σε μάγμα- Ξανά κύκλος 1-8

Προέλευση και φύση του εδάφους

1. Επιφανειακό οργανικό έδαφος ή φυτικό χώμα (αποσύνθεση/ανασύνθεση νέων χημικών ενώσεων)
2. Υπέδαφος: τμήμα του φλοιού της Γης που επηρεάζεται από την τρέχουσα αποσάθρωση και βρίσκεται μεταξύ του επιφανειακού εδάφους και του εδάφους που δεν έχει αποσαθρωθεί χαμηλότερα
 - 2.1 συχνά οξείδια του σιδήρου και του αλουμινίου μεταφέρονται από το φυτικό χώμα στην επιφάνεια όπου δρουν ως συνδετικό υλικό των κόκκων/πλακιδίων του εδάφους. Το έδαφος γίνεται σκληρό λόγω αυτών των δεσμών σιμέντωσης,
3. Τα γεωλογικά ιζήματα που εκτείνονται από το υπέδαφος έως το βραχώδες υπόβαθρο αποτελούν τα εδάφη.
 - 3.1 Τα φυσικά εδάφη εμφανίζουν δεσμούς σιμέντωσης, λόγω διαφόρων χημικών διεργασιών, σε διαφορετικό βαθμό, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Εάν οι δεσμοί είναι πολύ ισχυροί και το υλικό αποκτά τη σκληρότητα του βράχου τότε αυτό περιγράφεται ως πέτρωμα. Σαν γενικός κανόνας: εαν η εκσκαφή του υλικού μπορεί να γίνει με το χέρι ή με τη χρήση εργαλείων χεριού τότε θεωρείται έδαφος.
4. Βραχώδες υπόβαθρο



Σ.Υ.Ο. ή επιφάνεια υπογείων υδάτων

Προέλευση και φύση του εδάφους

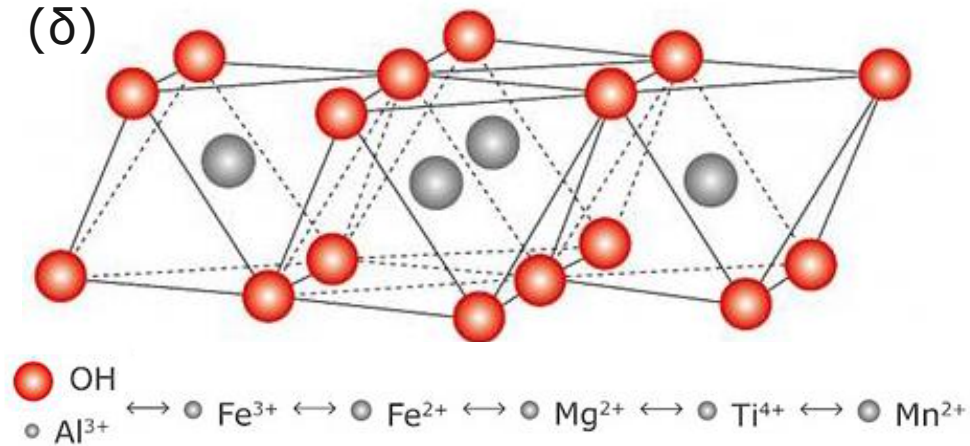
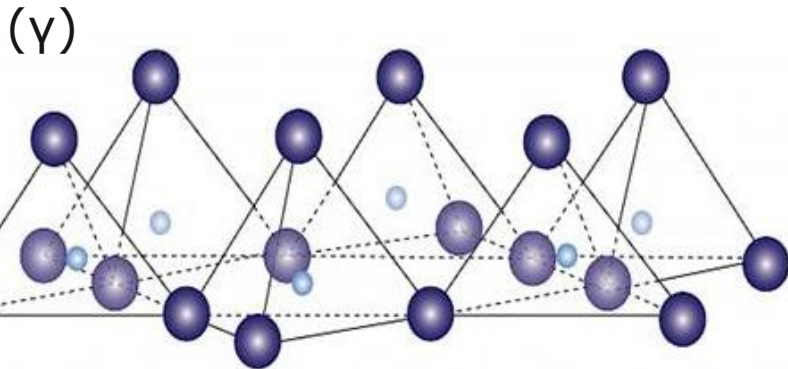
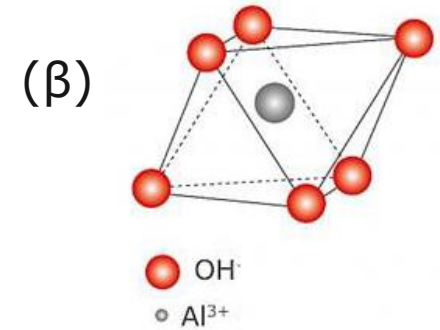
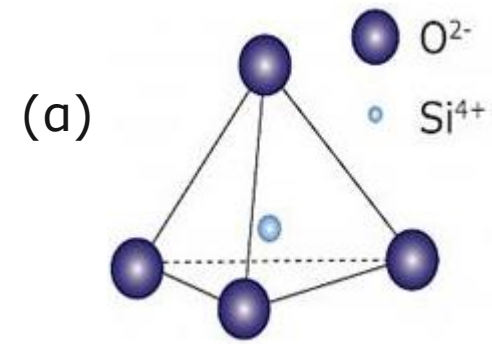
1. Τα βραχώδη τεμάχια μπορούν να κερματιστούν με μηχανικά μέσα σε μέγεθος έως και 0.002 mm ώστε τα εδαφικά σωματίδια (κόκκοι) να έχουν την ίδια ορυκτολογική σύσταση με το μητρικό πέτρωμα από το οποίο δημιουργήθηκαν και σχήμα ακανόνιστο σφαιρικό.
2. Τα κοκκώδη εδάφη (μερικές φορές αναφέρονται ως **μη συνεκτικά** εδάφη) σχηματίζονται από ανεξάρτητα σωματίδια χωρίς ισχυρές διαμοριακές δυνάμεις, π.χ. άμμος και χάλικες, ιλύς.
3. Για την δημιουργία σωματιδίων μικρότερων από 0.002 mm, είναι απαραίτητη κάποια μορφή χημικής αντίδρασης πριν να επιτευχθεί η διάσπαση. Τα σωματίδια αυτά, αν και έχουν ορυκτολογική σύσταση παρόμοια με το μητρικό πέτρωμα, έχουν διαφορετική κρυσταλλική δομή και είναι γνωστά ως αργιλικά **πλακίδια**, λόγω του σχήματός τους που πλέον έχει μία διάσταση (πάχος) πάρα πολύ μικρότερη από τις άλλες δύο.
4. Τα **συνεκτικά** εδάφη (π.χ. άργιλοι, ιλυώδεις άργιλοι) σχηματίζονται από σωματίδια που συνδέονται μεταξύ τους με αργιλικά ορυκτά. Τα αργιλικά ορυκτά αποτελούνται από πλακίδια που είναι φολιδωτά και μοιάζουν με φύλλα και διατηρούν σημαντική ποσότητα προσροφημένου νερού στις επιφάνειές τους. Η ικανότητα αυτών των φυλλοειδών σωματιδίων να ολισθαίνουν το ένα σε σχέση με το άλλο, δίνει σε ένα συνεκτικό έδαφος μία ιδιότητα γνωστή ως **πλασιμότητα**.

Τα διάφορα πυριτιούχα ορυκτά περιέχουν πυρίτιο, οξυγόνο και δραστικά μέταλλα και συνιστούν περίπου το 90% της μάζας του φλοιού της γης π.χ. άμμοι (χαλαζίας, άστριοι), αργιλικά ορυκτά

Δομή Αργιλικών ορυκτών

Τύποι ορυκτών αργίλου

Τα ορυκτά που αποτελούν τις αργίλους είναι πάντα το αποτέλεσμα της χημικής αποσάθρωσης των πετρωμάτων και είναι ένυδρες πυριτικές ενώσεις αργιλίου, σιδήρου ή μαγνησίου που έχουν μία σταθερή δομή πλέγματος π.χ. ένα τρισδιάστατο δίκτυο κρυστάλλων που μοιάζει με φύλλο, καθώς το πάχος του είναι της τάξης μερικών μορίων. Τα φύλλα αυτά αποτελούνται από δύο βασικές μονάδες: την τετραεδρική μονάδα του πυριτίου (α) και την οκταεδρική μονάδα του υδροξειδίου του αργιλίου, του σιδήρου ή του μαγνησίου (β). Η κύρια διάσταση ενός πλακιδίου αργίλου είναι συνήθως μικρότερη από 0.002 mm και τα διάφορα είδη αργιλικών ορυκτών διακρίνονται από τον τρόπο με τον οποίον αυτές οι βασικές μονάδες συνδέονται μεταξύ τους.



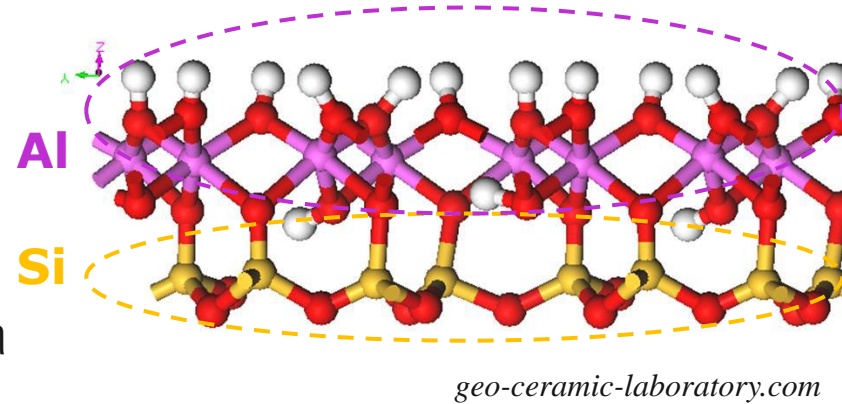
(α) Τετραεδρική μονάδα πυριτίου Si, (β) οκταεδρική μονάδα αργιλίου, Al, (γ) κρύσταλλος-φύλλο πυριτίου (δ) κρύσταλλος-φύλλο αργιλίου, όπου μέρος του αργιλίου αντικαθίσταται από σίδηρο και μαγνήσιο

Αργιλικά ορυκτά

Καολινίτης $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ή $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$

Αυτό είναι το ορυκτό αποτελείται από μεγάλες στοίβες εναλλασσόμενων απλών τετραεδρικών φύλλων πυριτίου και οκταεδρικών φύλλων αργιλίου.

Οι καολινίτες είναι πολύ σταθεροί, με ισχυρή δομή και απορροφούν λίγο νερό. Εμφανίζουν χαμηλή διόγκωση και συρρίκνωση σε διακυμάνσεις της υγρασίας τους.



Ιλλίτης

Αποτελείται από μια σειρά από μονά οκταεδρικά φύλλα αργιλίου που είναι ανάμεσα σε δύο τετραεδρικά φύλλα πυριτίου. Στα οκταεδρικά φύλλα, μέρος του αργιλίου αντικαθίσταται από σίδηρο και μαγνήσιο; και στα τετραεδρικά φύλλα υπάρχει μερική αντικατάσταση του πυριτίου από αργίλιο. Οι ιλλίτες απορροφούν περισσότερο νερό από τους καολινίτες και έχουν υψηλότερα όρια διόγκωσης και συρρίκνωσης.

Μοντμοριλλονίτης

Αυτό το ορυκτό έχει παρόμοια δομή με τους ιλλίτες, αλλά στα τετραεδρικά φύλλα, μέρος του πυριτίου αντικαθίσταται από σίδηρο, μαγνήσιο και αργίλιο. Οι μοντμοριλλονίτες παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλή απορρόφηση νερού, διόγκωση και συρρίκνωση. Ο Μπεντονίτης είναι μέλος αυτής της ορυκτολογικής ομάδας και συνήθως σχηματίζεται από αποσαθρωμένη ηφαιστειακή τέφρα. Λόγω της μεγάλης του διόγκωσης όταν αναμιγνύεται με νερό, χρησιμοποιείται ως ένεμα για την αντιμετώπιση διαρροών σε δεξαμενές και σήραγγες. Χρησιμοποιείται επίσης ως πολφός για γεωτρήσεις εδάφους.

Δομή του εδάφους

Τι είδαμε ως τώρα

- Το έδαφος είναι κοκκώδες υλικό
- Την ορυκτολογική σύσταση σε επίπεδο κόκκων/πλακιδίων: πυριτικές ενώσεις
- Τα κυριότερα αργιλικά ορυκτά και περιγραφή της δομής τους σε επίπεδο πλακιδίων π.χ. каолинίτης ένα φύλλο τετραέδρων πυριτίου εναλλάσσεται με ένα φύλλο οκταέδρων αργιλίου.
- Την επίδραση της δομής των πλακιδίων στην γενική συμπεριφορά της αργίλου π.χ. οι μοντμοριλλονίτες παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλή απορρόφηση νερού.

Τι θα δούμε

1. Μακροδομή
2. Μικροδομή
3. Αναγνώριση του εδάφους στο πεδίο
4. Εργαστηριακές δοκιμές ταξινόμησης εδαφών

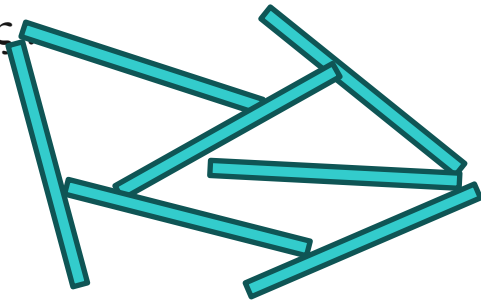
1. Μακροδομή (συμπεριφορά της εδαφικής μάζας)

Τα ορατά χαρακτηριστικά όπως ρωγμές σε ένα αργιλικό στρώμα, στρωσιγένεια π.χ. αμμώδεις ή ιλυώδεις φλέβες ή φακοί και άλλες ασυνέχειες επιδρούν στη συμπεριφορά της εδαφικής μάζας. Για παράδειγμα, η αντοχή μίας αργίλου χωρίς ασυνέχειες είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ότι η αντίστοιχη αντοχή κατά μήκος μιας ρωγμής.

Δομή του εδάφους

2. Μικροδομή

Η διάταξη στον χώρο των μικροσκοπικού μεγέθους πλακιδίων αργίλου, ή ομάδων πλακιδίων. Είδαμε ότι αργιλικές στρώσεις έχουν δημιουργηθεί σε υδάτινο περιβάλλον με την απόθεση αργιλικών πλακιδίων και εν συνεχεία την καθίζηση λόγω του βάρους των υπερκειμένων. Συχνά, κατά την απόθεσή των αργιλικών πλακιδίων, η δράση των δυνάμεων Van der Waals (που είναι σημαντικές σε σχέση με το βάρος του πλακιδίου) έλκει τα αργιλικά πλακίδια σε ομάδες και δημιουργεί κροκιδωτές ή κυψελοειδείς δομές (floculant), οι οποίες, αν και παραμένουν μικροσκοπικές, καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερο όγκο απ' ό,τι τα σχεδόν παράλληλα διατεταγμένα πλακίδια αργίλου (dispersed). Αντίθετα, το βάρος των κόκκων είναι σημαντικό και οι μοριακές έλξεις/απωθήσεις αμελητέες για άμμους και ιλείς.

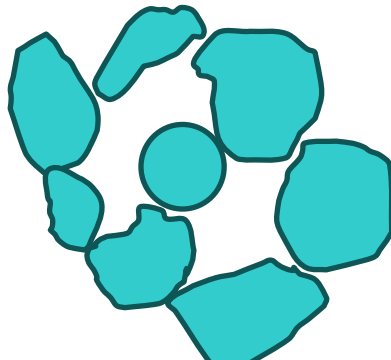


άργιλος: κυψελοειδής δομή

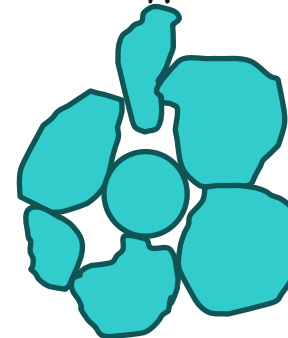


παράλληλα διατεταγμένα πλακίδια

άμμος:



χαλαρή



πυκνή δομή

3. Αναγνώριση του εδάφους στο πεδίο

Λεπτόκοκκη άμμος	Ιλύς	Άργιλος
Ορατά σωματίδια	Ελάχιστα ορατά σωματίδια	Κανένα ορατό σωματίδιο
Εμφανίζει διαστολικότητα	Εμφανίζει διαστολικότητα	Δεν εμφανίζει διαστολικότητα
Αποδομείται εύκολα και απομακρύνεται από το χέρι όταν είναι ξηρή	Αποδομείται εύκολα και απομακρύνεται/ξεσκονίζεται από το χέρι όταν είναι ξηρή	Δεν αποδομείται εύκολα και δεν απομακρύνεται από το χέρι όταν είναι ξηρή ενώ κολλάει στο χέρι όταν είναι υγρή
Είναι τραχεία και σκληρή	Είναι τραχεία (λιγότερο από τη λεπτόκοκκη άμμο)	Είναι λεία και απαλή
Χωρίς πλασιμότητα	Παρουσιάζει μικρή πλασιμότητα	Παρουσιάζει πλασιμότητα

- Στο πεδίο, τα εδάφη βρίσκονται συνήθως με τη μορφή ενός μείγματος συστατικών, π.χ. ιλυώδης άργιλος, αμμώδης ιλύς, κλπ.
- Η δοκιμή διαστολικότητας περιλαμβάνει τη διαμόρφωση μιας μικρής ποσότητας εδάφους στην παλάμη του χεριού. Αν κατά την πίεση του εδάφους βλέπουμε νερό να απομακρύνεται, τότε αυτό περιλαμβάνει κυρίως είτε άμμο ή ιλύ.

4. Εργαστηριακές δοκιμές ταξινόμησης εδαφών

4.1 Ξήρανση εδαφών

Τα εδάφη μπορούν να ξηρανθούν είτε στον κλίβανο είτε στον αέρα. Συνήθης πρακτική αποτελεί η ξήρανση των εδαφών σε θερμοκρασία 105 °C, εκτός από τα οργανικά εδάφη που καίγονται σε μια τέτοια θερμοκρασία και ξηραίνονται στους 80 °C.

4.2 Προσδιορισμός του ποσοστού υγρασίας, w

Ο συνηθέστερος τρόπος ποσοτικοποίησης του νερού που υπάρχει στα κενά των πόρων σε ένα έδαφος είναι το ποσοστό υγρασίας που συμβολίζεται με w και εκφράζει τον λόγο της ποσότητας του νερού των πόρων προς την ποσότητα του ξηρού εδάφους.

$$w = \frac{\text{Βάρος νερού}}{\text{Βάρος στερεού}} = \frac{W_w}{W_s} \quad \text{ή} \quad w = \frac{\text{Μάζα νερού}}{\text{Μάζα στερεού}} = \frac{M_w}{M_s}$$

4.3 Κοκκώδη εδάφη - καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης

Η συνήθης μέθοδος βασίζεται στον προσδιορισμό της κατανομής του μεγέθους των σωματιδίων με χρήση σειράς κοσκίνων με μέγεθος οπών μειούμενο από το πάνω προς το κάτω κόσκινο. Ξηρό δείγμα εδάφους (συνήθως μετά το πλύσιμο του δείγματος στο μικρότερου ανοίγματος κόσκινο 63 μm) τοποθετείται στο πάνω κόσκινο και τα κόσκινα σείονται. Ζυγίζοντας τη μάζα του εδάφους που συγκρατείται σε κάθε κόσκινο μετά την δόνηση, μπορούμε να προσδιορίσουμε την καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης για το έδαφος.

Η κλίμακα μεγέθους των κόκκων βασίζεται στα όρια που δίνονται στον Πίνακα :

4.3 καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης

Κλάσματα μεγέθους κόκκων και σύμβολο	Ανώτερο μέγεθος (mm)	Κατώτερο μέγεθος (mm)
Χάλικας, Gr	60	2
Άμμος, Sa	2	0.06
Ιλύς, Si	0.06	0.002
Αργίλος, Cl	0.002	-

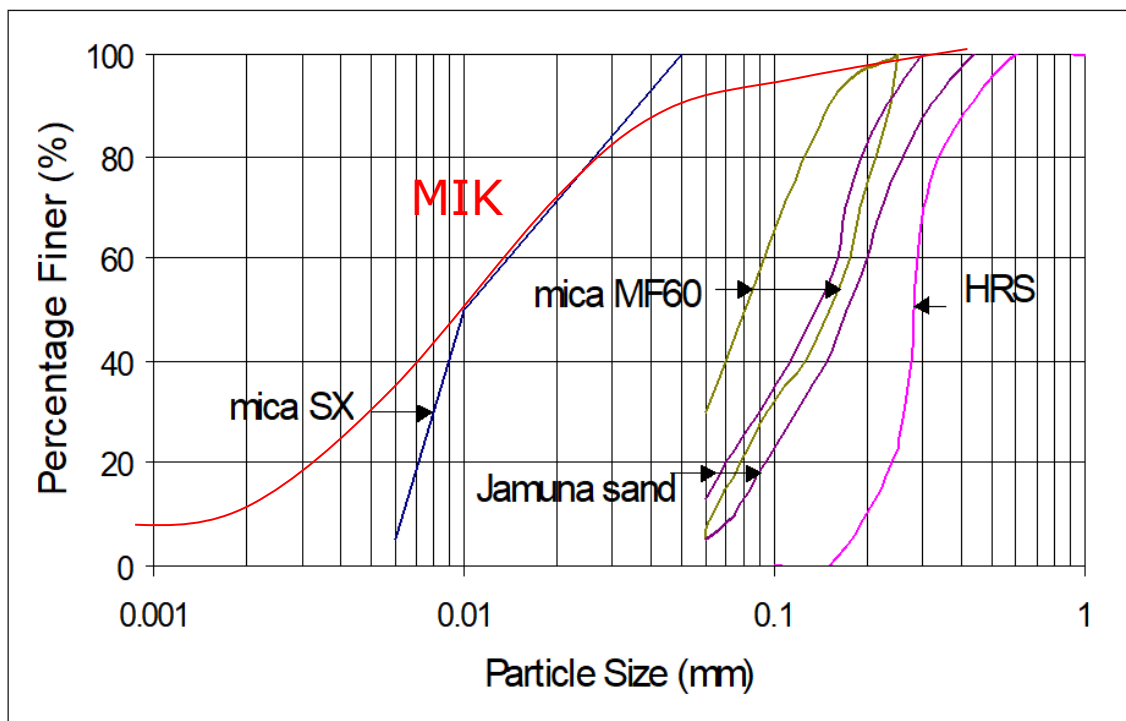
Τα ανωτέρω κλάσματα μεγέθους κόκκων αναφέρονται στο σύστημα ταξινόμησης που έχει εγκριθεί στην Ευρώπη, βλέπε BS EN ISO 14688-1:2018 (BSI, 2018a). Το διεθνές πρότυπο ASTM D2487-17 (2017) προσφέρει ένα εναλλακτικό σύστημα (United Soil Classification System, USCS) που υιοθετεί διαφορετικά μεγέθη ως όρια μεταξύ των κόκκων.

1. Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης απεικονίζονται με τα μεγέθη των κόκκων/κοσκίνων στον οριζόντιο άξονα ενώ στον κατακόρυφο άξονα απεικονίζεται το αθροιστικό ποσοστό όλων των μεγεθών που είναι μικρότερα από το αντίστοιχο μέγεθος στον οριζόντιο άξονα. Δεδομένου ότι τα εδαφικά σωματίδια ποικίλλουν σε μέγεθος, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται λογαριθμική κλίμακα στον οριζόντιο άξονα έτσι ώστε να μπορεί να αποτυπωθεί το πλήρες εύρος των μεγεθών.

2. Το μικρότερου ανοίγματος κόσκινο που χρησιμοποιείται στα εδάφη είναι το κόσκινο μεγέθους 0.063 mm. Κάτω από αυτό το μέγεθος (π.χ. μεγέθη κόκκων ιλύος και πλακιδίων αργίλου) η καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης λαμβάνεται με τη μέθοδο της καθίζησης των εδαφικών σωματιδίων σε υγρό μεταβαλλόμενου ιξώδους σύμφωνα με τον Νόμο του Stoke.

4.3 καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης

Από τις κοκκομετρικές καμπύλες μπορεί να προσδιοριστεί το συνολικό ποσοστό ενός συγκεκριμένου μεγέθους κόκκων καθώς και το ποσοστό των μεγεθών των κόκκων που είναι μεγαλύτερα ή μικρότερα από οποιοδήποτε μέγεθος, για κάθε έδαφος.



συντελεστής ομοιομορφίας (C_u)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

όπου D_{10} το μεγαλύτερο μέγεθος του χαμηλότερου 10% του εδαφικού υλικού, D_{60} αντίστοιχα για το χαμηλότερο 60%

Κατάταξη	C_u
Ομοιόμορφα διαβαθμισμένο	<3
Κακώς διαβαθμισμένο	3-6
Μέτρια διαβαθμισμένο	6-15
Καλώς διαβαθμισμένο	>15

- Καμπύλη με απότομη κλίση σημαίνει ‘κακώς διαβαθμισμένο έδαφος ή ομοιόμορφο’ π.χ. μεγάλο ποσοστό κόκκων παρόμοιου μεγέθους (άμμος HRS).
- Καμπύλη με ήπια κλίση σημαίνει εύρος κόκκων διαφορετικού μεγέθους δηλ. ‘καλώς διαβαθμισμένο’ έδαφος (ιλύς Mica SX).
- Τα φυσικά υλικά είναι συνήθως μίγματα μεγάλου εύρους κόκκων π.χ. μάργα Ισθμού Κορίνθου (MIK).

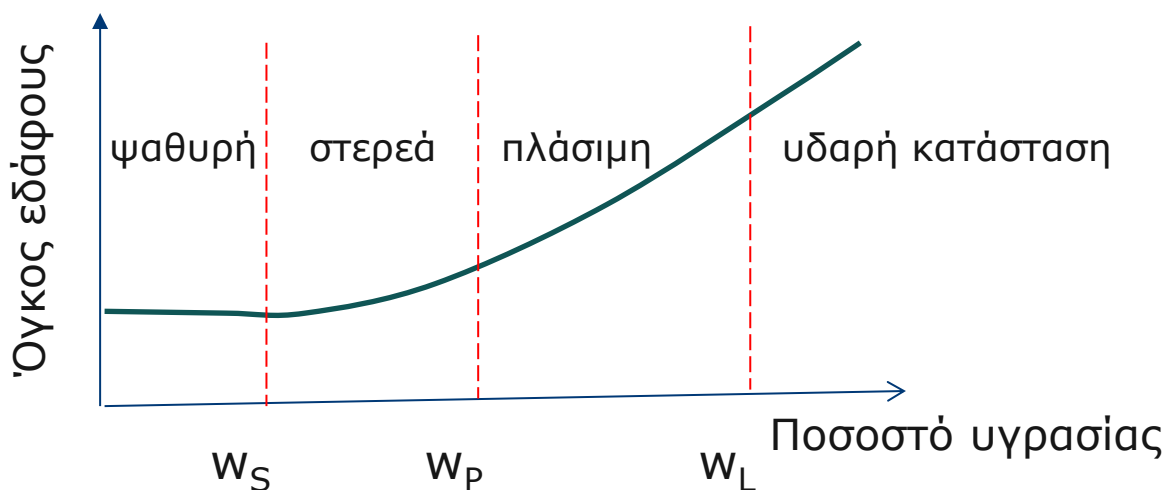
4.4 Κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο της καθίζησης

Δείγμα ξηρού εδάφους (ιλύς & άργιλος σε ποσοστό $>10\%$ του αρχικού δείγματος) που διέρχεται από το κόσκινο 63 μm τοποθετείται σε εναιώρημα με νερό σε ογκομετρικό κύλινδρο και αφήνεται να καθιζάνει για μια χρονική περίοδο. Οι μετρήσεις της εκατοστιαίας αναλογίας των σωματιδίων που παραμένουν στο εναιώρημα σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα αντιστοιχίζονται στο μέγεθος των κόκκων, αφού οι μεγαλύτεροι θα καθιζάνουν πιο γρήγορα, μέσω μετρήσεων του πυκνομέτρου.



4.5 Συνεκτικά εδάφη-όρια υδαρότητας, πλασιμότητας & συρρίκνωσης

Οι κοκκομετρικές καμπύλες κατατάσσουν τα υλικά ως προς το μέγεθος των κόκκων αλλά δεν υποδεικνύουν αν τα λεπτόκοκκα σωματίδια θα εμφανίζουν την πλασιμότητα, που γενικά συνδέεται με τα λεπτόκοκκα συνεκτικά εδάφη. Για να ταξινομηθεί πλήρως μία αργίλος ή ιλύς απαιτούνται επιπλέον δοκιμές, που αναπτύχθηκαν από τον Atterberg (1911) και καθορίζουν τις διάφορες τιμές περιεκτικότητας σε νερό (ποσοστά υγρασίας) στις οποίες εμφανίζονται αλλαγές στα χαρακτηριστικά αντοχής ενός εδάφους. Στο Σχήμα φαίνεται πώς αλλάζει ο όγκος του εδάφους με την περιεκτικότητά του σε νερό. Προσθήκη νερού σε ξηρή άργιλο δεν αλλάζει αρχικά τον όγκο της. Στη συνέχεια συνδέεται με αύξηση του όγκου και ταυτόχρονα το έδαφος από ψαθυρό περνά στη στερεά κατάσταση και στη συνέχεια στην πλάσιμη και την υδαρή. Τα ποσοστά υγρασίας που ξεχωρίζουν αυτές τις καταστάσεις είναι το **όριο συρρίκνωσης, w_s** , **όριο πλασιμότητας, w_p** , **το όριο υδαρότητας, w_L** . Αντίθετα, εάν το έδαφος ξηραθεί ξεκινώντας από το όριο υδαρότητας, περνάει από την πλάσιμη κατάσταση. Σε αυτήν, μπορεί να πλαστεί στα δάχτυλα παρόμοια με την πλαστελίνη.



δείκτης πλασιμότητας

$$I_p = w_L - w_p$$

δείκτης υδαρότητας

$$I_L = (w - w_p) / I_p$$

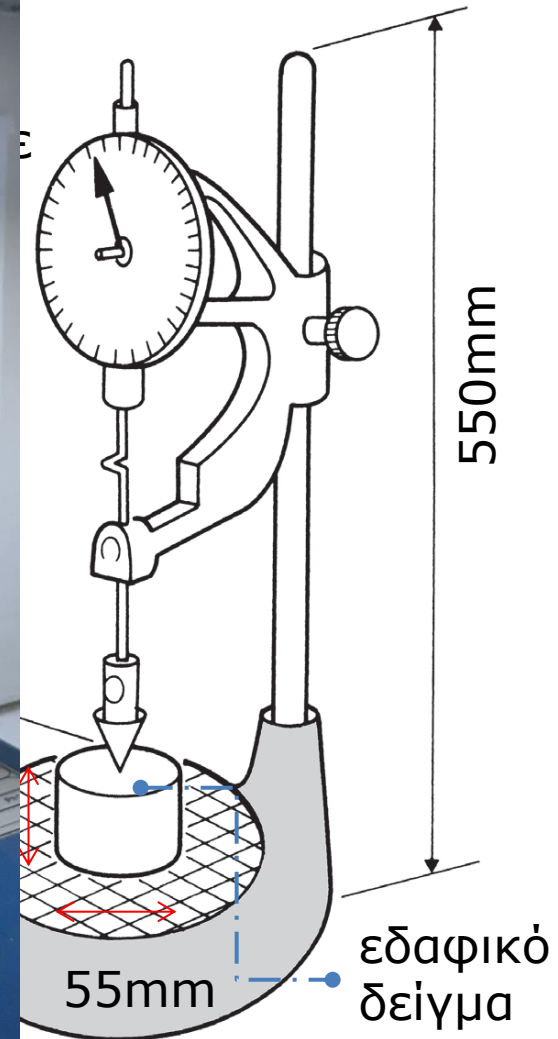
w = φυσικό ποσοστό υγρασίας

$I_L = 1$ έδαφος στο όριο w_L

$I_L = 0$ έδαφος στο όριο w_p

$w < w_s$ μείωση νερού των πόρων με είσοδο αέρα (μη κορεσμένο έδαφος)

ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ Όριο υδαρότητας





clideo.com

Όριο υδαρότητας



Όριο πλασιμότητας

Όριο πλασιμότητας

