



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Τεχνολογίας
Τμήμα Περιβάλλοντος

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης**

ΧΑΜΑΜΤΖΟΓΛΟΥ ΟΛΥΜΠΙΑ

A.M.: 3019116

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ – ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΛΑΡΙΣΑ, 2023



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Ενυπόγραφη δήλωση μη λογοκλοπής

Ο/Η παρακάτω υπογράφων/-ουσα δηλώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ότι στο πλαίσιο αυτό έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ημερομηνία: 23-06-2023

Ονοματεπώνυμο: Ολυμπία Χαματζόγλου

Υπογραφή:



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

.....

.....

.....



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ.....	11
1.1	ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ.....	11
1.2	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ	12
1.3	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΛΑΦΩΝ.....	14
1.4	ΕΙΔΗ ΕΛΑΦΩΝ.....	15
1.5	ΦΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ	18
2	ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΑΦΩΝ	22
2.1	ΚΟΚΚΩΔΗ – ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΛΑΦΗ	22
2.2	ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΛΑΦΗ.....	26
2.3	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΛΑΦΩΝ	30
3	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ – ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΛΑΦΩΝ.....	37
3.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	37
3.2	ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ ΤΑΣΗ.....	37
3.3	ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ	39
3.4	ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	43
3.5	ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΕΛΑΦΩΝ.....	46
4	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΛΑΦΩΝ	49
4.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ	49
4.2	ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΕΝΕΣΕΙΣ	49
4.3	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΣΕΩΝ	50
4.4	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ.....	51
4.5	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	52
5	ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ Ν. ΞΑΝΘΗΣ.....	53
5.1	ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	53
5.2	ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ (ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ).....	57
5.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	61
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1: Τυπικά εδαφικά και υπεδαφικά προφίλ	11
Εικόνα 1.2: Τα βασικά είδη της αποσάθρωσης.....	12
Εικόνα 1.3: Τυπική εικόνα αποσαθρωμένου τμήματος πετρώματος	13
Εικόνα 1.4: Τυπική τομή αποσάθρωσης μεταμορφωμένων (α) και πυριγενών (β) πετρωμάτων	16
Εικόνα 1.5: Αλουβιακά εδάφη – Ερυθρές άργιλοι με ενστρώσεις αμμοχάλικων	17
Εικόνα 1.6: Όρια μεγεθών κόκκων εδαφικών υλικών	18
Εικόνα 1.7: Φάσεις των εδαφικών υλικών	19
Εικόνα 2.1: Μεταβολή του όγκου και της περιεχόμενης υγρασίας Όρια συνεκτικότητας	27
Εικόνα 2.2: Μεταβολή της συνεκτικότητας των αργιλων με το ποσοστό υγρασίας και το εύρος του δείκτη LI	28
Εικόνα 2.3: Διαγράμματα τάσεων – παραμορφώσεων συνεκτικών εδαφών για διάφορες τιμές της περιεκτικότητας σε νερό: $w_1 < w_2 < w_3 < w_4$	29
Εικόνα 2.4: Διάγραμμα πλαστικότητας κατά Casagrande (1932).....	30
Εικόνα 2.5: Συστήματα μεγεθών εδαφικών κόκκων από διάφορους οργανισμούς	31
Εικόνα 2.6: Σύστημα ταξινόμησης εδαφών κατά P.R.A.....	32
Εικόνα 2.7: Σύστημα ταξινόμησης AASHTO.....	33
Εικόνα 2.8: Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών (USCS).....	34
Εικόνα 3.1: Σχηματική απεικόνιση μετάδοσης των τάσεων σε ακόρεστο έδαφος	38
Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση μετάδοσης των τάσεων σε κορεσμένο έδαφος	38
Εικόνα 3.3: Σχηματική απεικόνιση δυνάμεων μεταξύ των κόκκων α) μεταξύ 2 κόκκων σε επαφή και β) κατά μήκος του επίπεδου θραύσης	39
Εικόνα 3.3: Συνιστώσες αντοχής (γωνία τριβής) μεσόκκοκης άμμου σε σχέση με τη σχετική πυκνότητα D_r	40
Εικόνα 3.5: Σχηματική απεικόνιση της περιβάλλουσας αστοχίας και η φυσική της σημασία	42
Εικόνα 3.6: Σχηματική απεικόνιση αστοχίας θεμελίου σε άμμους.....	43
Εικόνα 3.7: Νομογράφημα Terzaghi των συντελεστών της φέρουσας ικανότητας του εδάφους	45
Εικόνα 4.1: Σχηματική απεικόνιση εδαφοπάσσαλοι με ενεμάτωση	50
Εικόνα 4.2: Εδαφοπάσσαλοι με ενεμάτωση.....	50
Εικόνα 4.3: Είδη ενεμάτων με βάσει το εδαφικό υλικό	51



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Εικόνα 5.1: Γεωλογικός χάρτης ΙΓΜΕ ευρύτερης περιοχής της πόλης Ξάνθης, φύλλο «Ξάνθη»	54
Εικόνα 5.2: Ευρύτερη περιοχή δειματοληψίας οικισμού Νέου Εράσμιου.....	55
Εικόνα 5.3: Οικισμός «Νέο Εράσμιο»	55
Εικόνα 5.4: Γεωλογικός χάρτης, ΙΓΜΕ, κλ 1:500 000.....	56
Εικόνα 5.5: Διάταξη κατά την εκτέλεση της δοκιμής της μονοαξονικής θλίψης	58
Εικόνα 5.6: Σχηματική απεικόνιση της μεταβολής της διατομής A_0 μετά από παραμόρφωση ε	59
Εικόνα 5.7: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων με υπολογισμό της q_u και του E_u	60
Εικόνα 5.8: Αποτελέσματα δοκιμής 1	62
Εικόνα 5.9: Αποτελέσματα δοκιμής 2	64
Εικόνα 5.10: Αποτελέσματα δοκιμής 3	66
Εικόνα 5.11: Αποτελέσματα δοκιμής 4	68



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1 : Τυπολόγιο σχέσεων μεταξύ μεγεθών	20
Πίνακας 2.1 : Τυπικές τιμές δεικτών πόρων για αμμώδη εδάφη	23
Πίνακας 2.2 : Κατάταξη αμμωδών εδαφών βάσει D_r	23
Πίνακας 2.3 : Ταξινόμηση συνεκτικών εδαφών βάσει του δείκτη PI	28
Πίνακας 3.1 : Χαρακτηρισμός εδαφών βάσει των τιμών συντελεστή περατότητας k	47
Πίνακας 3.2 : Τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας σε διάφορα υλικά	47
Πίνακας 5.1 : Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών	61



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο: «**Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του Νομού Ξάνθης**», εκπονήθηκε στο πλαίσιο απόκτησης του πτυχίου του Τμήματος Περιβάλλοντος της Σχολής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αφορά στην παρουσίαση βασικών όρων και εννοιών γύρω από τα εδάφη και την προσέγγιση που ακολουθείται για την κατάταξη τους, τον εργαστηριακό προσδιορισμό των ιδιοτήτων τους και τις μεθόδους βελτίωσής τους.



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την πολύτιμη υποστήριξη του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δημητρίου Χριστοδούλου, Επίκουρου Καθηγητή του Τμήματος Περιβάλλοντος. Του εκφράζω ένα βαθύ ευχαριστώ για όλη τη βοήθεια που μου προσέφερε και για την άριστη συνεργασία που είχαμε στα πλαίσια εκπόνησης αυτής της εργασίας, τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για να μου δώσει σημαντικά στοιχεία και εξηγήσεις πάνω στο θέμα, αλλά και για την προθυμία του και τη βοήθεια, που ποτέ δε δίστασε να μου δώσει.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω πολύ τους γονείς μου, οι οποίοι υπήρξαν πάντα ένα ανεκτίμητο στήριγμα για μένα και στους οποίους οφείλω όλη τη διαδρομή των σπουδών μου, μέχρι σήμερα, καθώς και την αδερφή μου, που με υπομονή και κουράγιο πρόσφερε την απαραίτητη ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της παρούσης εργασίας.



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του Νομού Ξάνθης», αποτελείται από επτά (7) Κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται σε βασικές έννοιες της εδαφομηχανικής, από τον ορισμό του εδάφους, τους μηχανισμούς δημιουργίας του έως τα είδη και τις φάσεις του εδάφους. Στην συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο χρησιμοποιείται αναλυτική περιγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών των εδαφών, η βασική κατηγοριοποίηση και οι κατατάξεις που έχουν προταθεί ανά τα χρόνια και τα χαρακτηριστικά της κάθε μίας. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά πλέον στις μηχανικές ιδιότητες των εδαφών και κατ' επέκταση της μηχανικής συμπεριφοράς αυτών. Γίνεται περιγραφή της λειτουργίας των γεωστατικών τάσεων, γνώση που αποτελεί βασικό υπόβαθρο για την κατανόηση της μηχανικής συμπεριφοράς των εδαφών και των συνθηκών που επικρατούν στο υπέδαφος. Επιπλέον, γίνεται σύνδεση με τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας των εδαφών καθώς επίσης και την επίδραση της διαπερατότητας ενός εδαφικού σχηματισμού. Στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής γίνεται μία σύντομη περιγραφή των μεθόδων βελτίωσης και ενίσχυσης των εδαφών και μια εκτενέστερη στην βελτίωση των εδαφών με ενέσεις. Αφού έχει αναπτυχθεί όλο το βασικό υπόβαθρο των εννοιών και θεωριών για τα εδάφη, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην περιοχή ενδιαφέροντος και δειγματοληψίας ως προς την χωροθέτηση της και των γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν και μία εκτενής περιγραφή της εργαστηριακής δοκιμής της μονοαξονικής θλίψης. Έπειτα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών και αξιολογούνται.

Τέλος, στα κεφάλαια έξι και επτά δίνονται τα συμπεράσματα και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε, αντιστοίχως.



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ABSTRACT

This diploma thesis with title «**Laboratory determination of physical characteristics and properties of soil formations originating from areas of Xanthi Region**» consists of (7) seven chapters. The first chapter refers to basic features of soil mechanics, the definition of soil, its formation mechanisms and also soil types and its phases. Afterwards, in the second chapter, a detailed description of the physical characteristics of the soils is used, the basic categorization and classifications that have been proposed over the years and their characteristics. In the third chapter, reference is made to the mechanical properties of soils and to their mechanical behavior. The function of geostatic stresses is described here which consists a basic background for understanding the mechanical behavior of soils and the conditions that prevail in the subsoil. In addition, a connection is made to the calculation of the bearing capacity of the soils as well as the effect of the permeability of a soil formation. In the fourth chapter of this thesis, there is a brief description of the methods of improving and strengthening the soils and a more extensive one on the improvement of the soils by jet grounding. After all the basic background of soil concepts and theories has been developed, the fifth chapter refers to the study area of sampling in terms of its location and the prevailing geological conditions and an extensive description of the uniaxial compression laboratory test. Then the results of the tests are presented and evaluated. At the end, in chapters six and seven, the conclusions and the bibliography used, respectively, are given.

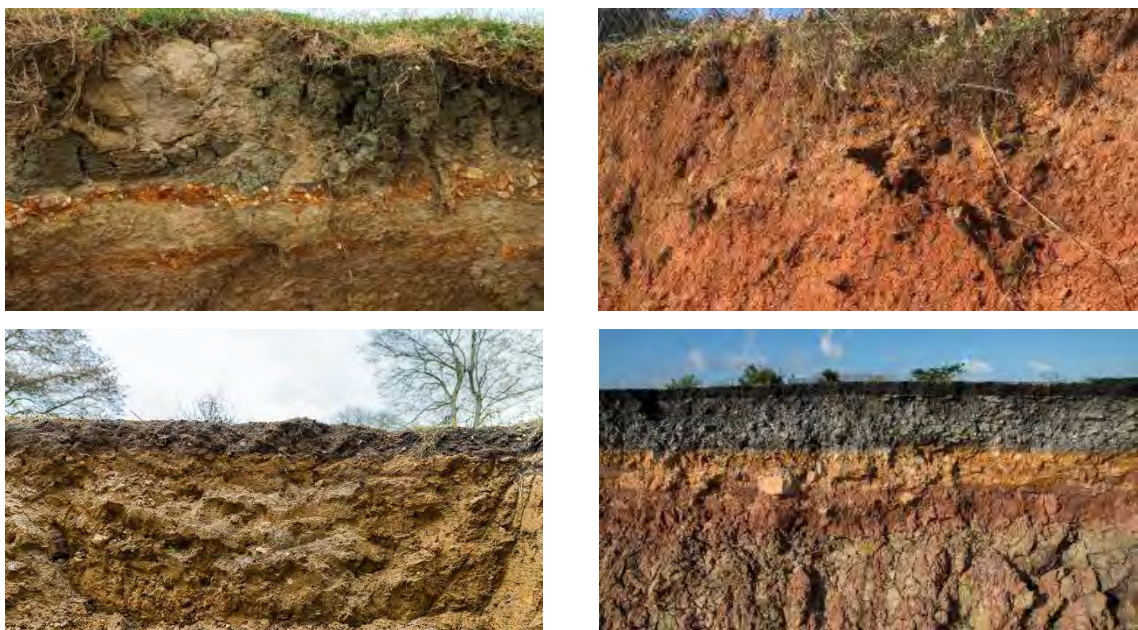
1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος και το υπέδαφος (Εικόνα 1.1) αποτελούν μαζί το ανώτερο στρώμα του στερεού φλοιού της Γης, των οποίων η σύσταση και οι ιδιότητες ποικίλουν αναλόγως των μητρικών πετρωμάτων από τα οποία προέρχονται και της διεργασίας που έχει επενεργήσει για την δημιουργία τους.

Ο βασικός ορισμός του εδάφους έχει ως ακολούθως:

«Το έδαφος είναι ένα μη-συμπαγές πολυφασικό υλικό, που αποτελείται από ασύνδετους ή ελαφρά συνδεδεμένους στερεούς κόκκους, τα κενά μεταξύ των οποίων (πόροι) περιέχουν υγρά (συνήθως νερό) ή/και αέρια (συνήθως αέρα)» (Καββαδάς Μ., 2006).



Εικόνα 1.1: Τυπικά εδαφικά και υπεδαφικά προφίλ

1.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος, όπως προαναφέρθηκε, αποτελείται από εδαφικούς στερεούς κόκκους οι οποίοι προέρχονται από την φυσική, τη χημική και τη βιολογική αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων (Εικόνα 1.2). Η αποσάθρωση αφορά την φυσικοχημική καταστροφή των πετρωμάτων και προϋποθέτει την επί τόπου απόθεση των προϊόντων τους (in situ). Εκτός της αποσάθρωσης, μία ακόμα βασική διεργασία που επενεργεί στον σχηματισμό των εδαφών είναι η διάβρωση, κατά την οποία τα αποσαθρωμένα υλικά μεταφέρονται από την αρχική τους θέση στην τελική θέση απόθεσης.



Εικόνα 1.2: Τα βασικά είδη της αποσάθρωσης

Οι κυριότερες κατηγορίες αποσάθρωσης είναι οι ακόλουθες:

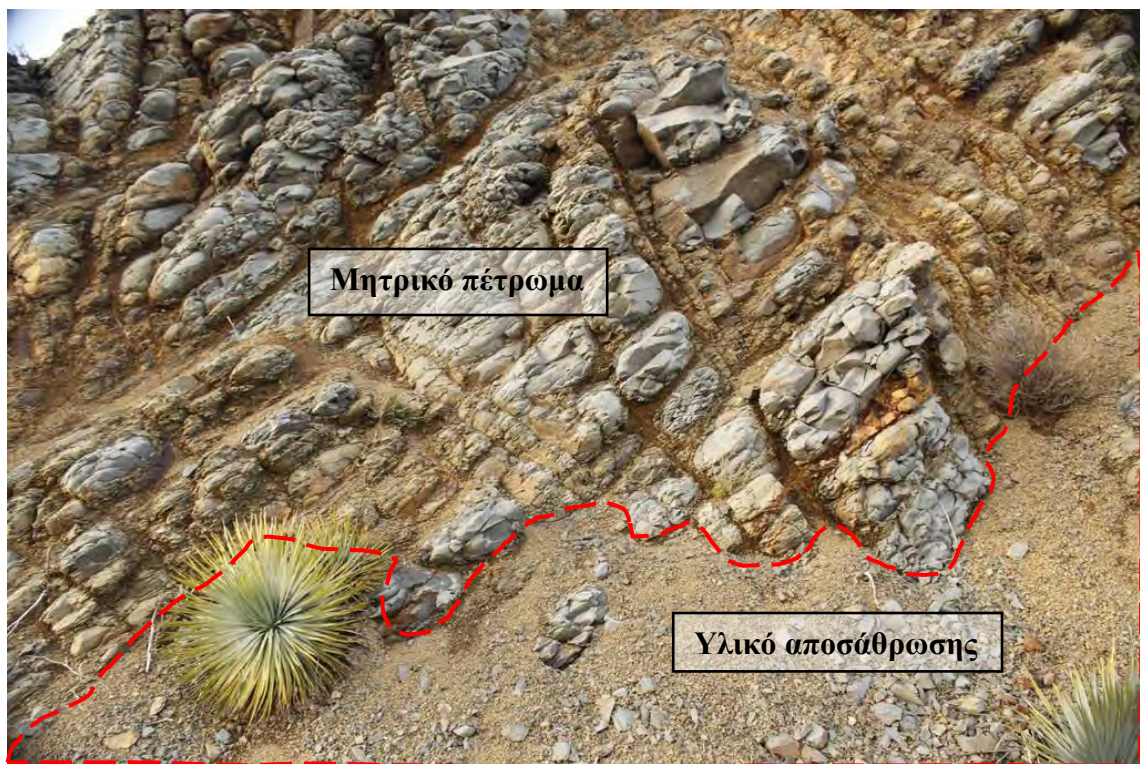
➤ Μηχανική αποσάθρωση

Κατά τη μηχανική αποσάθρωση (Εικόνα 1.3), καταστρέφεται η συνοχή των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων και αλλοιώνονται οι μηχανικές ιδιότητες τους χωρίς να υφίστανται μεταβολή η ορυκτολογική δομή ή η χημική σύσταση. Βασικοί παράγοντες για την μηχανική αποσάθρωση των πετρωμάτων είναι οι εξής:

- Έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές (θερμοκρασική διαφορά πρωί-βράδυ, ηλιοφάνειας – σκίασης, εσωτερικού – εξωτερικού του πετρώματος κλπ)
- Δράση του νερού (βοηθάει στην μηχανική τριβή)

- Δράση του παγετού (κύκλοι τήξης – πήξης)
- Δράση του αέρα (Λείανση του πετρώματος με εκτριβή)
- Τεκτονική των πετρωμάτων

Στην μηχανική αποσάθρωση επιδρούν και η λειτουργία των φυτών και των ζώων και η δραστηριότητα του ανθρώπου. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες οδηγούν σε κατακερματισμό και θρυμματισμό των πετρωμάτων που έχουν ως αποτέλεσμα την συσσώρευση σταθερότερων και ανθεκτικότερων υλικών. Η μηχανική αποσάθρωση συντελεί στην δημιουργία κυρίως χονδρόκοκκων εδαφών (χαλίκων και άμμων).



Εικόνα 1.3: Τυπική εικόνα αποσαθρωμένου τμήματος πετρώματος

➤ Χημική αποσάθρωση

Κατά τη χημική αποσάθρωση, τα πετρώματα καταστρέφονται είτε τμήματά τους είτε ολόκληρα, λόγω χημικών αντιδράσεων που εκτελούνται στην επιφάνεια των πετρωμάτων. Ως βασικός παράγοντας για την χημική αποσάθρωση θεωρείται το νερό είτε βρόχινο είτε θαλασσινό. Δευτερευόντως, το ριζικό σύστημα των φυτών δύναται να επιδράσει χημικά κυρίως στα ανθρακικά πετρώματα μέσω των εκκριμάτων τους. Βασικές κατηγορίες της χημικής αποσάθρωσης είναι οι ακόλουθες:

- Υδρόλυση – διάσπαση χημικών δεσμών ενός ορυκτού με την επίδραση του νερού



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



- Διάλυση – χημική διαδικασία που σχετίζεται με τη δράση του νερού σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία και την παρουσία CO₂.
- Ενυδάτωση – πρόσληψη νερού από ορισμένα ορυκτά
- Οξειδωση – πρόσληψη οξυγόνου από τα ορυκτά και η μετατροπή τους σε οξείδια και υδροξείδια
- Αναγωγή – απομάκρυνση του οξυγόνου από τα ορυκτά

Η χημική αποσάθρωση συντελεί στην δημιουργία κυρίως λεπτόκκοκων εδαφών (ιλύων και αργίλων).

➤ Βιολογική αποσάθρωση

Κατά την βιολογική αποσάθρωση των πετρωμάτων, προκαλείται η καταστροφή τους από την δράση των ζωικών και φυτικών οργανισμών. Αποτελεί συνδυασμό μηχανικής και χημικής αποσάθρωσης αναλόγως της δράσης των οργανισμών. Οι φυτικοί οργανισμοί προκαλούν κυρίως μηχανική αποσάθρωση αφού με το ριζικό τους σύστημα θρυμματίζουν τα πετρώματα ενώ οι ζωικοί προκαλούν χημική μέσω της αναπνοής του (μπλουτίζουν το έδαφος σε CO₂) και των περιττωμάτων τους. Η ένταση της βιολογικής αποσάθρωσης εξαρτάται από τη σύνθεση της πανίδας και της χλωρίδας κάθε περιοχής.

1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΔΑΦΩΝ

Οι βασικοί παράγοντες που αποτελούν τις προϋποθέσεις για το σχηματισμό των εδαφών είναι οι ακόλουθοι:

- Το μητρικό πέτρωμα
- Το κλίμα
- Η μορφολογία του αναγλύφου
- Το βιοέδαφος
- Ο γεωλογικός χρόνος

Μητρικό πέτρωμα

Η χημική σύσταση του μητρικού πετρώματος προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό τη χημική σύσταση του εδάφους που θα προκύψει από την αποσάθρωση του και την ικανότητα συγκράτησης του νερού. Ένα ίδιο μητρικό πέτρωμα μπορεί να δημιουργήσει διαφορετικά εδάφη σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος.

Κλιματικές συνθήκες



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Το κλίμα καθορίζει κυρίως με τις μεταβολές της θερμοκρασίας και την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, την ένταση και το είδος της αποσάθρωσης σε κάθε περιοχή. Καθορίζει επίσης την ποσότητα και τα είδη της χλωρίδας και της πανίδας, τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους και το βαθμό της αποικοδόμησης του οργανικού υλικού στο έδαφος.

Ανάγλυφο

Το ανάγλυφο επιδρά σημαντικά στο σχηματισμό των εδαφών. Σε απότομες πλαγιές όπου η κλίση είναι μεγάλη δύσκολα σχηματίζεται έδαφος με πλήρη ανάπτυξη εδαφικών οριζόντων. Αυτό συμβαίνει γιατί τα αποσαθρωμένα υλικά μεταφέρονται διαρκώς σε χαμηλότερα υψόμετρα με τη βαρύτητα με την ίδια σχεδόν ταχύτητα που σχηματίζονται. Επίσης το ανάγλυφο επιδρά στην ποσότητα του νερού που διηθήται στο υπέδαφος και συνεπώς το βάθος στο οποίο θα φτάσουν οι περισσότερες διεργασίες της χημικής αποσάθρωσης.

Βιοέδαφος

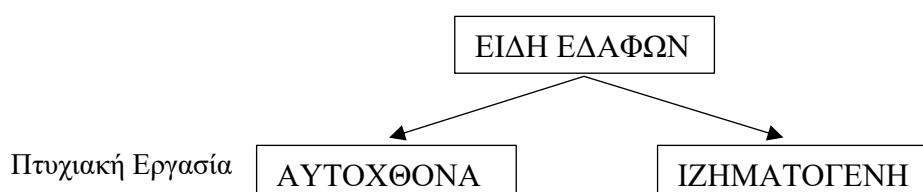
Οι φυτικοί οργανισμοί με το ριζικό τους σύστημα θρυμματίζουν τα πετρώματα και αλλάζουν τη χημική τους σύσταση, συντελώντας στην αποσάθρωση τους. Στην αποσάθρωση των πετρωμάτων επίσης συντελεί και η δράση των χερσαίων και θαλάσσιων ζωικών οργανισμών. Οι χερσαίοι και θαλάσσιοι ζωικοί οργανισμοί αυτοί συντελούν και αυτοί με την σειρά τους στην αποσάθρωση των πετρωμάτων με τα δόντια τους και τα αγκάθια τους συνεχώς να σκάβουν και να διατρυπούν τα πετρώματα ενώ με τα διάφορα ένζυμα και τα περιττώματα που εκκρίνουν αλλοιώνουν τη χημική σύσταση των πετρωμάτων.

Γεωλογικός χρόνος

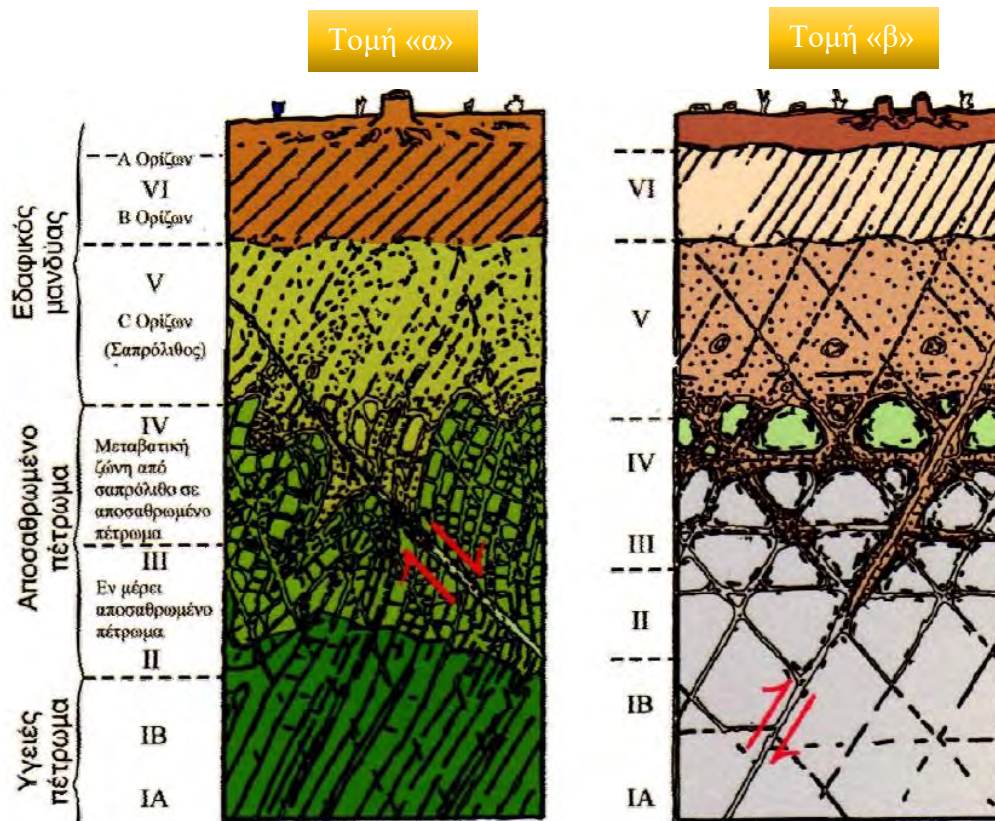
Η ηλικία ενός εδαφικού προφίλ επιδρά στο πάχος και τον βαθμό ωριμότητας του. Μία ώριμη τομή παρουσιάζει καλά σχηματισμένους ορίζοντες. Επίσης, όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία ενός εδάφους τόσο περισσότερο διαφέρει η σύσταση του από τη σύσταση του μητρικού πετρώματος.

1.4 ΕΙΔΗ ΕΔΑΦΩΝ

Με βάση τον τρόπο μεταφοράς και τελικής απόθεσης των προϊόντων της αποσάθρωσης τα εδάφη διακρίνονται σε:



Τα αυτόχθονα ή ελλουβιακά εδάφη είναι τα εδάφη που έχουν σχηματιστεί επί τόπου (in situ) στην αρχική θέση αποσάθρωσης και απόθεσης των υλικών. Ένα μέρος του υλικού αποσάθρωσης που παραμένει στην θέση του δημιουργεί μία ζώνη εδαφικού υλικού η οποία καλύπτει το μητρικό πέτρωμα. Το ανώτερο τμήμα της ζώνης ονομάζεται *φυτική γη*, έχει συνήθως σκούρο χρώμα και είναι πλούσιο σε οργανικές ύλες λόγω της έντονης επιφανειακής βιολογικής δράσης. Κάτω από τη φυτική γη ακολουθεί ένα στρώμα εδάφους από το οποίο λείπουν τελείως τα διαλυτά ορυκτά αφού η αποσάθρωση του πετρώματος στο τμήμα αυτό έχει ουσιαστικά ολοκληρωθεί. Αυτό το στρώμα αποτελείται κυρίως από λεπτόκοκκο υλικό πχ άργιλο, και η παρουσία οργανικών ενώσεων είναι σχετικά περιορισμένη. Όλο το τμήμα από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το σημείο αυτό, αποτελεί τον *ελλουβιακό εδαφικό μανδύα*. Σε μεγαλύτερο βάθος είναι συχνότερη η παρουσία αποσαθρωμένων κομματιών του μητρικού πετρώματος μέχρις ότου συναντηθεί η *αποσαθρωμένη ζώνη του μητρικού πετρώματος*. Μετά την ζώνη αυτή και σε μεγαλύτερο βάθος το αποσαθρωμένο πέτρωμα μετατρέπεται σταδιακά σε υγιές. Δύο τυπικές τομές αποσάθρωσης δίνονται στην Εικόνα 1.4.



Εικόνα 1.4: Τυπική τομή αποσάθρωσης μεταμορφωμένων (α) και πυριγενών (β) πετρωμάτων

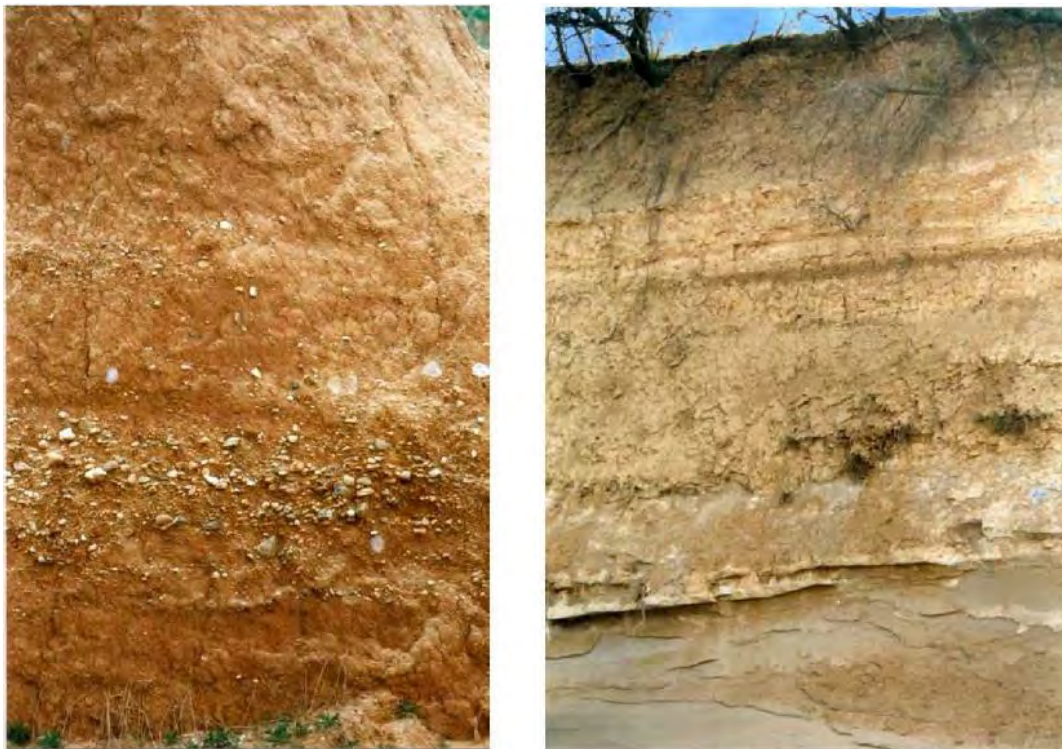


Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Αυτόχθονα εδάφη δημιουργούνται και από ιζηματογενή πετρώματα ιδιαίτερα από ασβεστολίθους λόγω της εύκολης διάλυσής τους από το νερό. Στις περιπτώσεις η επαφή τους με το μητρικό πέτρωμα είναι ακανόνιστη. Σε ό,τι αφορά τα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή) το είδος του ελλουβιακού μανδύα που δημιουργείται, εξαρτάται από το είδος του συνδετικού υλικού.

Τα ιζηματογενή ή αλουβιακά εδάφη είναι τα εδάφη που έχουν σχηματιστεί μετά από μεταφορά των αποσπασμένων υλικών από την αρχική τους θέση. Η μεταφορά των υλικών γίνεται κυρίως από πρωτογενείς παράγοντες όπως το νερό, ο αέρας και ο πάγος αλλά και από την ηφαιστειακή δράση και τη βαρύτητα. Τα υλικά της αποσάθρωσης αποσπώνται από το μητρικό πέτρωμα και μεταφέρονται προς χαμηλότερα μορφολογικά σημεία. Ανεξάρτητως του μέσου μεταφοράς, όταν η ταχύτητα μεταφοράς μειώνεται (έως ότου μηδενιστεί), η μεταφορική ικανότητα χάνεται, τότε αρχίζει η απόθεση (καθίζηση, όταν το μέσο μεταφοράς είναι το νερό). Κατά κανόνα, τα χονδρόκοκκα είναι τα πρώτα που αποτίθενται ενώ τα πιο λεπτόκοκκα ακολουθούν ανάλογα με το μέγεθος τους. Η συνεχής απόθεση τέτοιων υλικών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αλλεπάλληλων στρωμάτων από λεπτόκοκκο και χονδρόκοκο υλικό αναλόγως της εκάστοτε μεταφορικής ικανότητας (Εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.5: Αλουβιακά εδάφη – Ερυθρές άργιλοι με ενστρώσεις αμμοχάλικων
Επιπροσθέτως, τα ιζηματογενή εδάφη διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



- Τα χονδρόκοκκα (χάλικες και άμμοι)
- Τα λεπτόκοκκα (ιλύες και άργιλοι)

Τα χονδρόκοκκα εδάφη προέρχονται κυρίως από την μηχανική αποσάθρωση των πετρωμάτων όπως προαναφέρθηκε ενώ τα λεπτόκοκκα κυρίως από την χημική αποσάθρωση. Τα όρια των μεγεθών των κόκκων παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.6.

Άργιλοι	Ιλιές			Άμμοι			Χάλικες			Κροκάλες					
	Λεπτές	Μέσες	Χονδρές	Λεπτές	Μέσες	Χονδρές	Λεπτές	Μέσες	Χονδρές						
0.001	0.002	0.006	0.01	0.06	0.1	0.2	0.6	1	2	6	10	20	60	100	200

Διαστάσεις κόκκων (mm)

Εικόνα 1.6: Όρια μεγεθών κόκκων εδαφικών υλικών

Χονδρόκοκκα εδάφη

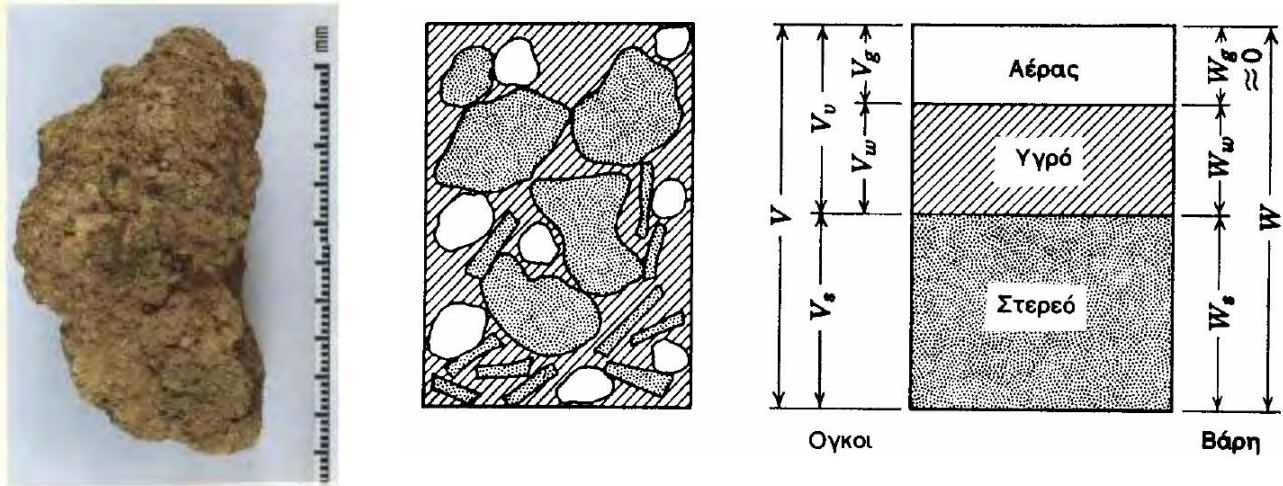
Οι κόκκοι των άμμων και των χάλικων είναι σφαιροειδείς και η μορφή της επιφάνειας αυτών κυμαίνεται από λεία (λείανση μετά από έντονη διάβρωση) έως γωνιώδης (πρόσφατα κλαστικά ιζήματα). Στα εν λόγω εδάφη μεταξύ των κόκκων δρουν κυρίως θλιπτικές δυνάμεις επαφής καθώς και δυνάμεις τριβής στα σημεία επαφής τους. Η διάταξη των κόκκων των χονδρόκοκκων εδαφών δημιουργεί μία δομή από πολύ χαλαρή έως πολύ πυκνή.

Λεπτόκοκκα εδάφη

Οι κόκκοι των λεπτόκοκκων εδαφών είναι πεπλατυσμένοι και έχουν τη μορφή πλακιδίων (αργιλικά πλακίδια) με μικρό πάχος που είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το μόνιό τους. Λόγω της σχετικά μεγάλης ειδικής επιφάνειας των πεπλατυσμένων κόκκων, οι δυνάμεις μεταξύ αυτών είναι συνεκτικές.

1.5 ΦΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Όπως έχει προαναφερθεί το έδαφος είναι ένα πολυφασικό υλικό το οποίο αποτελείται από στερεούς κόκκους και από κενά που δημιουργούνται μεταξύ των κόκκων. Τα κενά (πόροι) του εδάφους δημιουργούνται λόγω της διάταξης των κόκκων όταν αυτοί αποτίθενται στον πυθμένα των θαλασσών, κατά την ιζητογένεση και πληρούνται με νερό. Όταν οι εδαφικοί σχηματισμοί βρεθούν πάνω από την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, το νερό των πόρων αντικαθίσταται μερικά ή ολικά από αέρα. Έτσι προκύπτει τα κενά του εδάφους να περιέχουν νερό ή/και αέρα. Στην παρακάτω Εικόνα 1.7 παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις ενός εδαφικού υλικού όπως επίσης η σχηματική απεικόνιση των σχέσεων των μαζών και των όγκων.



Εικόνα 1.7: Φάσεις των εδαφικών υλικών

Στον παρακάτω Πίνακα 1.1 δίνονται οι βασικές σχέσεις – τύποι μεταξύ των μεγεθών που εξετάζονται.

Ο συνολικός όγκος (V_t) του εδάφους προκύπτει από τον όγκο που καταλαμβάνουν οι στερεοί κόκκοι (V_s) και τον όγκο των κενών (V_v). Ο όγκος των κενών που πληρούται από νερό συμβολίζεται με V_w και ο όγκος των κενών που πληρούται από αέρα, V_g . Οι αντίστοιχες μάζες είναι: M_t (ολική μάζα), M_s (μάζα στερεών κόκκων), M_w (μάζα νερού των πόρων) και M_g (μάζα του αέρα των πόρων). Ωστόσο η μάζα του αέρα και συνεπώς και η πυκνότητα είναι πολύ μικρότερη των υπολοίπων οπότε και συνήθως παραλείπεται.



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Πίνακας 1.1 : Τυπολόγιο σχέσεων μεταξύ μεγεθών

ΟΡΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ		ΤΥΠΟΣ
Ποσοστό υγρασίας	W	%	$\frac{\text{Μάζα νερού}}{\text{Μάζα στερεών}}$	$\frac{M_w}{M_s}$	-
Πορώδες	n	-	$\frac{\text{Όγκος κενών}}{\text{Ολικός όγκος}}$	$\frac{V_v}{V_t}$	$e = \frac{n}{1-n} = \frac{wG_s}{S_r}$
Δείκτης πόρων	e	-	$\frac{\text{Όγκος κενών}}{\text{Όγκος στερεών}}$	$\frac{V_v}{V_s}$	$n = \frac{e}{1+e} = \frac{wG_s}{S_r + wG_s}$
Βαθμός κορεσμού	S _r	%	$\frac{\text{Όγκος νερού}}{\text{Όγκος κενών}}$	$\frac{V_w}{V_v}$	$S_r = \frac{\rho_b w G_s}{\rho_w G_s (1+w) - \rho_b} \times 100$
Πυκνότητα κόκκων	ρ _s	Mg/m ³	$\frac{\text{Μάζα στερεών}}{\text{Όγκος στερεών}}$	$\frac{M_s}{V_s}$	G _s ρ _w
Ειδικό βάρος	G _s	-	$\frac{\text{Πυκνότητα στερεών}}{\text{Πυκνότητα νερού}}$	$\frac{m_s}{V_s} \frac{1}{\rho_w}$	$\frac{\rho_s}{\rho_w}$
Πυκνότητα νερού	ρ _w	Mg/m ³	$\frac{\text{Μάζα νερού}}{\text{Όγκος νερού}}$	$\frac{M_w}{V_w}$	ρ _w = 1.0 Mg/m ³
Φαινόμενη πυκνότητα (μερικώς κορεσμένο)	ρ _b	Mg/m ³	$\frac{\text{Ολική μάζα}}{\text{Ολικός όγκος}}$	$\frac{m_s + m_w}{V_v + V_s}$	$\rho_b = \frac{G_s(1+w)\rho_w}{1+e}$
Φαινόμενη πυκνότητα (πλήρως κορεσμένο)	ρ _{sat}	Mg/m ³	$\frac{\text{Ολική μάζα}}{\text{Ολικός όγκος}}$	$\frac{m_s + m_w}{V_v + V_s}$	$\rho_{sat} = \frac{(G_s + e)\rho_w}{1+e}$
Φαινόμενο βάρος (μερικώς κορεσμένο)	γ _b	kN/m ³	$\frac{\text{Ολικό βάρος}}{\text{Ολικός όγκος}}$	$\frac{m_t g}{V_t}$	$\gamma_b = \frac{G_s(1+w)\gamma_w}{1+e}$
Φαινόμενο βάρος (πλήρως κορεσμένο)	γ _{sat}	kN/m ³	$\frac{\text{Ολικό βάρος}}{\text{Ολικός όγκος}}$	$\frac{m_t g}{V_t}$	$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{1+e}$
Ειδικό βάρος νερού	γ _w	kN/m ³	$\frac{\text{Βαρος νερού}}{\text{Όγκος νερού}}$	$\frac{m_w g}{V_w}$	γ _w = ρ _w g = 9.81kN/m ³

Παρακάτω δίνονται ενδεικτικές τιμές των θεμελιωδών μεγεθών για διάφορα εδαφικά υλικά:

➤ **Πορώδες n**

- Άμμοι: 0.30 έως 0.50
- Άργιλοι: 0.20 έως 0.60 (ή και παραπάνω)

➤ **Δείκτης πόρων e**

- Άμμοι: 0.40 έως 1.00
- Άργιλοι: 0.30 έως 1.50 (ή και παραπάνω)

➤ **Βαθμός κορεσμού S_r**

- Όλοι οι τύποι εδαφών: 0 έως 1

➤ **Ποσοστό υγρασίας w**

- Άμμοι: 0 έως 40%
- Άργιλοι: 0 έως 100%
- Σε οργανικά εδάφη η ευαίσθητες αργίλους έως και 500%



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



- **Πυκνότητα εδαφικού υλικού ρ**
 - Άμμοι και χάλικες: 1.70 έως 2.40 Mg/m³
 - Πλείς και άργιλοι: 0 έως 100%
 - Σε οργανικά εδάφη η ευαίσθητες αργίλους έως και 500%
- **Πυκνότητα στερεών κόκκων**
 - Όλοι οι τύποι εδαφών: 2.50 έως 2.80 Mg/m³
 - Οργανικά εδάφη: < 2.50 Mg/m³



2 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΑΦΩΝ

2.1 ΚΟΚΚΩΔΗ – ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΛΑΦΗ

Τα χονδρόκοκκα εδάφη κατηγοριοποιούνται και ως μη συνεκτικά καθώς η αντοχή τους οφείλεται μόνο στην εσωτερική τριβή και την αλληλεμπλοκή των κόκκων τους οι οποίοι χαρακτηρίζονται από την απουσία ελκτικών δυνάμεων μεταξύ τους. Τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά τους τα οποία εξετάζουμε είναι η *σχετική πυκνότητα* και η *κοκκομετρική διαβάθμιση*.

Σχετική πυκνότητα D_r

Τα κοκκώδη εδάφη εμφανίζουν μεγάλο εύρος της τιμής του δείκτη πόρων e , ο οποίος εξαρτάται από την δομή και εσωτερική διάταξη των κόκκων. Ελάχιστη πυκνότητα επιτυγχάνεται με την πλέον πιο χαλαρή δομή των κόκκων με το μέγιστο ποσοστό κενών. Αυτού του είδους η δομή μπορεί να δημιουργηθεί κατά τη βραδεία απόθεση μιας άμμου μέσα στο νερό με συνθήκες που αντιστοιχούν με αυτές της ιζηματογένεσης. Συνεπώς, πρόσφατες αποθέσεις άμμων τείνουν να έχουν πυκνότητες που να προσεγγίζουν την ελάχιστη πυκνότητα. Σε αντίθεση με την παραπάνω συνθήκη, η πιο πυκνή δομή με ελάχιστο ποσοστό κενών αντιστοιχεί στην μέγιστη πυκνότητα και δύναται να πραγματοποιηθεί με παρατεταμένη και έντονη δόνηση της άμμου, που προκαλεί συμπύκνωση με την επαναδιάταξη των κόκκων της ώστε να επιτευχθεί πυκνότερη δομή. Καθώς η ελάχιστη και η μέγιστη πυκνότητα είναι συμβατικά μεγέθη και προκύπτουν μετά από εργαστηριακές δοκιμές, στην φύση είναι δυνατόν να υπάρξει άμμος με μικρότερη από την ελάχιστη πυκνότητα η μεγαλύτερη από την μέγιστη συμβατική.

Για την καλύτερο προσδιορισμό της κατάστασης της άμμου σε σχέση με την ελάχιστη και μέγιστη πυκνότητα, εξετάζεται η λεγόμενη σχετική πυκνότητα D_r , η οποία προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

Όπου:

e πραγματικός δείκτης πόρων

e_{max} μέγιστη τιμή του δείκτη πόρων που αντιστοιχεί στην ελάχιστη συμβατική πυκνότητα

e_{min} ελάχιστη τιμή του δείκτη πόρων που αντιστοιχεί στην μέγιστη συμβατική πυκνότητα

Οι τιμές της μέγιστης και ελάχιστης πυκνότητας μιας άμμου εξαρτώνται από το σχήμα και την ποικιλία των μεγεθών της. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία μεγεθών των κόκκων



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



και όσο πιο σφαιρικοί είναι οι κόκκοι σε ένα αμμώδη εδαφικό σχηματισμό, τόσο η ελάχιστη και η μέγιστη πυκνότητα είναι μεγαλύτερες. Στον Πίνακα 2.1, δίνονται τυπικές τιμές e_{max} και e_{min} διαφόρων αμμωδών εδαφών και στον Πίνακα 2.2 δίνεται η κατάταξη των αμμωδών εδαφών με βάση την σχετική τους πυκνότητα.

Πίνακας 2.1: Τυπικές τιμές δεικτών πόρων για αμμώδη εδάφη

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	e_{max}	e_{min}
Καλά διαβαθμισμένη λεπτή έως χονδρόκοκη 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

Πίνακας 2.2: Κατάταξη αμμωδών εδαφών βάσει D_r

ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (%)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0 - 15	Πολύ χαλαρό
15 - 35	Χαλαρό
35 - 65	Μέσης πυκνότητας
65 - 85	Πυκνό
95 - 100	Πολύ πυκνό

Κοκκομετρική διαβάθμιση

Η απαντώμενη ποικιλία μεγθών των κόκκων στην φύση έχει μεγάλο εύρος. Απαντώνται κόκκοι μεγέθους αρκετών εκατοστών (χάλικες) έως και μικρότερου του ενός μμ (άργιλοι). Το μέγεθος των κόκκων ενός εδάφους εξετάζεται για την ονομασία του και την ταξινόμησή του. Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μία από τις πλέον βασικές μεθόδους κατάταξης.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση προσδιορίζεται με το διαχωρισμό των κόκκων με δύο διαδικασίες – κοσκίνισμα και ή με την ανάλυση με αραιόμετρο (μέσω της καθίζησης).



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Το όριο ανάμεσα στη χρησιμοποίηση αυτών των δύο μεθόδων βρίσκεται στους κόκκους που έχουν διάμετρο 0.075 mm (όριο άμμου - ιλύος). Έτσι αν έχουμε κόκκους με $d > 0.075\text{mm}$ χρησιμοποιούμε τη μέθοδο με τα κόσκινα, ενώ αν έχουμε $d < 0.075\text{mm}$ χρησιμοποιούμε την ανάλυση με αραιόμετρο. Αν ένα δείγμα περιέχει περισσότερο από 25% κόκκους με $d < 0.075\text{mm}$ τότε είναι απαραίτητη μια συνδυασμένη ανάλυση, τόσο με κόσκινα όσο και με αραιόμετρο.

Κοκκομετρική διαβάθμιση με κόσκινα

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κόσκινα που ακολουθούν την Αμερικανική Προδιαγραφή ASTM. Τα κόσκινα διαχωρίζουν κόκκους μεταξύ των 75mm και 60mm (χάλικες και άμμος). Κόκκοι μεγαλύτεροι από 75mm έχουν μέγεθος κροκάλας και συνήθως δεν συμπεριλαμβάνονται στις δοκιμές καθώς αφαιρούνται από το δείγμα πριν την δοκιμή και εκτιμάται η αναλογία τους. Για να εξασφαλιστεί ο διαχωρισμός των κόκκων προτιμάται το υγρό κοσκίνισμα, κατά το οποίο οι εδαφικοί κόκκοι ανακινούνται και πλένονται μέσω των κοσκίνων. Αν τα λεπτόκοκκα του εδάφους είναι συνεκτικά θα πρέπει να προστεθεί στο νερό ένα διαλυτικό. Είναι απαραίτητο να ξεκινήσει το κοσκίνισμα και η καθίζηση με μία γνωστή ποσότητα ξηρού εδάφους. Τότε, μετά το υγρό κοσκίνισμα είναι απαραίτητη η ξήρανση σε φούρνο σε αρκετά στάδια. Γενικά τα κόσκινα δεν πρέπει να υπερφορτώνονται. Κάθε κόσκινο μπορεί να αντέξει περιορισμένο βάρος και επομένως πρέπει να λαμβάνονται μικρότερα αλλά αντιπροσωπευτικά δείγματα.

Κοκκομετρική διαβάθμιση με αραιόμετρο

Η διαδικασία αυτής της δοκιμής βασίζεται στον νόμο του Stokes, ο οποίος περιγράφει ότι ένας λείος σφαιρικός κόκκος ο οποίος αιωρείται σε ένα υγρό (νερό και διάλυμα διαλυτικού), καθιζάνει υπό την επίδραση της βαρύτητας με μία ταχύτητα η οποία δίνεται από την σχέση:

$$v = \frac{d^2}{18\eta} (\rho_s - \rho_f)g$$

Όπου:

- d = η διάμετρος του κόκκου
- ρ_s = η πυκνότητα των κόκκων
- g = η σταθερά βαρύτητας, 9.81m/sec^2
- η = το ιξώδες (εσωτερική τριβή) του υγρού



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Είναι βασικό πριν την δοκιμή να διεξάγεται μία διαδικασία προετοιμασίας κατά την οποία αφαιρούνται ακόμη και οι μικρότερες ποσότητες οργανικού υλικού με υπεροξείδιο του υδρογόνου και στην συνέχεια με διασπορά η οποία επιτυγχάνεται ε πολύωρη ανακίνηση σε ένα διαλυτικό. Η μέθοδος του αραιόμετρου βασίζεται στην μέτρηση του υγρού και του εδαφικού αιωρήματος, που μειώνεται με τον χρόνο καθώς οι κόκκοι καθιζάνουν γύρω από το αραιόμετρο.

Παρατηρήσεις σχετικά με την διαβάθμιση

- Η κατανομή του μεγέθους των κόκκων ενός εδαφικού υλικού, όπως προκύπτει από την κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα και το αραιόμετρο, παρουσιάζεται συνήθως σε ένα διάγραμμα αθροιστικής συχνότητας εμφάνισης ως προς το μέγεθος του κόκκου (σε λογαριθμική κλίμακα).
- Από τα παραπάνω διαγράμματα προσδιορίζονται ποσοτικά μεγέθη, όπως το εύρος των διαμέτρων των κόκκων ενός εδαφικού υλικού και το ποσοστό (κατά βάρος) του υλικού που είναι μικρότερο από κάποια συγκεκριμένη διάμετρο.
- Από τα εν λόγω διαγράμματα υπολογίζονται οι διάμετροι D_{10} και D_{60} οι οποίες εκφράζουν το μέγεθος του κόκκου από τον οποίο αντίστοιχα το 10% η το 60% του υλικού έχει μικρότερο μέγεθος. Με αυτές τις τιμές υπολογίζεται ο συντελεστής ομοιομορφίας
- Προκύπτει έτσι ο συντελεστής ανομοιομορφίας ο οποίος ορίζεται ως εξής:

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

- Από τον συντελεστή C_u μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού. Οπότε προκύπτουν τα εξής:
Για $C_u = 1$ προκύπτει υλικό με ομοιόμορφους κόκκους και είναι *ομοιόμορφα διαβαθμισμένο*.
Για $C_u > 5$ προκύπτει υλικό με μεγάλη ποικιλία μεγεθών κόκκων και είναι *καλά διαβαθμισμένο*.
Για $C_u < 5$ προκύπτει υλικό χωρίς μεγάλη ποικιλία μεγεθών κόκκων και είναι *κακά διαβαθμισμένο*.



2.2 ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΛΑΦΗ

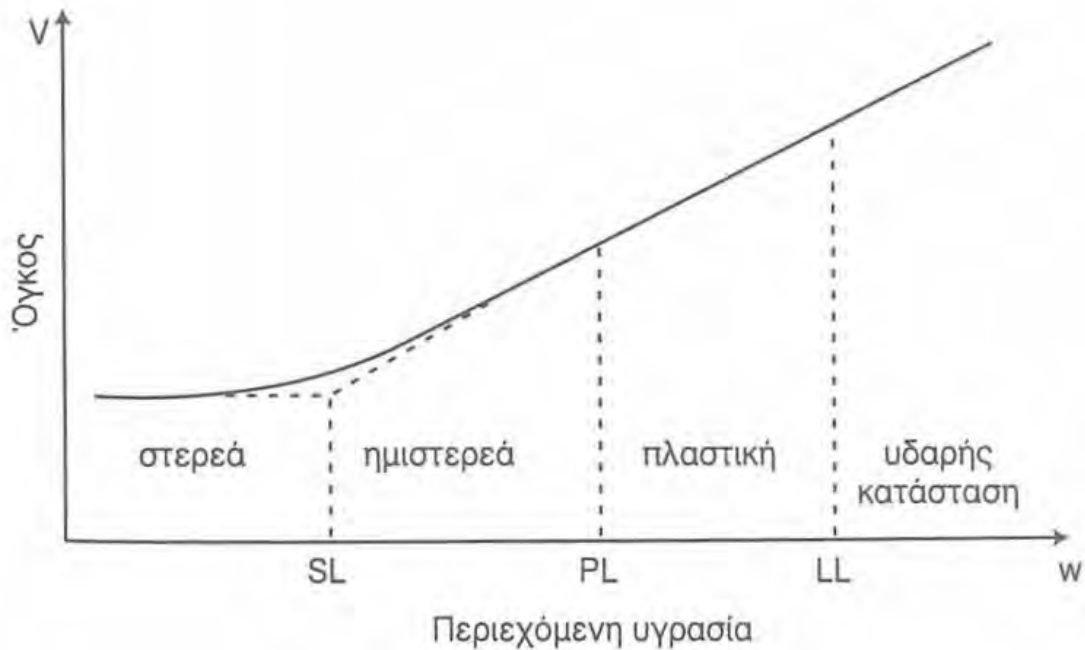
Στα συνεκτικά εδάφη, τα φυσικά χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν παραπάνω είναι δύσκολο να προσδιοριστούν εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους των κόκκων τους και δεν έχουν άμεσο συσχετισμό με τις μηχανικές ιδιότητές τους. Στα συνεκτικά εδάφη οι κύριες φυσικές παράμετροι που εξετάζονται είναι η *φυσική υγρασία* και τα *όρια Atterberg* και κατ' επέκταση των *δεικτών πλαστικότητας, υδαρότητας και συνεκτικότητας*.

Φυσική υγρασία

Η μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας ενός συνεκτικού εδάφους (φυσική υγρασία) αποτελεί μία πολύ σημαντική δοκιμή από την οποία προκύπτει η αναγνώριση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται ένα συνεκτικό έδαφος. Όταν η περιεχόμενη υγρασία είναι πολύ χαμηλή, το έδαφος συμπεριφέρεται σαν στερεό ενώ όταν η περιεχόμενη υγρασία είναι πολύ υψηλή τότε συμπεριφέρεται ως υγρό. Επομένως, ανάλογα με την περιεχόμενη υγρασία το έδαφος μπορεί να μεταπίπτει στις ακόλουθες τέσσερις (4) καταστάσεις (Εικόνα 2.1):

- **Στερεά** Στην κατάσταση αυτή το έδαφος παρουσιάζει μεγάλο δείκτη δυσκαμψίας (δηλαδή μικρές παραμορφώσεις) και η θραύση του είναι απότομη και ψαθυρή.
- **Ημιστερεά** Στην κατάσταση αυτή το έδαφος βρίσκεται σε μία μεταβατική κατάσταση μεταξύ της προηγούμενης και της επόμενης κατηγορίας με ενδιάμεσα χαρακτηριστικά.
- **Πλαστική** Στην κατάσταση αυτή το έδαφος υφίσταται σημαντικές πλαστικές (μη αντιστρεπτές) παραμορφώσεις χωρίς ρωγματώσεις και θραύση, Με την αύξηση του ποσοστού της περιεχόμενης υγρασίας ο δείκτης δυσκαμψίας μειώνεται.
- **Υδαρής** Στην κατάσταση αυτή το έδαφος δεν μπορεί να αναλάβει διατμητικές τάσεις χωρίς συνεχιζόμενη παραμόρφωση. Με την αύξηση του ποσοστού της περιεχόμενης υγρασίας σε αυτή την φάση το έδαφος γρήγορα παρουσιάζει πραγματική ροή.

Ο προσδιορισμός της φυσικής υγρασίας γίνεται στο εργαστήριο με ξήρανση του εδαφικού υλικού στους 105°C μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του, όπου θεωρείται ότι εξατμίζεται κάθε είδους νερού, πλην του χημικώς συνδεδεμένου.



Εικόνα 2.1: Μεταβολή του όγκου και της περιεχόμενης υγρασίας
Όρια συνεκτικότητας

Όρια Atterberg

Τα όρια των παραπάνω καταστάσεων (Εικόνα 2.1), ως προς την περιεχόμενη υγρασία, ονομάζονται όρια Atterberg και συγκεκριμένα είναι τα εξής:

- **Όριο συρρίκνωσης SL**

Όριο συρρίκνωσης ορίζεται η περιεκτικότητα σε νερό, κάτω από την οποία δεν επέρχεται μεταβολή του όγκου του εδάφους.

- **Όριο πλαστικότητας PL**

Το όριο πλαστικότητας είναι το κατώτερο όρια της πλαστικής κατάστασης.

- **Όριο υδαρότητας LL**

Το όριο υδαρότητας είναι το όριο μεταξύ της πλαστικής και της υδαρούς κατάστασης.

Δείκτες πλαστικότητας, υδαρότητας και συνεκτικότητας

Ο δείκτης πλαστικότητας PI προκύπτει από την διαφορά μεταξύ του ορίου υδαρότητας LL και του ορίου πλαστικότητας PL :

$$PI = LL - PL$$

Με βάση τον δείκτη PI , η πλαστικότητα ταξινομείται όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Ταξινόμηση συνεκτικών εδαφών βάσει του δείκτη PI

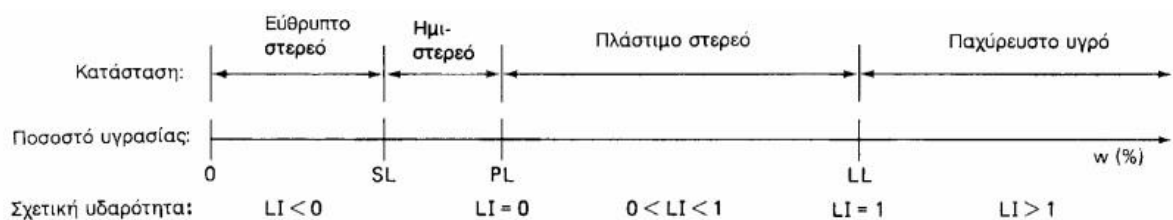
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ PI	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Μη πλαστικό (Non plastic NP)
1 - 5	Ελαφρώς πλαστικό
5 - 10	Χαμηλής πλαστικότητας
10 - 20	Μέσης πλαστικότητας
20 - 40	Υψηλής πλαστικότητας
>40	Πολύ υψηλής πλαστικότητας

Ο δείκτης PI είναι ένα μέτρο της συνοχής του εδάφους και δείχνει το βαθμό της επιφανειακής χημικής δραστηριότητας και των συνδετικών ιδιοτήτων της λεπτής αργίλου και του κολλοειδούς κλάσματος του εδάφους. Αποτελεί ένα πολύ βασικό στοιχείο, προκειμένου να αξιολογηθεί η καταλληλότητα ενός εδαφικού υλικού. Ο δείκτης πλαστικότητας σε συνδυασμό με την μηχανική ανάλυση, αποτελούν την βάση διάφορων συστημάτων κατάταξης.

Ο δείκτης υδαρότητας LI εκφράζει τη σχέση του πραγματικού ποσοστού υγρασίας (w) ως προς το όριο υδαρότητας LL και προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$LI = \frac{w - PL}{LL - PL}$$

Είναι δεδομένο ότι όσο η περιεκτικότητα σε νερό (w) πλησιάζει το όριο υδαρότητας το έδαφος κινδυνεύει να μεταπέσει στην υδαρή κατάσταση (Εικόνα 2.2). Με τον δείκτη LI εκφράζεται η εγγύτητα του κινδύνου αυτού.

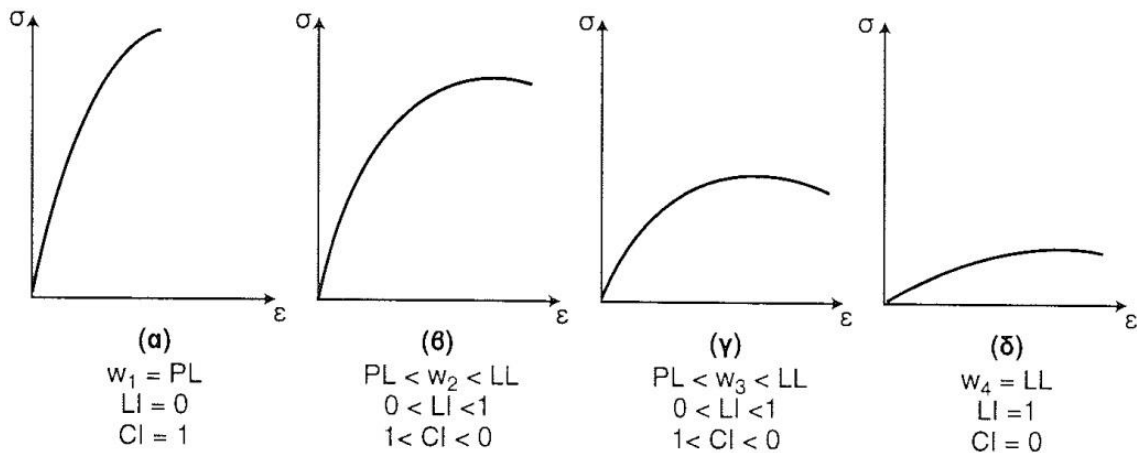


Εικόνα 2.2: Μεταβολή της συνεκτικότητας των αργίλων με το ποσοστό υγρασίας και το εύρος του δείκτη LI

Ο δείκτης συνεκτικότητας CI προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

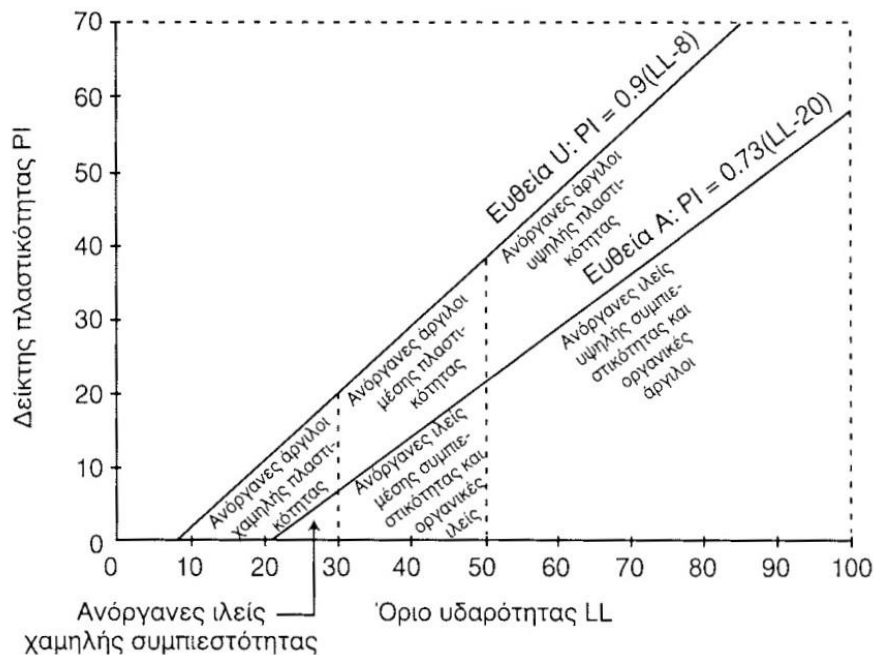
$$CI = \frac{LL - w}{LL - PL}$$

Οι δείκτες LI και CI δείχνουν τη μηχανική συμπεριφορά των συνεκτικών εδαφών η οποία μεταβάλλεται με την μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Διαγράμματα τάσεων – παραμορφώσεων συνεκτικών εδαφών για διάφορες τιμές της περιεκτικότητας σε νερό: $w_1 < w_2 < w_3 < w_4$

Ένα ακόμα σημαντικό εργαλείο για τον διαχωρισμό και ταξινόμηση των εδαφών είναι το διάγραμμα πλαστικότητας του Casagrande. Την σχέση μεταξύ του δείκτη πλαστικότητας και του ορίου υδαρότητας την ερεύνησε ο Casagrande (1932), για μία μεγάλη ποικιλία εδαφών και με αυτόν τον τρόπο προκύπτει το διάγραμμα όπου ο άξονας των τετημεμένων παριστάνει το όριο υδαρότητας LL και ο άξονας των τεταγμένων παριστάνει το δείκτη πλαστικότητας, PI και παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα 2.4



Εικόνα 2.4: Διάγραμμα πλαστικότητας κατά Casagrande (1932)

2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

Στην φύση, όπως είναι λογικό, υπάρχει μεγάλη ποικιλία εδαφών και επομένως δεν είναι δυνατό να αναπτυχθούν θεωρίες και μέθοδοι που να εφαρμόζονται σε όλα τα εδάφη. Επομένως ο διαχωρισμός των εδαφών σε κατηγορίες με παρόμοια συμπεριφορά υπήρξε επιτακτική ανάγκη.

Οι βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί ένα σύστημα ταξινόμησης είναι οι εξής (McCarthy, 1977):

- Μικρό αριθμό κατηγοριών με σαφή και απλή περιγραφή
- Παρόμοια μηχανική συμπεριφορά εδαφών στην ίδια κατηγορία
- Εύκολος προσδιορισμός των κριτηρίων διαχωρισμού

Κατά καιρούς έχουν προταθεί πολλά συστήματα ταξινόμησης τα οποία χρησιμοποιούν απλές εργαστηριακές δοκιμές για την εύρεση των απαιτούμενων χαρακτηριστικών για να ταξινομηθεί ένα έδαφος σε μία συγκεκριμένη ομάδα. Τα πιο συνήθη χαρακτηριστικά που εξετάζονται είναι η κοκκομετρική διαβάθμιση και η πλαστικότητα.

Η ταξινόμηση των εδαφών ακολουθεί δύο (2) άξονες:

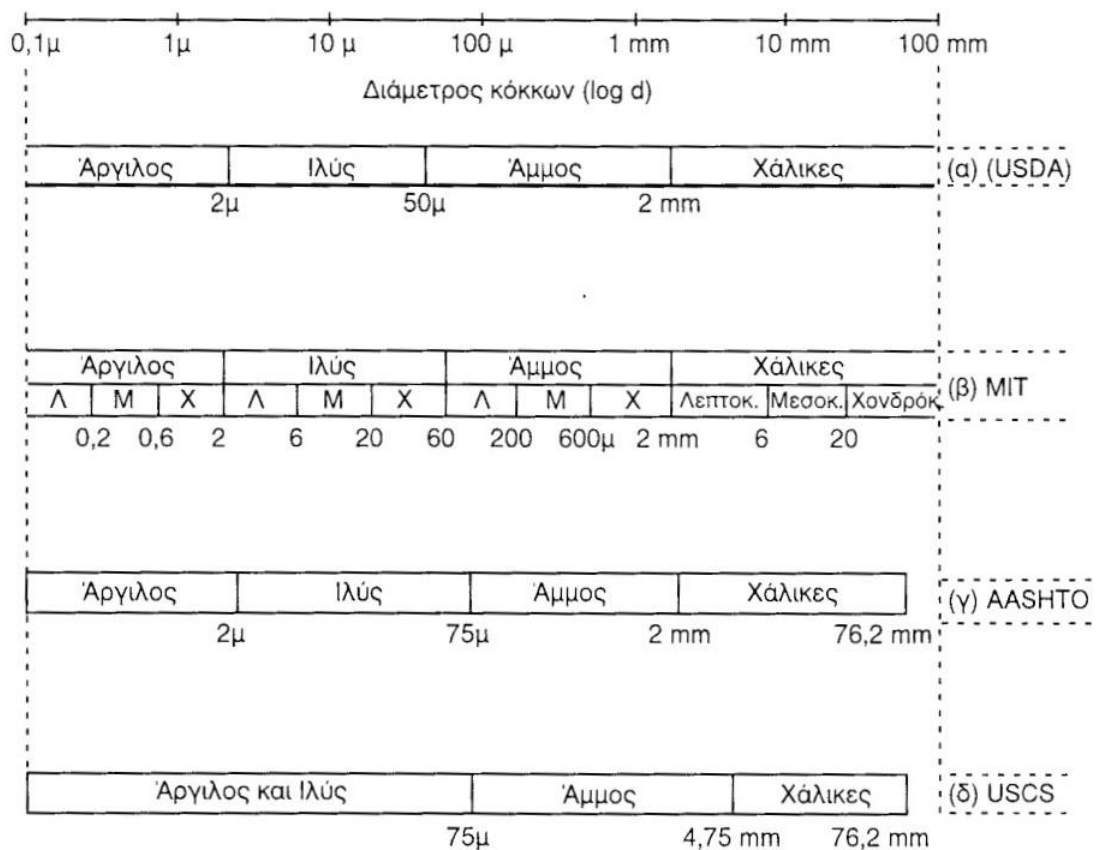
- Ταξινόμηση με βάση το μέγεθος των κόκκων
- Ταξινόμηση με βάση την μηχανική συμπεριφορά

Ταξινόμηση με βάση το μέγεθος των κόκκων

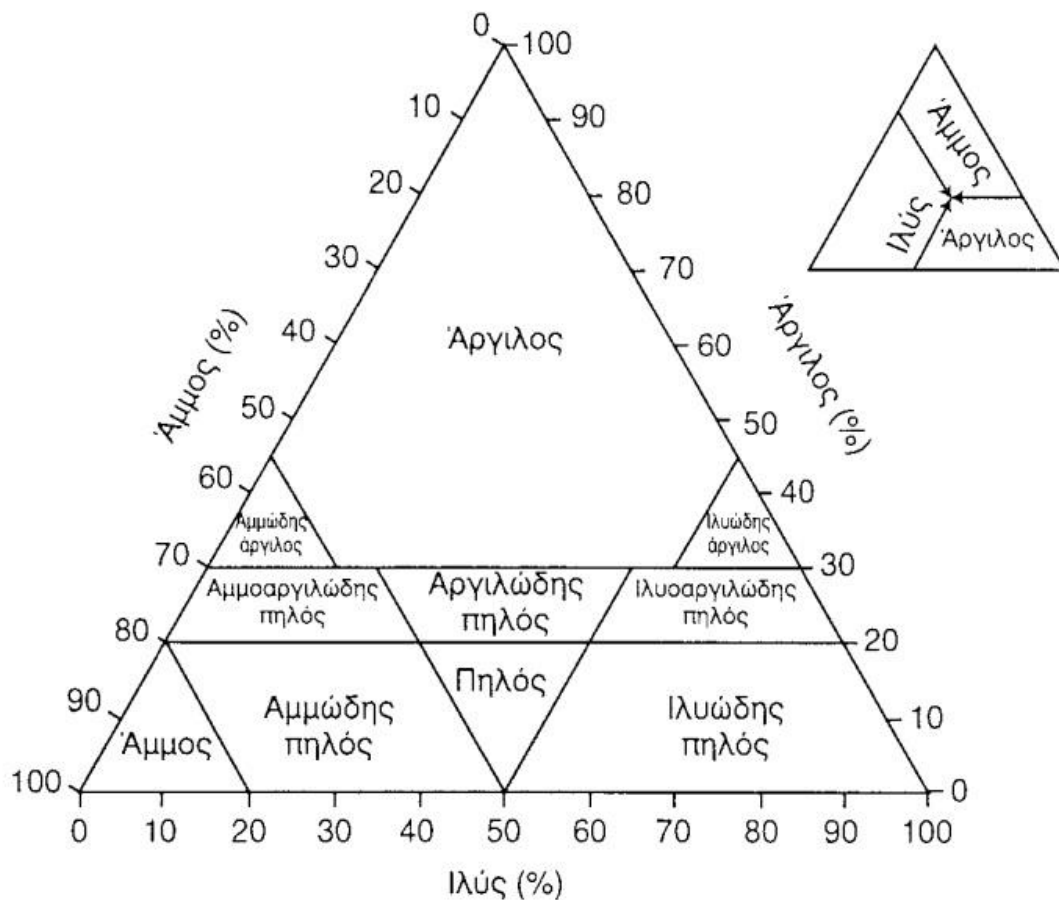
Τα εδάφη διακρίνονται σε τέσσερις (4) κατηγορίες με βάση το μέγεθος των κόκκων που κυριαρχεί (κατά αύξουσα σειρά μεγέθους):

- Άργιλος
- Ιλύς
- Άμμος
- Χάλικες

Τα όρια μεταξύ των κατηγοριών, σε κάθε ένα σύστημα που έχει αναπτυχθεί έχουν μικρές διαφορές και γενικά κυμαίνονται στις ίδιες τάξεις μεγέθους. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα φυσικά εδάφη αποτελούν ένα μείγμα από κόκκους που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες και τελικά το έδαφος θα πάρει το όνομα του βασικού συστατικού στοιχείου ενώ οι υπόλοιπες ομάδες προστίθενται ως προσδιορισμοί στην ονομασία του εδάφους. Στην Εικόνα 2.5 παρουσιάζονται τέσσερα συστήματα κατάταξης εδαφών με βάση την κοκκομετρική τους διαβάθμιση και στην Εικόνα 2.6 το τριγωνικό διάγραμμα της ταξινόμησης κατά P.R.A.



Εικόνα 2.5: Συστήματα μεγεθών εδαφικών κόκκων από διάφορους οργανισμούς



Εικόνα 2.6: Σύστημα ταξινόμησης εδαφών κατά P.R.A

Ταξινόμηση με βάση την μηχανική συμπεριφορά

Η ανάγκη για επαρκή πληροφορία για την μηχανική συμπεριφορά των εδαφών, ειδικά όταν εμπεριέχουν άργιλο, οδήγησε στην ανάπτυξη συστημάτων κατάταξης τα οποία βασίζονται στην κοκκομετρική διαβάθμιση αλλά και στα όρια Atterberg. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα αυτής της κατηγορίας είναι το σύστημα ταξινόμησης *AASHTO*, *BSCS* και το *AUSCS*.

Το σύστημα ταξινόμησης AASHTO αποτελεί εξέλιξη του συστήματος PRA (βλ Εικόνα 2.6) και σχεδιάστηκε κατά κύριο λόγο για τον έλεγχο καταλληλότητας των διάφορων τύπων εδαφών ως υλικών υποδομής οδών σε έργα οδοποιίας. Βάσει αυτού του συστήματος τα εδάφη διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Κοκκώδη υλικά
- Ιλυώδη – αργιλικά υλικά



Ολυμπία Χαματζόγλου

Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του Νομού Ξάνθης



και σε επτά ομάδες από A-1 έως A-7 με φθίνουσα σειρά καταλληλότητας ως υλικά υποδομής. Τα καλύτερα υλικά υποδομής είναι αυτά που κατατάσσονται στην ομάδα A-1 (καλά διαβαθμισμένο έδαφος με άμμο και χάλικες) και τα πλέον ακατάλληλα αυτά που κατατάσσονται στις ομάδες A-6 ή A-7 (αργιλικά εδάφη με υψηλές τιμές του ορίου LL και του δείκτη PI). Στην παρακάτω Εικόνα 2.7 παρουσιάζεται η κατάταξη AASHTO.

Γενική κατάταξη	Κοκκώδη υλικά (35% ή λιγότερο διερχόμενα από το κόσκινο No. 200)						Ιλοαργιλώδη υλικά (περισσότερο του 35% διερχόμενα από το κόσκινο No. 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Ομάδες	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Κοκκομετρική ανάλυση. % ποσοστό διερχόμενο από: Κόσκινο No. 10 Κόσκινο No. 40 Κόσκινο No. 200	50 max 30 max 15 max	- 50 max 25 max	- 51 min 10 max	- 35 max	- 35 max	- 35 max	- 35 max	- 36 min	- 36 min	- 36 min	- 36 min
Χαρακτηριστικά κλάσματος εδάφους διερχόμενο από το κόσκινο No 40. -Όριο υδαρότητας LL. -Δείκτης πλαστικότητας PI	- 6 max	- NP	- NP	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Δείκτης ομάδας GI	0		0	0			4 max	8 max	12 max	16 max	20 max
Συνηθισμένοι τύποι υλικών	Λιθούντριμμα. Χαλίκια και άμμος		Λεπτή άμμος	Ιλυώδη ή αργιλώδη χαλίκια και άμμοι				Ιλυώδη εδάφη		Αργιλώδη εδάφη	
Καταλληλότητα σαν υπόβαση	Εξαιρετική έως καλή						Μέτρια έως καλή				

^a Για A-7-5, PI ≤ LL - 30

^b Για A-7-6, PI > LL - 30

Εικόνα 2.7: Σύστημα ταξινόμησης AASHTO

Το Βρετανικό Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών το οποίο αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο αλλά χρησιμοποιείται ευρέως στην Ευρωπαϊκή Ένωση και χρησιμοποιεί την διαδικασία που περιγράφεται στο BS 5930:1981 και όπως προτάθηκε από τους Norbury et al. (1986). Με βάση αυτό το σύστημα τα εδάφη κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Πολύ χονδρόκοκκα εδάφη – κόκκοι μεγαλύτεροι από 60mm
- Χονδρόκοκκα εδάφη – περισσότερο από το 65% είναι άμμος ή / και χάλικες
- Λεπτόκοκκα εδάφη – περισσότερο από το 35% είναι άργιλος ή / και ιλύς
- Οργανικά εδάφη – αποτελούνται είτε από τύρφη είτε από λεπτόκοκκα, χονδρόκοκκα ή πολύ χονδρόκοκκα εδάφη με οργανική σύσταση

Το Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης εδαφών (AUSCS) αρχικά σχεδιάστηκε από τον Casagrande (1942) για την κατασκευή αεροδρομίων στην Αμερική. Είναι το πλέον πιο διαδεδομένο σύστημα ταξινόμησης και σύμφωνα με αυτό, τα εδάφη διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Χονδρόκοκκα εδάφη

Πτυχιακή Εργασία



- Λεπτόκοκκα εδάφη
- Οργανικά εδάφη

Στην Εικόνα 2.8 παρουσιάζεται πινακοποιημένο το Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης με τους συμβολισμούς και την περιγραφή των εδαφών.

ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ εδάφη: < 50% διέρχεται από το No. 200	ΧΑΛΙΚΕΣ: < 50% του χονδροκόκκου κλάσματος διέρχεται από το No. 4	ΚΑΘΑΡΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: < 5% διέρχεται από το No. 200	ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u > 4$	GW
		ΧΑΛΙΚΕΣ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το No. 200	ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u < 4$	GP
			ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: κάτω από τη γραμμή A, ή $I_p < 4$	GM
	ΑΜΜΟΙ: > 50% του χονδροκόκκου κλάσματος διέρχεται από το No. 4	ΚΑΘΑΡΕΣ ΑΜΜΟΙ: < 5% διέρχεται από το No. 200	ΑΡΓΙΛΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: πάνω από τη γραμμή A, ή $I_p > 7$	GC
			ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΑΜΜΟΙ: $C_u > 6$	SW
		ΑΜΜΟΙ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το No. 200	ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΑΜΜΟΙ: $C_u < 6$	SP
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ εδάφη: > 50% διέρχεται από το No. 200	εδάφη ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L < 50\%$	ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΑΜΜΟΙ: κάτω από τη γραμμή A, ή $I_p < 5$	SM	
		ΑΡΓΙΛΩΔΕΙΣ ΑΜΜΟΙ: πάνω από τη γραμμή A, ή $I_p > 7$	SC	
		ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: πάνω από τη γραμμή A	CL	
	εδάφη ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L > 50\%$	ΙΛΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω από τη γραμμή A	ML	
		ΙΛΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω από τη γραμμή A	MH	
		ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ	OL	
Κυρίως ΟΡΓΑΝΙΚΑ υλικά	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ	OH		
		Pt		

Εικόνα 2.8: Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών (USCS)

Από την Ενιαία ταξινόμηση Εδαφών έχουν προκύψει αξιολογικοί χαρακτηρισμοί των βασικών μηχανικών ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς των διάφορων ομάδων εδαφών, όπως η διαπερατότητα, η διατμητική αντοχή, η συμπίεστότητα κλπ.

Επιπροσθέτως, έχουν γίνει χαρακτηρισμοί για την καταλληλότητα του εδάφους των ομάδων για την χρησιμοποίηση των εδαφών ως υλικό θεμελίωσης και ως υλικό κατασκευής επιφανειακών στρώσεων οδών.

Παρακάτω παρατίθενται βασικά χαρακτηριστικά και περιγραφή κάθε είδους από τα ανωτέρω:

Χαλικώδη εδάφη:

Έχουν μεγάλη αντοχή στην διάτμηση και επηρεάζονται λίγο από τις διακυμάνσεις της περιεχόμενης υγρασίας. Διακρίνονται σε:

- **Χάλικες καλής διαβαθμίσεως (GW):** Πρόκειται για χάλικες καλής διαβαθμίσεως, η μίγμα χάλικων και άμμου, με ή χωρίς ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού. Τα υλικά αυτά έχουν ευστάθεια, είναι διαπερατά και έχουν σχετικά μεγάλη εσωτερική τριβή.
- **Χάλικες κακής διαβαθμίσεως (GP):** Πρόκειται για χάλικες κακής διαβαθμίσεως, ή μίγμα από χάλικων και άμμου κακής διαβαθμίσεως, με ή χωρίς ποσοστό λεπτόκοκκου



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



υλικού. Είναι σχετικά ευσταθή, δεν έχουν συνήθως την μεγάλη αντοχή και εσωτερική τριβή των GW.

- **Ιλυώδεις Χάλικες (GM):** Πρόκειται για ιλυώδεις χάλικες και τα μίγματα χαλίκων – άμμου – ιλύος με κακή διαβάθμιση. Επειδή υπάρχει σχετικά μεγάλο ποσοστό ιλύος η ομάδα αυτή παρουσιάζει πάντοτε κακή διαβάθμιση. Έχει επίσης μεγάλη αντοχή στη διάτμηση.
- **Χαλίκια αργιλώδη (GC):** Πρόκειται για αργιλώδεις χάλικες και τα μίγματα χαλίκων – άμμου – ιλύος – αργίλου. Τα υλικά αυτά έχουν μέτρια ως μεγάλη αντοχή στην διάτμηση η οποία εξαρτάται από το ποσοστό της περιεχόμενης αργίλου.

Αμμώδη εδάφη:

- **Άμμος καλής διαβαθμίσεως (SW):** Πρόκειται για άμμο καλής διαβαθμίσεως ή αμμοχάλικα με λίγα λεπτόκοκκα.
- **Άμμος κακής διαβαθμίσεως (SP):** Πρόκειται για άμμο κακής διαβαθμίσεως ή μίγμα άμμου – χαλίκων – κακής διαβαθμίσεως με ή χωρίς λεπτόκοκκο υλικό. Παρουσιάζει μικρότερη αντοχή από SW.
- **Άμμος ιλυώδης (SM):** Πρόκειται για ιλυώδεις άμμους και κακής διαβαθμίσεως μίγματα άμμου και ιλύος. Έχουν μικρότερη αντοχή, στην διάτμηση από τα GM.
- **Άμμος αργιλώδης (SC):** Πρόκειται για αργιλώδεις άμμους και τα μίγματα άμμου – ιλύος – αργίλου. Μπορεί να αποτελείται από μίγμα καλής διαβαθμίσεως με αρκετό ποσοστό αργίλου σαν συνδετική ύλη με καλή αντοχή στην διάτμηση. Επίσης μπορεί να αποτελείται από μίγμα κακής διαβαθμίσεως με πλεόνασμα αργίλου με μέτρια αντοχή στην διάτμηση.

Ιλυοαργιλώδη εδάφη:

- **Ιλυώδη εδάφη (ML και MH):** Πρόκειται για ιλυώδη εδάφη που έχουν όριο υδαρότητας LL μικρότερο του 50 κατατάσσονται στην ομάδα (ML) με χαμηλή συμπίεστότητα και για ιλυώδη εδάφη που έχουν όριο υδαρότητας LL μεγαλύτερο του 50 κατατάσσονται στην ομάδα (MH) παρουσιάζοντας μεγάλη συμπίεστότητα. Τα (ML) στερούνται γενικά πλαστικότητας και συνεκτικότητας και έχουν μικρή αντοχή σε ξηρή κατάσταση. Τα (MH) έχουν συνήθως ελαφρές πλαστικές και συνεκτικές ιδιότητες και μικρή αντοχή σε ξηρή κατάσταση.
- **Αργιλώδη Εδάφη (CL και CH):** Τα εδάφη αυτά είναι κυρίως ανόργανες άργιλοι. Και εδώ τα εδάφη που έχουν όριο υδαρότητας LL μικρότερο του 50 κατατάσσονται



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



στην ομάδα (CL) με χαμηλή συμπίεστότητα, ενώ τα εδάφη που έχουν όριο υδαρότητας LL μεγαλύτερο του 50 κατατάσσονται στην ομάδα (CH) παρουσιάζοντας μεγάλη συμπίεστότητα. Η ομάδα αργίλου (CL) έχει μέτρια ως μικρή πλαστικότητα, μικρή συνεκτικότητα και μικρή ως μέτρια αντοχή σε ξηρή κατάσταση.

- **Εδάφη ιλώδη ή αργιλώδη με οργανικό υλικό (OL και OH):** Σα εδάφη αυτά έχει έντονη παρουσία η οργανική ύλη. Τα (OL) έχουν ελαφριά πλαστικότητα και συνεκτικότητα και πολύ μικρή αντοχή σε ξηρή κατάσταση. Τα (OH) έχουν υψηλή πλαστικότητα και συνεκτικότητα με μέτρια ως υψηλή αντοχή σε ξηρή κατάσταση.

Οργανικά ινώδη εδάφη:

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται τα ινώδη, πολύ οργανικά και άλλα ελώδη εδάφη. Όλα μαζί ταξινομούνται με την ονομασία "Peat" και συμβολίζονται με (PT). Έχουν μικρή αντοχή σε ξηρή κατάσταση και χαρακτηριστικό μαύρο χρώμα. Το όριο υδαρότητας τους LL είναι τόσο ψηλό που κυμαίνεται μεταξύ 100 και 300.



3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ – ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η μηχανική συμπεριφορά ενός εδαφικού σχηματισμού αντιπροσωπεύει την αντίδραση αυτού στην επιβολή εξωτερικών τάσεων οι οποίες είναι είτε ορθές είτε ακόμα και διατμητικές. Για τα εδάφη ως ασυνεχή μέσα, οι συνήθεις ορθές τάσεις είναι οι θλιπτικές γιατί δεν μπορούν να αναλάβουν εφελκυστικές ορθές τάσεις.

Τα κύρια μηχανικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη μηχανική συμπεριφορά ενός εδάφους είναι η *διατμητική αντοχή* του και η *παραμόρφωση* που υφίσταται. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθορίζουν την αντοχή του σχηματισμού έναντι αστοχίας λόγω εξωτερικών επιβαλλόμενων φορτίων (πχ γεωστατικών τάσεων, φορτία από τεχνικά έργα κλπ) και το μέγεθος των επιτρεπόμενων καθιζήσεων που αυτό μπορεί να δεχτεί.

3.2 ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ ΤΑΣΗ

Η κατακόρυφη γεωστατική τάση αντιπροσωπεύει την τάση που εφαρμόζεται σε ένα εδαφικό στοιχείο που βρίσκεται σε συγκεκριμένο βάθος (h) μέσα στο έδαφος. Η τάση αυτή οφείλεται στην επίδραση του ίδιου του βάρους της στήλης του εδάφους η οποία υπέρκειται του συγκεκριμένου εδαφικού στοιχείου.

Γενικά η κατακόρυφη γεωστατική τάση περιγράφεται με την παρακάτω σχέση:

$$\sigma_v = \rho \cdot g \cdot h$$

Όπου :

ρ = η πυκνότητα του εδάφους και

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας

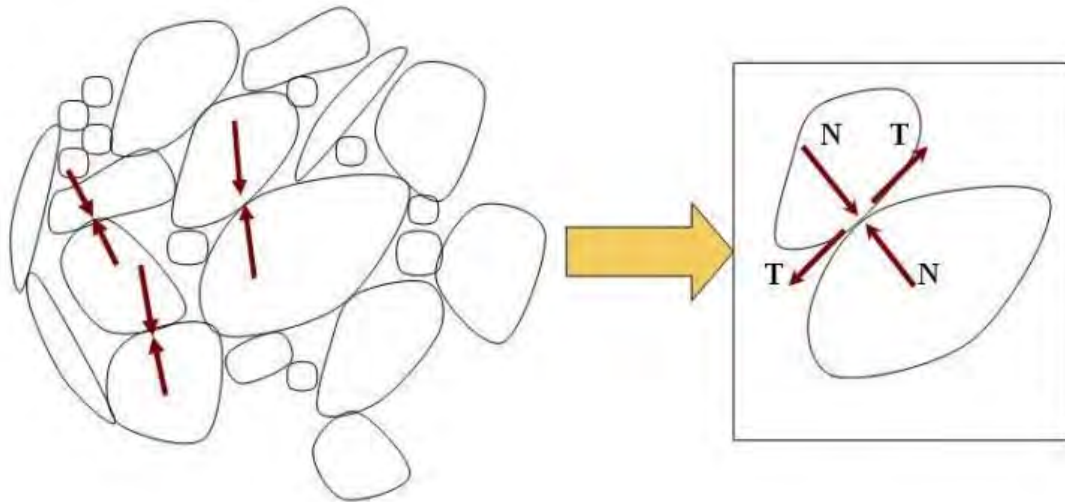
Η παραπάνω σχέση εκφράζεται και ως ακολούθως:

$$\sigma_v = \gamma \cdot h$$

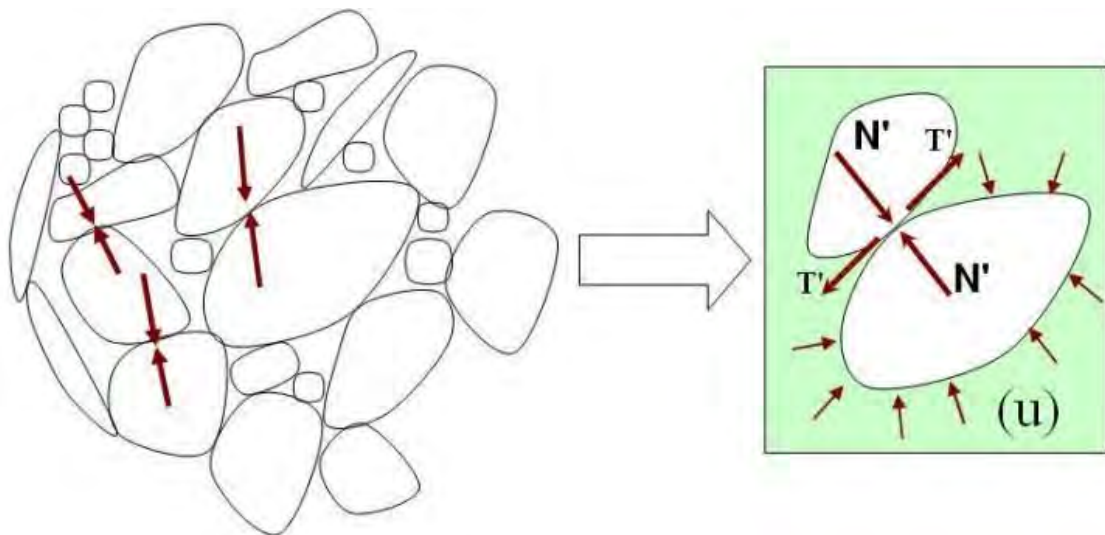
Όπου :

γ = το φαινόμενο βάρος του εδάφους

Αναλόγως των υπεδαφικών συνθηκών, εάν δηλαδή έχουμε ξηρές συνθήκες ή αστράγγιστες (κορεσμένο έδαφος), η μετάδοση της τάσης διαφέρει. Στις ξηρές συνθήκες η μετάδοση της ολικής τάσης γίνεται αποκλειστικά μέσω των σημείων επαφής των κόκκων του εδάφους (Εικόνα 3.1) ενώ στην περίπτωση του κορεσμένου εδάφους με νερό η μετάδοση της ολικής τάσης γίνεται και μέσω της επαφής των κόκκων (σ_v') αλλά και μέσω του νερού των πόρων (u) (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.1: Σχηματική απεικόνιση μετάδοσης των τάσεων σε ακόρεστο έδαφος



Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση μετάδοσης των τάσεων σε κορεσμένο έδαφος

Σε κορεσμένα και ακόρεστα εδάφη η μετάδοση όλων των τάσεων γίνεται μόνο μέσω των εδαφικών κόκκων καθώς το νερό ως ρευστό δεν μπορεί να αναλάβει και να μεταδώσει διατμητικές τάσεις. Η πίεση των πόρων (u) επιδρά κάθετα στις επιφάνειες των κόκκων και προκαλεί μόνο υδροστατική συμπίεση των κόκκων που πρακτικά είναι μηδενική. Επομένως λαμβάνεται υπόψη μόνο η ενεργή τάση και κάθε μεταβολή μιας μηχανικής παραμέτρου συνεπάγεται μεταβολή των ενεργών τάσεων και αντίστροφα.

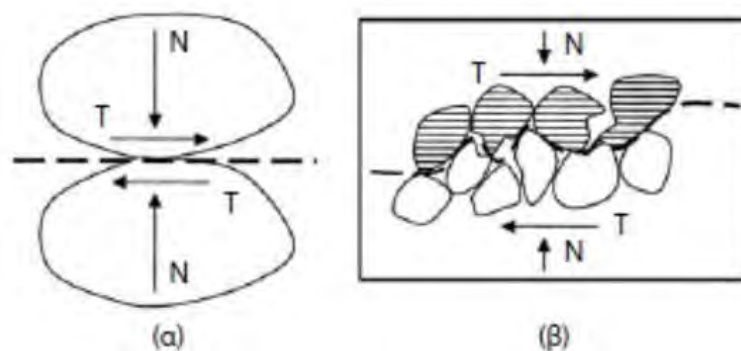
3.3 ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Διατμητική αντοχή μίας μάζας εδάφους είναι η εσωτερική αντίσταση στην θραύση και την συνακόλουθη ολίσθηση κατά μήκος τυχαίου εσωτερικού επιπέδου. Η διατμητική αντοχή ενός εδαφικού σχηματισμού αποτελεί την βάση για την επίλυση γεωτεχνικών προβλημάτων όπως η φέρουσα ικανότητα του εδάφους, η ευστάθεια πρανών και οι πλευρικές ωθήσεις γαιών.

Η διατμητική αντοχή του εδάφους περιγράφεται και υπολογίζεται με βάση δύο κύριες παραμέτρους την *συνοχή* (cohesion) και την *γωνία εσωτερικής τριβής* (friction angle).

Γωνία εσωτερικής τριβής

Η γωνία εσωτερικής τριβής αντιπροσωπεύει κυρίως την τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ των κόκκων του εδάφους. Αυτή η τριβή αναπτύσσεται μετά από την επιβολή φορτίων και την ανάπτυξη ορθών και διατμητικών τάσεων. Αποτέλεσμα των τάσεων αυτών είναι οι ολισθήσεις και οι μετακινήσεις των κόκκων. Στην Εικόνα 3.3 φαίνεται ενδεικτικά η επαφή μεταξύ των κόκκων ενός εδάφους (πχ μία άμμος) και οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτούς (T: διατμητική αντοχή, N: ορθή δύναμη).



Εικόνα 3.3: Σχηματική απεικόνιση δυνάμεων μεταξύ των κόκκων
α) μεταξύ 2 κόκκων σε επαφή και β) κατά μήκος του επίπεδου θραύσης

Η σχέση μεταξύ της ορθής δύναμης (N) και της διατμητικής αντοχής (T) προκύπτει από τον θεμελιώδη νόμο της τριβής και είναι η εξής:

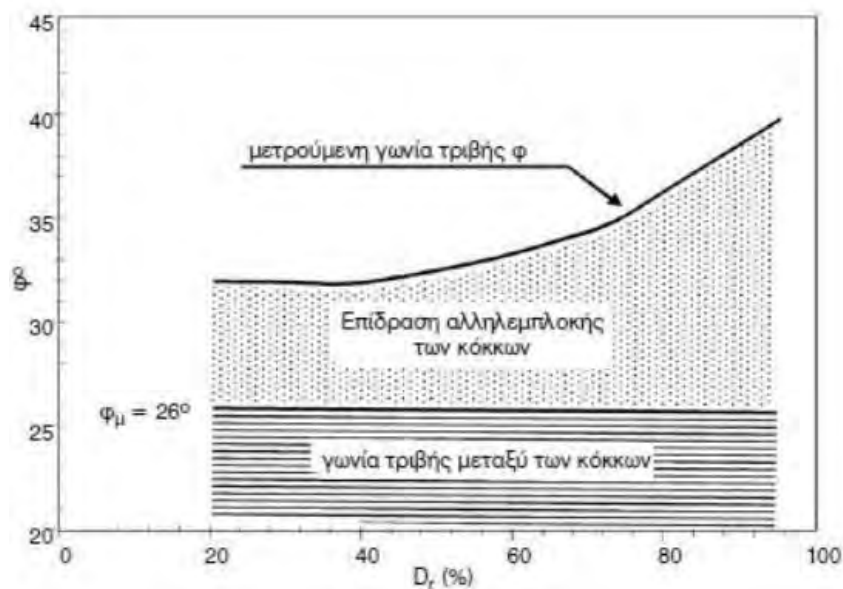
$$T = N \epsilon \phi \mu$$

Όπου ϕ_μ η γωνία τριβής των κόκκων και ο συντελεστής ($\epsilon \phi \mu$) αποτελεί χαρακτηριστικός για κάθε υλικό και δείχνει την «ομαλότητα» της επιφάνειας επαφής των κόκκων. Η παραπάνω γωνία ϕ_μ αναφέρεται στην θεωρητική αντίσταση τριβής μεταξύ των κόκκων χωρίς να υπεισέρχονται άλλοι παράγοντες. Ωστόσο στην εκτίμηση της πραγματικής αντίστασης της

τριβής θα πρέπει να εξετάζονται 2 πολύ βασικοί παράγοντες που έχουν σχέση με την «αλληλεμπλοκή» των κόκκων:

- Η αντίσταση που αναπτύσσεται, ώστε να επιτραπεί η διόγκωση κατά την διατμητική μετατόπιση (βλ Εικόνα 3.3β)
Καθοριστικός παράγοντας είναι η σχετική πυκνότητα D_r και το πορώδες (n) του κοκκώδους υλικού.
- Η αντίσταση που αναπτύσσεται, από την απαιτούμενη ενέργεια για την επαναδιάταξη των κόκκων μετά από θραύση.

Εξαιτίας των παραπάνω παραγόντων, η μετρούμενη στο εργαστήριο γωνία τριβής (ϕ) είναι μεγαλύτερη από την γωνία τριβής των κόκκων (ϕ_μ). Αυτή η διαφοροποίηση απεικονίζεται με το διάγραμμα της παρακάτω Εικόνας 3.4.



Εικόνα 3.4: Συνιστώσες αντοχής (γωνία τριβής) μεσόκοκκης άμμου σε σχέση με τη σχετική πυκνότητα D_r

Συνοχή

Πρόκειται για μία παράμετρο η οποία αναπτύσσεται στα λεπτόκοκκα εδάφη (άργιλοι και ιλύες). Δημιουργείται λόγω των ηλεκτροχημικών δυνάμεων μεταξύ των λεπτομερών πλακιδίων των αργιλικών ορυκτών και των προσροφημένων διπλών στρώσεων.

Η συνοχή, όπως προαναφέρθηκε αναπτύσσεται σε συνεκτικά εδάφη τα οποία έχουν μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκων και όσο μεγαλύτερο ποσοστό αντιπροσωπεύεται από αργιλικά ορυκτά τόσο μεγαλύτερη έλξη των τεμαχιδίων υπάρχει. Αντίθετα, εδάφη χωρίς σημαντικό ποσοστό λεπτόκοκκων (κοκκώδη – μη συνεκτικά) είναι δυνατόν να εμφανίσουν συνοχή και



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



«συγκόλληση» όσο είναι κορεσμένα σε νερό αλλά μετά από την ξήρανση τους αποσυντίθενται σε ανεξάρτητους κόκκους.

Αστοχία εδαφικού υλικού – Κριτήριο θραύσης Mohr - Coulomb

Αναφορικά με την σχέση $T = N\epsilon\phi_{\mu}$ που προαναφέρθηκε, μπορεί να τεθεί υπό την μορφή :

$$\tau = \sigma\epsilon\phi$$

Όπου μετατρέπονται οι δυνάμεις T, N μετατρέπονται σε τάσεις (τ, σ).

Εάν στην παραπάνω εξίσωση προστεθεί και ο δεύτερος παράγοντας της διατμητικής αντοχής του εδάφους δηλαδή η συνοχή c , τότε προκύπτει η ακόλουθη σχέση:

$$\tau = c + \sigma\epsilon\phi$$

Ως προς την ορθή τάση σ , θα πρέπει να εξεταστεί η πραγματική τάση δηλαδή η ενεργή όπως ήδη προαναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 3.2. Η πραγματική ορθή τάση που αναπτύσσεται στους κόκκους του εδάφους είναι ουσιαστικά η ενεργή σ_v' και επομένως η παραπάνω εξίσωση παίρνει την μορφή:

$$\tau = c + \sigma'\epsilon\phi$$

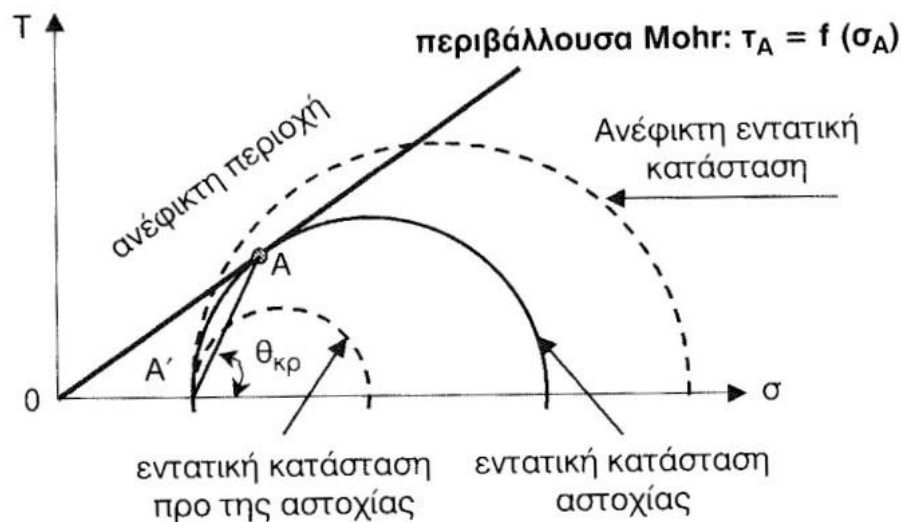
Η παραπάνω εξίσωση είναι γνωστή με το όνομα «εξίσωση του Coulomb» και όταν προβάλλεται σε ορθογωνικό σύστημα αξόνων (τ, σ) παριστάνει ευθεία γραμμή που ονομάζεται «ευθεία Coulomb».

Σε ίδιο ορθογωνικό σύστημα αξόνων, μπορεί να απεικονισθεί η γραφική παράσταση της εντατικής κατάστασης τη στιγμή της αστοχίας στο επίπεδο αυτής. Η απεικόνιση αυτή γίνεται με την βοήθεια των κύκλων Mohr. Πρόκειται για κύκλους οι οποίοι έχουν ως άξονες αναφοράς τις συνισταμένες των τάσεων που επενεργούν στο επίπεδο θραύσης. Η απεικόνιση των κύκλων για κάθε εντατική κατάσταση τη στιγμή της αστοχίας του εδαφικού υλικού οδηγεί στην σχεδίαση της περιβάλλουσας Mohr (Εικόνα 3.5), δηλαδή της ευθείας που εφάπτεται των κύκλων.

Η φυσική σημασία της περιβάλλουσας είναι:

- Όποιος κύκλος βρίσκεται κάτω από την περιβάλλουσα, δηλώνει ευσταθή εντατική κατάσταση (προ της αστοχίας)
- Όποιος κύκλος εφάπτεται στην περιβάλλουσα αντιπροσωπεύει εντατική κατάσταση αστοχίας.

Δεν είναι εφικτό κάποιος κύκλος να βρίσκεται πάνω από την περιβάλλουσα για να δηλώσει κάποια εντατική κατάσταση δεδομένου ότι σε αυτή την περίπτωση θα έχει επέλθει η αστοχία.



Εικόνα 3.5: Σχηματική απεικόνιση της περιβάλλουσας αστοχίας και η φυσική της σημασία

Εργαστηριακός προσδιορισμός τάσεων – παραμορφώσεων

Κατά τις εργαστηριακές δοκιμές γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης της πραγματικής κατάστασης τόσο όσον αφορά το εδαφικό δείγμα όσο και τις συνθήκες φόρτισης.

Για τα συνεκτικά εδάφη χρησιμοποιούνται αδιατάρακτα δείγματα ενώ για τα κοκκώδη που είναι σχεδόν αδύνατη η δειγματοληψία αδιατάρακτων, παρασκευάζονται δοκίμια που να βρίσκονται σε κατάσταση παρόμοια με τη φυσική.

Οι πιο κοινές εργαστηριακές δοκιμές είναι οι ακόλουθες:

- Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
- Δοκιμή ανεμπόδιστης μονοαξονικής θλίψης
- Δοκιμή άμεσης διάτμησης
- Τριαξονική δοκιμή

Για τις δύο τελευταίες δοκιμές υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις των συνθηκών στράγγισης και έχουν κατηγοριοποιηθεί ως εξής:

- Στερεοποίηση με στράγγιση, CD δοκιμή
- Στερεοποίηση χωρίς στράγγιση, CU δοκιμή
- Χωρίς στερεοποίηση – χωρίς στράγγιση, UU δοκιμή

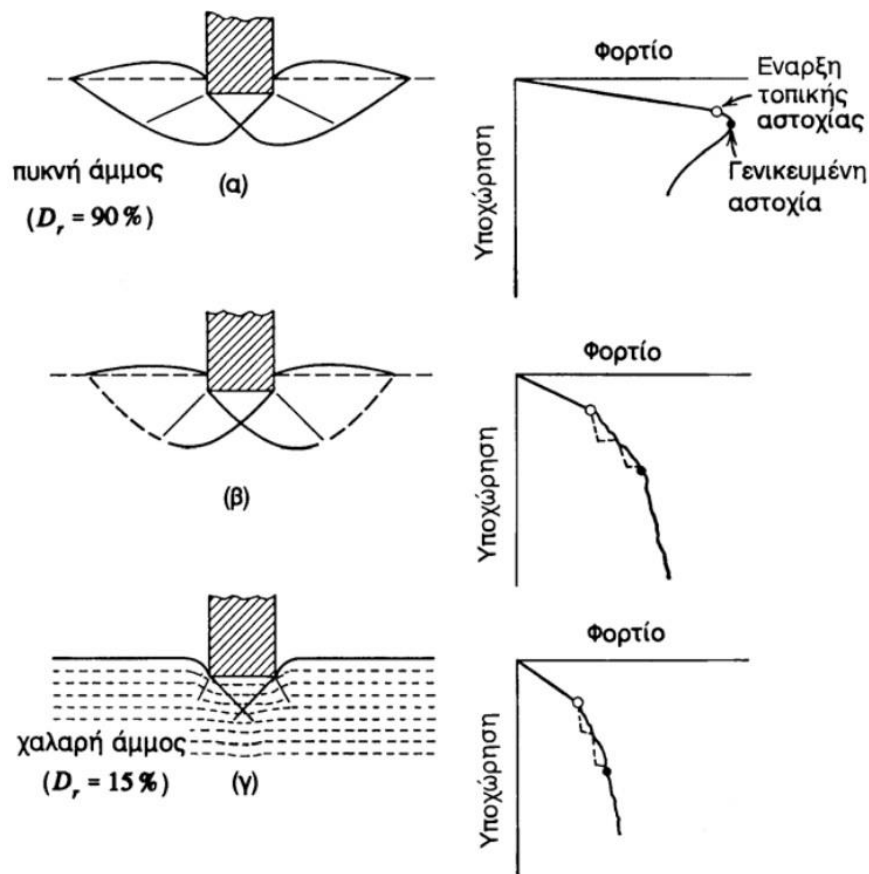
3.4 ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Η φέρουσα ικανότητα του εδάφους εκφράζει την αντοχή του εδάφους σε θραύση λόγω διατμητικών τάσεων.

Ως αστοχία νοείται η ανάπτυξη ενός μηχανισμού ο οποίος κινητοποιεί πλήρως την διατμητική αντοχή του εδάφους (οριακή φέρουσα ικανότητα) και συνοδεύεται από μεγάλο μέγεθος εκτεταμένες καθιζήσεις. Όπως έχει αποδειχθεί με προσομοιώματα, το έδαφος παραμορφώνεται προοδευτικά με την αύξηση του φορτίου μέχρις ότου οδηγηθεί στην οριακή του ισορροπία. Έπειτα επέρχεται γενικευμένη αστοχία με μεγάλες παραμορφώσεις. Υπάρχουν τρεις μορφές θραύσης του εδάφους κάτω από μία επιφάνεια θεμελίωσης:

- Η γενικευμένη θραύση
- Η τοπική θραύση
- Η βύθιση του θεμελίου

Η Εικόνα 3.6 παρουσιάζει τους παραπάνω μηχανισμούς αστοχίας για ένα λωριδωτό θεμέλιο (α) σε μία πυκνή, (β) σε μία μέσης πυκνότητας και (γ) σε μία χαλαρή άμμο.



Εικόνα 3.6: Σχηματική απεικόνιση αστοχίας θεμελίου σε άμμους



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Η γενική θραύση λαμβάνει χώρα σε πολύ πυκνά εδάφη και με χαμηλή συμπιεστότητα και συνοδεύεται από ισχυρή παραμόρφωση και έντονη ανύψωση στην επιφάνεια του εδάφους (Εικόνα 3.6, περίπτωση (α)). Οι επιφάνειες αστοχίας εμφανίζονται καλά ανεπτυγμένες από το επίπεδο της θεμελίωσης έως την επιφάνεια του εδάφους.

Η τοπική θραύση λαμβάνει χώρα σε εδάφη μέσης πυκνότητας και συμπιεστότητας (Εικόνα 3.6, περίπτωση (β)) και δεν εμφανίζει μεγάλη ανύψωση της επιφάνειας του εδάφους. Οι αστοχία εντοπίζεται τοπικά κάτω από το θεμέλιο χωρίς επιφανειακή ανάπτυξη.

Η βύθιση του θεμελίου λαμβάνει χώρα σε χαλαρά εδάφη και μεγάλης συμπιεστότητας (Εικόνα 3.6, περίπτωση (γ)) και εμφανίζεται χωρίς επιφανειακή ανύψωση αλλά με καθίζηση του θεμελίου.

Προσδιορισμός φέρουσας ικανότητας κατά Terzaghi

Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να αναλάβει ένα θεμέλιο πριν αστοχήσει ονομάζεται φορτίο αστοχίας ή οριακό φορτίο (Q_{ult}) και η αντίστοιχη πίεση στη βάση του θεμελίου ονομάζεται πίεση αστοχίας ή οριακή πίεση (q_{ult}). Η q_{ult} εξαρτάται από την μορφή και τις διαστάσεις του θεμελίου καθώς και από τις ιδιότητες του υπεδάφους θεμελίωσης. Η πιο συνήθης επίλυση και ο προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητας είναι αυτή που προτάθηκε από τον Terzaghi (1943) του οποίου η θεωρία βασίζεται στις εξής παραδοχές:

- Το έδαφος να συμπεριφέρεται σαν στερεό πλαστικό σώμα
- Να αγνοείται η διατμητική αντίσταση του εδάφους πάνω από τη θεμελίωση και το υπερκείμενο έδαφος να αντικαθίσταται με ομοιόμορφο φορτίο
- Να αγνοείται η τριβή του υπερκείμενου εδάφους και της θεμελίωσης
- Το μήκος της θεμελίωσης να ορίζεται πολύ μεγαλύτερο από το πλάτος $L/B > 5$.

Σύμφωνα με τη θεωρία του Terzaghi η φέρουσα ικανότητα θεμελίου άπειρου μήκους δίνεται από τον τύπο

$$q_u = cN_c + \gamma_a D_f N_q + \frac{1}{2} B \gamma_k N_\gamma$$

Όπου:

B = το πλάτος της θεμελίωσης

D_f = το βάθος της θεμελίωσης

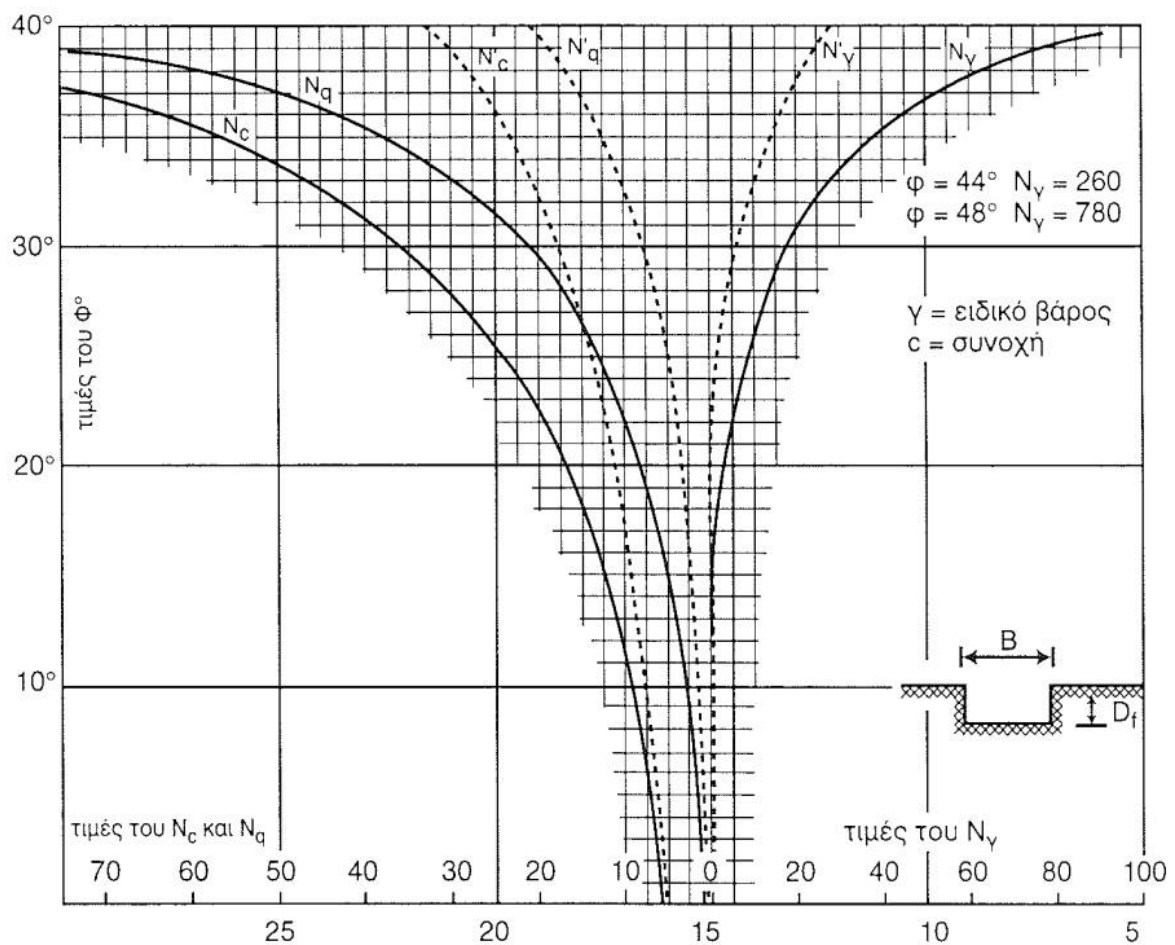
γ_a = το φαινόμενο βάρος του εδάφους πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης

γ_k = το φαινόμενο βάρος του εδάφους κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης

N_γ = ο συντελεστής επιφανειακής αντοχής ψαθυρού εδάφους

- N_c = ο συντελεστής συνοχής
 N_q = ο συντελεστής βάθους θεμελίωσης

Ο πρώτος προσθετός λαμβάνει υπόψη τη συνοχή του εδάφους θεμελίωσης, ο δεύτερος το βάρος του εδάφους πάνω από την θεμελίωση και ο τρίτος την τριβή του εδάφους κάτω από το επίπεδο θεμελίωσης. Οι όροι N_c , N_q και N_γ υπολογίζονται βάσει της γωνίας τριβής του εδάφους κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης και οι τιμές τους δίνονται από το νομογράφημα της Εικόνας 3.7.



Εικόνα 3.7: Νομογράφημα Terzaghi των συντελεστών της φέρουσας ικανότητας του εδάφους

Αναλόγως της περίπτωσης του εδάφους, της θεμελίωσης και της παρουσίας υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, η παραπάνω σχέση μεταβάλλεται και υπεισέρχονται κάθε φορά διαφορετικοί παράγοντες υπολογισμού.



3.5 ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ

Όπως έχει προαναφερθεί, το έδαφος εκτός από στερεούς κόκκους περιέχει διάκενα (πόρους) και εμφανίζει πορώδες. Σε πολλές περιπτώσεις τα διάκενα επικοινωνούν μεταξύ τους και έτσι το νερό που εμπριέχεται σε αυτά μπορεί να κινηθεί.

Η περατότητα (permeability) ή διαπερατότητα (K_s) είναι μία παράμετρος που εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου δηλαδή του εδάφους (το σχήμα, το μέγεθος και την διάταξη των κόκκων) και είναι ουσιαστικά συνάρτηση του μεγέθους των ανοιγμάτων, διαμέσου των οποίων κινείται το υγρό.

Γενικά ισχύει ότι τα χαλαρά κοκκώδη εδάφη έχουν μεγαλύτερη διαπερατότητα σε σχέση με τα λεπτόκοκκα συνεκτικά καθώς το συγκολλητικό υλικό σε αυτά μειώνει το συνολικό όγκο των κενών. Στα εδάφη, όσον αφορά την διαπερατότητα, ισχύουν τα εξής (Fetter, 1994):

- Με την αύξηση της μέσης διαμέτρου των κόκκων, αυξάνει η περατότητα, λόγω του μεγαλύτερου ανοίγματος των κενών.
- Η περατότητα μειώνεται για μία καθορισμένη διάμετρο κόκκων, καθώς αυξάνει η τυπική απόκλιση του μεγέθους των κόκκων. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο φτωχά διαβαθμισμένο είναι το έδαφος τόσο πιο πολύ γεμίζουν τα κενά τα λεπτόκοκκα υλικά.
- Τα αδρομερή εδάφη εμφανίζουν μεγαλύτερη μείωση της περατότητας με την αύξηση της τυπικής απόκλισης, από ότι τα λεπτόκοκκα υλικά.
- Το έδαφος στο οποίο επικρατεί ένα μέγεθος κόκκων, έχει μεγαλύτερη περατότητα από τα εδάφη στα οποία επικρατούν δύο μεγέθη κόκκων.

Για την συσχέτιση της διαπερατότητας (K_s) με το πορώδες (n) στα πορώδη μέσα έχει προταθεί η παρακάτω σχέση:

$$K_s = \frac{1}{5S_{ps}} \frac{n^3}{(1-n)^2}$$

Όπου S_{ps} η ειδική επιφάνεια των στερεών κόκκων

Η διαπερατότητα σχετίζεται με μία παράμετρο που χρησιμοποιείται ευρέως, την υδραυλική αγωγιμότητα η οποία εξαρτάται και από τις ιδιότητες του μέσου αλλά και από τις ιδιότητες του υγρού, δηλαδή του νερού. Είναι ένα μέτρο που εκφράζει πόσο εύκολα μπορεί να κινηθεί το νερό μέσα στο έδαφος.

Γενικά οι σχηματισμοί, ανάλογα με την τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας k χαρακτηρίζονται όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1.



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Πίνακας 3.1: Χαρακτηρισμός εδαφών βάσει των τιμών συντελεστή περατότητας k

k (m/sec)	Χαρακτηρισμός Εδάφους
$\geq 10^{-3}$	Υψηλή περατότητα
$10^{-5} \leq k < 10^{-3}$	Μέση περατότητα
$10^{-7} \leq k < 10^{-5}$	Χαμηλή περατότητα
$10^{-9} \leq k < 10^{-7}$	Πολύ χαμηλή περατότητα
$< 10^{-7}$	Πρακτικά αδιαπέρατο

Στον Πίνακα 3.2 δίνονται τυπικές τιμές του συντελεστή περατότητας k για διάφορα υλικά.

Πίνακας 3.2 : Τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας σε διάφορα υλικά

Είδος υλικού	k (m/sec)
Μεγάλα χαλίκια	10^{-2}
Χαλίκια μεσαίου μεγέθους	10^{-3}
Χαλίκια μικρού μεγέθους	10^{-3}
Χονδρόκοκκη άμμος	$10^{-4} - 10^{-3}$
Μεσόκοκκη άμμος	10^{-4}
Λεπτόκοκκη άμμος	$10^{-5} - 10^{-4}$
Ιλύς	$10^{-8} - 10^{-7}$
Αμμώδης άργιλος	10^{-8}
Άργιλος	10^{-9}

Η υδραυλική αγωγιμότητα (k) συνδέεται με την περατότητα (K_s) με την σχέση:

$$k = K_s \frac{\gamma}{\mu}$$

Όπου

μ = το δυναμικό ιξώδες

γ = το ειδικό βάρος του ρευστού



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



Υπολογισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας

Η υδραυλική αγωγιμότητα υπολογίζεται από την κοκκομετρία με την βοήθεια εμπειρικών τύπων, με εργαστηριακές μεθόδους (περατόμετρα), με επί τόπου δοκιμές στιγμιαίας φόρτισης (slug test), με δοκιμές εισπίεσης, με δοκιμές άντλησης (pumping test), με γεωφυσικές μεθόδους, με ιχνηθετήσεις και τέλος με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων (Cheong et al., 2008).



4 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΛΑΦΩΝ

4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Η βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους θεμελίωσης πολλές φορές κρίνεται απαραίτητη κατά την θεμελίωση ενός τεχνικού έργου. Η βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους μπορεί να γίνει με μηχανικές, ηλεκτρικές ή χημικές μεθόδους. Από τις μηχανικές οι πιο διαδεδομένες είναι οι εξής:

- Συμπύκνωση (compaction)
- Δυναμική συμπύκνωση (deep dynamic compaction)
- Δονητική συμπύκνωση (vibro-compaction)
- Δονητική αντικατάσταση ή χαλικοπάσσαλοι (vibro-replacement)
- Ενίσχυση με οπλισμό
- Εδαφοπάσσαλοι με ενεμάτωση (jet grouting)

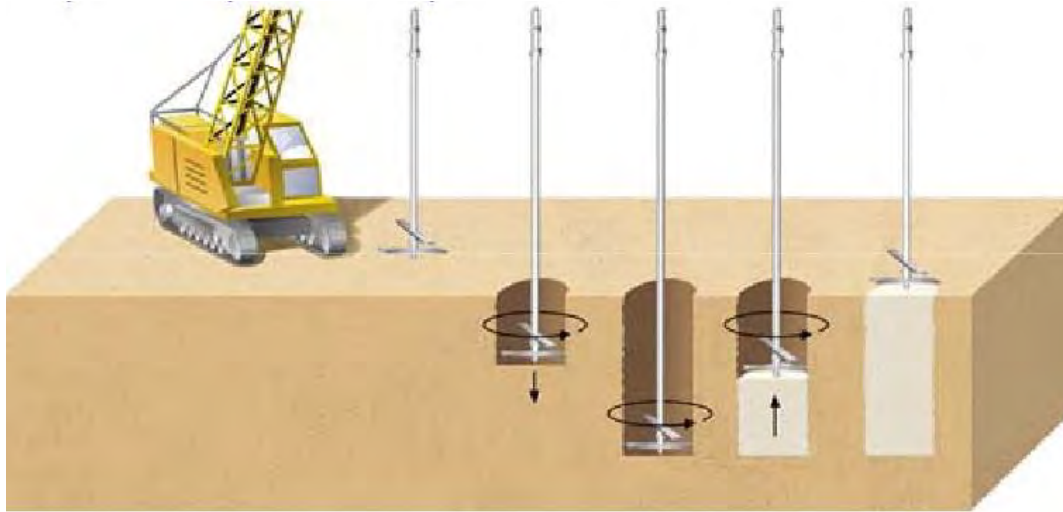
Τα εδάφη τα οποία χρήζουν βελτίωσης από πλευράς μηχανικής συμπεριφοράς είναι τα μαλακά – χαλαρά εδάφη όπως:

- χαλαρές άμμους, ιδιαίτερα όταν είναι κορεσμένες με $D_r < 40\%$ και $N_{SPT} < 10$
- χαλαρές και μέσης πυκνότητας κορεσμένες άμμους και αμμοχάλικα υπό σεισμική φόρτιση με $D_r < 70\%$, $N_{SPT} < 30$, $M_s > 5.0$
- απροφόρτιστες ή υπο-στερεοποιημένες αργίλους και ιλύες με $W \approx W_L$, $C_u \leq 30$ kPa, $N_{SPT} \leq 10$

4.2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΕΝΕΣΕΙΣ

Η διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά την καταστροφή της υπάρχουσας προβληματικής δομής και έπειτα την εκ νέου ανάμειξη και μερική αντικατάσταση του εν λόγω εδαφικού υλικού με συνδετικό υλικό το οποίο οδηγεί στην ενίσχυση των εδαφών. Η επέμβαση πραγματοποιείται με κατασκευή εδαφοπασσάλων και με ελεγχόμενη διοχέτευση ενέματος υψηλής πίεσης.

Πιο συγκεκριμένα, με ειδικό αυτοκινούμενο μηχάνημα διανοίγεται οπή, κατόπιν το στέλεχος ανασύρεται, ενώ διοχετεύεται στο έδαφος το υλικό σταθεροποίησης (Εικόνα 4.1 & 4.2). Κατά την εφαρμογή των ενέσεων, η πίεση του ενέματος δεν πρέπει να ξεπερνά τη γεωστατική πίεση, ώστε να μη βγαίνει το ένεμα στην επιφάνεια.



Εικόνα 4.1: Σχηματική απεικόνιση εδαφοπασσάλου με ενεμάτωση



Εικόνα 4.2: Εδαφοπάσσαλοι με ενεμάτωση

4.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΣΕΩΝ

Ανάλογα με τον τρόπο που ενεργεί το ένεμα, διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

Χωρίς μετατόπιση ή αντικατάσταση εδάφους

- Εnéσεις διαποτισμού, με τις οποίες το ένεμα εισχωρεί στο έδαφος και γεμίζει εδαφικούς πόρους.
- Εnéσεις πλήρωσης γαιών, με τις οποίες πληρούνται καρστικά έγκοιλα ή κενά τεχνητών επιχωματώσεων.
- Εnéσεις εγκλωβισμού, με τις οποίες το ένεμα συγκολλά ρηγματωμένη βραχώμαξα.

Με μετατόπιση ή αντικατάσταση εδάφους

- Εnéσεις εκτόπισης ή συμπίκνωσης.
- Εnéσεις διάρρηξης
- Φλέβα υψηλής πίεσης

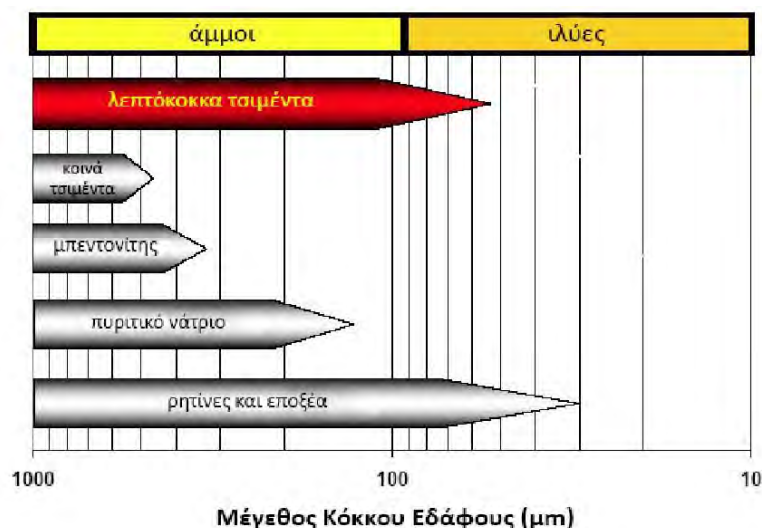
- Ενέσεις αντικατάστασης

4.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ

Οι συνήθεις τύποι ενεμάτων είναι τα αιωρήματα τσιμέντου (τσιμεντενέσεις) ή μείγματος εδάφους (π.χ. μπετονίτη, άμμου) και τσιμέντου ή και μόνο εδαφών σε νερό, καθώς και τα χημικά διαλύματα, συνήθως πυριτικών ή πολυμερών υλικών. Σε περίπτωση που επιδιώκεται ρύθμιση των ιδιοτήτων των μειγμάτων εδάφους – τσιμέντου χρησιμοποιούνται σταθεροποιητές ή πρόσθετα, όπως επιταχυντές και επιβραδυντές.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης στερεών κόκκων με νερό όπου πρόκειται για μία οικονομική λύση, δεν επιτυγχάνεται μεγάλη διεισδυτικότητα. Η τελευταία επιτυγχάνεται με διαλύματα χημικών ουσιών τα οποία ωστόσο είναι επιβλαβή για το περιβάλλον.

Η επιλογή του είδους των ενεμάτων εξαρτάται από το είδος του εδάφους και την κοκκομετρική του διαβάθμιση. Γενικά, η πιο συχνή και ευρέως χρησιμοποιούμενη είναι η σταθεροποίηση με το τσιμέντο. Στην περίπτωση διαπερατών αμμωδών εδαφών χρησιμοποιούνται αιωρήματα τσιμέντου με υψηλές τιμές του λόγου "τσιμέντο προς νερό", εφόσον επιδιώκεται υψηλή αντοχή, ενώ προτιμώνται χημικά διαλύματα ειδικών πυριτικών ή πολυμερών προϊόντων, όταν η διαπερατότητα είναι μικρότερη, όπως συμβαίνει στα αργιλικά εδάφη (Εικόνα 4.3)



Εικόνα 4.3: Είδη ενεμάτων με βάση το εδαφικό υλικό



4.5 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η ενίσχυση με ενέσεις βρίσκει εφαρμογή σε όλο σχεδόν το εύρος των εδαφών από συνεκτικά και μη συνεκτικά έως και σε μαλακούς βράχους, με την προϋπόθεση ότι ο βράχος είναι ρηγματωμένος, με επικοινωνία των ρωγμών. Ωστόσο δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα όπως είναι οι άργιλοι. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται η υψηλή ταχύτητα εφαρμογής, το σχετικά χαμηλό κόστος και η απουσία θορύβου και δονήσεων κατά την εφαρμογή. Στις θεμελιώσεις οι ενέσεις χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι επέμβασης σε περιπτώσεις έκτακτης ενίσχυσης του εδάφους θεμελίωσης.

Εκτός των περιπτώσεων των θεμελιώσεων, χρησιμοποιούνται και στις περιπτώσεις εκσκαφών που βρίσκονται σε επαφή με υφιστάμενα κτίρια, ειδικά όταν οι εκσκαφές είναι μεγάλου βάθους και το έδαφος είναι μαλακό, καθώς και σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες κρίνεται αναγκαία η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης.

Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από την ομοιομορφία της διασποράς του ενέματος κάτω από τη θεμελίωση. Σε περιπτώσεις ανομοιογένειας του εδάφους, η ομοιόμορφη διασπορά του ενέματος καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη και για επιτευχθεί είναι αρκετά κοστοβόρο.



5 ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ Ν. ΞΑΝΘΗΣ

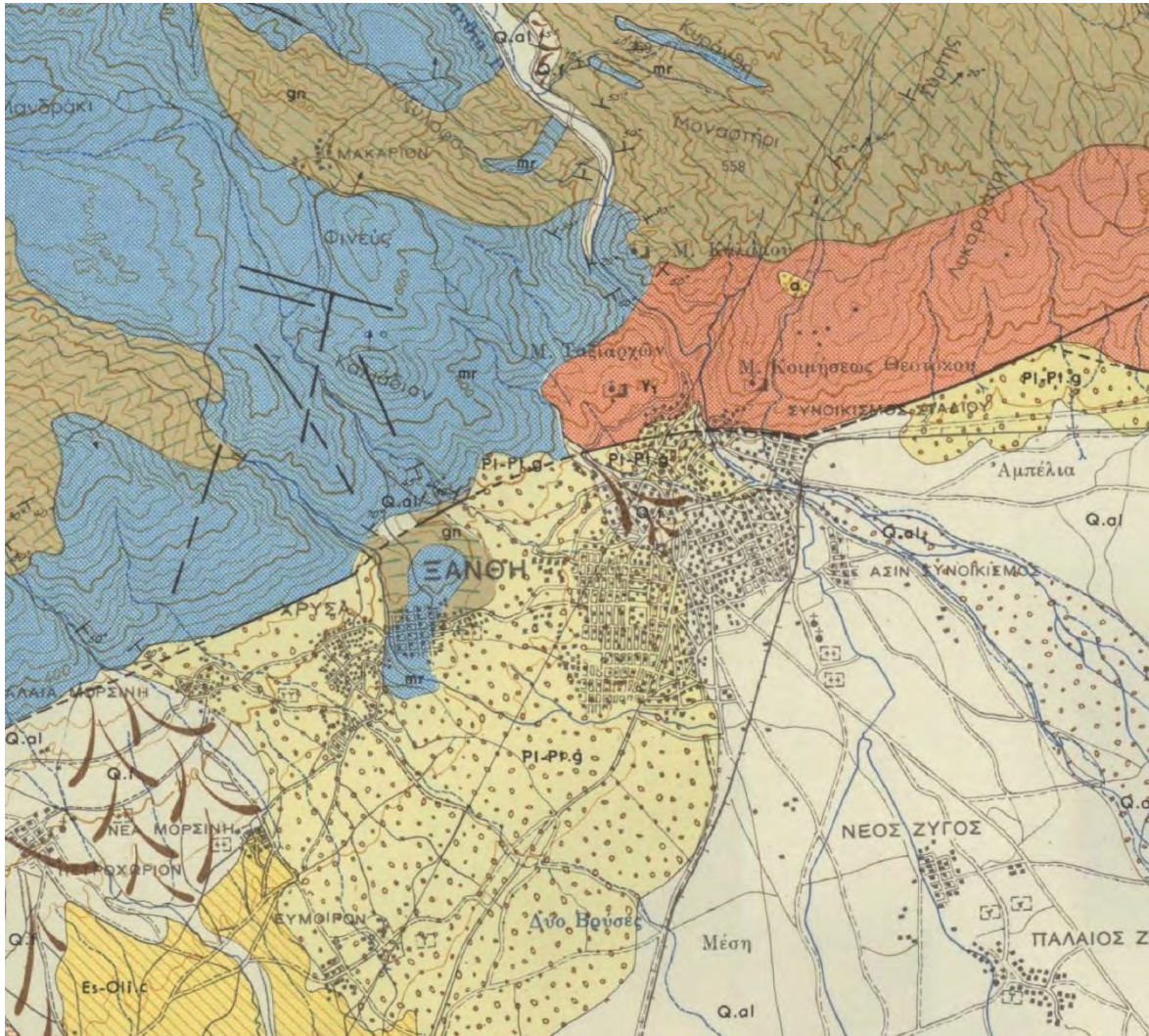
5.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας, ΙΓΜΕ, φύλλο «Ξάνθη», η ευρύτερη περιοχή της πόλης της Ξάνθης δομείται από νεογενή ιζήματα αλλά και πετρώματα διαφορετικών ηλικιών και ειδών (Εικόνα 5.1). Το υπέδαφος του αστικού κέντρου συνίσταται κυρίως από **αλλουβιακές αποθέσεις** η οποίες αποτελούνται από σχηματισμούς **αναβαθμίδων (Q.t)** και **πρόσφατες αποθέσεις χειμάρρων (Q.al)**. Επιπλέον κεντρικά και βόρεια του αστικού κέντρου επικρατούν **αλλουβιακά ριπίδια (Q.f)** τα οποία προέρχονται από γνεύσιους, μάρμαρα, αμφιβολίτες και γρανιτικά πετρώματα που βρίσκονται στις γύρω περιοχές. Η νοτιοδυτική περιοχή δομείται από πλειο – πλειστοκαινικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από **χάλικες και άμμους (Pl-Pt.g)**. Οι χάλικες του σχηματισμού είναι καλά αποστρωγγυλωμένοι και εναλλάσσονται κατακόρυφα και πλευρικά με κοκκομετρικά αδιαβάθμιτες άμμους κυρίως στα ανώτερα μέτρα. Το πάχος της στρώσης κυμαίνεται από 0 – 10m.

Στην βόρεια περιοχή της πόλης εντοπίζεται επαφή με **πλουτώνια πετρώματα, τα νεώτερα γρανιτικά πετρώματα (γ1)**. Τα εν λόγω πετρώματα αντιπροσωπεύουν την διείσδυση του γρανιτικού σώματος που έλαβε χώρα πριν από 27.9 εκατ. Χρόνια (Γερμανική γεωλογική υπηρεσία του Αννοβέρου).

Βορειοανατολικά και σε ένα τμήμα ανατολικά παρατηρείται επαφή των προαναφερθέντων σχηματισμών με λευκά έως ανοιχτότεφρα **μάρμαρα (mr)**. Το πάχος τους κυμαίνεται από 500m έως 1500m.

Επιπλέον στην ευρύτερη περιοχή της Ξάνθης εντοπίζονται **γνεύσιοι (gn) και γνευσιακοί σχιστόλιθοι**. Παρουσιάζουν ποικιλία στο χρώμα και πτυχώσεις σε συνδυασμό με την μεταμόρφωση που έχουν υποστεί. Το πάχος τους θεωρείται πάνω από 3.500m.



Εικόνα 5.1: Γεωλογικός χάρτης ΙΓΜΕ ευρύτερης περιοχής της πόλης Ξάνθης, φύλλο «Ξάνθη»

Η περιοχή της δειγματοληψίας είναι στον οικισμό «Νέο Εράσμιο» του δήμου Τοπείρου στο νομό Ξάνθης η οποία βρίσκεται περί τα 23km νοτιοδυτικά της πόλης της Ξάνθης, 5km ανατολικά του ποταμού Νέστου και απέχει από την ακτογραμμή περί τα 4.5km βορειοδυτικά. Η ευρύτερη περιοχή του οικισμού παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.2 και σε μεγαλύτερη κλίμακα στην Εικόνα 5.3. Το απόλυτο υψόμετρο της περιοχής κυμαίνεται από +5 έως +9 και το ανάγλυφο είναι πεδινό.



Εικόνα 5.2: Ευρύτερη περιοχή δειγματοληψίας οικισμού Νέου Εράσμιου



Εικόνα 5.3: Οικισμός «Νέο Εράσμιο»

Σύμφωνα με τον ιστότοπο του ΓΓΜΕ και τον διαδικτυακό γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας (Εικόνα 5.4) η περιοχή δειγματοληψία συνίσταται από **ολοκαινικές αλλουβιακές αποθέσεις (al)** οι οποίες περιγράφονται ως σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις.



Εικόνα 5.4: Γεωλογικός χάρτης, ΓΓΜΕ, κλίμακα 1:500 000

Στη υπόψη περιοχή έγινε δειγματοληψία τεσσάρων δειγμάτων εδάφους στα οποία εκτελέστηκαν δοκιμές μονοαξονικής θλίψης και για τις ανάγκες εκτέλεσης των δοκιμών έγιναν και εργαστηριακές δοκιμές μέτρησης της φυσικής υγρασίας και του ειδικού βάρους.



5.2 ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ (ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ)

Η δοκιμή μονοαξονικής θλίψης είναι μία μέθοδος προσδιορισμού της διατμητικής αντοχής των εδαφών. Πρόκειται για την απλούστερη δοκιμή αντοχής και χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση συνεκτικών εδαφών με εξαίρεση τα μαλακά αργιλικά εδάφη.

Η δοκιμή συνίσταται στην βαθμιαία φόρτιση ενός κυλινδρικού δοκιμίου στα δύο άκρα του μέχρι την θραύση ή την πλαστική διαρροή του.

Όταν δεν υπάρχει αρκετή συνοχή στις κατακόρυφες παρειές του δοκιμίου, τότε η δοκιμή δεν χρησιμοποιείται και προτιμάται η τριαξονική δοκιμή.

Το αποτέλεσμα που εξάγουμε με την εκτέλεση της δοκιμής και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων είναι η αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη q_u .

Η αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη ορίζεται η τάση στην οποία το δοκίμιο εμφανίζει δύο από τις ακόλουθες καταστάσεις:

- Αρχίζει να παρουσιάζει επιφάνεια θραύσης
- Η παραμόρφωση συνεχίζεται χωρίς αύξηση του φορτίου

Αν καμία από τις παραπάνω συνθήκες δεν υφίσταται τότε ως αντοχή λαμβάνεται η τάση που αντιστοιχεί σε ανηγμένη παραμόρφωση 20%.

Η q_u αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των λεπτόκοκκων εδαφών και δύναται να δώσει την επί τόπου αντοχή του εδάφους.

Έναν άλλον παράγοντα που μπορούμε να εξάγουμε είναι η αστράγγιστη διατμητική αντοχή η οποία προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$c_u = \frac{q_u}{2}$$

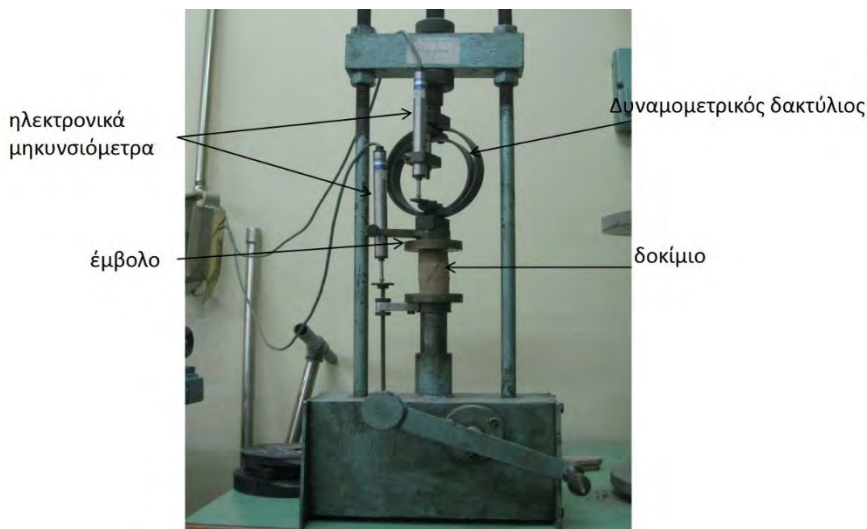
Για την εκτέλεση της δοκιμής χρησιμοποιούνται δοκίμια αδιατάρακτα, διαταραγμένα η μορφοποιημένα στο εργαστήριο.

Σκοπός της δοκιμής

Με την δοκιμή μονοαξονικής θλίψης μετράται η αντοχή σε θλίψη ενός κυλινδρικού δοκιμίου, συνεκτικού εδάφους στο οποίο δεν αναπτύσσεται καμία πλευρική τάση κατά τη διάρκεια της δοκιμής δηλαδή $\sigma_3=0$.

Τρόπος εκτέλεσης

Αφού διαμορφωθεί το κυλινδρικό δοκίμιο, ζυγίζεται και σημειώνονται οι διαστάσεις του. Από τα κομμάτια που περίσσεψαν μετά την διαμόρφωση του τελικού δοκιμίου, λαμβάνεται δείγμα για μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας. Έπειτα το δοκίμιο τοποθετείται στην συσκευή μονοαξονικής θλίψης ανάμεσα από τις μεταλλικές πλάκες και προσαρμόζεται η άνω πλάκα της συσκευής που φέρεται από τον δυναμομετρικό δακτύλιο στην επάνω επιφάνεια του δοκιμίου σε τρόπο που το μηκυσιόμετρο του οριακά να μην κινηθεί (Εικόνα 5.5). Στην θέση αυτή μηδενίζεται το μηκυσιόμετρο και προσαρμόζεται το δεύτερο μηκυσιόμετρο στην ίδια πλάκα, με τον δείκτη στο μηδέν σε τρόπο που να είναι δυνατόν να ληφθούν οι μετρήσεις μεταβολής του ύψους του δοκιμίου κατά την εκτέλεση της δοκιμής.



Εικόνα 5.5: Διάταξη κατά την εκτέλεση της δοκιμής της μονοαξονικής θλίψης

Στο δοκίμιο εφαρμόζεται θλιπτικό αξονικό φορτίο, σε τρόπο που ο ρυθμός παραμόρφωσης να είναι της τάξης του 0.5 έως 2.0 % / min και έτσι ώστε η δοκιμή να μην υπερβαίνει συνολικά τα 10min. Οι μετρήσεις καταγράφονται ανά 30sec στην αρχή της δοκιμής ενώ προς το τέλος σε μικρότερα χρονικά διαστήματα. Ένας δεύτερος τρόπος καταγραφής είναι να καταγράψουμε σε συγκεκριμένες ενδείξεις μηκυσιομέτρου τις αντίστοιχες ενδείξεις του δυναμομέτρου.

Ως τέλος της δοκιμής λογίζεται η απότομη μείωση των τιμών του δυναμομέτρου (μη πλαστική θραύση) ή η σταθεροποίηση της βελόνας δυναμομέτρου στην ίδια τιμή (πλαστική θραύση).

Υπολογισμοί – διαγράμματα

Όπως προαναφέρθηκε, η δοκιμή της μονοαξονικής θλίψης αποσκοπεί στον προσδιορισμό της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη q_u και κατ' επέκταση της συνοχής c_u . Για τον προσδιορισμό της c_u χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι και υπολογισμοί:

- Ανηγμένη παραμόρφωση, ε :

$$\varepsilon = \frac{\Delta h_i}{h_0}$$

Όπου: h_0 Αρχικό ύψος δοκιμίου σε cm

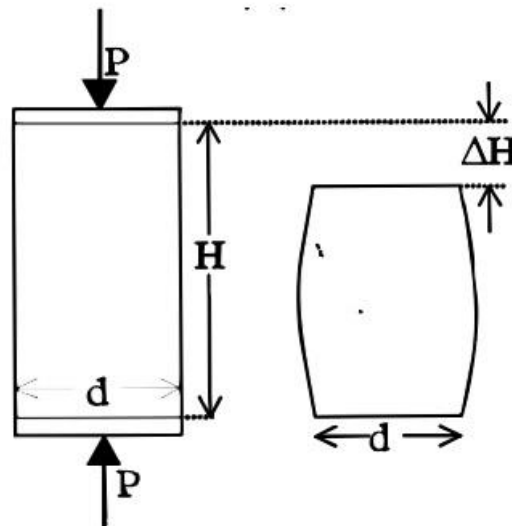
Δh_i Βράχυνση του δοκιμίου σε cm σύμφωνα με τις ενδείξεις του μηκυσιομέτρου

- Μέση επιφάνεια δοκιμίου, A_i :

$$A_i = \frac{A_0}{(1 - \varepsilon)}$$

Για ανηγμένη παραμόρφωση ε

Όπου: A_0 Αρχική μέση επιφάνεια του δοκιμίου cm^2



Εικόνα 5.6: Σχηματική απεικόνιση της μεταβολής της διατομής A_0 μετά από παραμόρφωση ε

- Διατμητική τάση, τ :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Όπου: c συνοχή του εδάφους

ϕ η γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους

σ η ορθή τάση στο επίπεδο διάτμησης

Κατά τη δοκιμή ο παράγοντας $\tan\phi$ της σχέσης του Coulomb μηδενίζεται καθώς πρόκειται για συνεκτικά εδάφη και έτσι προκύπτει :

$$\tau = c_u = \frac{q_u}{2}$$

Όπου: c_u η αστράγγιστη συνοχή του δοκιμίου

q_u η αστράγγιστη ανεμπόδιστη αντοχή του δοκιμίου

Επίσης έχουμε:

$$q_u = \frac{F}{A}$$

Όπου: F το εφαρμοζόμενο αξονικό φορτίο

Τις ενδείξεις του δυναμόμετρου του αξονικού φορτίου, τις πολλαπλασιάζουμε με τον συντελεστή μετατροπής C του δακτυλίου του δυναμόμετρου, δηλαδή έχουμε:

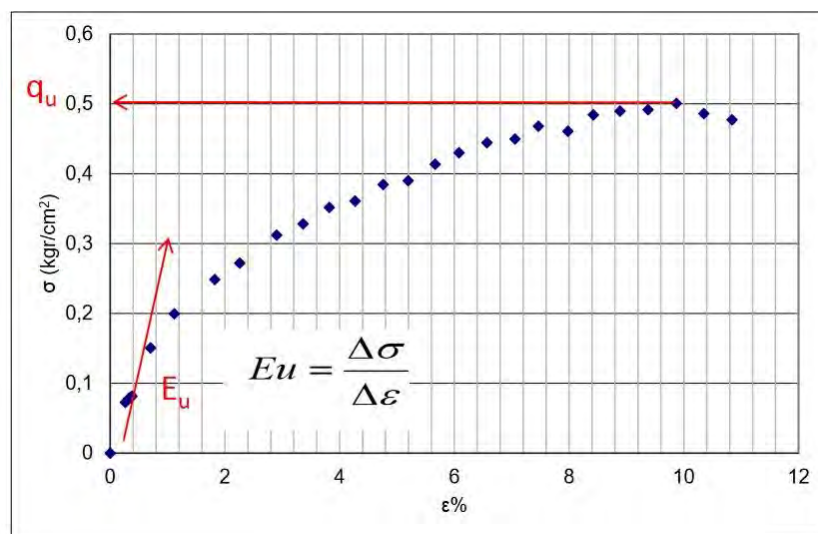
$$F = (\text{ενδείξεις}) \cdot C(kg)$$

Και τελικά προκύπτει:

$$\tau = c_u = \frac{q_u}{2} = \frac{F}{2A}$$

Μετά την καταγραφή των αποτελεσμάτων γίνεται η παρουσίαση αυτών με την κατασκευή του διαγράμματος τάσεων – ανηγμένων παραμορφώσεων. Η καμπύλη που προκύπτει καθορίζει την αντοχή στην ανεμπόδιστη θλίψη, η οποία είναι η μέγιστη τιμή της τάσης ή η τάση που αντιστοιχεί σε ανηγμένη παραμόρφωση 20%.

Από το ίδιο διάγραμμα μπορεί να υπολογιστεί το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους E_u που είναι η κλίση της ευθείας στις αρχικές παραμορφώσεις (Εικόνα 5.7).



Εικόνα 5.7: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων με υπολογισμό της q_u και του E_u



5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

Στον παρακάτω Πίνακα 5.1 δίνονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών φυσικής υγρασίας, του ειδικού βάρους και της μονοαξονικής θλίψης των δειγμάτων.

Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών

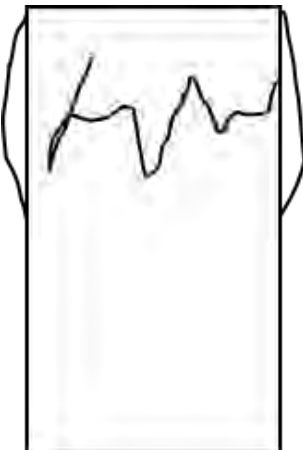
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΚΕΝΩΝ	ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΛΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ
		w %	G_s	S_r %	e_0	γ_d kN/m^3	γ_s kN/m^3	ϵ_{fn} %	q_u kPa
A1	1	27.5	2.57	57.5	1.23	11.5	14.7	22.2	148.6
A2	2	25.6	-	-	-	14.2	17.8	35.3	399.4
Γ1	3	19.8	2.64	99.1	0.53	17.3	20.7	28.8	401.9
Γ	4	31.0	2.68	85.6	0.97	13.6	17.8	29.7	260.3

Στις Εικόνες 5.8 έως 5.12 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της δοκιμής της μονοαξονικής θλίψης. Σε κάθε μία φόρμα, υπολογίζεται η αστράγγιστη διατμητική συνοχή c_u από την τιμή της q_u μέσω της σχέσης $c_u = \frac{q_u}{2}$ και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε διαγράμματα τάσεων – ανηγμένων παραμορφώσεων.



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



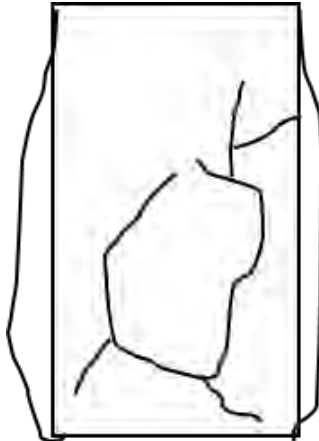
ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ				
ΕΡΓΟ: -		ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 1		
ΓΕΩΤΡΗΣΗ: A1	ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: -		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: SITE 1	
ΟΝΟΜΑΤ/ΝΥΜΟ:		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 13/12/2007		
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ				
Δοκίμιο Αδιατάρακτο: X	Διαμορφωμένο:		Σταθερά μηκ/τρου μετακ/σεων (mm/υποδ): 0.01	
Ρυθμός παραμόρφωσης (mm/min):			Σταθερά δυναμ/κου δακτυλίου (kN/υποδ.): 0.00151	
Διάμετρος δοκιμίου, (cm):	$D_t = 4.00$	$D_m = 4.00$	$D_b = 4.00$	$D_o = (D_t + D_m + D_b) / 3 = 4.00$
Ύψος δοκιμίου, (cm):	$L_1 = 9.10$	$L_2 = 9.10$	Αρχική διατομή δοκιμίου, $A_o = \pi * D_o^2 / 4$ (cm ²): 12.57	
	$L_o = (L_1 + L_2) / 2 = 9.10$		Αρχικός όγκος δοκιμίου, $V_o = A_o * L_o$ (cm ³): 114.35	
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ				
Βάρος δοχείου και εδάφους (αρχικά) (gr):		ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ		
Βάρος δοχείου και εδάφους (τελικά) (gr):		Αριθμός δοχείου 15 A		
Βάρος εδάφους, W (gr): 168.10		Βάρος δοχείου (gr): 9.74		
Ειδική πυκνότητα στερεών, G _s : 2.57		Βάρος δοχείου και υγρ. εδάφους (gr): 22.40		
Ολικό ειδικό βάρος, $\gamma_t = W/V_o$ (gr/cm ³): 1.47		Βάρος δοχείου και ξηρ. εδάφους (gr): 19.67		
Ξηρό ειδικό βάρος, $\gamma_d = \gamma_t / (1 + w)$ (gr/cm ³): 1.15		Βάρος ξηρού εδάφους (gr): 9.93		
Δείκτης κενών, $e_o = (G_s * \gamma_w / \gamma_d) - 1$: 1.23		Βάρος νερού (gr): 2.73		
Βαθμός κορεσμού, $S_r = w_o * G_s / e_o$ (%): 57.49		Περιεκτικότητα σε νερό, w _o (gr): 27.49		
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ - ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ				
				

Εικόνα 5.8: Αποτελέσματα δοκιμής 1



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ					
ΕΡΓΟ: -			ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 2		
ΓΕΩΤΡΗΣΗ: A2	ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: -		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: -		
ΟΝΟΜΑΤ/ΝΥΜΟ:			ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 13/12/2007		
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ					
Δοκίμιο Αδιατάρακτο: X	Διαμορφωμένο:		Σταθερά μηκ/τρου μετακ/σεων (mm/υποδ): 0.01		
Ρυθμός παραμόρφωσης (mm/min):			Σταθερά δυναμ/κου δακτυλίου (kN/υποδ.): 0.00151		
Διάμετρος δοκιμίου, (cm):	$D_t = 3.80$	$D_m = 3.80$	$D_b = 3.80$	$D_o = (D_t + D_m + D_b) / 3 = 3.80$	
Ύψος δοκιμίου, (cm):	$L_1 = 8.50$	$L_2 = 8.50$	Αρχική διατομή δοκιμίου, $A_o = \pi * D_o^2 / 4$ (cm ²): 11.34		
	$L_o = (L_1 + L_2) / 2 = 8.50$		Αρχικός όγκος δοκιμίου, $V_o = A_o * L_o$ (cm ³): 96.40		
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ					
Βάρος δοχείου και εδάφους (αρχικά) (gr):			ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ		
Βάρος δοχείου και εδάφους (τελικά) (gr):			Αριθμός δοχείου 8		
Βάρος εδάφους, W (gr): 171.55			Βάρος δοχείου (gr): 9.67		
Ειδική πυκνότητα στερεών, G _s :			Βάρος δοχείου και υγρ. εδάφους (gr): 35.06		
Ολικό ειδικό βάρος, $\gamma_t = W / V_o$ (gr/cm ³): 1.78			Βάρος δοχείου και ξηρ. εδάφους (gr): 29.88		
Ξηρό ειδικό βάρος, $\gamma_d = \gamma_t / (1 + w)$ (gr/cm ³): 1.42			Βάρος ξηρού εδάφους (gr): 20.21		
Δείκτης κενών, $e_o = (G_s * \gamma_w / \gamma_d) - 1$:			Βάρος νερού (gr): 5.18		
Βαθμός κορεσμού, $S_r = w_o * G_s / e_o$ (%):			Περιεκτικότητα σε νερό, w_o (gr): 25.63		
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ - ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ					
					

Εικόνα 5.9: Αποτελέσματα δοκιμής 2



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



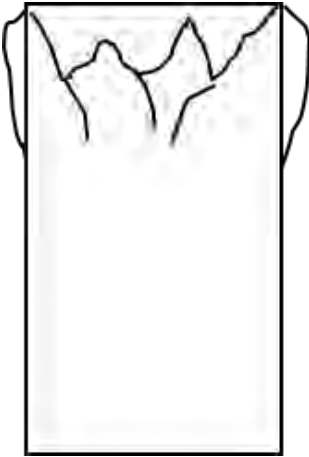
ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ						
ΕΡΓΟ:			-	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ:		2
ΓΕΩΤΡΗΣΗ:		A2	ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ :	-	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:	
ΟΝΟΜΑΤ/ΝΥΜΟ:				ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:		13/12/2007
ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ						
Αξονική Μετακίνηση, ΔL		Αξονική Παραμόρφωση, ε	Διορθωμένη επιφάνεια, A'	Αξονική Δύναμη, P		Τάση, σ
(υποδ.)	(mm)	(%)	(m ²)	(υποδ.)	(kN)	(kPa)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
0	0.00	0.00	0.00113	0	0.00	0.00
56	5.60	6.59	0.00121	27	0.27	222.39
121	12.10	14.23	0.00132	42	0.42	317.62
182	18.20	21.41	0.00144	52	0.52	360.34
238	23.80	25.00	0.00158	60	0.60	380.92
300	30.00	35.29	0.00175	70	0.70	399.39
369	36.90	43.41	0.00200	75	0.75	374.23
433	43.30	50.94	0.00231	70	0.70	302.81
505	50.50	59.41	0.00279	52	0.52	186.11
575	57.50	67.65	0.00351	40	0.40	114.11
640	64.00	75.29	0.00459	33	0.33	71.89
				Αντοχή σε Ανεμπόδιση Θλίψη, q _u (kPa)		
				399.4		
				Παραμόρφωση Αστοχίας, ε _f (%)		
				35.3		
				Συνοχή, c (kPa)		
199.7						
Παρατηρήσεις:						

Εικόνα 5.9 (Συνέχεια) : Αποτελέσματα δοκιμής 2



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



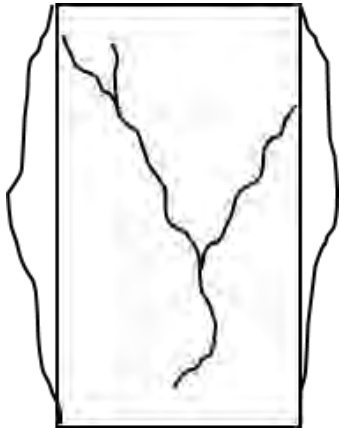
ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ					
ΕΡΓΟ:			ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 3		
ΓΕΩΤΡΗΣΗ: Γ1	ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ :		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:	SITE 1	
ΟΝΟΜΑΤ/ΝΥΜΟ:			ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 13/12/2007		
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ					
Δοκίμιο Αδιατάρακτο: X	Διαμορφωμένο:		Σταθερά μηκ/τρου μετακ/σεων (mm/υποδ) : 0.01		
Ρυθμός παραμόρφωσης (mm/min) :			Σταθερά δυναμ/κου δακτυλίου (kN/υποδ.) : 0.00151		
Διάμετρος δοκιμίου, (cm):	$D_t = 3.80$	$D_m = 3.80$	$D_b = 3.80$	$D_o = (D_t + D_m + D_b) / 3 = 3.80$	
Ύψος δοκιμίου, (cm):	$L_1 = 9.00$	$L_2 = 9.00$	Αρχική διατομή δοκιμίου, $A_o = \pi * D_o^2 / 4$ (cm ²) : 11.34		
	$L_o = (L_1 + L_2) / 2 = 9.00$		Αρχικός όγκος δοκιμίου, $V_o = A_o * L_o$ (cm ³) : 102.07		
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ					
Βάρος δοχείου και εδάφους (αρχικά) (gr) :			ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ		
Βάρος δοχείου και εδάφους (τελικά) (gr) :			Αριθμός δοχείου 5		
Βάρος εδάφους, W (gr) : 211.29			Βάρος δοχείου (gr) : 9.71		
Ειδική πυκνότητα στερεών, G _s : 2.64			Βάρος δοχείου και υγρ. εδάφους (gr) : 26.38		
Ολικό ειδικό βάρος, $\gamma_t = W/V_o$ (gr/cm ³) : 2.07			Βάρος δοχείου και ξηρ. εδάφους (gr) : 23.62		
Ξηρό ειδικό βάρος, $\gamma_d = \gamma_t / (1 + w)$ (gr/cm ³) : 1.73			Βάρος ξηρού εδάφους (gr) : 13.91		
Δείκτης κενών, $e_o = (G_s * \gamma_w / \gamma_d) - 1$: 0.53			Βάρος νερού (gr) : 2.76		
Βαθμός κορεσμού, $S_r = w_o * G_s / e_o$ (%) : 99.14			Περιεκτικότητα σε νερό, w_o (gr) : 19.84		
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ - ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ					
					

Εικόνα 5.10: Αποτελέσματα δοκιμής 3



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ					
ΕΡΓΟ:			ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 4		
ΓΕΩΤΡΗΣΗ:	Γ	ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ :		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:	SITE 2
ΟΝΟΜΑΤ/ΝΥΜΟ:			ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 13/12/2007		
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ					
Δοκίμιο Αδιατάρακτο:	X	Διαμορφωμένο:		Σταθερά μηκ/τρου μετακ/σεων (mm/υποδ) : 0.01	
Ρυθμός παραμόρφωσης (mm/min) :			Σταθερά δυναμ/κου δακτυλίου (kN/υποδ.) : 0.00151		
Διάμετρος δοκιμίου, (cm):	$D_t = 3.80$	$D_m = 3.80$	$D_b = 3.80$	$D_o = (D_t + D_m + D_b) / 3 = 3.80$	
Ύψος δοκιμίου, (cm):	$L_1 = 8.65$	$L_2 = 8.65$	Αρχική διατομή δοκιμίου, $A_o = \pi * D_o^2 / 4$ (cm ²) : 11.34		
	$L_o = (L_1 + L_2) / 2 = 8.65$		Αρχικός όγκος δοκιμίου, $V_o = A_o * L_o$ (cm ³) : 98.10		
ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ					
Βάρος δοχείου και εδάφους (αρχικά) (gr) :			ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ		
Βάρος δοχείου και εδάφους (τελικά) (gr) :			Αριθμός δοχείου 3		
Βάρος εδάφους, W (gr) : 174.82			Βάρος δοχείου (gr) : 9.78		
Ειδική πυκνότητα στερεών, G _s : 2.68			Βάρος δοχείου και υγρ. εδάφους (gr) : 41.99		
Ολικό ειδικό βάρος, $\gamma_t = W / V_o$ (gr/cm ³) : 1.78			Βάρος δοχείου και ξηρ. εδάφους (gr) : 34.37		
Ξηρό ειδικό βάρος, $\gamma_d = \gamma_t / (1 + w)$ (gr/cm ³) : 1.36			Βάρος ξηρού εδάφους (gr) : 24.59		
Δείκτης κενών, $e_o = (G_s * \gamma_w / \gamma_d) - 1$: 0.97			Βάρος νερού (gr) : 7.62		
Βαθμός κορεσμού, $S_r = w_o * G_s / e_o$ (%) : 85.62			Περιεκτικότητα σε νερό, w _o (gr) : 30.99		
ΤΕΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ					
					

Εικόνα 5.11: Αποτελέσματα δοκιμής 4



6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το έδαφος ανέκαθεν υπήρξε ένα υλικό, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν, χρησιμοποιείται σήμερα και θα χρησιμοποιείται και στο μέλλον από τον άνθρωπο είτε ως κατασκευαστικό υλικό είτε ως μέσο έδρασης ως προς την τεχνική πλευρά του αλλά και στις υπόλοιπες χρήσεις που έχει. Επομένως, παρουσιάζει μεγάλο εύρος χρήσης και εκμετάλλευσης και εξαιτίας αυτού θα πρέπει να υπάρχει καλή γνώση ώστε να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια.

Είναι γεγονός ότι το έδαφος αποτελεί ένα «δύσκολο» υλικό εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας τύπων που παρουσιάζουν ανομοιογένεια και ανισοτροπία. Ωστόσο αυτή η δυσκολία οδήγησε σε καλύτερη και περισσότερο εμπειριστατωμένη μελέτη και τυποποίηση των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων κάθε τύπου εδάφους. Δημιουργήθηκαν διάφορα συστήματα κατάταξης για την ταξινόμηση σε επιμέρους κατηγορίες εδαφών και ομαδοποίησης με βάση τις κοινές ιδιότητες που έχουν και συνήθως αυτά τα συστήματα ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένους κλάδους εφαρμογής όπως οδοποιία, γεωτεχνική μηχανική, υδραυλική μηχανική κλπ. Για να καταταχθεί ένα έδαφος σε μία κατηγορία και να ελεγχθεί η μηχανική του συμπεριφορά θα πρέπει να γίνει πλήρης εργαστηριακός έλεγχος και μετέπειτα επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Εκτός από τον εργαστηριακό έλεγχο, γίνεται και η επιτόπου εξέτασή του με εξιδεικευμένες κάθε φορά δοκιμές.

Όλη η παραπάνω προσπάθεια γίνεται για να προσδιοριστεί όσο το δυνατόν καλύτερα το εδαφικό προσομοίωμα και οι ιδιότητες του εδάφους. Για τον προσδιορισμό των παραπάνω θα πρέπει να γνωρίζουμε από την κατάταξη ενός εδαφικού υλικού, την διαπερατότητα του σχηματισμού, τις συνθήκες που επικρατούσαν σε γεωλογικό χρόνο (γεωλογική ιστορία) και επικρατούν στο έδαφος, μέχρι και την κατανομή των τάσεων και την διατμητική του αντοχή.

Ένα έδαφος μπορεί να αστοχήσει και υπό πολλές συνθήκες, μπορεί ωστόσο και να βελτιωθεί με πολλές μεθόδους.

Συμπερασματικά, η όλη προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας στον συγκεκριμένο τομέα επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τιμών του εδάφους και την καλύτερη προσέγγιση στο εδαφικό προσομοίωμα ώστε να καταφέρει ο άνθρωπος να χρησιμοποιήσει με σεβασμό και με ασφάλεια το έδαφος.



7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Αναγνωστόπουλος Α.Γ. και Παπαδόπουλος Β.Π., (1989), *Επιφανειακές θεμελιώσεις*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.
- 2) Barnes G.E., (2005), *Εδαφομηχανική: Αρχές και Εφαρμογές*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- 3) Δεπούντης Ν., *Παρουσίαση : Εδάφη: Σύσταση – δομή – φυσικές ιδιότητες*, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- 4) Καββαδάς Μ., (2005), *Στοιχεία Εδαφομηχανικής*, Έκδοση Ε.Μ. Πολυτεχνείου.
- 5) Κάλτσιος Α., *ΒΕΛΤΙΩΣΗ & ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΔΑΦΩΝ*, Τεύχος 08/2012, Περιοδικό Κτήριο, Θεσσαλονίκη.
- 6) Κοκκίνου Ε., (2015), *Περιβαλλοντική Γεωλογία και Γεωτεχνολογία*, Έκδοση Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Αθήνα.
- 7) Κολέτσος Κ.Α., (2004), *Γεωτεχνική Μηχανική*, Εκδόσεις University studio press, Θεσσαλονίκη.
- 8) Κούκης Γ. και Σαμπατακάκης Ν., (2002). *Τεχνική Γεωλογία*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- 9) Κωστόπουλος Σ.Δ., (2008), *ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ, Ανάλυση των Αρχών Σχεδιασμού & Κατασκευής, ΤΟΜΟΣ Ι*, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
- 10) Λουπασάκης Κ., (2013 – 2014), *Σημειώσεις – Παρουσίαση: Εδαφομηχανική & Στοιχεία Θεμελίωσης*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- 11) Λουπασάκης Κ., (2013 – 2014), *Σημειώσεις – Παρουσίαση: Τεχνική Γεωλογία Ι*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- 12) Μάρκου Ι., (2019), *Βελτίωση της Μηχανικής Συμπεριφοράς Εδαφών σε Φυσικές Καταστροφές με Ενέσεις Εμποτισμού Αιωρημάτων Λεπτόκοκκων Τσιμέντων*, Conference: Εκδήλωση Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΔΠΘ για την έρευνα με θέμα «Επίδραση Φυσικών Καταστροφών σε Έργα Πολιτικού Μηχανικού».
- 13) Μπουκοβάλας Γ., (2013), *Σημειώσεις – Παρουσίαση: Γενικά περί μεθόδων Βελτίωσης – Ενίσχυσης εδαφών*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- 14) Παπαθεοδώρου Κ., (2015), *Γενική και εφαρμοσμένη Γεωλογία*, ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας, Σέρρες.
- 15) Παπαπέτρου – Ζαμάνη Α., (1995), *Γεωμορφολογία*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- 16) Παπαχαρίσης Ν., Μάνου Ν., και Γραμματικόπουλος Ι., *Γεωτεχνική Μηχανική, Έρευνα – Γεωτρήσεις – Εργαστήριο*, Εκδόσεις Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.



Ολυμπία Χαματζόγλου
Εργαστηριακός προσδιορισμός φυσικών χαρακτηριστικών και
ιδιοτήτων εδαφικών σχηματισμών προερχομένων από περιοχές του
Νομού Ξάνθης



- 17) Πλαστήρα Β., Σημειώσεις – Παρουσίαση: Εργαστήριο Εδαφομηχανικής, Ενότητα 11^η: Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.
- 18) Στουρνάρας Γ.Κ. και Σταυροπούλου Μ., (2010), *Τεχνική Γεωλογία*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα.
- 19) Χρηστάρας Β., (2002). *Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές Εδαφομηχανικής*. ΤΕΕ.
- 20) Χρηστάρας Β., (2011), *Τυπολόγιο Εδαφομηχανικής*, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας, τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- 21) Ιστοσελίδα διαθέσιμη στο URL: <https://chem.noesis.edu.gr/To-Edafos-kai-to-Ypedafos>
- 22) Άρθρο στην ιστοσελίδα διαθέσιμη στο URL: <https://www.geodifhs.com/nea/spheroidal-weathering>
- 23) Ιστοσελίδα ΙΓΜΕ (Χαρτογραφική πύλη ΕΑΓΜΕ) στο URL: <https://gaia.igme.gr/portal/home/>