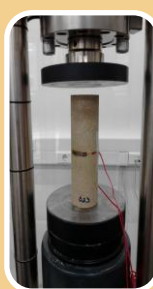
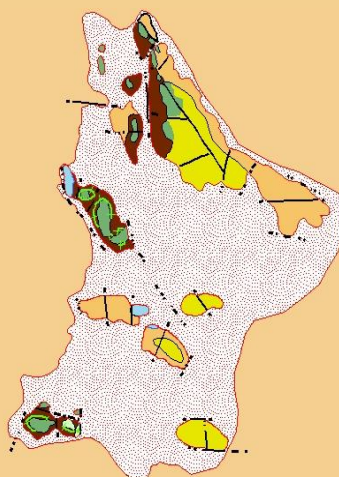




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ  
ΤΩΝ ΠΛΕΙΟ-ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ  
ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΑΙΑΝΙΑΣ- ΚΟΡΩΠΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Αντωνιάδης Αντώνιος- Μάριος

Επιβλέπων: Δημήτριος Ρόζος  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ  
ΠΛΕΙΟ-ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ  
ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΑΙΑΝΙΑΣ- ΚΟΡΩΠΙΟΥ  
ΑΤΤΙΚΗΣ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Αντωνιάδης Αντώνιος-Μάριος

Επιβλέπων: Ρόζος Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις ...../...../2011

Ρόζος Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής

(Υπογραφή).....

Ροντογιάννη-Τσιαμπάου Θεοδώρα, Αν. Καθηγήτρια

(Υπογραφή).....

Κωνσταντίνος Λουπασάκης, Λέκτορας

(Υπογραφή).....

ΑΘΗΝΑ, 2011

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από τον Αντωνιάδη- Αντώνη Μάριο του Μιχαλάκη και της Ευγενίας, φοιτητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών με Αριθμό Μητρώου 071056Ι05 στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος Σπουδών της Σχολής για την απόκτηση διπλώματος μηχανικού Ε.Μ.Π και την επιτυχή ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών.

Πραγματοποιήθηκε, ως επί το πλείστον, στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας της Σχολής και είχε ως θέμα τη διερεύνηση των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των Πλειο-Πλειστοκαινικών ιζημάτων του δυτικού τμήματος της λεκάνης των Μεσογείων. Ο επιβλέπων της εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Δημήτρης Ρόζος, επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής ήταν η κ. Θεοδώρα-Ροντογιάννη Τσιαμπάου, αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π και ο κ. Κωνσταντίνος Λουπασάκης, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αναδεικνύει μέσω της μελέτης και των εργαστηριακών δοκιμών τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των ανωτέρω σχηματισμών και παρουσιάζει ένα ψηφιακό τεχνικογεωλογικό χάρτη που δείχνει την κατανομή αυτών . Στα πλαίσια της εργασίας έγιναν πολλαπλές επισκέψεις στην περιοχή μελέτης για την απαραίτητη δειγματοληψία.

Ο τεχνικογεωλογικός χάρτης που συντάχθηκε τελικά σε κλίμακα 1:50000 είναι χάρτης γενικού σκοπού μεσαίας κλίμακας και εκτιμάται ότι μπορεί να βοηθήσει στο γενικό σχεδιασμό για την ανάπτυξη της περιοχής. Ο χάρτης αυτός παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη σε κλίμακα 1:45.000. Η παρουσίαση του χάρτη γίνεται μέσω του προγράμματος ARCGIS 9.3.



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας συνέβαλλαν πολλοί άνθρωποι, ο καθένας με διαφορετικό τρόπο.

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Δημήτρη Ρόζο, που ήταν διαθέσιμος πάντα και πρόθυμος να με βοηθήσει σε οποιοδήποτε πρόβλημα το οποίο προέκυπτε. Μέσα από την καθοδήγηση του και κυρίως μέσα από τις διορθώσεις του με βοήθησε να αντιληφθώ πληρέστερα τεχνικογεωλογικά θέματα χρήσιμα για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Θεοδώρα Ροντογιάννη – Τσιαμπάου, αναπληρώτρια Καθηγήτρια, η οποία με εισήγαγε ως καθηγήτρια στην επιστήμη της Γεωλογίας και τον κ. Λουπασάκη Κωνσταντίνο, Λέκτορα της Σχολής, για την βοήθειά του στη διεξαγωγή των εργαστηριακών δοκιμών.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Τ.Ε για την ευγενική φιλοξενία στις εγκαταστάσεις της αλλά και για την παροχή των δεδομένων των γεωτρήσεων που αφορούν την περιοχή μελέτης, τα οποία σε συνδυασμό με τις λοιπές βιβλιογραφικές αναφορές εμπλούτισαν τα αναγκαία στοιχεία για την τεχνικογεωλογική διάκριση των σχηματισμών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω να δώσω στον κ. Δημήτρη Κοτσάνη, Γεωλόγο και υποψήφιο διδάκτορα της Σχολής, για την πολύτιμη και σε βάθος βοήθειά του τόσο στην αναγνώριση όλων των γεωλογικών σχηματισμών κατά την επί τόπου έρευνα όσο και στην παροχή πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο διεξαγωγής των εργαστηριακών δοκιμών. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες της Σχολής Δάφνη Σίδερη και Νίκο Σταθόπουλο για τη βοήθειά τους στην εξοικείωσή μου με το πρόγραμμα ArcGIS. Στην εκτέλεση των δοκιμών συνετέλεσε σημαντικά και ο Μηχανικός Μεταλλείων και υποψήφιος διδάκτορας της Σχολής Πάρης Τσαγγαράτος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αγάπη και τη στήριξή που μου έδειξε όλα αυτά τα χρόνια.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη εργασία αναφέρεται στη μελέτη και στον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των Πλειο-Πλειστοκαινικών ιζημάτων και τη γεωμηχανική συμπεριφορά αυτών.

Με την κατανόηση των χαρακτηριστικών επιτυγχάνεται η πρόβλεψη της συμπεριφοράς αυτών κάτω από την επίδραση φυσικών παραγόντων αλλά και η αποφυγή αστοχιών οι οποίες οφείλονται σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις όπως η κατασκευή οδικού δικτύου στην περιοχή.

Αναλυτικότερα η εργασία αυτή περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενότητες:

- i. Οριοθέτηση της περιοχής μελέτης και περιγραφή της γεωλογικής της δομής.
- ii. Παρουσίαση των υδρολογικών στοιχείων όπως συλλέχθηκαν από την Ε.Μ.Υ και περιγραφή της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς των σχηματισμών.
- iii. Πληροφορίες για τη σεισμικότητα και κατάταξη των σχηματισμών βάσει σεισμικής επικινδυνότητας.
- iv. Μέθοδος δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε και εργαστηριακές δοκιμές που διενεργήθηκαν.
- v. Παρουσίαση του τεχνικογεωλογικού χάρτη σε ψηφιακή μορφή και περιγραφή των τεχνικογεωλογικών ενοτήτων.
- vi. Καταγραφή του γεωτεχνικού προβλήματος και των συνεπειών του στην περιοχή.
- vii. Μελέτη της χρήσης των σχηματισμών στα τεχνικά έργα.

Με τις παραπάνω διαδικασίες παρουσιάζεται ένα σύστημα πληροφοριών για μια μεγάλη περιοχή της λεκάνης των Μεσογείων που καλύπτει περίπου το 1/3 της έκτασης αυτής. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περεταίρω ανάπτυξη της περιοχής και να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των υφιστάμενων προβλημάτων.

# ABSTRACT

This paper aims to the study and determination of the physical and mechanical properties of Plio-Pleistocene sediments as well as to their geomechanical performance. Understanding their properties obtained by the prediction of their behavior under the influence of natural factors and human interventions such as building roads in the area, the mitigation of slope and foundation failures becomes easier.

Analytically this thesis includes the following chapters:

- i. Location of study area and description of its geological structure
- ii. Presentation of hydrological data as collected by the national meteorological service and description of the hydro geological behavior of formations.
- iii. Analysis of data concerning the seismicity and seismic hazard, of the formations in the study area.
- iv. Method of sampling and laboratory tests carried out.
- v. Presentation of the engineering geological map in digital form and a description of the geotechnical units.
- vi. Recording of the geotechnical problems and their consequences in the area.
- vii. Use of the formations in Civil Engineering constructions.

With these operations an information system is presented for the 1/3 of the Messogeia region . Such information can be used for the further regional development and helps to the mitigation of existed problems.



## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Η λεκάνη των Μεσογείων .....	2
Εικόνα 2.2: Η λεκάνη των Μεσογείων και η περιοχή μελέτης.....	4
Εικόνα 3.1: Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδας (Μουντράκης κ.α.,1983).....	6
Εικόνα 4.1: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Μεσογείων (geodata.gov.gr).....	13
Εικόνα 5.1 Κύριες σεισμοτεκτονικές ιδιότητες του χώρου του Αιγαίου και των γύρω περιοχών (Parazachos et al.1983).....	25
Εικόνα 5.2: Κατηγορίες (III, II, I) ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας, σύμφωνα με τον τροποποιημένο ΕΑΚ2000. ....	28
Εικόνα 6.1 Δήμος Γλυκών Νερών, οδός Πρασίνου. Πρώτη θέση δειγματοληψίας .....	34
Εικόνα 6.2: Δεύτερη θέση δειγματοληψίας στο δήμο Γλυκών Νερών.....	36
Εικόνα 6.3: Οριοθέτηση εμφάνισης ασβεστόλιθου και σημείο δειγματοληψίας .....	39
Εικόνα 6.4: Γεωγραφική θέση της δειγματοληψίας δυτικά της Αττικής Οδού .....	40
Εικόνα 6.5: Θέση δειγματοληψίας στο λόφο βορειανατολικά της Παιανίας .....	41
Εικόνα 6.6: Θεωρία του Coulomb με συρόμενα τεμάχια .....	66
Εικόνα 8.1: Παρουσία των μισαγγείων στις ανατολικές παρυφές του Υμηττού .....	102
Εικόνα 8.2: Το υδρογραφικό δίκτυο και η Αττική οδός στην περιοχή.....	104
Εικόνα 8.3: Λόφος Νησίδα στη βιομηχανική περιοχή Καρελλά .....	105
Εικόνα 8.4: Πορεία των τάφρων, παράλληλα στην Αττική Οδό από Παιανία (κίτρινο χρώμα) και από Κορωπί (πράσινο χρώμα) προς την κοίτη του Ερασίνου .....	106
Εικόνα 8.5: Υπό κατασκευή δίκτυο ομβρίων υδάτων δήμου Παιανίας .....	107
Εικόνα 8.6: Οριοθέτηση βιομηχανικής περιοχής Καρελλά στην .....	110
ευρύτερη περιοχή μελέτης.....	110
Εικόνα 9.1: Θέσεις αργούντων λατομείων στην περιοχή μελέτης .....	113

## ΛΙΣΤΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Φωτογραφία 6.1: Δειγματοληψία τεταρτογενούς σχηματισμού με κυλινδρικό δειγματολήπτη στο δήμο Παιανίας .....	34
Φωτογραφία 6.2: Δείγματα και όργανα δειγματοληψίας .....	35
Φωτογραφία 6.3: Μαργαϊκός σχηματισμός που λήφθηκε για εργαστηριακές δοκιμές .....	36
Φωτογραφία 6.4: Λήψη δειγμάτων με περιστροφικό γεωτρύπανο στη θέση Νησίδα του δήμου Κρωπίας (Εδαφομηχανική ΑΤΕ).....	37
Φωτογραφία 6.5: Συσκευής προετοιμασίας κυλινδρικών δειγμάτων εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας.....	37
Φωτογραφία 6.6: Αδαμαντοτροχός εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας .....	38
Φωτογραφία 6.7: Συσκευή λείανσης εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας .....	38
Φωτογραφία 6.8: Δήμος Γλυκών Νερών, περιοχή ΜΕΚ Παιανίας. Τυπική εμφάνιση του ασβεστόλιθου της περιοχής.....	39
Φωτογραφία 6.9: Δήμος Γλυκών Νερών, περιοχή εκσκαφής Ιατρικού Πάρκου Αθηνών. Πρόσοψη του πρανούς όπου επικρατεί ο ψαμμίτης .....	40
Φωτογραφία 6.10: Δήμος Παιανίας, λόφος Πυργάθι. Τυπικό δείγμα πρασινοσχιστόλιθου της περιοχής.....	41
Φωτογραφία 6.11: Χρησιμοποιούμενη σειρά κοσκίνων πάνω στον ηλεκτρομαγνητικό δονητή .....	49
Φωτογραφία 6.12: Αργιλοϊλύδες κλάσμα αναμειγμένο με νερό στον ογκομετρικό σωλήνα .....	51
Φωτογραφία 6.13: Όργανα προσδιορισμού ορίων συνεκτικότητας .....	52
Φωτογραφία 6.14: Συσκευή συμπιεσομέτρου που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας.....	57
Φωτογραφία 6.15: Συσκευή άμεσης διάτμησης του εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας.....	67
Φωτογραφία 6.16: Από δεξιά προς τα αριστερά) Αυτόματη πρέσα θραύσης, ικανότητας 5000 kN, με 4 διαφορετικές ειδικές διατάξεις για την εκτέλεση δοκιμών θλίψης, κάμψη ζκαι τριαξονικής φόρτισης σε βραχώδους σχηματισμούς .....	71
Φωτογραφία 6.17: Οριζόντιο μηκυσιόμετρο διαμετρικής παραμόρφωσης σε δοκίμιο ασβεστόλιθου .....	72
Φωτογραφία 6.18: Κατακόρυφο μηκυσιόμετρο αξονικής παραμόρφωσης σε δοκίμιο μαρμάρου .....	73
Φωτογραφία 6.19: Κελί υποδοχή δοκιμίου και συσκευή φόρτισης .....	76
Φωτογραφία 6.20: Συσκευή σημειακής φόρτισης.....	78
Φωτογραφία 7.1: Χαρακτηριστική τομή τεταρτογενών σχηματισμών θεμελίων πολυκατοικίας στην Παιανία .....	90
Φωτογραφία 7.2: Αντιπροσωπευτικά δείγματα από γεώτρηση στην περιοχή του Κορωπίου (Εδαφομηχανική Α.Τ.Ε) που έχει διατρήσει την ομάδα των τεταρτογενών σχηματισμών.(Βάθος 0-5m).....	90
Φωτογραφία 7.3: Τομή μαργαϊκών σχηματισμών στη θέση όπου προοριζόταν η ανέγερση του Ιατρικού Πάρκου Αθηνών.....	92
Φωτογραφία 7.4:Χαρακτηριστική τομή μαργαϊκών ασβεστόλιθων στα ανώτερα μέλη σχηματισμών στη θέση όπου προοριζόταν η ανέγερση του Ιατρικού Πάρκου Αθηνών.....	92

Φωτογραφία 7:5: Αντιπροσωπευτικά δείγματα από γεώτρηση στην περιοχή του Κορωπίου(ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Τ.Ε) που έχει διατρήσει την ομάδα των νεογενών σχηματισμών μεικτών φάσεων. (Βάθος 11-15m).....	93
Φωτογραφία 7.6: Ψηφιδοπαγές στην περιοχή εκσκαφής του Ιατρικού Πάρκου .....	94
Φωτογραφία 7.7: Λατυποπαγές στο λόφο Πυργάθι του Δήμου Παιανίας.....	95
Φωτογραφία 7.8: Αντιπροσωπευτικά δείγματα από γεώτρηση στην περιοχή του Κορωπίου (ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Τ.Ε) που έχει διατρήσει την ομάδα των νεογενών αδρομερών σχηματισμών. (Κροκαλολατυποπαγή) (Βάθος 11,2-15,2m) .....	95
Φωτογραφία 7.9: Τεμάχια ασβεστόλιθων τα οποία βρίσκονται στο λόφο Χριστός (πλησίον Ιεράς Μονής Βηθλεέμ) του δήμου Κρωπίας.....	97
Φωτογραφία 7.10: Εμφάνιση ασβεστόλιθου στο λόφο Καμάρα του δήμου Παιανίας.....	97
Φωτογραφία 7.11: Αποσαθρωμένοι σχιστόλιθοι τεφρού χρώματος στο λόφο Πυργάθι του Δήμου Παιανίας .....	98
Φωτογραφία 7.12: Πρασινοσχιστόλιθος στο λόφο Πυργάθι του Δήμου Παιανίας .....	99
Φωτογραφία 7.13: Καμίι μαρμάρου στην Παιανία.....	100
Φωτογραφία 7.14: Μάρμαρο τροφοδοσίας του καμινιού από την ίδια περιοχή .....	101
Φωτογραφία 8.1: Τμήμα αγωγού στην οδό Αγίου Λουκά.....	108
Φωτογραφία 8.2: Τμήμα αγωγού στην οδό Ιωάννη Αθανασίου.....	108

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4.1: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Παιανίας (1974-1983).....	18
Σχήμα 4.2: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Παιανίας (1974-1983).....	18
Σχήμα 6.1: Φάσεις του εδαφικών υλικών.....	43
Σχήμα 6.2: Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη λεπτόκοκκου εδάφους.....	48
Σχήμα 6.3: Όρια συνεκτικότητας.....	53
Σχήμα 6.4: Χάρτης πλαστικότητας Casagrande.....	55
Σχήμα 6.5: Γραμμική σχέση τάσεων-παραμορφώσεων τεχνητού υλικού.....	60
Σχήμα 6.6: Μη γραμμική σχέση τάσεων παραμορφώσεων φυσικού εδαφικού υλικού.....	61
Σχήμα 6.7: Πίεση προφόρτισης εδαφικού υλικού.....	62
Σχήμα 6.8: Διαγράμματα από κανονικώς στερεοποιημένο (N.C) και υπερστερεοποιημένο εδαφικό σχηματισμό (O.C).....	64
Σχήμα 6.9: Γραφικός προσδιορισμός διάφορων μέτρων ελαστικότητας.....	73
Σχήμα 6.10: Διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης πετρώματος (Τσουτρέλης et al., 2000).....	75
Σχήμα 6.11: Μεταβολή της εφελκυστικής και θλιπτικής τάσης κατά μήκος της διαμέτρου Y-Y' για φόρτιση υπό γωνία $2\theta=9,5^\circ$ (Fairhurst, 1964).....	77
Σχήμα 6.12 Αποτελέσματα δοκιμών σημειακής φόρτισης για διάφορες De και γραφικός υπολογισμός του P.....	80
Σχήμα 6.13 Διάγραμμα γραφικού υπολογισμού του συντελεστή διόρθωσης μεγέθους F.50.....	80
Σχήμα 9.1: Κατάταξη δειγμάτων βάσει καταλληλότητας για επικάλυψη πρανών.....	119

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1: Κλιματολογικά δεδομένα σταθμού Παιανίας .....	19
Πίνακας 4.2: Κλιματολογικά δεδομένα σταθμού Σπάτων.....	20
Πίνακας 5.1: Σεισμοί μεγέθους $M_s \geq 4,5$ της κλίμακας Richter για την περιοχή με συντεταγμένες $23^\circ 20'$ έως $24^\circ 30'$ γεωγραφικό μήκος και $37^\circ 30'$ έως $38^\circ$ $20'$ γεωγραφικό πλάτος .....	26
Πίνακας 6.1: Εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής .....	44
Πίνακας 6.2: Κατηγορίες εδαφικών υλικών-Χαρακτηριστικά κόσκινα (ASTM) .....	50
Πίνακας 6.3: Τιμές ορίων Atterberg για ορισμένα κύρια αργιλικά ορυκτά (Ρόζος κ.α, 2007).....	54
Πίνακας 6.4: Εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής .....	70
Πίνακας 6.5 Ταξινόμηση πετρώματος με βάση τον δείκτη σημειακής φόρτισης $I_s(50)$ σε MPa (Bieniawski, 1975). .....	81
Πίνακας 7.1: Μέθοδοι Εισαγωγής Γεωγραφικών Δεδομένων (Κουτσόπουλος, Ανδρουλακάκης 2005) .....	84
Πίνακας 7.2: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχηματισμών .....	89
Πίνακας 7.3: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχηματισμών .....	91
Πίνακας 7.4: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχηματισμών .....	94
Πίνακας 7.5: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά ασβεστόλιθων.....	96
Πίνακας 7.6: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχιστόλιθων.....	98
Πίνακας 7.7: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά μαρμάρων.....	100
Πίνακας 9.1: Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα αδρανών με βάση την πηγή λήψης τους και την προέλευση τους (Τσιάβου κ.α., 2004).....	114
Πίνακας 9.2: Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στο σύστημα ταξινόμησης USC .....	115
Πίνακας 9.3: Καταλληλότητα εδαφικών σχηματισμών βάσει της κοκκομετρική τους σύστασης .....	116
Πίνακας 9.4: Καταλληλότητα εδαφικών σχηματισμών βάσει της κοκκομετρική τους σύστασης .....	117
Πίνακας 9.5: Καταλληλότητα αργιλικών εδαφών για χρήση επικάλυψης πρανών .....	119
Πίνακας 9.6: Κατηγορίες γαιωδών εδαφικών υλικών. ....	120

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1.</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....</b>	<b>2</b>
	2.1. Γεωμορφολογική εικόνα της λεκάνης των Μεσογείων .....	2
	2.2. Μορφολογικοί χαρακτήρες .....	4
<b>3.</b>	<b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ .....</b>	<b>5</b>
	3.1. Γεωτεκτονικές ζώνες του Ελλαδικού χώρου .....	5
	3.2. Γεωτεκτονική τοποθέτηση και Γεωλογική δομή της Αττικής .....	7
	3.3. Λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της λεκάνης των Μεσογείων .....	10
	3.3.1. Νεογενείς σχηματισμοί και πλειστοκαινικές αποθέσεις .....	11
<b>4.</b>	<b>ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ .....</b>	<b>13</b>
	4.1. Υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης των Μεσογείων .....	13
	4.2. Μετεωρολογικά στοιχεία .....	15
	4.2.1. Θερμοκρασία αέρα .....	16
	4.2.2. Σχετική υγρασία-Διεύθυνση ανέμων.....	17
	4.2.3. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα .....	17
<b>5.</b>	<b>ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....</b>	<b>24</b>
	5.1. Γενικά.....	24
	5.2. Σεισμικότητα.....	24
	5.3. Κατηγοριοποίηση σχηματισμών με βάση τη σεισμική επικινδυνότητα.....	28
<b>6.</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ -ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ.....</b>	<b>31</b>
	6.1. Γενικά.....	31
	6.2. Δειγματοληψία και διαμόρφωση δειγμάτων .....	32
	6.2.1. Εδαφικοί σχηματισμοί.....	32
	6.2.1.1. Γενικά .....	32
	6.2.1.2. Μέθοδοι και περιοχές δειγματοληψίας .....	33
	6.2.2. Βραχώδεις σχηματισμοί .....	37
	6.2.2.1. Γενικά .....	37
	6.2.2.2. Θέσεις δειγματοληψίας και δείγματα.....	39
	6.3. Εργαστηριακές δοκιμές.....	42
	6.3.1. Γενικά.....	42
	6.3.2. Βασική δομή και εργαστηριακές δοκιμές των εδαφικών σχηματισμών .....	42
	6.3.2.1. Δοκιμές ταξινόμησης .....	45
	6.3.2.1.1. Κοκκομετρική ανάλυση εδαφών.....	46
	6.3.2.1.2. Όρια συνεκτικότητας.....	52
	6.3.2.1.3. Κατάταξη εδαφών.....	55
	6.3.2.2. Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.....	56
	6.3.2.2.1. Εργαστηριακή δοκιμή συμπίεστότητας.....	56

6.3.2.2.2.	Φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους και μεθοδολογία προσδιορισμ.....	58
6.3.2.2.3.	Θεωρητικά στοιχεία για τους δείκτες του εδάφους και μεθοδολογία προσδιορισμού τους.....	59
6.3.2.3.	Διατμητική αντοχή εδαφών.....	64
6.3.2.3.1.	Εργαστηριακή δοκιμή άμεσης διάτμησης.....	66
6.3.3.	Βασική δομή και εργαστηριακές δοκιμές των βραχωδών σχηματισμών.....	69
6.3.3.1.	Μονοαξονική θλίψη πετρώματος.....	71
6.3.3.2.	Δοκιμή Αντιδιαμετρικής Θλίψης (Brazilian Test).....	75
6.3.3.3.	Δοκιμή σημειακής φόρτισης.....	78
<b>7.</b>	<b>ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....</b>	<b>82</b>
7.1.	Η σημασία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών(G.I.S).....	82
7.2.	Σύνταξη του Τεχνικογεωλογικού Χάρτη της περιοχής μελέτης.....	86
7.2.1.	Διάκριση λιθολογικών ενότητων και γεωμηχανική συμπεριφορά αυτών.....	88
7.2.1.1.	Τεταρτογενή ημισυνεκτικά μεικτών φάσεων.....	88
7.2.1.2.	Νεογενή κυρίως λεπτομερή.....	92
7.2.1.3.	Νεογενή, συνεκτικά αδρομερή.....	93
7.2.1.4.	Σχηματισμοί προνεογενούς υποβάθρου.....	96
<b>8.</b>	<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>102</b>
8.1.	Γενικά.....	102
8.2.	Το πρόβλημα και οι αιτίες του.....	103
8.3.	Αντιπλημμυρικά έργα στην περιοχή.....	105
8.4.	Γενική εικόνα και επιπτώσεις των κατασκευασμένων έργων.....	109
8.5.	Προτάσεις έργων.....	109
<b>9.</b>	<b>ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ.....</b>	<b>111</b>
9.1.	Διαχωρισμός αδρανών υλικών με βάση την πηγή λήψης τους.....	111
9.1.1.	Φυσικά ή συλλεκτά αδρανή.....	111
9.1.2.	Αδρανή λατομείων.....	112
9.2.	Καταλληλότητα δανειοδότησης για χρήση σε τεχνικά έργα.....	115
9.2.1.	Επιχώματα.....	118
<b>10.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>121</b>
<b>11.</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>123</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Μεσόγεια είναι συγκρότημα δήμων της Ανατολικής Αττικής που οικοδομούνται ανατολικά του Υμηττού, όρους που τα διαχωρίζει από το λεκανοπέδιο των Αθηνών. Έδρα του συγκροτήματος είναι τα Σπάτα και επίνειο ο αναπτυσσόμενος λιμένας της Ραφήνος.

Αρχικά είχαν αγροτικό και παραθεριστικό χαρακτήρα, αλλά τα τελευταία χρόνια η δόμηση λαμβάνει φρενήρεις ρυθμούς, ιδιαίτερα μετά τα μεγάλα έργα που πραγματοποιήθηκαν το 2004 (Αεροδρόμιο Σπάτων, Αττική Οδός, Προαστιακός, Μετρό).

Οι δήμοι Γλυκών Νερών, Παιανίας, Κορωπίου και Σπάτων που αποτελούν τους υπό μελέτη δήμους, είναι αυτοί που αναμένεται να επεκταθούν σε μεγάλο βαθμό και στο μέλλον, προκειμένου να ικανοποιήσουν την αυξανόμενη ζήτηση για κατοικία, καθώς το λεκανοπέδιο των Αθηνών δεν είναι δυνατό να διατηρήσει τον ίδιο ρυθμό αστικοποίησης.

Τα μεγάλα έργα στην περιοχή (Αττική Οδός, αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος», βιομηχανική ζώνη «Καρελλά») συντελούν στην ανάπτυξη της περιοχής αλλά επιφέρουν και προβλήματα τα οποία σχετίζονται με την ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν, η μελέτη και η γνώση των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των σχηματισμών καθώς και η ομαδοποίησή τους κρίνεται πολύ σημαντική καθώς συμβάλλει στην περαιτέρω ανάπτυξη της περιοχής αλλά και στην αντιμετώπιση των προβλημάτων τα οποία θα επακολουθήσουν αυτής της ανάπτυξης.



## 2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.1. Γεωμορφολογική εικόνα της λεκάνης των Μεσογείων

Η λεκάνη των Μεσογείων (Μέττος, 1992) βρίσκεται 20 χιλιόμετρα ανατολικά των Αθηνών και καταλαμβάνει έκταση 340 τετραγωνικών χιλιομέτρων, η οποία περικλείεται μεταξύ των οροσειρών της Πεντέλης και του Υμηττού και του κόλπου των Πεταλιών. (Εικόνα 2.1)

Ειδικότερα το βόρειο όριο της λεκάνης είναι η Πεντέλη, το δυτικό ο Υμηττός, το νότιο οι λόφοι που περιβάλλουν το Κορωπί και το Μαρκόπουλο και το ανατολικό η ανοικτή θάλασσα του κόλπου των Πεταλιών.



**Εικόνα 2.1: Η λεκάνη των Μεσογείων  
(Κατσαβριάς, 2007)**

Η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης των Μεσογείων μπορεί να χαρακτηριστεί στο σύνολό της από ορεινή έως λοφώδης, αφ' ενός από την παρουσία των υψηλών και σε

μεγάλη έκταση αναπτυσσόμενων ορεινών όγκων του Υμηττού και της Πεντέλης και αφ' ετέρου, από τους λόφους που βρίσκονται τόσο στα όρια της λεκάνης όσο και μέσα σ' αυτή.

Η λεκάνη των Μεσογείων έχει σχήμα τετραπλεύρου με άξονες που διευθύνονται από Α προς Δ και από Β προς Ν, που είναι και ο μεγαλύτερος.

Η οροσειρά της Πεντέλης (1109μ.- Πυργάρι) έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, με κυριότερες κορυφές τις: Μπύριζα (897μ.), Αγ. Παντελεήμων (876μ.), Μαυρηνόρα (872μ.) και Διονυσοβούνι (650μ.), ενώ του Υμηττού έχει διεύθυνση Β-Ν με κυριότερες κορυφές τις: Κορακοβούνι (692μ.) Πρ. Ηλίας (659μ.), Μαύροβο (770μ.) και Στρώμα (720μ.). Η Πεντέλη μεταπίπτει βαθμηδόν προς τα Μεσόγεια με μικρούς λόφους, που διασχίζονται από χείμαρρους με διεύθυνση Β-Ν, οι οποίοι κλίνουν προς Α, όταν φθάνουν στα πεδινότερα σημεία των Μεσογείων. Ο μεγαλύτερος από τους χείμαρρους αυτούς, το Μεγάλο Ρέμα, τροφοδοτείται από μικρές πηγές που υπάρχουν κατά μήκος του ρέματος. Διαρρέεται από νερό σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, στο μέσο και Άνω Ρου του ρέματος που δε φτάνει όμως στη θάλασσα λόγω της μικρής παροχής και της αυξημένης υδροπερατότητας των πρόσφατων αποθέσεων.

Ο Υμηττός κατέρχεται προς τα Μεσόγεια κατά το μάλλον ή ήττον απότομα, οι χείμαρροι που αναπτύσσονται στις κλιτύες του έχουν διεύθυνση Α-Δ, ενώ οι χαραδρώσεις του δεν είναι έντονες. Υπάρχει δηλαδή, σε αντίθεση με την οροσειρά της Πεντέλης, απουσία ροής καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, εκτός από τις βροχερές μέρες. Τούτο συμβαίνει επειδή η ανατολική πλευρά του Υμηττού δομείται από μακροπερατά μάρμαρα, ενώ η νότια πλευρά της Πεντέλης από εναλλαγές αδιαπέρατων σχιστόλιθων και κρυσταλλικών ασβεστόλιθων.

Το ανάγλυφο της λεκάνης δεν είναι ομαλό και χαρακτηρίζεται από την παρουσία λόφων, οι κυριότεροι των οποίων είναι: Μπούρα (300μ.), λόφος των Σπάτων (164μ.) Πύρινα (174μ.), Έτος (198μ.), Περιβολάκι (121μ.), Βούλα (272μ.) κ.α

## 2.2. Μορφολογικοί χαρακτήρες

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στη δυτική πλευρά της λεκάνης Μεσογείων, εκατέρωθεν της Αττικής Οδού και εκτείνεται από την περιοχή μεταξύ Παιανίας-Κορωπίου μέχρι την περιοχή μεταξύ Παιανίας-Σπάτων.(Εικόνα 2.2)



Εικόνα 2.2: Η λεκάνη των Μεσογείων και η περιοχή μελέτης

Μορφολογικά η περιοχή είναι πεδινή αναπτύσσοντας έντεκα (11) χαμηλές λοφώδεις εξάρσεις. Από αυτές τρεις (3) έχουν διεύθυνση Β-Ν, τρεις (3) έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, τέσσερις (4) έχουν διεύθυνση Α-Δ και μία (1) ΝΔ-ΒΑ. Επίσης δεν υπάρχουν ποτάμια μόνιμης ροής ούτε άλλου τύπου μόνιμες υδατοσυλλογές. Η κλίση του εδάφους της περιοχής είναι προς τα νοτιοανατολικά. Χαρακτηριστικό της περιοχής αποτελούν οι αβαθείς γραμμές-μισγάγκειες οι οποίες ξεκινούν από τα δυτικά, στις πλαγιές του Υμηττού και επεκτείνονται προς όλες τις κατευθύνσεις.

### **3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ**

#### **3.1. Γεωτεκτονικές ζώνες του Ελλαδικού χώρου**

Στον Ελληνικό χώρο (Αλεξούλη-Λειβαδίτη,2008) διακρίνονται γεωτεκτονικές ζώνες, με βάση ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά που δηλώνουν την εξέλιξη των περιοχών αυτών, με φαινόμενα όπως η διαδικασία απόθεσης των ιζημάτων και δημιουργίας των ιζηματογενών αποθέσεων μέχρι και την ορογενετική διεργασία με τις πτυχώσεις, τα ρήγματα και τη μεταμόρφωση. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος της Αλπικής ορογένεσης στη σημερινή διαμόρφωση του ελληνικού χώρου, με τον ισχυρό κατακόρυφο και οριζόντιο διαμελισμό. Στη διαμόρφωση αυτή συνέβαλαν αργότερα και οι τριτογενείς και τεταρτογενείς κατακόρυφες κινήσεις με την παραπέρα εξέλιξη των μεταλλικών τάφρων, με τις οποίες συνδέεται άμεσα και η έντονη σεισμικότητα που χαρακτηρίζει την περιοχή.

Οι γεωτεκτονικές ζώνες διακρίνονται από τα δυτικά προς τα ανατολικά στις <<Εξωτερικές>> και τις <<Εσωτερικές>> ζώνες. Η κατανομή τους στο χώρο ακολουθεί τις οροσειρές της χώρας μας και στις περισσότερες περιπτώσεις στα όρια μεταξύ των ζωνών εντοπίζονται κύριες τεκτονικές δομές (επωθήσεις, ρηξιγενείς ζώνες). Η διακριτή λιθολογική σύσταση και η τεκτονική καταπόνηση της κάθε ζώνης έχει άμεσες επιδράσεις στην γενικότερη γεωμηχανική της απόκριση, με αποτέλεσμα η κάθε μια από αυτές να χαρακτηρίζεται από ένα γενικότερο πλαίσιο συμπεριφοράς, όσον αφορά τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες. Μια χαρακτηριστική διαφορά των εσωτερικών και των εξωτερικών είναι η παρουσία στις εσωτερικές ζώνες μεταμορφωμένων και πυριγενών πετρωμάτων (Παλαιοζωικής όσο και Μεσοζωικής έως Τριτογενούς ηλικίας). Στις εξωτερικές ζώνες σχεδόν απουσιάζουν τα μεταμορφωμένα πετρώματα, ενώ στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου υπάρχουν μερικές σπάνιες ηφαιστειακές εμφανίσεις.

Αναλυτικότερα οι Ελληνικές γεωτεκτονικές ζώνες (ή Ελληνίδες) έχουν ως εξής από Δυτικά προς Ανατολικά (Εικόνα 3.1)

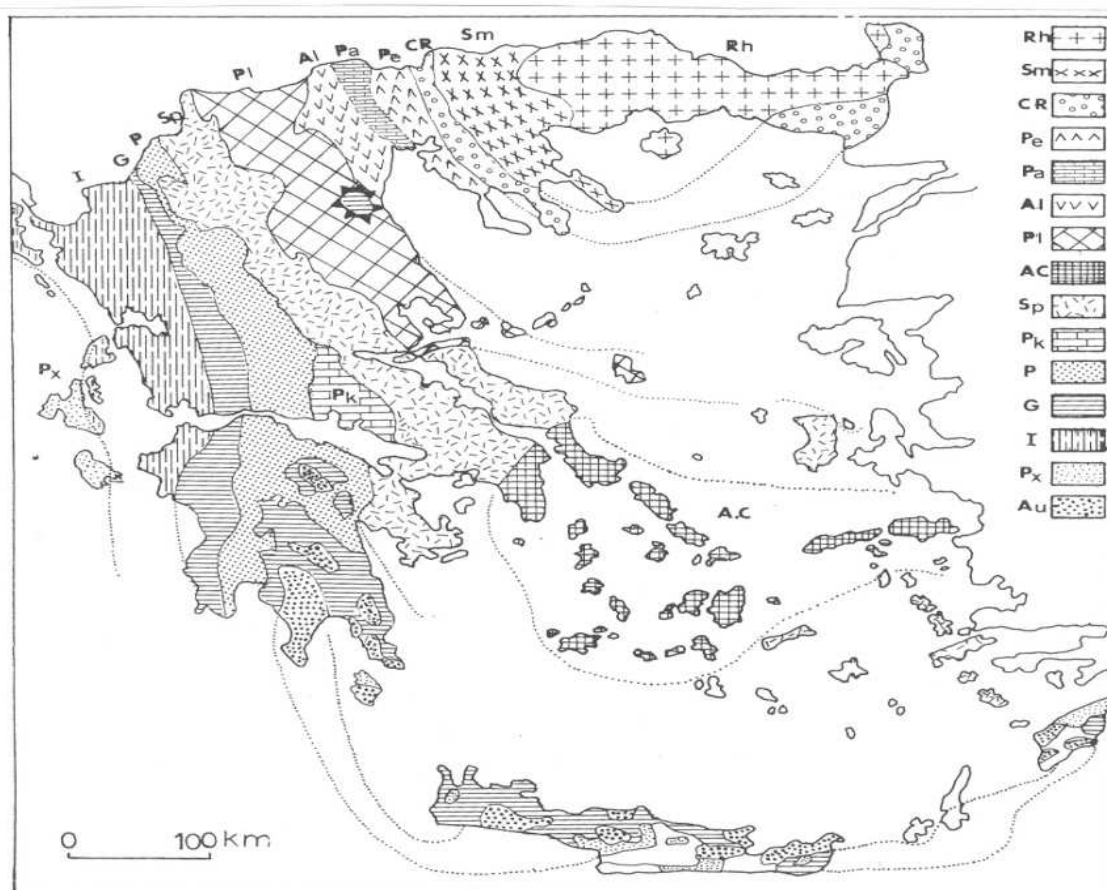
### Εξωτερικές ζώνες

1. Ζώνη Παξών ή Προαπούλια Ζώνη
2. Ιόνιος (ή Αδρατικοϊόνιος)
3. Ζώνη
4. Γαβρόβου-Τριπόλεως
5. Ζώνη Ωλονού-Πίνδου
6. Ζώνη Παρνασσού-Γκιόνας

### Εσωτερικές ζώνες

1. Υποπελαγονική ζώνη
2. Πελαγονική ζώνη
3. Αττικο-Κυκλαδική ζώνη
4. Ζώνη Αξιού
5. Ζώνη Ροδόπης

Οι γεωλογικές συστηματικές έρευνες της τελευταίας 50ετίας έδειξαν ότι οι παραπάνω γεωτεκτονικές ζώνες είναι επωημένες με τη σειρά από τα ΒΑ προς τα ΝΔ η καθεμία σε αυτή που βρίσκεται στα δυτικά της..



**Εικόνα 3.1: Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδας (Μουντράκης κ.α.,1983)**

**Px:** Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, **I:** Ιόνιος ζώνη, **G:** Ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης, **P:** Ζώνη Πίνδου  
**Pk:** Ζώνη Παρνασσού – Γκιόνας, **Sp:** Υποπελαγονική ζώνη, **PI:** Πελαγονική ζώνη, **Ac:** Αττικο-  
Κυκλαδική ζώνη (**Pe:** Ζώνη Παιανίας, **Pa:** Ζώνη Πάικου, **Al:** Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού,  
(**Rh:** Μάζα Ροδόπης, **Sm:** Σερβομακεδονική μάζα)=Ζώνη Ροδόπης

### 3.2. Γεωτεκτονική τοποθέτηση και Γεωλογική δομή της Αττικής

Υπάρχουν πολλές απόψεις σχετικά με την τεκτονική διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών της Αττικής και ειδικότερα της λεκάνης των Μεσογείων. Η άποψη που επικρατεί τελευταία είναι πως η σειρά των γεωλογικών σχηματισμών ανήκει στις εσωτερικές ζώνες και συγκεκριμένα στην Πελαγονική και την Υποπελαγονική ζώνη οι οποίες σήμερα θεωρείται ότι αποτελούν μία ενιαία ζώνη την Πελαγονική.

Η ζώνη αυτή δομείται από τους εξής σχηματισμούς: (Ρόζος, 2007)

- **Ιζήματα του φλύσχη**, από εναλλασσόμενες φάσεις ιλυολίθων και ψαμμιτών με επικράτηση των εύθρυπτων ιλυολίθων με χιλιοστομετρική στρώση. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού είναι αρκετές δεκάδες μέτρα.
- **Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι**. Ανθρακικά ιζήματα, με μικροκαρστικές διαβρωσιγενείς κοιλότητες. Το πάχος τους φαίνεται να ξεπερνά τα 200 μέτρα.
- **Τριαδικο-ιουρασικοί ασβεστόλιθοι**. Ασβεστόλιθοι μεσοπαχυστρωματώδεις έως άστρωτοι, έντονα αποκαρστωμένοι, που χαρακτηρίζονται από την παρουσία σπηλαίων σημαντικών διαστάσεων κυρίως στο χώρο του υψώματος Μαυρηνόρα. Το πάχος τους φαίνεται να ξεπερνά τα 400m.
- **Αργιλοψαμμιτικοί σχηματισμοί**. Αποτελούν το τριαδικό υπόβαθρο της στενής περιοχής μελέτης και συνίστανται από εναλλαγές ψαμμιτών, γραουβακών, φυλλιτών και σχιστόλιθων. Η παρουσία των εξαλλοιωμένων φάσεων αλλά και η δράση των αποσαθρωτικών – διαβρωτικών διεργασιών στις θέσεις επικράτησης των σχιστόλιθων διαμορφώνει μανδύα αποσάθρωσης ικανοποιητικού πάχους τοπικά. Το πάχος τους φαίνεται να ξεπερνά τα 150m.

Η Πελαγονική ζώνη είναι επωθημένη προς τα δυτικά πάνω στη ζώνη της Πίνδου, στην περιοχή της Πίνδου και στην Κεντρική Στερεά πάνω στη ζώνη της Βοιωτίας και του Παρνασσού.

Εκτός όμως από τους γεωλογικούς σχηματισμούς της Πελαγονικής ζώνης, στην ευρύτερη περιοχή εμφανίζονται οι σχηματισμοί της αυτόχθονης μεταμορφωμένης ενότητας της Αττικής και οι σχηματισμοί δύο ενδιάμεσων ενοτήτων, της ενότητας των Αφιδνών-Τουρκοβουνίων και του Νεοελληνικού Τεκτονικού Καλύμματος.

Η μεταμορφωμένη αυτόχθονη ενότητα της Αττικής δομείται κυρίως από τους εξής σχηματισμούς: (Παπαδέας, 2002)

- I. Κατώτερο μάρμαρο**, το οποίο αποτελεί τον πυρήνα των οροσειρών Πεντέλης, Υμηττού και στρωματογραφικά τον κατώτερο σχηματισμό που εμφανίζεται στην περιοχή της Αττικής. Είναι συνήθως λευκό λεπτόκοκκο με ζαχαρώδη υφή με παχυστρωματώδεις ενστρώσεις. Το πάχος του σχηματισμού εκτιμάται στα 500m.
- II. Σχιστόλιθους Καισαριανής**, οι οποίοι αναπτύσσονται πάνω από τα μάρμαρα του Υμηττού και επεκτείνονται ως τους λόφους Λυκαβηττού, Ακρόπολης, Τουρκοβουνίων. Πρόκειται για μαρμαρυγιακούς, ασβεστιτικούς, γραφιτικούς και χλωριτικούς σχιστόλιθους. Περιέχουν σώματα σχιστοποιημένων και εξαλοιωμένων σερπεντινιτών, καθώς και φακοειδείς ενστρώσεις μαρμάρων. Τοπικά το πάχος του σχηματισμού φτάνει τα 250m.
- III. Ανώτερο μάρμαρο**, το οποίο εμφανίζεται στην Πεντέλη, στο Μαραθώνα, στον Υμηττό και στο Λαύριο. Στην ανατολική Λαυρεωτική παρουσιάζει μεγάλη εξάπλωση (ανατολικά του ρήγματος των Λεγραινών) στην περιοχή νότια της Καμάριζας ως τα Λεγραινά. Είναι λευκής απόχρωσης, λεπτόκοκκο, λεπτοπλακώδες ως παχυπλακώδες και παρουσιάζει ανθεκτικότητα στη διάβρωση. Το πάχος του ποικίλει από περιοχή σε περιοχή φτάνοντας και τα 300m.

Η ενότητα των Αφιδνών-Τουρκοβουνίων αποτελείται από τα εξής πετρώματα: (Ρόζος 2007)

- I. Σχιστόλιθος Αθηνών:** Ο Σχιστόλιθος Αθηνών ή αλλιώς «Αθηναϊκός Σχιστόλιθος» καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της κεντρικής περιοχής των Αθηνών, αποτελώντας ταυτόχρονα το υπόβαθρο Μεταλλικών σχηματισμών και αποθέσεων. Ο σχιστόλιθος Αθηνών αποτελεί έναν ιδιόρρυθμο, κυρίως κλαστικό δυναμο-μεταμορφωμένο σχηματισμό,

φλυσχοειδούς χαρακτήρα, μέσα στον οποίο οι διάφοροι επικρατούντες πετρολογικοί τύποι εναλλάσσονται τόσο στρωματογραφικά, όσο και πλευρικά με μεγάλη συχνότητα. Οι κυριότεροι πετρολογικοί τύποι που αναγνωρίζονται στον Αθηναϊκό σχιστόλιθο είναι ιλύολιθοι, αργιλικόι σχιστόλιθοι, μεταψαμμίτες (χαλαζιακοί και ανθρακικοί) και λιγότερο χαλαζίτες και κροκαλοπαγή. Γενικά, τα ψαμμιτικά μέλη επικρατούν στους ανώτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες. Τα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά του Αθηναϊκού σχιστόλιθου ενδιαφέρουν το μηχανικό, καθώς ο συγκεκριμένος σχηματισμός συναντάται κατά κύριο λόγο στις διανοίξεις των σηράγγων του Μετρό οι οποίες βρίσκονται στο λεκανοπέδιο των Αθηνών.

**II. Ασβεστόλιθοι Αθηνών:** Οι ασβεστόλιθοι Αθηνών βρίσκονται διάσπαρτοι στο Λεκανοπέδιο, στις κορυφές κυρίως των λόφων, υπερκείμενοι πάντα του σχιστόλιθου Αθηνών. Αναλυτικότερα, τα κατώτερα μέλη αποτελούνται από λεπτοστρωματώδεις, μαργαϊκούς, κιτρινόφαιους έως κιτρινοπράσινους ασβεστόλιθους, με διαστρώσεις ψαμμούχων μαργών και λατυποπαγών καθώς και παρεμβολές συμπαγών κρυσταλλικών ασβεστόλιθων. Τα ανώτερα μέλη, που εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στις κορυφές των λόφων, συνίσταται εξολοκλήρου από γκριζόλευκους άστρωτους έως παχυστρωματώδεις συμπαγείς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους. Αυτοί είναι αρκετά καρστικοποιημένοι και κατά θέσεις κατακερματισμένοι. Στη βάση τους συχνά εμφανίζουν λατυποπαγή χαρακτήρα.

Τέλος, οι σχηματισμοί του Νεοελληνικού Τεκτονικού Καλύμματος που απαντώνται σε διάφορες περιοχές της νότιας Αττικής, βρίσκονται επωθημένοι πάνω στο σχετικά αυτόχθονο σύστημα της Αττικής. Το συνολικό πάχος των σχηματισμών αυτών υπερβαίνει πολλές φορές τα 800 m. Αποτελούνται κυρίως από φυλλίτες, σερικιτικούς και χαλαζιακούς σχιστόλιθους και χαλαζίτες, με παρεμβολές μεταμορφωμένων βασικών εκρηξιγενών (πρασινιτών). Στη μάζα των σχιστόλιθων υπάρχουν ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστόλιθων, ποικίλου πάχους, κυρίως στα ανώτερα μέλη του καλύμματος, όπου κατά θέσεις αποτελούν χωριστό ευδιάκριτο ορίζοντα. Επίσης κατά θέσεις απαντώνται μικρά σώματα σερπεντινιτών.



### 3.3. Λιθοστρωματογραφική διάρθρωση της λεκάνης των Μεσογείων

Στη γεωλογική δομή της περιοχής συμμετέχουν, από τα παλαιότερα προς τα νεότερα τα εξής στρώματα: (ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ, 2009 )

**A)** οι σχηματισμοί του αυτόχθονου μεταμορφωμένου συστήματος της Αττικής, του οποίου τα κύρια πετρώματα είναι το ανώτερο μάρμαρο Υμηττού, το οποίο βρίσκεται κυρίως στις ανατολικές παρυφές του Υμηττού και οι σχιστόλιθοι Καισαριανής των οποίων οι εμφανίσεις περιορίζονται κυρίως στο δυτικό κομμάτι και τα ανατολικά όρια της λεκάνης των Μεσογείων.

**B)** οι σχηματισμοί του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος, οι οποίοι βρίσκονται επωθημένοι πάνω στο αυτόχθονο σύστημα της Αττικής και τα πετρώματά του είναι τα ακόλουθα:

- i. Οι ασβεστόλιθοι του καλύμματος, οι οποίοι εμφανίζονται επιφανειακά στις κορυφές των λόφων Κάντζας, στις κορυφές της λοφοσειράς Δάσος, καθώς και στην κορυφή του λόφου Καμάρα. Πρόκειται για κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους τεφρού έως τεφρόλευκου χρώματος, που έχουν υποστεί έντονο κερματισμό και καρστικοποίηση.
- ii. Οι σχιστόλιθοι του καλύμματος οι οποίοι εμφανίζονται επιφανειακά στις λοφώδεις εξάρσεις στην περιοχή μεταξύ Κάντζας και Παιανίας. Πρόκειται για μαρμαρυγιακούς και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, τεφρού έως τεφροπράσινου και καστανού χρώματος, με παρεμβολές τεφρόλευκων, πλακωδών και έντονα ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων, πάχους 1-15 m.
- iii. Οφιόλιθοι, με τη μορφή ακανόνιστων και έντονα τεκτονισμένων σωμάτων σερπεντινών, οι οποίοι εμφανίζονται συνήθως στη βάση των ασβεστολίθων του καλύμματος, μέσα σε έντονα τεκτονισμένους σχιστόλιθους.

**Γ)** Οι μεταλπικοί σχηματισμοί οι οποίοι καλύπτουν κυρίως τους σχηματισμούς του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος και συνίστανται σε:

- i. Νεογενείς σχηματισμούς: Λιμναίοι έως ποταμοχερσαίοι σχηματισμοί, που αποτελούνται από εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών, πηλών και κροκαλοπαγών.
- ii. Πλειστοκαινικές αποθέσεις: Πρόκειται για χερσαίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις, καστανού έως καστανοκόκκινου χρώματος
- iii. Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων: Αποτελούνται από κροκαλολατύπες και καστανού έως ερυθρού χρώματος αργίλους, άμμους χάλικες ενώ τοπικά απαντούν φακοί συνεκτικών ψηφιδολατυποπαγών.
- iv. Αλλουβιακές αποθέσεις: Πρόκειται για αποθέσεις καστανότεφρου χρώματος, αργιλοαμμώδους σύστασης, με θραύσματα ασβεστόλιθων, σχιστόλιθων και οφιόλιθων διαμέτρου έως 5cm. Το πάχος τους δεν ξεπερνάει τα 2m.

### **3.3.1. Νεογενείς σχηματισμοί και πλειστοκαινικές αποθέσεις**

Στην ευρύτερη περιοχή των Μεσογείων, κατά το Αν. Μειόκαινο, είχαν δημιουργηθεί μικρές ή μεγάλες λεκάνες, κλειστές, απομονωμένες ή παράκτιες μικρού βάθους, που δέχθηκαν ιζήματα διαφορετικών λιθολογιών, ανάλογα με το μέγεθος και τη μορφολογία της περιοχής. Έτσι υπάρχει μια ποικιλία λιθολογιών, που μεταβάλλονται τόσο κατά την οριζόντιο όσο και κατά την κατακόρυφο διάσταση. Με τη διαδικασία της ιζηματογένεσης, στους κεντρικούς τομείς των λεκανών επικράτησαν οι μάργες, φαιού ή κίτρινου χρώματος, που εναλλάσσονται με ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Στα κράσπεδα των λεκανών επικρατούν τα κροκαλοπαγή και οι ψαμμίτες.

Στις επίπεδες εκτάσεις των Μεσογείων, οι σχηματισμοί του Νεογενούς και κατά τόπους αυτοί του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος, καλύπτονται από νεότερες αποθέσεις, με καθολική επικράτηση επιφανειακά των χερσαίων αποθέσεων του Πλειστοκαίνου.

Αναλυτικότερα η διάρθρωση των σχηματισμών αυτών, αρχίζοντας από τα Πλειστοκαινικά ιζήματα έχει ως ακολούθως:

#### **Πλειστοκαινικές αποθέσεις**

Πρόκειται για χερσαίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις, καστανού έως καστανοκόκκινου χρώματος με εκτεταμένη εξάπλωση σε όλη την περιοχή των Μεσογείων, καλύπτοντας συνήθως Νεογενείς σχηματισμούς και κατά περιοχές τους

υποκείμενους σχιστόλιθους του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος. Μπορούν να απαντηθούν οι εξής φάσεις:

- A. Συνεκτικά λατυποκροκαλοπαγή, αποτελούμενα από κροκάλες και λατύπες ποικίλων διαστάσεων, προερχόμενες από την αποσάθρωση των συνεκτικών φάσεων, αλλά και των αλπικών σχηματισμών (σχιστόλιθοι και μάρμαρα) του αυτόχθονου συστήματος και του επωθημένου τεκτονικού καλύμματος. Το πάχος τους κυμαίνεται από 20 έως 25m. Το λεπτομερές συνδετικό υλικό είναι ανθρακικό και κατά θέσεις αργιλικό. Αποθέσεις αυτής της μορφής παρουσιάζονται στην περιοχή του Κορωπίου.
- B. Ερυθροκάστανου χρώματος αργιλοϊλυώδη έως κυρίως ιλυοαργιλώδη υλικά πάχους 2-4m, με άμμο και διάσπαρτες ψηφίδες και χάλικες μεγέθους μέχρι 20 εκ. αλλά με επικράτηση εκείνων με μέγεθος 5-10 εκ. Πρόκειται για χαλαρό έως ημισυνεκτικό σχηματισμό, με μειωμένα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά. Τοπικά όμως, η αυξημένη παρουσία των λεπτομερών προσδίδει σχετική συνεκτικότητα και σε ξηρή κατάσταση στιφρότητα, γεγονός που επιτρέπει τη διαμόρφωση σχεδόν κατακόρυφων πρανών ύψους μέχρι 2-3m.

#### Νεογενείς σχηματισμοί

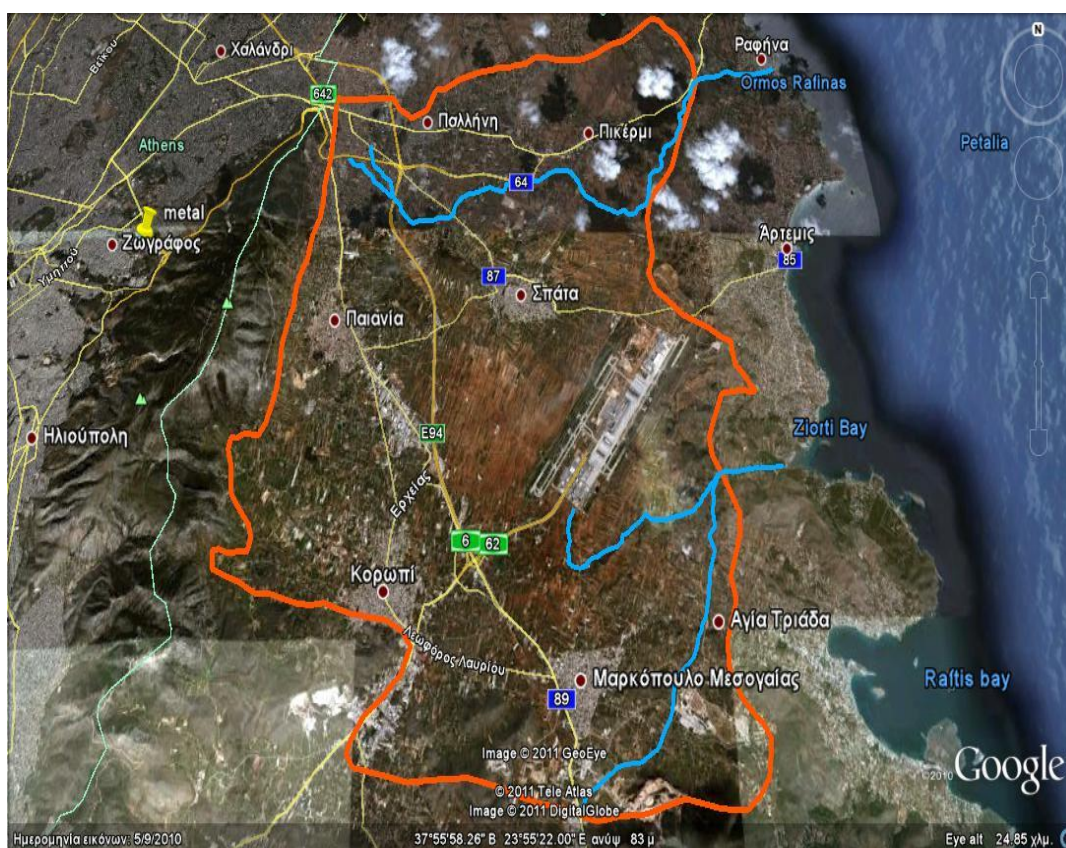
Αποτελούνται κυρίως από λιμναίους και ποταμοχερσαίους σχηματισμούς ηλικίας Ανωτ. Μειοκαίνου. Οι επιμέρους λεκάνες που δημιουργήθηκαν κατά το Μειόκαινο στην ευρύτερη περιοχή των Μεσογείων, δέχθηκαν τα προϊόντα αποσάθρωσης και διάβρωσης των αλπικών σχηματισμών. Στις λεκάνες αυτές αποτέθηκαν σε εναλλαγές ψαμμίτες, μάργες, πηλοί και κροκαλοπαγή, με παρεμβολές από ερυθροχώματα και μαργαϊκούς ασβεστολίθους. Στους κεντρικούς τομείς των λεκανών επικρατούν οι μάργες, ενώ στις παρυφές αυτών απαντούν σημαντικού πάχους πολύμεικτα, ετερόμεικτα κροκαλοπαγή, με χαρακτηριστικό βυσσινέρυθρο χρώμα. Συνεκτικοί σχηματισμοί με κυμαινόμενη περατότητα (αυξημένη στα κροκαλοπαγή, ενώ οι μάργες είναι πρακτικά στεγανές) και καλή γεωμηχανική συμπεριφορά. Το πάχος τους είναι της τάξης των πολλών δεκάδων μέτρων. Ορισμένες από τις περιοχές όπου εμφανίζονται επιφανειακά είναι στις λοφώδεις εξάρσεις Πυργάθι, Δάσος, Νησίδα, Κορυφή και λόφος Κορωπίου.

## 4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ

### 4.1. Υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης των Μεσογείων

Η γεωμορφολογική διάρθρωση μιας περιοχής επηρεάζει σημαντικά τη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών αυτής καθώς το υδρογραφικό της δίκτυο αποτελείται από το σύνολο των ρυακιών, χειμάρρων, παραποτάμων και ποταμών τα οποία διαρρέουν και αποστραγγίζουν το χώρο ανάπτυξής της.

Γενικά, η μορφή του υδρογραφικού δικτύου είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης, του μορφολογικού ανάγλυφου, της τεκτονικής, καθώς και των κλιματικών παραγόντων της συγκεκριμένης περιοχής. Στην εικόνα 4.1 απεικονίζεται το κύριο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής των Μεσογείων.



Εικόνα 4.1: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Μεσογείων (geodata.gov.gr)

Η περιοχή των Μεσογείων διαχωρίζεται από υδρογραφική άποψη σε τρεις λεκάνες απορροής. Στη λεκάνη των βόρειων Μεσογείων, στη λεκάνη των κεντρικών Μεσογείων και σε αυτή των νοτίων. (ΤΕΕ Αντιπλημμυρική Προστασία Αττικής 2004)

**A)** Το υδρογραφικό δίκτυο των βόρειων Μεσογείων απορρέει, μέσω έντονων πτυχώσεων και μισγαγγείων στις κλιτύες του Υμηττού, στο ρέμα Ραφήνας. Οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, σε αυτή τη ζώνη είναι προς το παρόν περιορισμένες.

**B)** Στα κεντρικά Μεσόγεια, όπου βρίσκεται και η περιοχή μελέτης, περιλαμβάνονται κώνοι αποθέσεων των φερτών των ανάντη χειμάρρων από τις εύφορες καλλιεργήσιμες περιοχές του κάμπου των Μεσογείων (πολεοδομικές περιοχές Παιανίας, Κορωπίου, Καρελλά, νότιο τμήμα Σπάτων, βόρειο Μαρκόπουλο). Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής απορρέει στον Εράσινο ποταμό όπου αμέσως ανάντη της εκβολής του στον όρμο της Βραυρώνας συμβάλλει και ο αποδέκτης των νότιων Μεσογείων, το Ρέμα Αγίου Γεωργίου ή Ποταμός. Χαρακτηριστικό της μεσαίας ζώνης, με εξαίρεση τις δυτικές πλαγιές του Υμηττού, είναι η έλλειψη μισγαγγείων, όχι μόνο σήμερα, αλλά ακόμη και στο πρόσφατο παρελθόν (50 χρόνια πριν), όταν οι οικιστικές περιμέτροι ήταν πολύ περιορισμένες. Αποτέλεσμα της έλλειψης φυσικών αποδεκτών είναι η πλανώμενη απορροή των πλημμυρών, γεγονός το οποίο στις περιοχές καλλιεργήσιμης γης (ελιές, αμπέλια, συκιές) διηθείται και εμπλουτίζει τον υδροφόρο ορίζοντα χωρίς προβλήματα κατακλύσεων. Η μεταβολή στις χρήσεις γης περιορίζει συνεχώς τη διαδικασία διήθησης και η επιφανειακή απορροή μετατρέπεται πλέον σε εκτεταμένο πλημμυρικό φαινόμενο.

**Γ)** Τέλος, στο νότιο τμήμα των Μεσογείων παρουσιάζονται πτυχώσεις εδάφους με φυσικές βαθιές γραμμές και μικρές κοιλάδες και η κοίτη του ποταμού επανεμφανίζεται με διάκριση σε τρεις φυσικές μισγάγγειες:

- i. Στη βόρεια, στην οποία απορρέει το τμήμα της λεκάνης κατάντη της οδού Παιανίας- Μαρκόπουλου, δηλαδή η απορροή που καταλήγει στη δυτική περίμετρο του Α/Δ Σπάτων. Τμήμα της μισγάγγειας αυτής έχει καταληφθεί από τα έργα του αεροδρομίου, με αποτέλεσμα να αποκόπτεται η απορροή.
- ii. Στην κεντρική, η οποία μέχρι πρόσφατα παρουσίαζε περιορισμένη απορροή λόγω της λειτουργίας της οδού Παιανίας-Μαρκόπουλου ως φράγματος, πλην όμως σήμερα αποτελεί αποδέκτη της αντιπλημμυρικής τάφρου Μεσογείων,

που κατασκευάστηκε στο πλαίσιο της Αττικής Οδού, και πλέον επιφορτίζεται με σημαντικές απορροές που δεν δεχόταν πριν.

- iii. Στη νότια, κατάντη της συμβολής του ρέματος Μαρκόπουλου, η οποία δέχεται πρώτα τις απορροές από τη λεκάνη ρ. Μαρκόπουλου και στη συνέχεια τις σημαντικότερες απορροές από το ρέμα Αγίου Γεωργίου και τα συμβάλλοντα σε αυτό ρέματα Μαλέξη-Αγίας Άννας, Καλυβίων και Κουβαρά.

## 4.2 Μετεωρολογικά στοιχεία

Μέσα στις κυριότερες παραμέτρους (Ρόζος,2009) του φυσικού περιβάλλοντος, που επηρεάζουν τους τεχνικογεωλογικούς χαρακτήρες των γεωλογικών ενοτήτων μιας περιοχής, αλλά και παρεμβαίνουν στη γενική γεωμηχανική συμπεριφορά του εδάφους, περιλαμβάνονται και οι υδρομετεωρολογικές συνθήκες (θερμοκρασία αέρα, ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, υγρασία αέρα, κλπ).

Οι ημερήσιες και εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα σε συνδυασμό με τις διακυμάνσεις της σχετικής υγρασίας, επιφέρουν χαλάρωση της συνοχής των πετρωμάτων και αποσάθρωση των συστατικών τους (λόγω διόγκωσης και συρρίκνωσης των ορυκτολογικών μονάδων με επαναλαμβανόμενο ρυθμό).

Το ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, κ.α) που σημειώνονται σε μια περιοχή και ιδιαίτερα η χρονική κατανομή αυτών, σε συνδυασμό βεβαίως με τη διακύμανση της θερμοκρασίας, αποτελούν παραμέτρους με καθοριστική επίδραση στις συνθήκες ευστάθειας των γεωλογικών σχηματισμών, καθώς συμβάλλουν:

1. Στην μηχανική διάβρωση των σχηματισμών στα απότομα πρανή, οι οποίοι καλύπτονται συνήθως και από μανδύα αποσάθρωσης ποικίλου πάχους.
2. Στην δημιουργία τοπικών συγκεντρώσεων υπόγειου νερού που οδηγούν στην εκδήλωση αυξημένης πίεσης πόρων, αλλά και εσωτερικής διάβρωσης κατά την κίνηση του νερού στην ακόρεστη ζώνη. Το νερό αυτό, επιπλέον, λιπαίνει τις επιφάνειες ασυνέχειας και αυξάνει το βάρος των ασταθών μαζών.
3. Στην διαδοχική ύγρανση και ξήρανση των σχηματισμών, η οποία ολοκληρώνει τη δραστηκή μείωση του συντελεστή συνοχής των γεωυλικών.

Για την προσέγγιση των επικρατούντων υδρομετεωρολογικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης αξιοποιήθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ε.Μ.Υ. στην Παιανία και στα Σπάτα οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε υψόμετρο 152 και 67 m αντίστοιχα. Οι χρονικές περιόδους για τις οποίες διατίθενται δεδομένα από την Ε.Μ.Υ είναι για το σταθμό της Παιανίας η περίοδος 1974-1983 και για το σταθμό των Σπάτων η περίοδος 1974-2004. Αν και ο αριθμός των υφιστάμενων μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή (Παιανία, Σπάτα, Μαρκόπουλο) καλύπτουν σε κάποιο βαθμό τη λεκάνη απορροής του ρέματος Ερασίνου δεν παύει να είναι σχετικά μικρός για την επαρκή αξιολόγηση των υδρολογικών δεδομένων για την ευρύτερη περιοχή των Μεσογείων.

Εντούτοις, τα στοιχεία των δύο σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας αυτής κρίνονται επαρκή για τη διαμόρφωση κατάλληλης εικόνας για τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και λόγω υψομέτρου αλλά και λόγω γεωγραφικής θέσης.

Στους πίνακες 4.1 και 4.2, στο τέλος του κεφαλαίου, δίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας, του ποσοστού της υγρασίας, του ύψους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων καθώς και οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή.

Έπειτα από την εξέταση και ανάλυση των παραπάνω δεδομένων διαπιστώνονται τα εξής:

#### **4.2.1. Θερμοκρασία αέρα**

Από την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων θερμοκρασίας αέρα στους σταθμούς της Παιανίας και των Σπάτων προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 1974 – 2004 ανέρχεται σε 17,2 °C στην Παιανία και στα Σπάτα.

Ψυχρότερος μήνας, για την Παιανία, είναι ο Ιανουάριος με μέση μηνιαία θερμοκρασία 8,1 °C, ακολουθεί ο Φεβρουάριος με 8,7 °C και ο Δεκέμβριος με 10,4 °C. Θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με μέση μηνιαία θερμοκρασία 27 °C, ακολουθεί ο Αύγουστος με 26 °C και ο Ιούνιος με 24,9 °C.

Όσον αφορά τα Σπάτα ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με 8,32°C, ακολουθεί ο Φεβρουάριος με 8,83 °C και ο Δεκέμβριος με 9,9 °C. Θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με μέση μηνιαία θερμοκρασία 27,24 °C, ακολουθεί ο Αύγουστος με 26,54 °C και ο Ιούνιος με 25,13 °C.

Η απολύτως μέγιστη θερμοκρασία της περιόδου 1974-2004 (42,3 °C), σημειώθηκε στην Παιανία την 25/ 06 /1982. Η απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία (-6,8 °C,) σημειώθηκε το Δεκέμβριο του 1983 στα Σπάτα.

#### **4.2.2. Σχετική υγρασία-Διεύθυνση ανέμων**

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντα κάποια ποσότητα υδρατμών οι οποίοι αποτελούν την ατμοσφαιρική υγρασία. Αυτή ασκεί αποφασιστική επίδραση στην πορεία του υδρολογικού κύκλου, γιατί αποτελεί την πηγή τροφοδοσίας όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Επιπλέον επιδρά στην εξάτμιση και τη διαπνοή των φυτών.

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία στο σταθμό της Παιανίας ανέρχεται σε 61,7%. Η επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων είναι η βόρεια και βορειοανατολική το Μάιο και τον Ιούνιο. Στα Σπάτα η μέση σχετική υγρασία ανέρχεται σε 57,68% και οι άνεμοι πνέουν βόρειοι και βορειοανατολικοί τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο.

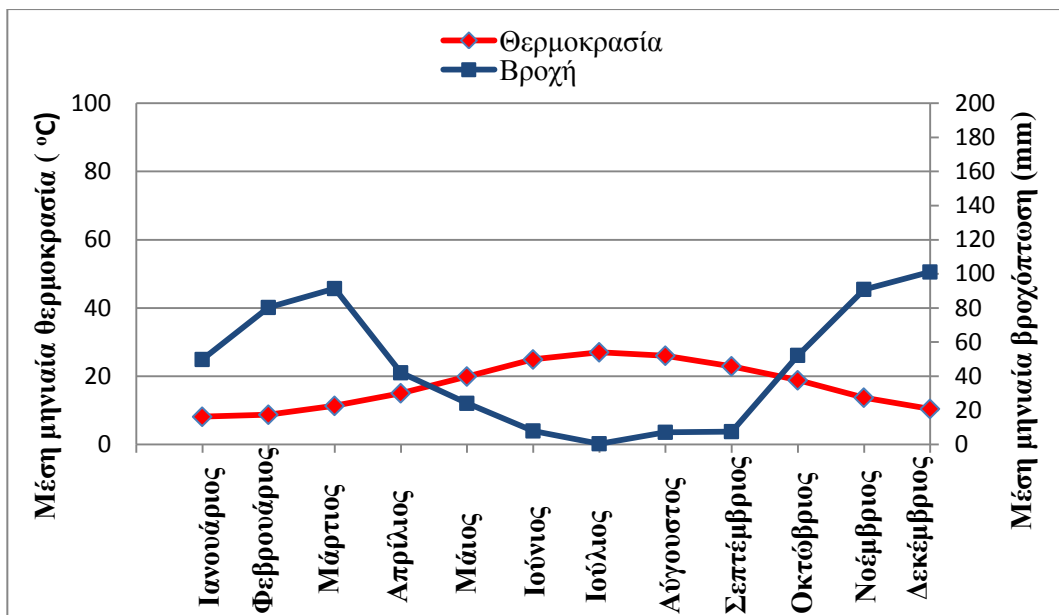
#### **4.2.3. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα**

Από την επεξεργασία των δεδομένων των Μ. Σ. Παιανίας, Σπάτων προκύπτουν τα παρακάτω:

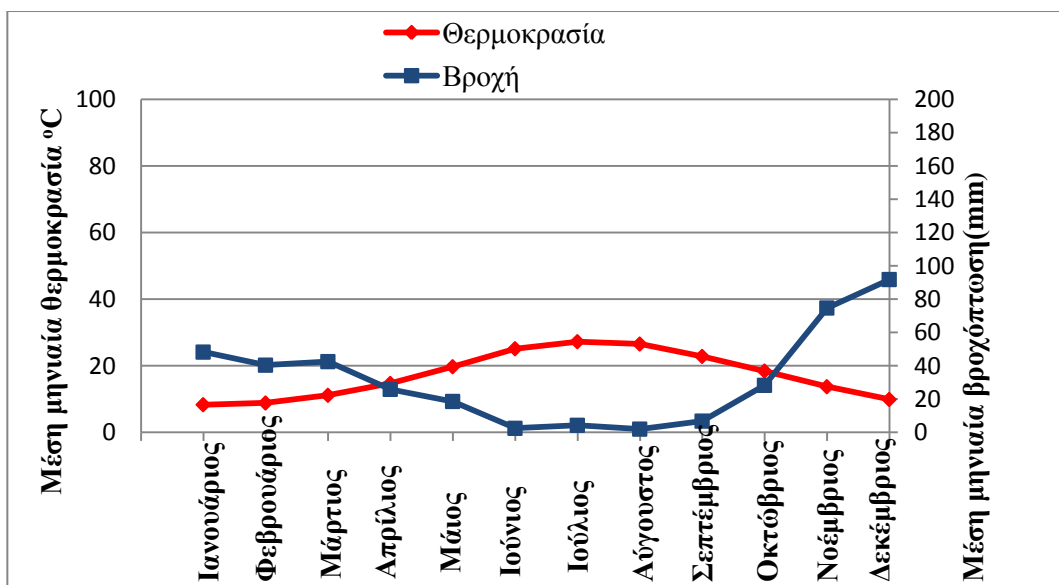
Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην Παιανία για την περίοδο 1974-1983 ανέρχεται στα 555,4 mm ενώ στα Σπάτα, την περίοδο 1974-2004 ανέρχεται στα 385,88mm. Στην Παιανία οι μήνες με την υψηλότερη μέση μηνιαία τιμή βροχόπτωσης είναι ο Δεκέμβριος και ο Μάρτιος με 101,1 και 91,4 mm και ακολουθούν ο Νοέμβριος με 90,9mm, ο Φεβρουάριος με 80,3mm και ο Οκτώβριος με 52,2mm. Στα Σπάτα οι μήνες με την υψηλότερη μέση μηνιαία τιμή βροχόπτωσης είναι ο Δεκέμβριος και ο Νοέμβριος, με 91,82 και 74,72 mm και ακολουθούν ο Ιανουάριος με 48,24 mm, ο Μάρτιος με 42,51 mm και ο Φεβρουάριος με 40,39 mm.

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.1, 4.2) φαίνεται και σχηματικά η διακύμανση των μέσων μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας και του ύψους βροχής την περίοδο 1974-2004.





Σχήμα 4.1: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Παιανίας (1974-1983)



Σχήμα 4.2: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Σπάτων (1974-2004)

Πίνακας 4.1: Κλιματολογικά δεδομένα σταθμού Παϊανίας

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΙΑΝΙΑΣ 698 - ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1974 - 1983														
Γεωγραφικό Πλάτος: 37 <sup>0</sup> 57' - Γεωγραφικό Μήκος 23 <sup>0</sup> 52' - Υψόμετρο 152 m - Ύψος ανεμόμετρου 2m														
ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ								Μέση σχετική υγρασία %	Μέση νέφωση σε όγδοα	ΥΕΤΟΣ		Επικρατούσα Διεύθυνση ανέμου	Μέση ένταση ανέμου σε κτύπους
	Μέση	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Απόλυτος μέγιστη	Απόλυτος ελάχιστη	Μέση των απολύτων μέγιστων	Μέση των απολύτων ελάχιστων	Μέσο ύψος σε mm			Μέγιστο 24ώρου σε mm			
Ιανουάριος	8,1	11,8	4,8	23,2	-2,3	18,1	-0,8	71,8	5,0	49,8	36,9	B	5,7	
Φεβρουάριος	8,7	12,4	5,2	26,8	-5,2	19,1	-0,8	72,0	5,1	80,3	60,8	B	5,8	
Μάρτιος	11,3	15,5	6,6	27,3	-5,0	22,4	-0,1	68,8	4,7	91,4	149,5	B	5,1	
Απρίλιος	15,0	19,3	9,6	29,3	-3,0	25,5	4,7	61,5	4,2	42	40,3	B	5,2	
Μάιος	19,9	24,3	13,8	33,8	8,5	30,6	9,6	56,0	3,5	24,1	30,0	BA	5,2	
Ιούνιος	24,9	29,4	18,0	42,3	11,8	36,1	13,3	46,3	1,9	7,9	11,0	BA	5,3	
Ιούλιος	27,0	31,4	20,8	42,0	13,8	37,6	16,7	46,2	1,0	0,4	2,3	B	5,9	
Αύγουστος	26,0	30,6	20,4	38,2	13,5	35,6	16,6	50,2	1,0	7,1	20,0	B	5,7	
Σεπτέμβριος	22,9	27,7	17,8	34,0	11,8	32,7	13,5	56,9	1,5	7,5	13,5	B	5,8	
Οκτώβριος	18,8	23,4	14,1	30,5	6,0	28,9	8,5	66,0	3,5	52,2	60,5	B	5,0	
Νοέμβριος	13,7	17,6	10,1	26,7	1,7	22,2	4,0	72,4	4,4	90,9	70,6	B	5,1	
Δεκέμβριος	10,4	14,0	7,1	21,5	0,0	19,4	1,3	72,3	4,9	101,1	127	B	5,6	
Έτος	17,2	21,5	12,4	42,3	-5,2	27,4	7,2	61,7	3,4	554,7	149,5		5,5	
Παρατηρήσεις:	Δεν περιέχονται στοιχεία των μηνών (9/78-10/79, 7-12/83) Η απόλυτη μέγιστη θερμ. 42,3 °C σημειώθηκε την 25 - 06 - 82. Η απόλυτη ελάχιστη -5,2 °C σημειώθηκε την 20 - 02 - 83 Μέγιστο ύψος νετού 24ώρου 149,5mm, σημειώθηκε την 09 - 03 - 75													

Πίνακας 4.2: Κλιματολογικά δεδομένα σταθμού Σπάτων

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΠΑΤΩΝ (ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ) - ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1974 – 2004														
Γεωγραφικό Πλάτος: 37° 95' - Γεωγραφικό Μήκος 23° 95' - Υψόμετρο 67 m - Ύψος ανεμόμετρου 6m														
ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ								Μέση σχετική υγρασία %	Μέση νέφωση σε όγδοα	ΥΕΤΟΣ		Επικρατούσα Διεύθυνση ανέμου	Μέση ένταση ανέμου σε κόμβους
	Μέση	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Απολύτως μέγιστη	Απολύτως ελάχιστη	Μέση των απολύτως μέγιστων	Μέση των απολύτως ελάχιστων	Μέσο ύψος σε mm			Μέγιστο 24ώρου σε mm			
Ιανουάριος	8,32	12,40	4,21	19,90	-6,00	17,53	-1,69	65,45	4,26	48,24	67,80	B	6,64	
Φεβρουάριος	8,83	12,86	4,34	21,40	-6,80	18,52	-2,21	65,93	4,56	40,39	45,40	B	7,56	
Μάρτιος	11,15	15,25	6,17	24,00	-3,60	20,88	-0,45	63,18	4,23	42,51	40,70	B	8,00	
Απρίλιος	14,71	18,89	8,81	28,00	-3,00	24,65	2,17	59,24	3,96	25,87	29,30	B	6,50	
Μάιος	19,73	24,22	13,19	36,20	1,60	31,12	7,27	53,47	3,14	18,59	34,80	BA	7,06	
Ιούνιος	25,13	29,59	17,56	42,00	5,00	36,02	11,94	45,02	1,64	2,46	6,40	BA	7,14	
Ιούλιος	27,24	31,35	20,38	40,00	11,00	37,68	15,17	42,87	1,18	4,26	15,10	BA	7,92	
Αύγουστος	26,54	30,83	20,34	42,00	11,00	36,45	14,72	46,16	1,02	1,97	7,80	BA	7,58	
Σεπτέμβριος	22,82	27,91	16,70	37,20	4,80	34,57	10,75	53,24	1,64	6,79	20,00	B	6,00	
Οκτώβριος	18,43	22,97	13,03	38,40	0,00	30,02	7,04	61,69	3,31	28,27	83,80	B	6,01	
Νοέμβριος	13,73	17,79	9,31	30,20	-3,30	23,82	2,64	67,35	4,25	74,72	91,90	B	5,80	
Δεκέμβριος	9,90	13,67	5,93	21,80	-4,40	19,41	-0,89	68,59	4,81	91,82	84,20	B	6,85	
Έτος	<b>17,21</b>	<b>21,48</b>	<b>11,66</b>	<b>42,00</b>	<b>-6,80</b>	<b>27,56</b>	<b>5,54</b>	<b>57,68</b>	<b>3,17</b>	<b>385,88</b>	<b>91,90</b>		<b>6,92</b>	

### 4.3. Υδρογεωλογική συμπεριφορά σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (ανατολικές παρυφές του Υμηττού – πεδιάδα Μεσογείων), ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ανθρακικοί σχηματισμοί του αυτόχθονου συστήματος και οι νεότερες αποθέσεις που αναπτύσσονται στις παρυφές του Υμηττού και στην πεδιάδα των Μεσογείων. Επίσης σχετικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ασβεστόλιθοι και οι σχιστόλιθοι του Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος ανάλογα με την αποσάθρωση και τον κερματισμό που έχουν υποστεί.

Αναλυτικότερα, οι σχηματισμοί που δομούν την περιοχή έρευνας παρουσιάζουν την ακόλουθη υδρογεωλογική συμπεριφορά. ( Ρόζος,2009 )

**I. Τα μάρμαρα** από υδρογεωλογικής πλευράς παρουσιάζουν υψηλή δευτερογενή διαπερατότητα κυρίως λόγω των ασυνεχειών που διατέμνουν τη μάζα τους. Αυτή σε συνδυασμό με την αρκετά εκτεταμένη επιφανειακή εξάπλωσή τους, δημιουργεί κατάλληλο πεδίο υδρομάστευσης, με αποτέλεσμα την εκδήλωση υδροφορίας κυρίως στην επαφή των μαρμάρων με τους υποκείμενους σχιστόλιθους. Η παροχή των υδροληψιών εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση του μαρμάρου, την έκταση υδρομάστευσής του, το πάχος και την κλίση του, από την τοπογραφία της οροφής των υποκείμενων σχιστόλιθων και φυσικά από τον ετήσιο κύκλο βροχοπτώσεων. Αποτέλεσμα της κυκλοφορίας υπεδαφικών νερών είναι ο σχηματισμός υπόγειων κοιλοτήτων και αγωγών που η κατανομή τους βέβαια είναι ακανόνιστη, αλλά σε γενικές γραμμές ακολουθεί τις κύριες τεκτονικές γραμμές. Η παρουσία των καρστικών κοιλοτήτων είναι αρκετά συχνή και υπό ειδικές συνθήκες αποτελεί πρόβλημα στη θεμελίωση διαφόρων τεχνικών έργων.

Στην περιοχή μελέτης αναπτύσσεται καρστική υδροφορία, η οποία εκφορτίζεται μέσω των παράκτιων και υποθαλάσσιων πηγών (Βουλιαγμένης, Λουμπάρδας κ.α.) στο Σαρωνικό κόλπο, όπου οι ανθρακικοί σχηματισμοί του Υμηττού βρίσκονται σε απευθείας επαφή και υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα. Λόγω αυτών των συνθηκών, ο καρστικός αυτός υδροφόρος έχει υφαμυρωθεί σε μεγάλες αποστάσεις από τη θάλασσα. Συγκεκριμένα, στην περιοχή του Κορωπίου, όπου

λειτουργούν γεωτρήσεις που εκμεταλλεύονται την καρστική υδροφορία των μαρμάρων, φαινόμενα υφαλμύρινσης είχαν διαπιστωθεί από την 10ετία του 1970.

**II. Οι ασβεστόλιθοι** του νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης, παρά το γεγονός ότι είναι έντονα κερματισμένοι και καρστικοποιημένοι, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον, λόγω της μικρής επιφανειακής εξάπλωσής των. Η περιορισμένης δυναμικότητας υδροφορία εκφορτίζεται μέσω μικροπηγών στην επαφή με τους υποκείμενους σχιστολίθους, όπως συμβαίνει στο λόφο «Χριστός» δυτικά του Κορωπίου. Η καρστική υδροφορία που αναπτύσσεται στη μεγαλύτερης έκτασης εμφάνιση στην κορυφή της λοφοσειράς «Δάσος», πιθανολογείται ότι τροφοδοτεί πλευρικά αδρομερείς φάσεις των νεογενών, που επίκεινται των ασβεστόλιθων στα ανατολικά του λόφου.

**III. Οι σχιστόλιθοι** του νεοελληνικού καλύμματος θεωρούνται πρακτικά υδατοστεγανός σχηματισμός. Ασθενή φρεάτια υδροφορία αναπτύσσεται στη ζώνη αποσάθρωσης και κερματισμού. Αυξημένη δυναμικότητα παρουσιάζεται σε ζώνες όπου επικρατούν πρασινίτες και χαλαζίτες, δηλαδή σκληροί βραχώδεις σχηματισμοί με αυξημένο κερματισμό.

**IV. Οι νεογενείς σχηματισμοί**, λόγω της λιθολογικής ανομοιογένειας τόσο κατά την οριζόντιο, όσο και την κατακόρυφο ανάπτυξή τους, παρουσιάζουν αντίστοιχη ανομοιογένεια και ως προς την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά. Η υπόγεια υδροφορία αναπτύσσεται κυρίως στα ανώτερα μέλη, όπου επικρατούν οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, οι ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή, παρά στα κατώτερα, όπου επικρατούν οι άργιλοι. Συμπεριφέρονται περισσότερο ως μακροπερατοί σχηματισμοί, λόγω διάρρηξης και καρστικοποίησης, παρά ως μικροπερατοί σχηματισμοί. Η φακοειδής ανάπτυξη των υδροπερατών μελών οδηγεί στην ανάπτυξη αυτόνομων υδροφόρων τόσο κατά την κατακόρυφο όσο και την οριζόντια διάσταση. Αυτό πιστοποιείται από την έντονη διαφοροποίηση των παροχών άντλησης γειτονικών γεωτρήσεων. Η δυναμικότητα της υδροφορίας στα υδροπερατά μέλη των νεογενών εξαρτάται από την σχετική θέση αυτών με τις ζώνες τροφοδοσίας (επιφανειακή ανάπτυξη, εμφάνιση σε κοίτες ρεμάτων, πλευρική επαφή με ανθρακικούς σχηματισμούς του υποβάθρου). Υπάρχουν

αναφορές για γεωτρήσεις στα Νεογενή, οι οποίες αρχικά απέδιδαν σημαντική παροχή, αλλά μετά από μικρό χρονικό διάστημα υπήρξε σημαντική πτώση της απόδοσης, λόγω δυσμενών συνθηκών επανατροφοδοσίας. Στα περιθώρια των επιμέρους λεκανών στον κάμπο των Μεσογείων, όπου επικρατούν τα κροκαλοπαγή, η δυναμικότητα της υπόγειας υδροφορίας είναι ικανοποιητική και σχετικά σταθερή συναρτήσει του χρόνου, λόγω ευνοϊκότερων συνθηκών τροφοδοσίας. Η λειτουργία υδροληπτικών έργων στα Νεογενή επηρεάζει σε πολλές περιπτώσεις αρνητικά την υδροφορία που αναπτύσσεται στους υπερκείμενους πλειστοκαινικούς σχηματισμούς. Ο βαθμός και η ακτίνα επίδρασης δεν είναι ισομεγέθης προς όλες τις κατευθύνσεις. Εξαρτάται από τη λιθολογία στην επαφή των δύο σχηματισμών (άρα και τη δυνατότητα υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ τους), καθώς και το βάθος διαμόρφωσης της πιεζομετρικής επιφάνειας στους νεογενείς σχηματισμούς.

**V. Οι πλειστοκαινικές αποθέσεις** χαρακτηρίζονται από έντονη λιθολογική ετερογένεια, οπότε παρουσιάζουν αντίστοιχες χωρικές διαφοροποιήσεις ως προς την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά. Στις αποθέσεις αυτές αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας, καθώς υπόβαθρο αυτών στην περιοχή μελέτης είναι υδατοστεγανά ή μικρής υδροπερατότητας πετρώματα (σχιστόλιθοι και νεογενή). Οι συνεκτικοί ορίζοντες των λατυποκροκαλοπαγών που φιλοξενούν την υπόγεια υδροφορία, συμπεριφέρονται περισσότερο ως μακροπερατός σχηματισμός παρά ως μικροπερατός. Το ανθρακικό συνδετικό υλικό και οι ασβεστολιθικές κροκάλες διαλύονται και καρστικοποιούνται, με συνέπεια τη δημιουργία μικρών καρστικών εγκοίλων, διαπιστωμένων κατά την διάνοιξη πηγαδιών.

Ο φρεάτιος υδροφόρος τροφοδοτείται με την απευθείας κατείσδυση του νερού των βροχοπτώσεων, από διηθήσεις στις κοίτες των χειμάρρων και μέσω κατακόρυφων και πλευρικών διηθήσεων από τη μάζα των πλευρικών κορημάτων των ανατολικών παρυφών του Υμηττού. Ο υδροφόρος αυτός υφίσταται εκμετάλλευση μέσω πολυάριθμων πηγαδιών για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών, ενώ παλαιότερα κάλυπταν και τις υδρευτικές ανάγκες.

## 5. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 5.1. Γενικά

Η ευρύτερη περιοχή της Αττικής βρίσκεται κάτω από ένα σύγχρονο εφελκυστικό σεισμοτεκτονικό καθεστώς (Εικόνα 5.1), αλλά η περιοχή μελέτης (περιοχή Παιανίας – Κορωπίου) ανήκει σε ζώνη που παρουσιάζει ελάχιστη σεισμικότητα.

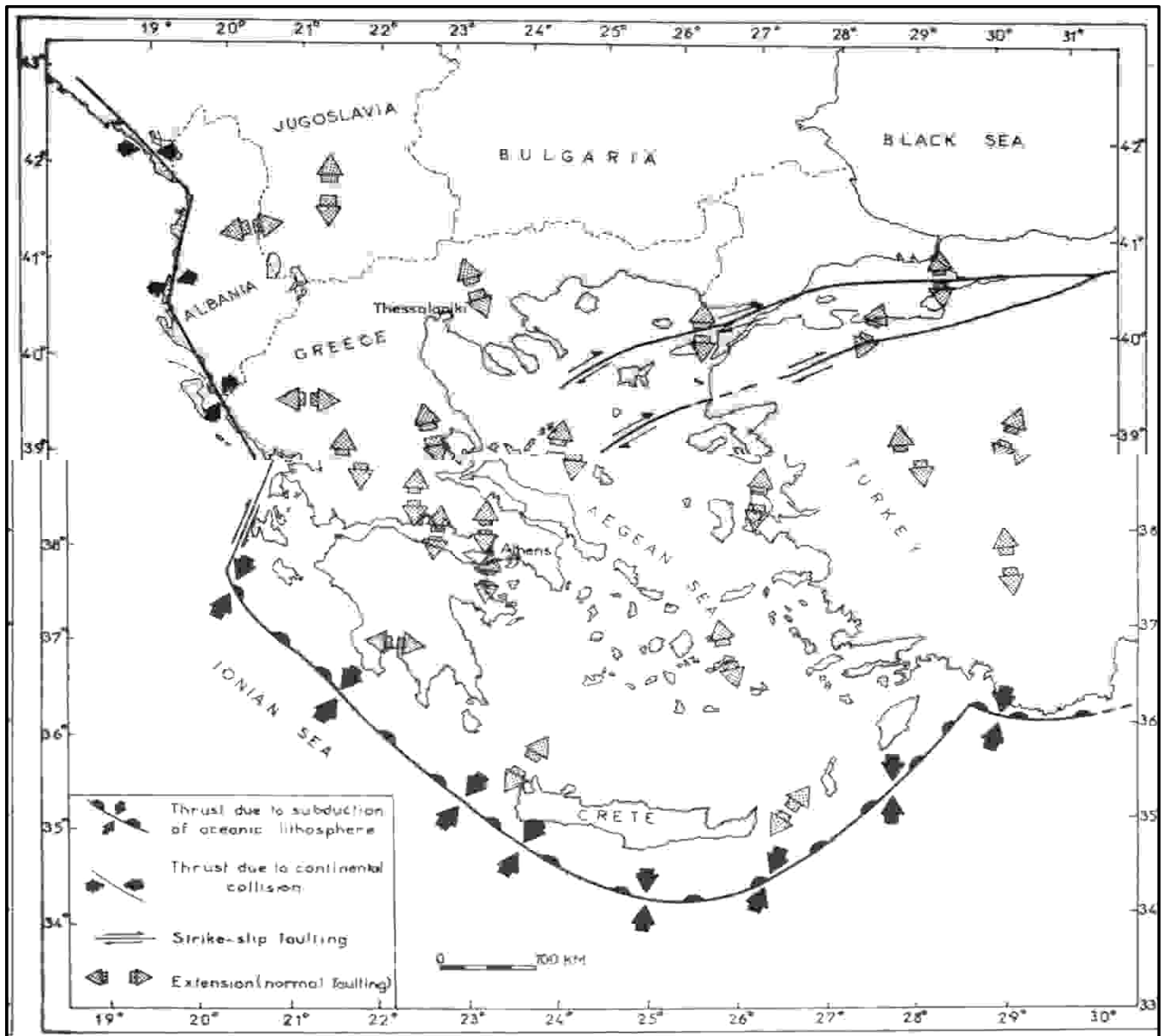
Εν τούτοις επηρεάζεται από κέντρα αυξημένης σεισμικότητας, όπως ο χώρος της ζώνης δράσης των μειζόνων τεκτονικών ασυνεχειών της ανατολικής τάφρου του Κορινθιακού κόλπου, ο οποίος έχει πληγεί στο παρελθόν από σχετικά μεγάλους σεισμούς, που έχουν προκαλέσει σημαντικές καταστροφές σε κατασκευές.

Για να διαπιστωθεί ο βαθμός επίδρασης της σεισμικότητας στην περιοχή μελέτης, διερευνήθηκαν και αναλύθηκαν οι καταγραφές του Αστεροσκοπείου Αθηνών (<http://www.gein.noa.gr>) αλλά και στοιχεία από βιβλιογραφικές αναφορές (Παπαζάχος κ.α., 1994, Papazachos et.al. 1997) και εντοπίστηκαν οι σεισμοί μεγέθους  $\geq 4.5$  βαθμών της κλίμακας Richter, που εκδηλώθηκαν την περίοδο 1901 - 2008, μεταξύ  $37^{\circ} 30'$  και  $38^{\circ} 20'$  γεωγραφικό πλάτος και  $23^{\circ} 20'$  και  $24^{\circ} 30'$  γεωγραφικό μήκος (δηλαδή σε ζώνη με κέντρο αυτό του χώρου έρευνας και ακτίνα περίπου 50km).

### 5.2. Σεισμικότητα

Συνολικά στην περιοχή αυτή, σημειώθηκαν κατά την εξεταζόμενη περίοδο, 73 σεισμικές δονήσεις, με τις σεισμικές ακολουθίες της περιοχής  $38^{\circ} 10' - 23^{\circ} 50'$  (περιοχή Αλκυονιδών) τον Φεβρουάριο – Μάρτιο 1981 και λιγότερο αυτές της θέσης  $38^{\circ} 10' - 22^{\circ} 50'$  (περιοχή Πάρνηθας) τον Σεπτέμβριο 1999 να κατέχουν εξέχουσα θέση (13 και 6 σεισμοί αντίστοιχα).`

Αναλυτικότερα , όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.1, το πλήθος των σεισμικών συμβάντων είναι μεγαλύτερο για μεγέθη 4.5 - 5.0 (56), ενώ ο αριθμός μειώνεται (5 σεισμικά συμβάντα για μεγέθη 5.1 - 5.5), για να αυξηθεί εκ νέου ( 12 συμβάντα για μεγέθη 5.6 – 6.4).



**Εικόνα 5.1** Κύριες σεισμοτεκτονικές ιδιότητες του χώρου του Αιγαίου και των γύρω περιοχών (Parazachos et al.1983)



**Πίνακας 5.1: Σεισμοί μεγέθους  $M_s \geq 4,5$  της κλίμακας Richter για την περιοχή με συντεταγμένες  $23^\circ 20'$  έως  $24^\circ 30'$  γεωγραφικό μήκος και  $37^\circ 30'$  έως  $38^\circ 20'$  γεωγραφικό πλάτος.**

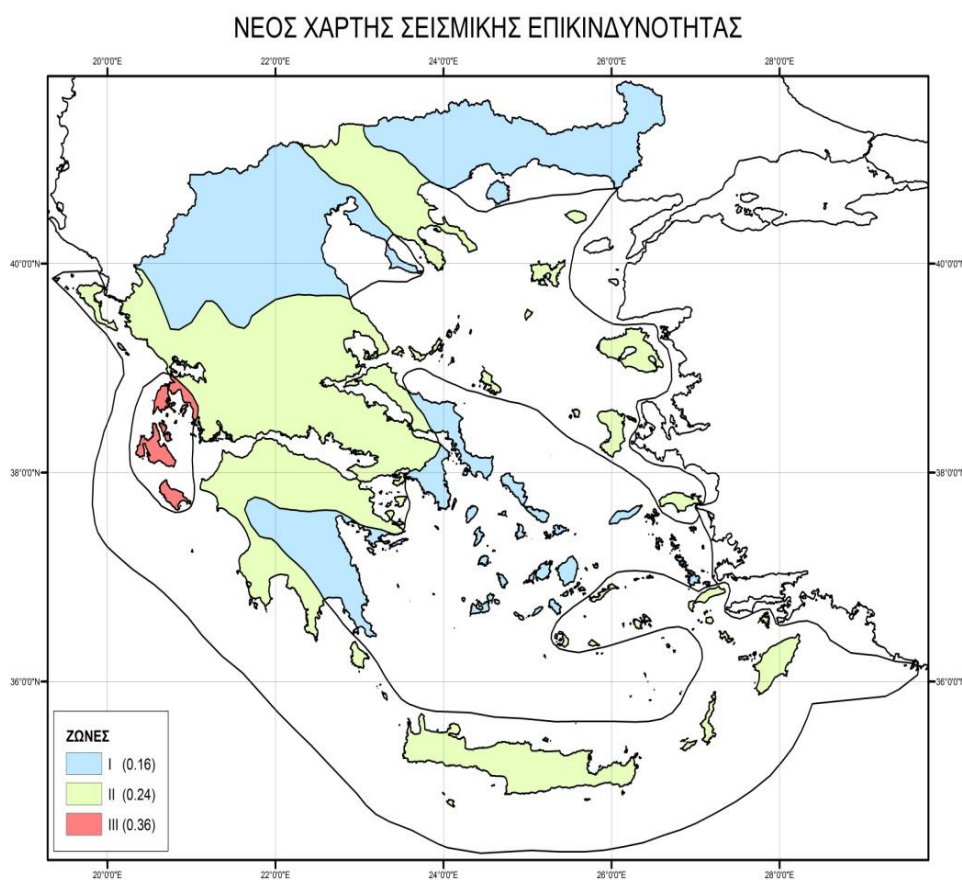
ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΩΡΑ	ΛΕΠΤΟ	Δ/ΛΕΠΤΟ	Γ ΠΛΑΤΟΣ	Γ ΜΗΚΟΣ	ΒΑΘΟΣ (km)	ΜΕΓΕΘΟΣ (Ms)
-480		0	0	0	0	37,9	23,3		6,3
1321	ΑΥΓ	0	0	0	0	38,3	23,3		6,3
1705	ΝΟΕ	2	0	0	0	38,2	23,8		6,2
1805	ΙΟΥΛ	17	0	0	0	38,0	24,0		6,0
1853	ΑΥΓ	29	11	45	0	38,3	23,4		6,3
1891	ΔΕΚ	11	0	0	0	37,5	24,5		6,4
1912	ΜΑΡΤ	22	18	40	24	38,3	23,3		5,1
1914	ΟΚΤ	17	6	22	32	38,3	23,4		6,0
1914	ΟΚΤ	17	10	42	11	38,3	23,4		5,6
1914	ΟΚΤ	17	13	20	12	38,3	23,4		4,9
1915	ΑΥΓ	19	11	0	32	38,3	23,5		5,1
1915	ΣΕΠΤ	19	11	0	32	38,3	23,5		5,1
1915	ΟΚΤ	8	0	30	37	38,3	23,5		5,0
1915	ΟΚΤ	8	0	30	37	38,3	23,5		5,0
1917	ΑΥΓ	23	19	45	21	38,3	23,3		5,0
1917	ΣΕΠΤ	23	19	45	21	38,3	23,3		5,0
1924	ΑΥΓ	13	8	7	45	38,2	23,3		4,9
1924	ΟΚΤ	13	8	7	45	38,2	23,3		4,9
1938	ΙΟΥΛ	20	0	23	35	38,3	23,8		6,0
1938	ΙΟΥΛ	27	1	29	10	38,3	23,8		5,0
1939	ΜΑΡΤ	27	5	11	8	38,2	24,0		4,9
1955	ΙΑΝ	9	1	53	40	38,3	23,9		4,8
1955	ΦΕΒΡ	9	1	53	36	38,3	23,9	10	4,8
1956	ΙΑΝ	13	20	0	34	37,6	24,0	10	5,0
1956	ΙΑΝ	18	3	11	42	37,8	24,3	10	5,1
1956	ΙΑΝ	13	20	0	34	37,8	24,2		5,0
1956	ΙΑΝ	18	3	11	42	37,8	24,2		5,0
1957	ΔΕΚ	13	9	59	54	38,3	23,8	10	4,6
1957	ΔΕΚ	13	9	59	54	38,2	23,7		4,6
1964	ΙΑΝ	18	8	35	15	37,8	23,7		4,5
1964	ΦΕΒΡ	18	13	6	18	38,1	23,3		4,7
1964	ΦΕΒ	18	8	35	15	37,8	23,7	10	4,8
1964	ΙΟΥΛ	17	2	34	27	38,1	23,6	150	5,7
1964	ΙΟΥΛ	17	2	34	27	38,0	23,6	155	6,0
1965	ΜΑΡΤ	3	5	19	18	37,7	23,8		4,7

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΛΕΙΟ-ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΙΚΩΝ  
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΑΙΑΝΙΑΣ- ΚΟΡΩΠΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΩΡΑ	ΛΕΠΤΟ	Δ/ΛΕΠΤΟ	Γ ΠΛΑΤΟΣ	Γ ΜΗΚΟΣ	ΒΑΘΟΣ (km)	ΜΕΓΕΘΟΣ (Ms)
1966	ΜΑΡΤ	27	1	49	17	37,9	23,8	10	4,7
1967	ΑΥΓ	28	3	39	6	38,3	24,1		4,5
1969	ΙΑΝ	17	8	35	30	37,8	23,4		4,5
1972	ΦΕΒΡ	13	13	7	15	37,6	24,1		4,5
1972	ΜΑΡΤ	16	3	35	36	37,9	23,4	142	4,5
1972	ΔΕΚ	6	2	49	4	37,7	23,9	158	4,7
1973	ΜΑΡΤ	21	11	25	52	37,5	23,7		4,5
1979	ΜΑΡΤ	11	5	11	26	37,5	23,4	145	4,5
1979	ΜΑΡΤ	11	5	11	26	37,6	23,4	156	4,5
1981	ΦΕΒΡ	28	13	0	53	38,2	23,4	12	4,5
1981	ΦΕΒΡ	25	11	34	28	38,3	23,3		4,7
1981	ΦΕΒΡ	28	13	0	52	38,2	23,3		4,5
1981	ΜΑΡΤ	4	22	47	30	38,3	23,4	5	4,6
1981	ΜΑΡΤ	5	0	50	40	38,3	23,3		4,6
1981	ΜΑΡΤ	5	18	8	29	38,3	23,3		4,5
1981	ΜΑΡΤ	5	23	58	36	38,3	23,3		4,5
1981	ΜΑΡΤ	7	11	51	36	38,3	23,3	5	5,0
1981	ΜΑΡΤ	7	16	54	35	38,2	23,3		4,8
1981	ΜΑΡΤ	7	20	12	60	38,2	23,3		4,5
1981	ΜΑΡΤ	7	16	54	34	38,3	23,4	5	4,6
1981	ΜΑΡΤ	11	7	34	12	38,3	23,3		4,9
1981	ΜΑΡΤ	12	1	49	40	38,3	23,4	10	5,1
1981	ΑΠΡ	13	8	11	53	38,3	23,3		4,5
1988	ΑΠΡ	2	21	57	60	38,1	24,1	4	4,5
1988	ΑΠΡ	2	21	57	60	38,1	24,1		4,6
1989	ΦΕΒ	23	15	48	29	37,6	23,6	72	4,6
1991	ΣΕΠΤ	10	18	59	15	37,7	23,4	155	4,7
1991	ΣΕΠΤ	10	18	59	16	37,8	23,4	172	4,6
1997	ΝΟΕ	5	10	27	54	38,2	23,5	26	4,5
1999	ΣΕΠΤ	7	11	56	51	38,2	23,6	29	5,9
1999	ΣΕΠΤ	7	13	5	49	38,1	23,6	24	4,6
1999	ΣΕΠΤ	7	20	32	27	38,2	23,6	26	4,6
1999	ΣΕΠΤ	7	20	44	55	38,2	23,7	20	4,9
1999	ΣΕΠΤ	8	12	55	0	38,2	23,6	29	4,5
1999	ΣΕΠΤ	8	16	54	8	38,2	23,7	26	4,5
2001	ΟΚΤ	26	13	32	52	38,1	23,3	24	4,5
2005	ΙΑΝ	3	21	44	29	37,6	23,3	123	5,0
2008	ΙΑΝ	29	15	16	51	37,58	23,47	20	4,6

### 5.3. Κατηγοριοποίηση σχηματισμών με βάση τη σεισμική επικινδυνότητα

Σύμφωνα με τα στοιχεία σεισμικότητας που παρατέθηκαν καθώς και από την αξιολόγηση των σεισμοτεκτονικών δεδομένων του Πίνακα Σεισμολογικών Στοιχείων Πόλεων και Οικισμών του ΥΠΕΧΩΔΕ (1983), η περιοχή κατατάσσεται στην κατηγορία I (εικόνα 5.2) από πλευράς σεισμικής επικινδυνότητας, η αναμενόμενη στάθμη επιτάχυνσης με 90% πιθανότητα να μην γίνει υπέρβασή της σε 25 χρόνια προκύπτει 87, ενώ η μέγιστη ένταση που έχει παρατηρηθεί είναι VI.



**Εικόνα 5.2: Κατηγορίες (III, II, I) ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας, σύμφωνα με τον τροποποιημένο ΕΑΚ2000.**

Κατά τον αναθεωρημένο (ΦΕΚ 11546/12-8-03) Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό η συνιστώμενη τιμή σχεδιασμού για την οριζόντια συνιστώσα της επιτάχυνσης εδάφους στη Ζώνη I είναι  $A = a \times g$ , με  $a = 0.16$ . Σύμφωνα επίσης με τον ισχύοντα ΕΑΚ, οι εδαφικοί και βραχώδεις σχηματισμοί κατατάσσονται σε πέντε κύριες κατηγορίες

σεισμικής επικινδυνότητας για τη θεμελίωση κατασκευών. Οι κατηγορίες αυτές είναι (ΕΑΚ 2000):

Κατηγορία εδαφών Α:	<p>Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί που αναπτύσσονται σε μεγάλη έκταση και βάθος και δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση.</p> <p>Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70m.</p> <p>Στρώσεις πολύ σκληρής, προσυμπιεσμένης αργίλου, πάχους μικρότερου των 70m.</p>
Κατηγορία εδαφών Β:	<p>Έντονα αποσαθρωμένοι βραχώδεις σχηματισμοί ή εδάφη, που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη υλικά.</p> <p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας και με πάχος μεγαλύτερο των 5m, ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70m.</p> <p>Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70m.</p>
Κατηγορία εδαφών Γ:	<p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικά πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5m, ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70m.</p> <p>Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5m.</p>
Κατηγορία εδαφών Δ:	<p>Έδαφος με μαλακές αργίλους, υψηλού δείκτη πλαστικότητας (<math>I_p &gt; 50\%</math>), συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10m.</p>

Κατηγορία εδαφών X:	<p>Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοϊλυώδη εδάφη, υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων).</p> <p>Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα.</p> <p>Απότομες κλιτείς, καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων.</p> <p>Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπίκνωσης ή απώλειας αντοχής.</p> <p>Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη.</p> <p>Εδάφη κατηγορίας Γ με επικίνδυνα μεγάλη κλίση.</p>
---------------------	--

Με βάση τις περιγραφές του πίνακα και την τεχνικογεωλογική εικόνα τους, όπως διαπιστώθηκε με την επιτόπια επίσκεψη, οι σχηματισμοί που καλύπτουν την περιοχή μελέτης εντάσσονται στις διάφορες κατηγορίες ως ακολούθως:

**Στην κατηγορία Α** κατατάσσονται οι ασβεστόλιθοι και υγιείς φάσεις των σχιστόλιθων του προνεογενούς υποβάθρου, τα συνεκτικά αδρομερή νεογενή και τα κροκαλοπαγή των τεταρτογενών σχηματισμών.

**Στην κατηγορία Γ** κατατάσσονται οι οι ερυθρές αργιλοϊλυώδεις φάσεις των ημισυνεκτικών τεταρτογενών αποθέσεων και τα λεπτομερή νεογενή.

Τέλος, **στην κατηγορία Χ** κατατάσσονται: ο μανδύας αποσάθρωσης των σχιστόλιθων με τα βραχώδη θραύσματα του προνεογενούς υποβάθρου.

## 6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

### 6.1. Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται ο σκοπός αυτής της εργασίας ο οποίος είναι η κατανόηση και ο προσδιορισμός των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των Πλειο-Πλειστοκαινικών ιζημάτων. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος χρειάστηκε κατ' αρχήν να μελετηθεί η Γεωλογία της περιοχής, έτσι ώστε να δοθεί μια πρώτη εικόνα για τους σχηματισμούς που την καλύπτουν. Η μελέτη αυτή περιελάμβανε αρχικά τη συγκέντρωση βιβλιογραφικών αναφορών ως εξής:

- Εργασίες οι οποίες αναφέρονται στη Γεωλογία και Υδρογεωλογία της λεκάνης των Μεσογείων (Ρόζος, 2007 Μέττος, 1992 Παπαδέας 2002, ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχανικοί, 2009).
- Γεωλογικούς χάρτες (Κατσαβριάς φύλλα Κορωπί Πλάκα, ΙΓΜΕ φύλλα Κορωπί Πλάκα ) έτσι ώστε να δοθεί μια εικόνα της περιοχής και να είναι επικοδομητικές οι επί τόπου έρευνες.
- Σημαντική ήταν η συμβολή του προγράμματος Googlearth το οποίο μας έδωσε μια τρισδιάστατη εικόνα της περιοχής, βοήθησε στον προσδιορισμό θέσεων κατάλληλων για δειγματοληψία και την πιο εύκολη ταυτοποίηση των γεωλογικών ορίων.

Ύστερα από την μελέτη, των βιβλιογραφικών στοιχείων πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές μεταβάσεις στην περιοχή μελέτης για την αναγνώριση των γεωλογικών σχηματισμών και ακολούθησε η επιλογή κατάλληλων σημείων για δειγματοληψία. Ο τρόπος διεξαγωγής της δειγματοληψίας διέφερε από εδαφικούς σχηματισμούς σε βραχώδεις και η διαμόρφωση των δοκιμίων για την εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών απαιτούσε ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό.

Εφόσον τα δείγματα, έπειτα από την συλλογή τους και τη διαμόρφωση τους, πληρούσαν τις απαραίτητες προδιαγραφές σύμφωνα με διεθνή πρότυπα

(ISRM,ASTM) ήταν έτοιμα για την υποβολή τους σε εργαστηριακές δοκιμές. Οι δοκιμές αυτές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας της Σχολής Μηχανικών-Μεταλλείων-Μεταλλουργών σε συνεργασία με τους υποψήφιους διδάκτορες Δημήτρη Κοτσάνη και Πάρη Τσαγκαράτο.

Μετά τη λήψη των αποτελεσμάτων και την επεξεργασία των δεδομένων, ώστε να προσδιοριστούν τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών ακολούθησε η συνδυασμένη παρουσίαση αυτών με στοιχεία από βιβλιογραφικές πηγές οι οποίες αναφέρονται στην περιοχή μελέτης με σκοπό τη διαμόρφωση πινάκων με μεγάλο αριθμό δοκιμών, προκειμένου να παρουσιαστούν αξιόπιστα εύρη κύμανσης των κύριων γεωμηχανικών χαρακτηριστικών.

Έτσι διαμορφώθηκε εν τέλει, ο τεχνικογεωλογικός χάρτης και το σχετικό υπόμνημα της περιοχής μελέτης όπου παρουσιάζονται αναλυτικά οι τεχνικογεωλογικές ενότητες, παρατίθενται οι πίνακες με τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά αυτών και απεικονίζονται κάποιες χαρακτηριστικές εμφανίσεις των σχηματισμών που τις συνθέτουν.

## **6.2. Δειγματοληψία και διαμόρφωση δειγμάτων**

### **6.2.1. Εδαφικοί σχηματισμοί**

#### **6.2.1.1. Γενικά**

Η δειγματοληψία των εδαφικών σχηματισμών διαχωρίζεται σε τρεις κύριες κατηγορίες: (Καλογεράκη, 2008)

- Αδιατάρακτο δείγμα, που θεωρείται κάθε εδαφικό δείγμα το οποίο λαμβάνεται με κατάλληλη τεχνική και χρήση ειδικών εργαλείων (σφυρί, καλέμι) ή δειγματοληπτών, που εξασφαλίζουν την ελάχιστη διατάραξη του εδαφικού ιστού. Το δείγμα αυτό θεωρείται κατάλληλο για εργαστηριακές δοκιμές προσδιορισμού των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους.
- Διαταραγμένο δείγμα, που θεωρείται κάθε εδαφικό δείγμα το οποίο από την τεχνική λήψης και τα εργαλεία ή τους δειγματολήπτες που χρησιμοποιήθηκαν, έχει υποστεί διατάραξη του εδαφικού του ιστού. Το δείγμα αυτό θεωρείται ακατάλληλο

για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους και είναι κατάλληλο μόνο για δοκιμές ταξινόμησης.

- Ημιδιαταραγμένο δείγμα, που θεωρείται σαν μια ενδιάμεση κατάσταση εδαφικού δείγματος από πλευράς διατάραξης του εδαφικού ιστού και είναι κατάλληλο μόνο για τον προσδιορισμό των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και την ταξινόμηση του.

#### **6.2.1.2. Μέθοδοι και περιοχές δειγματοληψίας**

Η βασική δυσκολία της δειγματοληψίας εδαφικών σχηματισμών έγκειται στο γεγονός ότι πρέπει να βρεθούν τα κατάλληλα σημεία όπου οι σχηματισμοί να είναι όσο το δυνατόν αδιατάρακτοι. Κοντά στην επιφάνεια του εδάφους οι σχηματισμοί βρίσκονται έντονα διαταραγμένοι κυρίως λόγω των διαδικασιών της διάβρωσης και αποσάθρωσης. Κάθε λογική σύγκριση του εδαφικού ιστού στην επιφάνεια, με αυτόν στα ενδότερα υγιή τμήματα της εδαφικής μάζας κρίνεται αβάσιμη. Η διαβρωτική δράση των φυτών, η αναμόχλευση τους από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τις δραστηριότητες των ζώων και η έκθεση των σχηματισμών στις ατμοσφαιρικές συνθήκες (ακόμα και για διάστημα λίγων ημερών) έχουν ως αποτέλεσμα την πλήρη αλλοίωση των χαρακτηριστικών του εδαφικού ιστού και συνεπώς των μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους κοντά στην επιφάνεια.

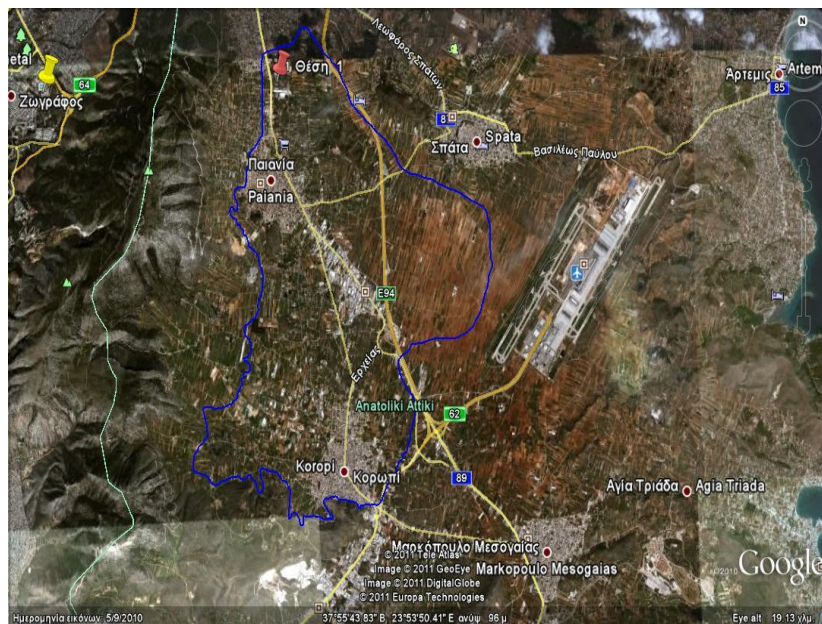
Για την αποφυγή των παραπάνω, τα δείγματα που διερευνήθηκαν συλλέχθηκαν με βάση την κατάσταση τους από άποψης διάβρωσης αποκλείοντας εκ των προτέρων σημεία στα οποία εμφανιζόταν φυτοκάλυψη και εδαφικοί χουμώδεις ορίζοντες στην κεκλιμένη επιφάνεια τους. Κάποιες από τις περιοχές οι οποίες πληρούν σε ικανοποιητικό βαθμό τις παραπάνω προϋποθέσεις είναι οι εκσκαφές θεμελίων πολυκατοικιών και φυσικά ή τεχνητά πρανή κατά προτίμηση >3m.

Σε κάθε θέση αρχικά απομακρυνόταν το επιφανειακό στρώμα του σχηματισμού, με τη βοήθεια του γεωλογικού σφυριού και καλεμιού μέχρι της αποκάλυψης του υγιούς σχηματισμού. Στη συνέχεια το τέμαχος ή τα τεμάχια τυλίγονταν με πλαστική μεμβράνη και αλουμινόχαρτο για την αποφυγή της απώλειας της φυσικής υγρασίας και μεταφέρονταν στο χώρο του εργαστηρίου.

Η περιοχή από την οποία ελήφθησαν τα δείγματα βρίσκεται στο δήμο Παϊανίας. Το πρώτο σημείο το οποίο κρίθηκε κατάλληλο για δειγματοληψία βρέθηκε σε μια



εκσκαφή θεμελίων πολυκατοικίας σε βάθος 2,5 m. Πρόκειται για σχηματισμό ο οποίος γεωλογικά ανήκει στα Πλειστοκαινικά ιζήματα και βάσει της μελέτης που έγινε εντάχθηκε στη γεωτεχνική ομάδα των τεταρτογενών ημισυνεκτικών σχηματισμών μεικτών φάσεων. Η κοκκομετρική σύσταση του διαταραγμένου δείγματος ήταν αργιλοϊλυώδης και περιείχε μεγάλο ποσοστό χαλικιών οφιολιθικής σύστασης. Παρακάτω παρουσιάζεται η γεωγραφική θέση (Εικόνα 6.1) της δειγματοληψίας καθώς και φωτογραφίες(6.1 και 6.2) από τη διαδικασία της δειγματοληψίας.



**Εικόνα 6.1 Δήμος Γλυκών Νερών, οδός Πρασίνου. Πρώτη θέση δειγματοληψίας**



**Φωτογραφία 6.1: Δειγματοληψία τεταρτογενούς σχηματισμού με κυλινδρικό δειγματολήπτη στο δήμο Παιανίας**



**Φωτογραφία 6.2: Δείγματα και όργανα δειγματοληψίας**

Το δεύτερο σημείο όπου έγινε η δειγματοληψία ήταν στην εκσκαφή του Ιατρικού Πάρκου Αθηνών. Πρόκειται για μαργαϊκό σχηματισμό ο οποίος γεωλογικά εντάσσεται στην κατηγορία των Πλειοκαινικών ιζημάτων και γεωτεχνικά κατατάχθηκε, ύστερα από μελέτη της γεωλογίας της περιοχής και εργαστηριακές δοκιμές στην ομάδα των Νεογενών σχηματισμών μεικτών φάσεων . Η υφή του δείγματος ήταν πολύ σκληρή τέτοια ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ως σκληρό έδαφος-μαλακός βράχος. Η κοκκομετρική του σύσταση ήταν κυρίως αργιλοϊλυώδης με μικρό ποσοστό άμμου. Στην Εικόνα 6.2 παρουσιάζεται η γεωγραφική θέση της δειγματοληψίας ενώ στη Φωτογραφία 6.3 το δείγμα που λήφθηκε από το πρανές.



Εικόνα 6.2: Δεύτερη θέση δειγματοληψίας στο δήμο Γλυκών Νερών



Φωτογραφία 6.3: Μαργαϊκός σχηματισμός που  
λήφθηκε για εργαστηριακές δοκιμές

## 6.2.2. Βραχώδεις σχηματισμοί

### 6.2.2.1. Γενικά

Η δειγματοληψία των βραχωδών σχηματισμών για την υποβολή τους σε εργαστηριακές δοκιμές μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

1. Άμεσα, με την εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων με περιστροφικά γεωτρήματα και τη λήψη κυλινδρικών πυρήνων (καρότων) (Φωτογραφία 6.4).



**Φωτογραφία 6.4:** Λήψη δειγμάτων με περιστροφικό γεωτρήματα στη θέση Νησίδα του δήμου Κρωπίας (Εδαφομηχανική ΑΤΕ)

2. Έμμεσα, με την αποκομοιδή ακανόνιστων τεμαχίων και την λήψη των πυρήνων τους μέσω της συσκευής προετοιμασίας κυλινδρικών δειγμάτων. (Φωτογραφία 6.5)



**Φωτογραφία 6.5:** Συσκευής προετοιμασίας κυλινδρικών δειγμάτων εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, ακολουθήθηκε ο δεύτερος τρόπος δειγματοληψίας, με την επιτόπου έρευνα στην περιοχή μελέτης, την συλλογή κατάλληλων τεμαχίων (όχι πολύ αποσαθρωμένα, με το κατά το δυνατόν επίπεδες πλευρές) και τη μεταφορά τους στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας για τη λήψη κυλινδρικών δοκιμίων.

Μετά την εξαγωγή των κυλινδρικών δοκιμίων ακολούθησε η σωστή διαμόρφωση τους μέσω της κοπής των βάσεων τους με χρήση ειδικού αδαμαντοτροχού (Φωτογραφία 6.6), ώστε αυτές να είναι παράλληλες μεταξύ τους και η λείανσή των σε ειδική συσκευή (Φωτογραφία 6.7), σύμφωνα με τις επιταγές της ISRM.



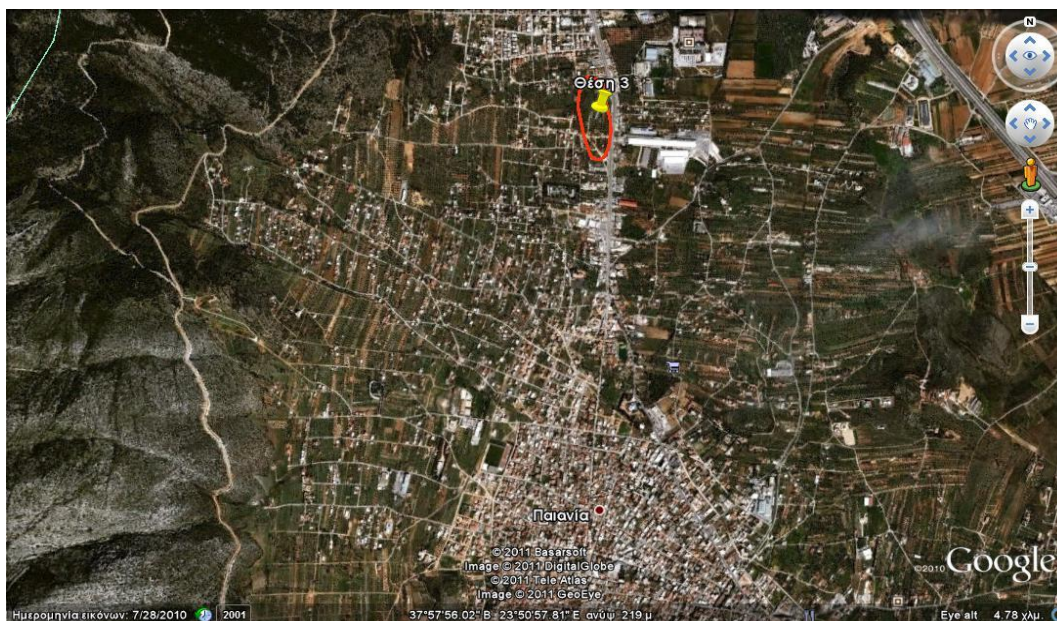
**Φωτογραφία 6.6: Αδαμαντοτροχός εργαστηρίου  
Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας**



**Φωτογραφία 6.7: Συσκευή λείανσης εργαστηρίου  
Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας**

### 6.2.2.2. Θέσεις δειγματοληψίας και δείγματα

Οι περιοχές από την οποία ελήφθησαν τα δείγματα βρίσκονται στους δήμους Παιανίας και Γλυκών Νερών. Η πρώτη θέση όπου έγινε δειγματοληψία ήταν σε ένα μικρό λόφο απέναντι από το εκθεσιακό κέντρο ΜΕΚ Παιανίας (εικόνα 6.3) όπου παρατηρήθηκε εμφάνιση ασβεστόλιθου. Πρόκειται για μέτρια αποσαθρωμένο ασβεστόλιθο με έντονο δίκτυο φλεβιδίων ασβεστίτη και οξειδίων του σιδήρου (Φωτογραφία 6.8).



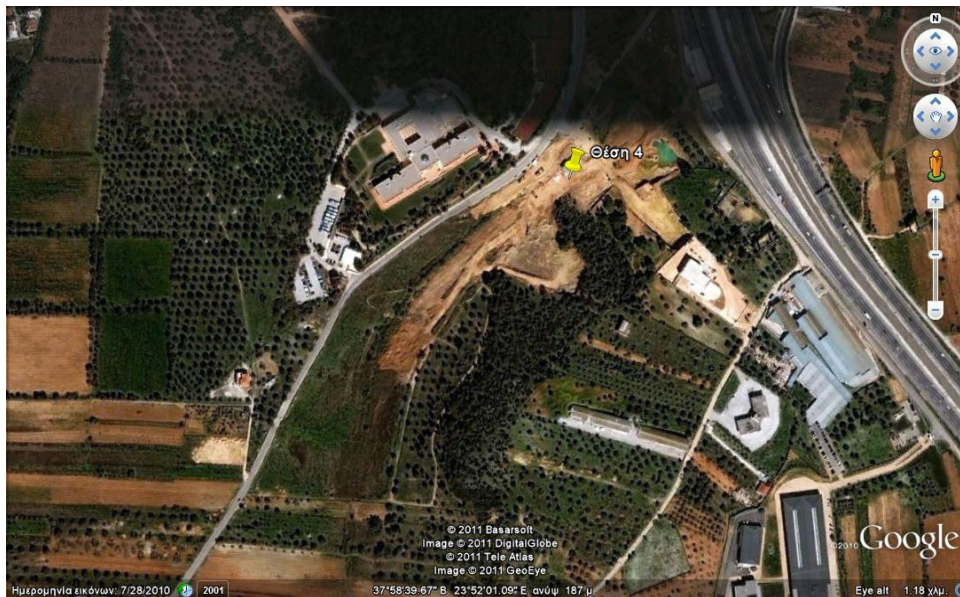
Εικόνα 6.3: Οριοθέτηση εμφάνισης ασβεστόλιθου και σημείο δειγματοληψίας



Φωτογραφία 6.8: Δήμος Γλυκών Νερών, περιοχή ΜΕΚ Παιανίας.

Τυπική εμφάνιση του ασβεστόλιθου της περιοχής

Η δεύτερη δειγματοληψία έγινε στο τεχνητό πρανές, ύψους περίπου 10 m (Φωτογραφία 6.9) στο χώρο του Ιατρικού Πάρκου Αθηνών (Εικόνα 6.4). Από αυτή την περιοχή λήφθηκε δείγμα ψαμμίτη. Στην παρακάτω εικόνα και φωτογραφία φαίνονται η γεωγραφική θέση όπου παρατηρήθηκε η εμφάνιση και εικόνα από το πρανές, αντίστοιχα.

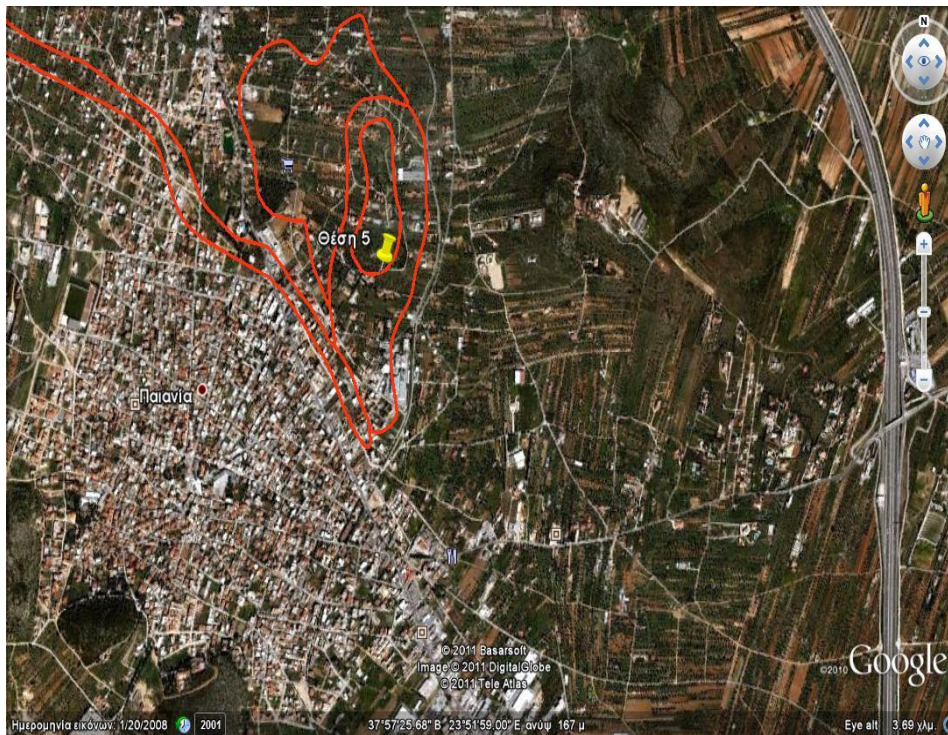


**Εικόνα 6.4:** Γεωγραφική θέση της δειγματοληψίας δυτικά της Αττικής Οδού



**Φωτογραφία 6.9:** Δήμος Γλυκών Νερών, περιοχή εκσκαφής Ιατρικού Πάρκου Αθηνών. Πρόσοψη του πρανούς όπου επικρατεί ο ψαμμίτης

Η τρίτη θέση της δειγματοληψίας ήταν στο λόφο Πυργάθι (Εικόνα 6.5) βορειανατολικά της πόλης της Παιανίας. Το δείγμα που συλλέχθηκε ήταν σχιστόλιθος πράσινου χρώματος και πολύ αποσαθρωμένος (Φωτογραφία 6.10). Στην παρακάτω εικόνα και φωτογραφία φαίνονται η γεωγραφική θέση όπου παρατηρήθηκε η εμφάνιση και η μορφή του σχιστόλιθου.



**Εικόνα 6.5: Θέση δειγματοληψίας στο λόφο βορειανατολικά της Παιανίας**



**Φωτογραφία 6.10: Δήμος Παιανίας, λόφος Πυργάθι. Τυπικό δείγμα πρασινοσχιστόλιθου της περιοχής**



### **6.3. Εργαστηριακές δοκιμές**

#### **6.3.1 Γενικά**

Μέχρι περίπου το 1940 (Ρόζος,2007) η περιγραφή και ταξινόμηση των εδαφικών-βραχωδών σχηματισμών βασιζόταν κυρίως σε ποιοτικά κριτήρια, με εξαίρεση ίσως την πλαστικότητα των εδαφών και ο κύριος λόγος ήταν η έλλειψη πρότυπων, δομικών για την ποσοτική περιγραφή των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών.

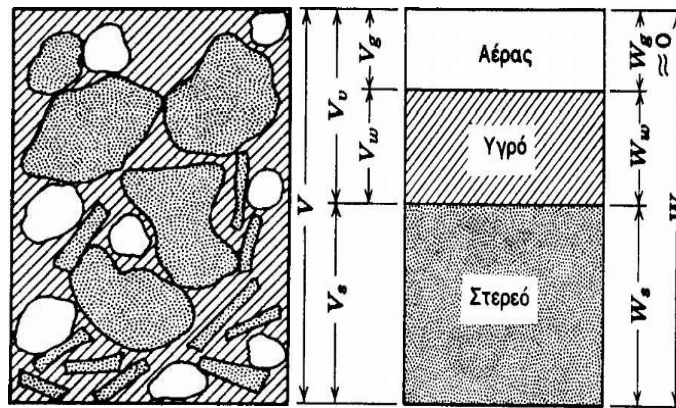
Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι η αρχική δυσκολία ανάπτυξης προτύπων μεθόδων δοκιμής των εδαφών και πετρωμάτων οφειλόταν στο γεγονός ότι οι ιδιότητες αυτών σχετίζονται άμεσα με τη μέθοδο εκτέλεσης της κάθε δοκιμής, αλλά και τις συνθήκες που επικρατούν κατά την εκτέλεση της. Για παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η σημαντική διακύμανση της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη που παρουσιάζουν κυλινδρικά δοκίμια ενός πετρώματος, όταν ο λόγος μήκους προς διάμετρο μεταβληθεί από 0,5 μέχρι 3.

Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν θεμελιώδεις μηχανικές ιδιότητες ή χαρακτηριστικά των πετρωμάτων με την έννοια των μηχανικών σταθερών. Οι όποιες φυσικομηχανικές ιδιότητες προσδιορίζονται με βάση πρότυπες δοκιμές που έχουν υιοθετηθεί διεθνώς. Έτσι προκύπτουν τα χαρακτηριστικά των εδαφικών και βραχωδών σχηματισμών και καθίσταται δυνατή η σύγκριση μεταξύ των διαφόρων τύπων τους.

Κυρίως από τη δεκαετία του 1960 και αργότερα παρατηρείται μια σημαντική ανάπτυξη της εργαστηριακής έρευνας, ενώ η εκτέλεση των δοκιμών αρχίζει να ακολουθεί μεθόδους που βασίζονται κυρίως σε Αμερικανικά, Βρετανικά και Γερμανικά πρότυπα (ASTM, BS, DIN και αργότερα οι προτεινόμενες μέθοδοι δοκιμών της ISRM).

#### **6.3.2. Βασική δομή και εργαστηριακές δοκιμές των εδαφικών σχηματισμών**

Το έδαφος ορίζεται ως μια συνάθροιση εδαφικών κόκκων χωρίς ισχυρή σύνδεση μεταξύ τους, ενώ τα κενά μεταξύ των κόκκων μπορεί να είναι πληρωμένα με αέρα, νερό ή και τα δύο. (Σχήμα 6.1)



Σχήμα 6.1: Φάσεις του εδαφικών υλικών

Οι ιδιότητες των εδαφικών (Σακελλαρίου,2003) υλικών προσδιορίζονται με τις δύο παρακάτω μεθοδολογίες:

- Επί τόπου δοκιμές: Η διαδικασία αυτή αφορά δοκιμές που γίνονται στον τόπο - έδαφος κατασκευής ενός έργου. Αν και δεν διαθέτουν την ακρίβεια των εργαστηριακών δοκιμών στον προσδιορισμό γεωτεχνικών παραμέτρων, είναι πολλές οι περιπτώσεις που μόνο αυτές μπορούν να δώσουν μία εικόνα για τις ιδιότητες του εδάφους. Για παράδειγμα ο εργαστηριακός προσδιορισμός της αντοχής της άμμου είναι δύσκολος καθώς προκαλείται έντονη διατάραξη κατά την διαδικασία της δειγματοληψίας. Η συνήθης πρακτική είναι οι ιδιότητες της άμμου να προσδιορίζονται με την δοκιμή διείδυσης (SPT - Standard Penetration Test) επί τόπου.
- Εργαστηριακές δοκιμές: Με την διαδικασία της δειγματοληψίας η οποία γίνεται συνήθως με χρήση γεωτρήσεων λαμβάνονται εδαφικά δείγματα τα οποία μεταφέρονται στον χώρο του εργαστηρίου. Με κατάλληλες εργαστηριακές μεθοδολογίες, προσδιορίζονται οι μηχανικές και οι φυσικές ιδιότητες των εδαφικών δειγμάτων (γεωτεχνικοί παράμετροι). Όλα τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφών (Ρόζος,2007) που προσδιορίζονται εργαστηριακά, εξαρτώνται άμεσα από γεωλογικούς και άλλους παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι:
  - η ορυκτολογική σύσταση
  - ο ιστός του εδαφικού υλικού
  - η μάζα του στο σύνολό της
  - η πλήρωση του νερού των πόρων του εδάφους.

Επίσης, η μηχανική συμπεριφορά της εδαφικής μάζας ελέγχεται από την ομοιογένεια, συνέχεια και ισοτροπία, που με τη σειρά τους εξαρτώνται από τις γεωλογικές συνθήκες γένεσης των εδαφών και της γεωλογικής ιστορίας τους. Σαν παράδειγμα αναφέρονται η ανομοιογένεια και ανισοτροπία, που παρουσιάζουν συχνά οι αλλουβιακές εδαφικές αποθέσεις του ελληνικού χώρου, με τις συχνές εναλλαγές λεπτόκοκκων και αδρομερών υλικών, τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την οριζόντια συνιστώσα.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά και οι κύριες μηχανικές ιδιότητες των εδαφών προσδιορίζονται με τις δοκιμές:

- ταξινόμησης
- υδροπερατότητας
- αντοχής σε θλίψη και διάτμηση
- στερεοποίησης

Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζεται η ονοματολογία των πιο συνηθισμένων δοκιμών εδαφομηχανικής καθώς και οι προδιαγραφές σύμφωνα με τις οποίες εφαρμόζονται.

**Πίνακας 6.1: Εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής**

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
1	Προπαρασκευή σε ξηρή κατάσταση διαταραγμένου δείγματος.	E105-86, παρ. 1
2	Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας εδάφους.	E105-86, παρ. 2, ASTM D 2216-90
3	Προσδιορισμός φαινόμενου βάρους, συν. υλικού.	E105-86, παρ. 3
4	Προσδιορισμός ειδικού βάρους εδαφών.	E105-86, παρ. 4, ASTM D. 854
5	Προσδιορισμός ορίων υδαρότητας, πλαστικότητας.	E105-86, παρ.5,6, ASTM D 4318-34
6	Πρότυπη μέθοδος δοκιμής κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών(ξηρή μέθοδος)	E105-86, παρ.7, ASTM C 136-34
7	Προσδιορισμός υλικού λεπτότερου του No200.	E105-86, παρ.8, ASTM C 36-84
8	Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο.	E105-86, παρ. 9, ASTM C 36-84
9	Προσδιορισμός σχέσης υγρασίας - πυκνότητας εδαφών	E105-86, παρ. 10.11, ASTM D 1557

	(Proctor test Standard και Modified).	
10	Προσδιορισμός Καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας CBR.	E105-86, παρ. 12, ASTM D 1883
11	Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.	E105-86, παρ. 13, ASTM D 2435-30
12	Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης.	E105-86, παρ. 14, ASTM D 2166
13	Τριαξονική δοκιμή.	E105-86, παρ.15-6.1, ASTM D 2350-43
14	Τριαξονική δοκιμή CUPP.	E105-86, παρ. 15-6.2, ASTM D 2850-82
15	Τριαξονική δοκιμή CD.	E105-86, παρ. 15-6.3
16	Δοκιμή ταχείας διάτμησης χωρίς στερεοποίηση (UU).	E105-86,παρ.16-5-2.1,ASTM D3080
17	Δοκιμή ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση.	E105-86,παρ.16-5-2.2,ASTM D3080
18	Δοκιμή βραδείας διάτμησης με στερεοποίηση.	E105-86,παρ.16-5-2.3,ASTM D3080
19	Δοκιμή υδατοπερατότητας σταθερού ύψους.	E105-86, παρ. 17, E-13 USBR 5600-89
20	Δοκιμή υδατοπερατότητας μεταβλητού ύψους.	E105-86, παρ. 18, E-13 USBR 5600-89
21	Προσδιορισμός συντελεστή υδατοπερατότητας στην συσκευή στερεοποίησης.	E105-86, παρ. 19, E-13 USBR 5600-89
22	Δοκιμή Vane.	ASTM D 2573-72
23	Δοκιμή συμπύκνωσης HARVARD.	S.P. WILSON
24	Δοκιμή PIN-HOLE.	J.O.G.E.D., p. 11846.01/76
25	Προσδιορισμός οργανικών ουσιών.	AASHTO T194-80
26	Προσδιορισμός ανθρακικού ασβεστίου.	ASTM D 4373-84
27	Προσδιορισμός θεικών αλάτων και ιόντων.	ASTM C-114

### 6.3.2.1. Δοκιμές ταξινόμησης

Με τις ονομαζόμενες δοκιμές ταξινόμησης προσδιορίζονται κυρίως τα φυσικά χαρακτηριστικά των εδαφών όπως είναι η κοκκομετρική διαβάθμιση του εδαφικού

υλικού και τα όρια Atterberg (όρια υδαρότητας-πλαστικότητας-συρρίκνωσης) ή αλλιώς όρια συνεκτικότητας, το ειδικό βάρος, η φυσική υγρασία, το πορώδες, ο βαθμός κορεσμού, ο λόγος κενών, καθώς και τα φαινόμενα βάρη (υγρό και ξηρό).

#### **6.3.2.1.1.Κοκκομετρική ανάλυση εδαφών**

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι η πρώτη και η σημαντικότερη από τις δοκιμές που γίνονται με σκοπό την ταξινόμηση των εδαφικών υλικών ανάλογα με την κοκκομετρική τους σύσταση. Για τον προσδιορισμό της χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι:

1. **Το κοσκίνισμα** για το αδρόκοκκο κλάσμα τους ή γενικά τα αδρόκοκκα εδάφη (μηχανική μέθοδος)
2. **Η μέθοδος της καθίζησης** για τα πολύ λεπτόκοκκα (άργιλος-ιλύς) ή το λεπτόκοκκο κλάσμα εδαφών (υδραυλική μέθοδος)

##### ➤ Μηχανική μέθοδος

Η κοκκομετρική ανάλυση (Σακελλαρίου, 2003) θεωρείται διεθνώς η καταλληλότερη εργαστηριακή δοκιμή για την μηχανική κατάταξη των εδαφών. Η καταλληλότητα ή μη εδαφών για θεμελιώσεις, έργα οδοποιίας και λοιπά συγκοινωνιακά έργα (σιδηροδρομικά δίκτυα, αεροδρόμια), κατασκευή φραγμάτων και αναχωμάτων, επιχωμάτων, προσχώσεων κλπ., εξαρτάται και από την κοκκομετρική ανάλυση, δηλαδή, τον προσδιορισμό της σχετικής συμμετοχής κάθε κλάσματος στο δείγμα.

Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την κοκκομετρική ανάλυση μπορούν να μας διευκολύνουν στο να προβλέψουμε την συμπεριφορά εδαφών, όσον αφορά την αντοχή και παραμόρφωση, την κίνηση του υπόγειου νερού (διήθηση), την απόκριση σε παγετό. Η σωστή ταξινόμηση των εδαφών μας βοηθά στην επιλογή των κατάλληλων υλικών για φίλτρα προστασίας και συγκράτησης γύρω από τεχνητές και φυσικές αποστραγγίσεις.

Στην πραγματικότητα δεν είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε το κάθε ένα διαφορετικό κοκκομετρικό μέγεθος αλλά το εύρος των διαφόρων μεγεθών που συμμετέχουν στο δείγμα. Αυτό ολοκληρώνεται με το να πάρουμε την ποσότητα του υλικού που διέρχεται μέσα από ένα κόσκινο συγκεκριμένου ανοίγματος και

συγκρατείται στο αμέσως μικρότερου ανοίγματος κόσκινο της σειράς. Στη συνέχεια συσχετίζουμε την ποσότητα αυτή με το συνολικό δείγμα.

Τα κόσκινα είναι κατασκευασμένα από πεπλεγμένο σύρμα, τετραγωνικών ανοιγμάτων των οποίων το μέγεθος κυμαίνεται από 101.6 mm, το οποίο κατακρατεί τα πλέον χονδρόκοκκα υλικά έως και 0.075 mm (τυποποιημένο φίλτρο No200), το οποίο είναι το φίλτρο με τις μικρότερες διαστάσεις και διαχωρίζει τα ιλυώδη-αργιλώδη υλικά από τα αμμώδη - χαλικώδη και έχει ουσιαστική σημασία στην ταξινόμηση του εδάφους. Συχνά είναι απαραίτητη η γνώση της κοκκομετρικής κατανομής του υλικού που διέρχεται το φίλτρο No200 (ειδικά όταν το διερχόμενο ξεπερνάει το 12% του συνολικού δείγματος). Σε αυτήν την περίπτωση εφαρμόζεται η υδραυλική δοκιμή (η οποία δεν βασίζεται στον μηχανικό διαχωρισμό αλλά στην ανάλυση με πυκνόμετρο και αραιόμετρο - μέθοδος Stokes).

Συχνά οι κόκκοι είναι κατά τέτοιο τρόπο προσανατολισμένοι ώστε παρόλο που το άνοιγμα του κόσκινου είναι μεγαλύτερο, δεν μπορούν να διέλθουν μέσα από αυτό και έτσι παραμένουν στο μεγαλύτερου μεγέθους κλάσμα. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με κατάλληλη διάταξη δόνησης.

Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής δοκιμής παρουσιάζονται με την μορφή καμπύλης. Για να έχουμε καλύτερη εποπτεία της κατανομής και δυνατότητα σύγκρισης των διαφόρων εδαφών, χρησιμοποιείται η λογαριθμική κλίμακα, καθώς η λεπτόκοκκη μάζα έχει κλάσματα της τάξης των 2.00 mm (και μεγαλύτερα) έως και 0.075 mm (No200) και έτσι απαιτείται μεγάλη κλίμακα για να αποδοθούν όλα τα μεγέθη με την ίδια ακρίβεια. Η συνήθης πρακτική είναι η απεικόνιση του διερχόμενου ποσοστού στον κατακόρυφο άξονα και της διαμέτρου στον οριζόντιο. Επιπλέον, τα μεγέθη των κόκκων αυξάνονται από αριστερά προς τα δεξιά.

Είναι προφανές πως η κατανομή της κοκκομετρικής καμπύλης είναι προσεγγιστική. Αυτό οφείλεται στις αντικειμενικές δυσκολίες στο να συλλέξουμε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα, επιπλέον, στο γεγονός της παρουσίας συσσωματώσεων κόκκων, στην ανομοιομορφία στο σχήμα των κόκκων και στον προσανατολισμό τους και τέλος στο γεγονός πως το πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπιστεί με ένα περιορισμένο αριθμό κόσκινων.

Η ακρίβεια της ανάλυσης θα μπορούσε να αμφισβητηθεί κυρίως για τα δείγματα με μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού. Η συνήθης πρακτική είναι η διαδικασία της ξήρανσης σε φούρνο, η οποία ελάχιστα επηρεάζει τελικά τα αποτελέσματα της

ανάλυσης. Η ορθότητα των αποτελεσμάτων εξαρτάται από το αν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό και από το αν το δείγμα περιέχει συσσωματώματα κόκκων και όχι τα πιο στοιχειώδη κομμάτια.

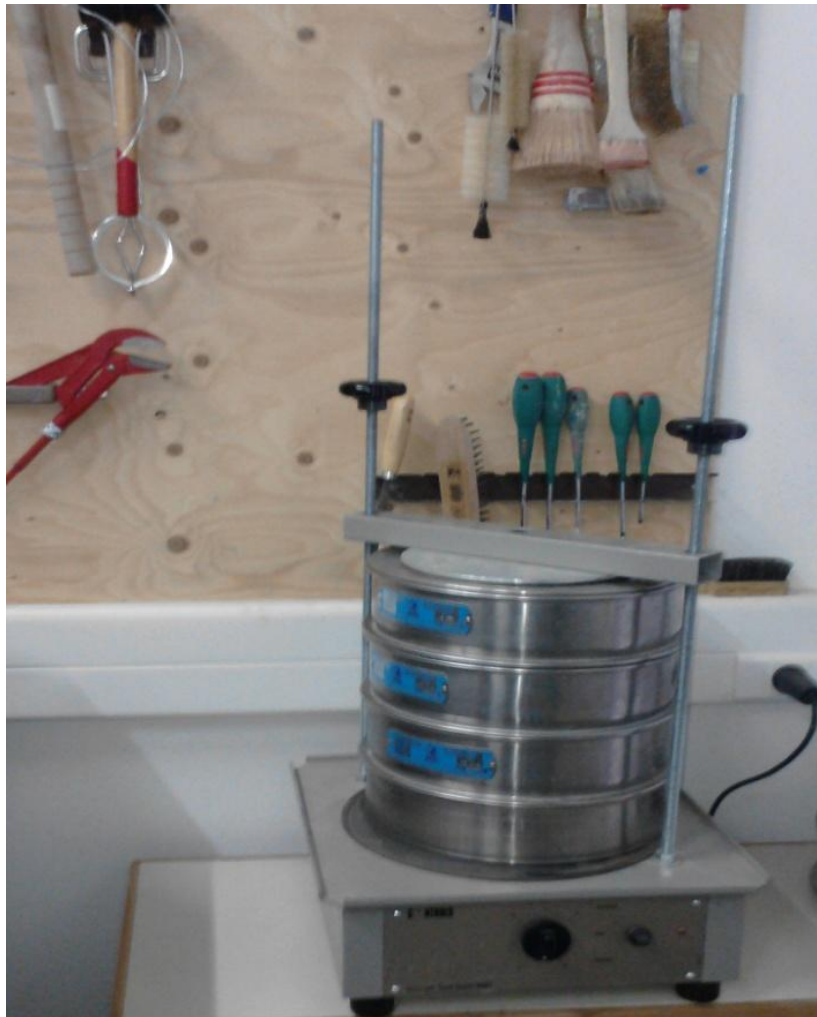
Η καμπύλη που παίρνουμε από την παραπάνω διαδικασία (Σχήμα 6.2) είναι ικανοποιητική για να προβλέψουμε τη συμπεριφορά μη συνεκτικών εδαφών, για την εύρεση του σχετικού ποσοστού κόκκων που περνά από το κόσκινο Νο200 καθώς και για την ταξινόμηση των εδαφών.



Σχήμα 6.2: Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη λεπτόκοκκου εδάφους

Μία σειρά κόσκινων αποτελείται εν γένει από 6-7 κόσκινα με άνοιγμα το οποίο διπλασιάζεται από το κατώτερο στο ανώτερα (6, 12, 24 mm) ώστε να απεικονίζονται στο λογαριθμικό διάγραμμα σε ίσες αποστάσεις. Για απλοποίηση της διαδικασίας,

επιτρέπεται κάποια από τα κόσκινα να παραληφθούν (Φωτογραφία 6.11). Κάτι τέτοιο είναι αποδεκτό αφού η αυστηρή ακολουθία διπλασιασμού του μεγέθους δεν επηρεάζει την καμπύλη κατανομής και εξακολουθεί να διασφαλίζεται η στατιστική αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Η κατηγορίες των εδαφικών υλικών ανάλογα με την κοκκομετρική τους σύσταση δίνονται στον Πίνακα 6.2.



**Φωτογραφία 6.11: Χρησιμοποιούμενη σειρά κοσκίνων  
πάνω στον ηλεκτρομαγνητικό δονητή**



**Πίνακας 6.2:Κατηγορίες εδαφικών υλικών-Χαρακτηριστικά κόσκινα(ASTM)**

Λίθοι(πέτρες)	Το κόσκινο των <b>75 mm</b> , διαχωρίζει το εδαφικό υλικό από τις λίθους.	-	-
Χαλίκια	Τα χαλίκια είναι η διαβάθμιση μεταξύ του κόσκινου των <b>75 mm</b> και του κόσκινου <b>No4 (4.75 mm)</b> .	<b>Χονδρόκοκα χαλίκια</b>	Τα χονδρόκοκα χαλίκια, συγκρατούνται μεταξύ των κόσκινων <b>75 mm</b> και <b>19 mm</b> .
		<b>Λεπτόκοκα χαλίκια</b>	Τα λεπτόκοκα χαλίκια συγκρατούνται μεταξύ των κόσκινων <b>19 mm</b> και <b>No4 (4.75 mm)</b> .
Άμμος	Η άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων <b>No4 (4.75 mm)</b> και <b>No200 (0.075 mm)</b> .	<b>Χονδρόκοκη άμμος</b>	Η χονδρόκοκη άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων <b>No4 (4.75 mm)</b> και <b>No10 (2 mm)</b> .
		<b>Μεσόκοκη άμμος</b>	Η μεσόκοκη άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων <b>No10 (2 mm)</b> και <b>No40 (0.425 mm)</b> .
		<b>Λεπτόκοκη άμμος</b>	Η λεπτόκοκη άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων <b>No40 (0.425 mm)</b> και <b>No200 (0.075 mm)</b> .
Ψύς - Άργιλος	Η ψύς και η άργιλος είναι το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο <b>No200 (0.075 mm)</b>	<b>Ψύς (0.075 -0.002 mm)</b> <b>Άργιλος (έως 0.0001 mm)</b>	Απαιτείται υδραυλική κοκκομετρική δοκιμή με χρήση αραιόμετρου.

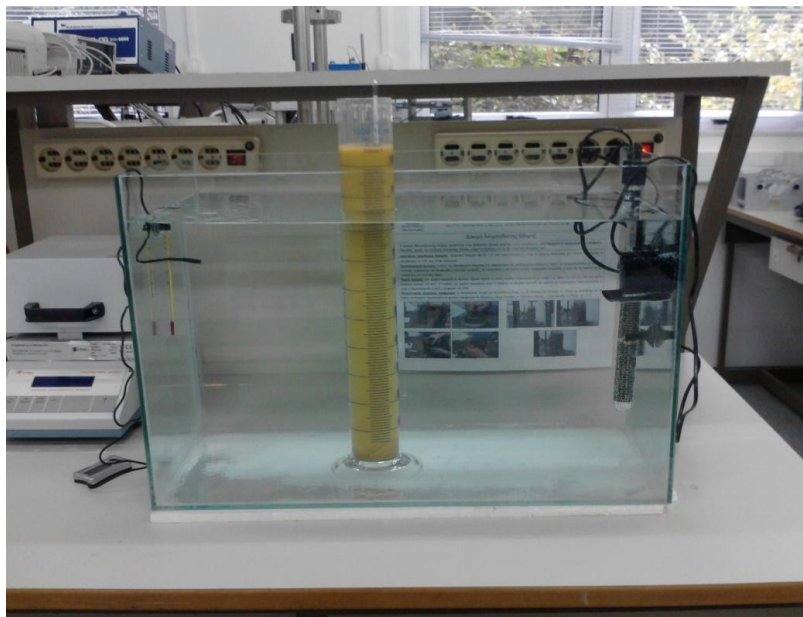
Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι κοσκίνισματος το ξηρό και το υγρό κοσκίνισμα. Το υγρό κοσκίνισμα πραγματοποιείται όταν τα πολύ μικρά τεμάχια του λεπτόκοκκου υλικού συγκολλούνται δημιουργώντας συσσωματώματα.

➤ Υδραυλική μέθοδος( Μέθοδος καθίζησης)

Η υδραυλική μέθοδος ακολουθεί συνήθως την ξηρή ή υγρή κοσκίνηση και σκοπός της είναι ο διαχωρισμός του αργιλοϊλύδους κλάσματος (διερχόμενο του κόσκινου Νο200) , και ο μετέπειτα προσδιορισμός του ποσοστού της αργίλου και της ιλύος ξεχωριστά.

Περιγραφή φαινομένου

Το αργιλοϊλύδες κλάσμα( Ρόζος,2007) αφού αναμιχθεί με απεσταγμένο νερό και αναδευτεί, αφήνεται να καθιζάνει. Με τη διαδοχική καθίζηση το μέσο ειδικό βάρος του διαλύματος μειώνεται και συνεπώς διαδοχικές μετρήσεις αυτού με ένα πυκνόμετρο σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα μας αποκαλύπτει το βάρος των κόκκων που παραμένουν σε αιώρηση και επομένως και αυτών που έχουν ήδη κατακαθίσει. (Φωτογραφία 6.12)



**Φωτογραφία 6.12: Αργιλοϊλύδες κλάσμα αναμειγμένο με νερό στον ογκομετρικό σωλήνα**

Ο ρυθμός καθίζησης των εδαφικών σωματιδίων στο νερό προσδιορίζεται με τη χρήση του νόμου του Stokes, επιτρέποντας έτσι τον υπολογισμό του ποσού για την κάθε μια από τις ισοδύναμες διαμέτρους στο δείγμα. Καθώς ο νόμος του Stokes

αναφέρεται σε σφαίρες η εφαρμογή στο λεπτομερές κλάσμα των εδαφών και δη στις αργίλους, που έχουν πλακοειδή, δεν είναι και η ιδανικότερη.

#### **6.3.2.1.2. Όρια συνεκτικότητας**

Πέρα από την κοκκομετρική ανάλυση που αποκαλύπτει τη διαβάθμιση και κατανομή των κόκκων στη μάζα του δείγματος (Ρόζος 2007) , μεγάλη σημασία για μια αξιόπιστη κατάταξη, διαδραματίζει και η γνώση των ορίων συνεκτικότητας της λεπτομερούς φάσης των εδαφών. Με τον όρο αυτό αναφέρεται η απόκριση των λεπτόκοκκων εδαφών κάτω από διαφορετικά ποσοστά περιεκτικότητας σε νερό. Τα ποσοστά αυτά που οφείλονται στο νερό που προσροφάται από τα αργιλικά σωματίδια, καθορίζουν το βαθμό πλαστικότητας, στιφρότητας ή και σκληρότητας του εδάφους.(Φωτογραφία 6.13)



**Φωτογραφία 6.13: Όργανα προσδιορισμού ορίων συνεκτικότητας**

Συνεπώς η συνεκτικότητα αποτελεί βασική παράμετρο για την ταξινόμηση και εκτίμηση της γεωτεχνικής συμπεριφοράς των λεπτόκοκκων (συνεκτικών) εδαφών, ενώ για τα κοκκώδη (μη συνεκτικά) πλέον σημαντική είναι η κοκκομετρική διαβάθμιση.

Τα όρια συνεκτικότητας που έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούμε για την ταξινόμηση των λεπτόκοκκων εδαφών, αναφέρονται σε τέσσερις οριακές καταστάσεις, προσδιορισμού από το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας. Η όλη μεθοδολογία αναπτύχθηκε από το Σουηδό Atterberg και γι' αυτό και καλούνται και όρια Atterberg. Ο Atterberg προσδιόρισε σαν οριακές καταστάσεις ενός λεπτόκοκκου

εδάφους τη ρευστή, την πλαστική, την ημιστερεά και την στερεά και τα μεταξύ τους όρια σαν όρια συνεκτικότητας.

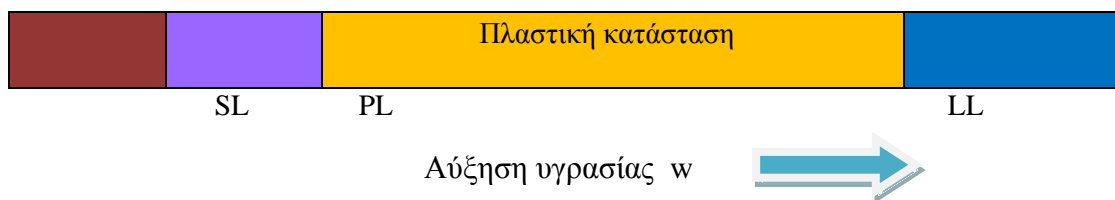
Αναλυτικότερα , αν ένα λεπτόκοκκο (συνεκτικό) έδαφος έχει πολύ υψηλό ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας συμπεριφέρεται σαν ρευστό μέσο και αδυνατεί να αναλάβει διατμητικές τάσεις. Με προοδευτική αφαίρεση υγρασίας υπάρχει ένα όριο πέρα από το οποίο αναλαμβάνει διατμητικές τάσεις και υφίσταται πλαστικές παραμορφώσεις, δηλαδή συμπεριφέρεται σαν πλαστικό μέσο. Το όριο αυτό ονομάζεται όριο υδαρότητας (Liquid limit LL, ή  $w_L$ ).

Με επιπλέον μείωση της υγρασίας ο όγκος του εδάφους μειώνεται και υπάρχει ένα άλλο όριο όπου το έδαφος παύει πλέον να συμπεριφέρεται σαν πλαστικό μέσο (δεν υφίσταται πλαστική παραμόρφωση) και μεταπίπτει σε εύθρυπτο υλικό. Το όριο αυτό ονομάζεται όριο πλαστικότητας ( Plastic limit, PL ή  $w_P$ ).

Πρόσθετη μείωση της υγρασίας και κατ' επέκταση του όγκου οδηγεί στην προσέγγιση ενός ορίου όπου ο όγκος παύει πλέον να μειώνεται (το βάρος βέβαια μειώνεται μέχρι την πλήρη ξήρανση). Το όριο αυτό ονομάζεται όριο συρρίκνωσης ( Shrinkage limit, SL ή  $w_S$ ).

Καθώς τα όρια συνεκτικότητας δεν είναι τίποτα άλλο από ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας, (Σχήμα 6.3) εξυπακούεται ότι η γνώση της φυσικής υγρασίας του εδάφους είναι σημαντική, καθώς συγκρινόμενη με τα όρια Atterberg αποκαλύπτει κρίσιμα στοιχεία για τη συμπεριφορά ενός εδαφικού σχηματισμού. Συνήθως η φυσική υγρασία βρίσκεται μεταξύ ορίου υδαρότητας και πλαστικότητας.

Σχήμα 6.3: Όρια συνεκτικότητας



Γενικά δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή των ορίων για κάποιο είδος λεπτόκοκκου εδάφους, αφού αυτά εξαρτώνται από τον τύπο των αργιλικών ορυκτών που συμμετέχουν, το μέγεθος των κόκκων (μικρό μέγεθος αυξημένη συνεκτικότητα), την

παρουσία οργανικών υλικών αλλά και τη διάταξη των επί μέρους σωματιδίων (συσσωματωμένο εδαφικό υλικό μικρότερη συνεκτικότητα).

Πέρα από τα όρια συνεκτικότητας σημαντική συμβολή στην κατάταξη των συνεκτικών υλικών, έχουν οι δείκτες που προκύπτουν από τα όρια αυτά. Οι δείκτες αυτοί είναι: (Ρόζος,2007):

1. Ο δείκτης πλαστικότητας (Plasticity index, PI ή  $I_p$ ), που καθορίζει την περιοχή της υγρασίας όπου το έδαφος συμπεριφέρεται σαν πλαστικό υλικό και εκφράζεται με τη διαφορά των ορίων υδαρότητας ( $w_L$ ) και πλαστικότητας ( $w_p$ ) δηλαδή  $I_p = w_L - w_p$ .

2. Ο δείκτης υδαρότητας (Liquidity index, LI ή  $I_L$ ), που συσχετίζει τη φυσική υγρασία ( $w_c$ ) με το όριο υδαρότητας και επιτρέπει τον καθορισμό της συμπεριφοράς του εδάφους (ρευστό, πλαστικό, στιφρό), καθώς υπολογίζεται από τη σχέση:  $I_L = w_c - w_p / I_p$ . Για παράδειγμα αν  $I_L = 1$ , η φυσική υγρασία βρίσκεται στο όριο υδαρότητας και αν  $I_L = 0$ , η φυσική υγρασία βρίσκεται στο όριο πλαστικότητας.

3. Ο δείκτης συνεκτικότητας (Consistency index,  $I_c$ ), που συσχετίζει επίσης τη φυσική υγρασία με τα όρια συνεκτικότητας και υπολογίζεται από τη σχέση:  $I_c = w_L - w_c / I_p$ . Αν ο δείκτης αυτός έχει αρνητικές τιμές, όπως για παράδειγμα στις ευαίσθητες αργίλους, η φυσική υγρασία είναι υψηλότερη του ορίου υδαρότητας.

4. Ο δείκτης συρρίκνωσης ( $I_s$ ), αποκαλύπτει το εύρος κύμανσης της φυσικής υγρασίας που το έδαφος βρίσκεται σε ημιστερεά κατάσταση.

Στον Πίνακα 6.3 που ακολουθεί δίνονται τα εύρη κύμανσης των ορίων συνεκτικότητας για τα κύρια αργιλικά ορυκτά. Διαπιστώνεται ότι κυρίως ο μοντμοριλλονίτης παρουσιάζει αυξημένες τιμές ορίου υδαρότητας, κάτι που αποκαλύπτει προβληματική γενικά γεωμηχανική συμπεριφορά.

**Πίνακας 6.3: Τιμές ορίων Atterberg για ορισμένα κύρια αργιλικά ορυκτά (Ρόζος κ.α, 2007).**

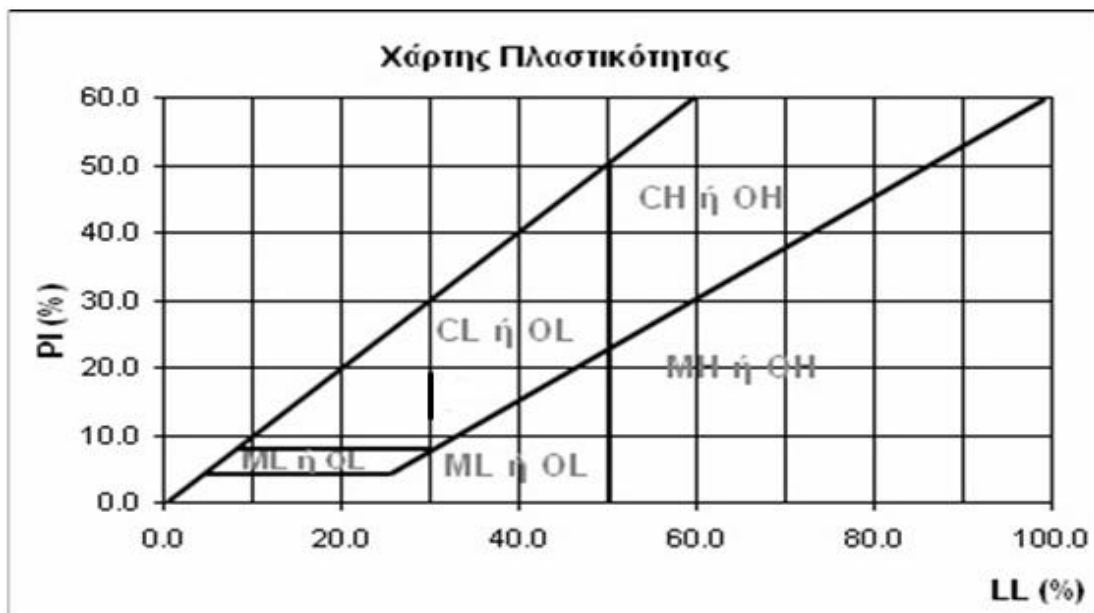
Αργιλικό Ορυκτό	Όριο Υδαρότητας %	Όριο Πλαστικότητας %	Όριο Συρρίκνωσης %
Χλωρίτης	44-47	36-40	
Καολινίτης	30-110	24-40	25-29
Ιλλίτης	60-120	35-60	15-17
Μοντμοριλλονίτης	100-900	50-100	8,5-15

### 6.3.2.1.3. Κατάταξη εδαφών

Η κατάταξη των λεπτόκοκκων εδαφών γίνεται με τη χρήση της κοκκομετρικής καμπύλης σε συνδυασμό με το χάρτη πλαστικότητας του Casagrande. Σε αυτό χρησιμοποιείται το όριο υδαρότητας και ο δείκτης πλαστικότητας που έχουν προσδιοριστεί με τις παραπάνω δοκιμές.

Στο χάρτη πλαστικότητας του Casagrande (Σχήμα 6.4) γίνεται διαχωρισμός του διαγράμματος με βάση τη γραμμή A και τη γραμμή που αντιστοιχεί σε LL=50%, σε τέσσερις κύριες περιοχές συνεκτικών εδαφών. Η προβολή του σημείου με συντεταγμένες (LL,PI) ενός εδάφους στο χάρτη πλαστικότητας, δίνει την ταξινόμηση του λεπτόκοκκου εδάφους ανάλογα με την περιοχή που αυτό προβάλλεται στο διάγραμμα.

Σχήμα 6.4: Χάρτης πλαστικότητας Casagrande



### **6.3.2.2. Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης**

Όταν στα λεπτόκοκκα εδάφη ( Bardet, 1997) ασκείται μια συμπιεστική τάση εξαιτίας κάποιας κατασκευής, αυτά παραμορφώνονται με διαφορετικό τρόπο από ότι τα χονδρόκοκκα εδάφη. Αυτή η παραμόρφωση δεν πραγματοποιείται μόνο κατά την επιβολή της τάσης αλλά συνεχίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα το οποίο μπορεί να διαρκέσει χρόνια. Η αναδιάταξη των κόκκων, η οποία είναι συνέπεια της παραμόρφωσης ελέγχεται κυρίως από την στερεοποίηση, ένα φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο το νερό που βρίσκεται στους πόρους του εδάφους, υπό πίεση, κάτω από την επιβολή της καινούριας πίεσης (κατασκευή) διαχέεται μέσα από τους πόρους του εδάφους προς την επιφάνεια. Όταν δεν υπάρχει πλέον νερό στους κενούς πόρους του εδάφους, τα λεπτόκοκκα εδάφη είναι δυνατό να παρουσιάζουν μια δευτερογενή παραμόρφωση εξαιτίας της ιξώδους φύσης τους. Οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το εύρος και το ρυθμό παραμόρφωσης προσδιορίζονται από τη δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης

#### **6.3.2.2.1. Εργαστηριακή δοκιμή συμπιεστότητας**

Η δοκιμή συμπιεσόμετρου (Παπαδόπουλος,2003) προσομοιώνει την συμπεριφορά εδαφικού στοιχείου υπό στραγγιζόμενες συνθήκες αλλά υπό παρεμπόδιση των πλευρικών παραμορφώσεων, δηλαδή υπό συνθήκες μονοδιάστατης συμπίεσης. Συγκεκριμένα προσεγγίζει το φαινόμενο της άμεσης ανάπτυξης υπερπίεσης του νερού των πόρων λόγω της επιβολής κατακόρυφης ολικής τάσης, δίνει υπό ορισμένη φυσική κλίμακα ένδειξη της χρονικής εξέλιξης της απομείωσης αυτής της υπερπίεσης και της παράλληλης ανάπτυξης των κατακόρυφων παραμορφώσεων και δίνει τη σχέση ενεργών τάσεων  $\sigma'$ -τελικών ανηγμένων παραμορφώσεων που είτε αξιολογείται απευθείας ή υποκαθίσταται από την αντίστοιχη παράμετρο παραμορφωσιμότητας που ονομάζεται μέτρο συμπιεστότητας  $E_s$ . Η ανωτέρω προσέγγιση όμως, εξαιτίας της φύσης της δοκιμής γίνεται υπό τις ακόλουθες εργαστηριακές συνθήκες:

- i. Μεγάλη σχέση διαμέτρου φορτιζόμενης επιφάνειας προς το αρχικό πάχος του δείγματος.
- ii. Συνθήκες παρεμποδιζόμενης πλευρικής παραμόρφωσης.



**Φωτογραφία 6.14: Συσκευή συμπιεσομέτρου που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο  
Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας**

Εκτός του μέτρου συμπιεστότητας  $E_s$ , από τα αποτελέσματα της δοκιμής μπορούμε να προσδιορίσουμε και άλλα χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως τον **δείκτη συμπιεστότητας  $C_c$**  ο οποίος αποτελεί σταθερά του εδάφους και υπολογίζεται από την καμπύλη του διαγράμματος  $e-\log s'$  (δείκτη πόρων-λογάριθμου ενεργών τάσεων) και την τάση **προστερεοποίησης του εδάφους  $s'_c$**  από το ίδιο διάγραμμα. Επίσης μπορούμε να υπολογίσουμε το **συντελεστή στερεοποίησης  $C_v$**  ο οποίος εξαρτάται



από την πίεση που ασκείται στο έδαφος αλλά και από την παραμόρφωση που πραγματοποιείται, εξαιτίας αυτής της πίεσης, συναρτήσει του χρόνου.

#### **6.3.2.2.2. Φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους και μεθοδολογία προσδιορισμού τους.**

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους που θα χρειαστούν για την αξιοποίηση των δεδομένων της δοκιμής είναι τα εξής:

1. Φυσική υγρασία  $w$ : Ορίζεται ως το ποσοστό του βάρους του νερού προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό της είναι τα εξής:
  - Ζυγίστηκε το εδαφικό δοκίμιο, όταν τελείωσε η δοκιμή.
  - Ξηράθηκε στο φούρνο για 24h
  - Ξαναζυγίστηκε προσδιορίζοντας άμεσα το βάρος των ξηρών κόκκων ( $G_s$ ) και έμμεσα το βάρος του νερού ( $G_w$ ) το οποίο εξατμίστηκε.
  - Προσδιορίστηκε η υγρασία από τον τύπο  $w=G_s/G_w$ . (E105-86, παρ. 2, ASTM D 2216-90)
2. Υγρό φαινόμενο βάρος  $\gamma_v$ : Ορίζεται ως το ποσοστό του συνολικού βάρους του εδαφικού δείγματος (μαζί με το νερό) ( $G$ ) προς το συνολικό ορισμένο όγκο του δείγματος ( $V$ ). Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό του είναι τα εξής:
  - Ζυγίστηκε το εδαφικό δοκίμιο, μαζί με το δακτύλιο, αμέσως μετά την διαμόρφωση του και πριν την είσοδο του στη συσκευή στερεοποίησης και αφαιρέθηκε από το μεικτό βάρος το βάρος του δακτυλίου. Υπολογίστηκε έτσι το καθαρό βάρος του εδαφικού δοκιμίου.
  - Υπολογίστηκε ο όγκος του δοκιμίου, αφού ήταν γνωστά τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά δηλαδή η εσωτερική διάμετρος του δακτυλίου  $D$  και το ύψος του δακτυλίου  $H$ , από τον τύπο  $V=(\pi \cdot D^2/4) \cdot H$ .
  - Υπολογίστηκε το υγρό φαινόμενο βάρος από τον τύπο  $\gamma_v=G/V$ .
3. Ξηρό φαινόμενο βάρος  $\gamma_d$ : Υπολογίστηκε εμμέσως από τύπο που χρησιμοποιεί το υγρό φαινόμενο βάρος  $\gamma_v$  και τη φυσική υγρασία  $w$  και είναι ο  $\gamma_d=\gamma_v/(1+w)$
4. Ειδικό βάρος κόκκων  $\gamma_s$ : Ορίζεται, κατά τη συμβατική έννοια της Φυσικής, ως το συνολικό βάρος των στερεών κόκκων ( $G_s$ ) του συγκεκριμένου εδαφικού

- δείγματος δια του όγκου  $V_s$  καταλαμβανομένου αποκλειστικά από τους στερεούς αυτούς κόκκους δηλαδή όγκου απαλλαγμένου απολύτως από κενά. Η αριθμητική τιμή του ειδικού βάρους κόκκων στις μελετημένες περιπτώσεις είναι ίση με  $2,65 \text{ gr/cm}^3$ .
5. Πορώδες  $n$ : Είναι ένα φυσικό μέγεθος το οποίο μας δείχνει το ποσοστό του όγκου των κενών πόρων ( $V_v$ ) δια του συνολικού όγκου  $V$  του εδαφικού στοιχείου. Υπολογίστηκε από τον τύπο  $n=1-(\gamma_d/\gamma_s)$ .
  6. Αρχικός δείκτης πόρων  $e_0$ : Είναι ένα φυσικό μέγεθος το οποίο μας δείχνει το ποσοστό του όγκου των κενών πόρων ( $V_v$ ) δια του όγκου των στερεών κόκκων ( $V_s$ ) του εδαφικού στοιχείου. Υπολογίστηκε από τον τύπο  $e_0=n/(1-n)$
  7. Δείκτες πόρων  $e_1, e_2 \dots e_n$ : Αντιστοιχούν στο ποσοστό του όγκου των κενών πόρων ( $V_v$ ) δια του όγκου των στερεών κόκκων ( $V_s$ ) μετά το τέλος κάθε βήματος φόρτισης. Όσο αυξάνεται η πίεση, αυξάνεται η αποτόνωση του νερού των πόρων και κατά συνέπεια μειώνεται ο όγκος των κενών πόρων που περιείχαν νερό. Με την αύξηση, δηλαδή του βήματος φόρτισης μειώνεται ο δείκτης πόρων του εδάφους. Υπολογιστικά ευρίσκεται χρησιμοποιώντας των αρχικό δείκτη πόρων  $e_0$ , το αρχικό ύψος του δοκιμίου  $H_0$  και την καθίζηση του δοκιμίου στο τέλος κάθε βήματος φόρτισης μέσω της σχέσης  $\Delta h_i/h_i = \Delta e / (1 + e_0)$ .

#### **6.3.2.2.3. Θεωρητικά στοιχεία για τους δείκτες του εδάφους και μεθοδολογία προσδιορισμού τους.**

Τελειώνοντας την πειραματική διαδικασία λαμβάνουμε δεδομένα σχετικά με την καθίζηση του δοκιμίου σε σχέση με τον χρόνο, κάτω από γνωστές φορτίσεις. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται κατάλληλα για τον προσδιορισμό τριών δεικτών, του μέτρου συμπίεστικότητας  $E_s$ , του δείκτη συμπίεστικότητας  $C_c$ , και του συντελεστή στερεοποίησης  $C_v$ .

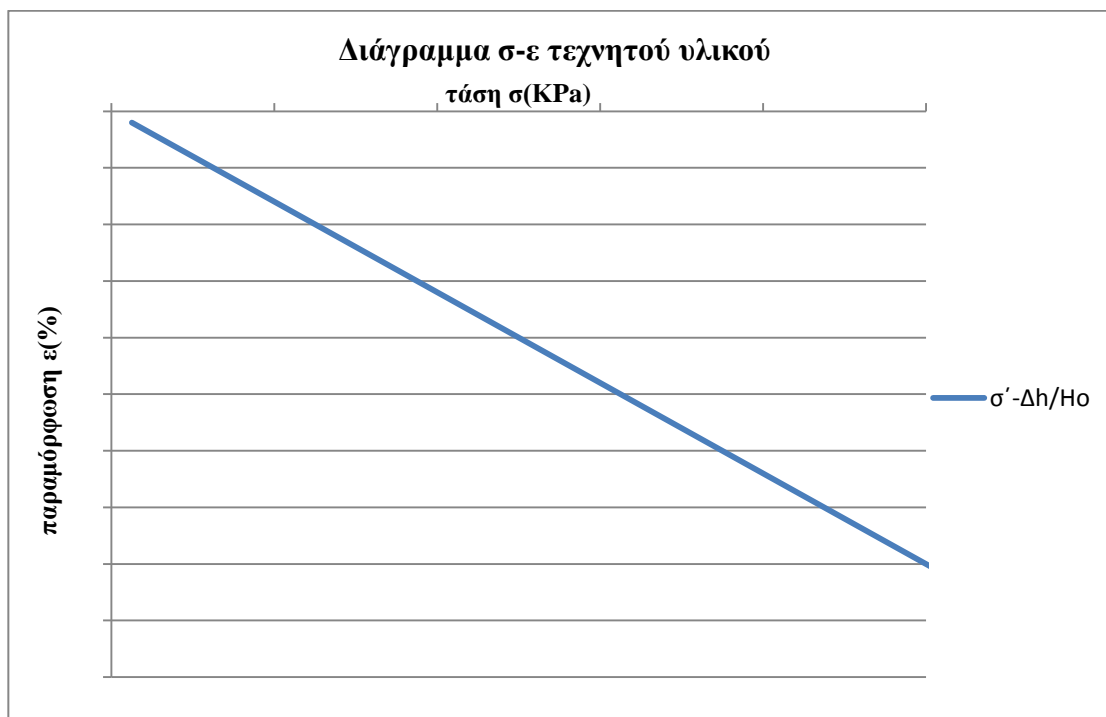
##### Μέτρο συμπίεστικότητας $E_s$ .

Το μέτρο συμπίεστικότητας  $E_s$  δεν αποτελεί σταθερά του εδάφους αλλά μας δίνει μια εικόνα για το πόσο μεταβάλλεται η παραμόρφωση του εδάφους υπό δεδομένη ενεργό τάση. Για να κατανοηθεί καλύτερα η έννοια του μέτρου συμπίεστικότητας  $E_s$

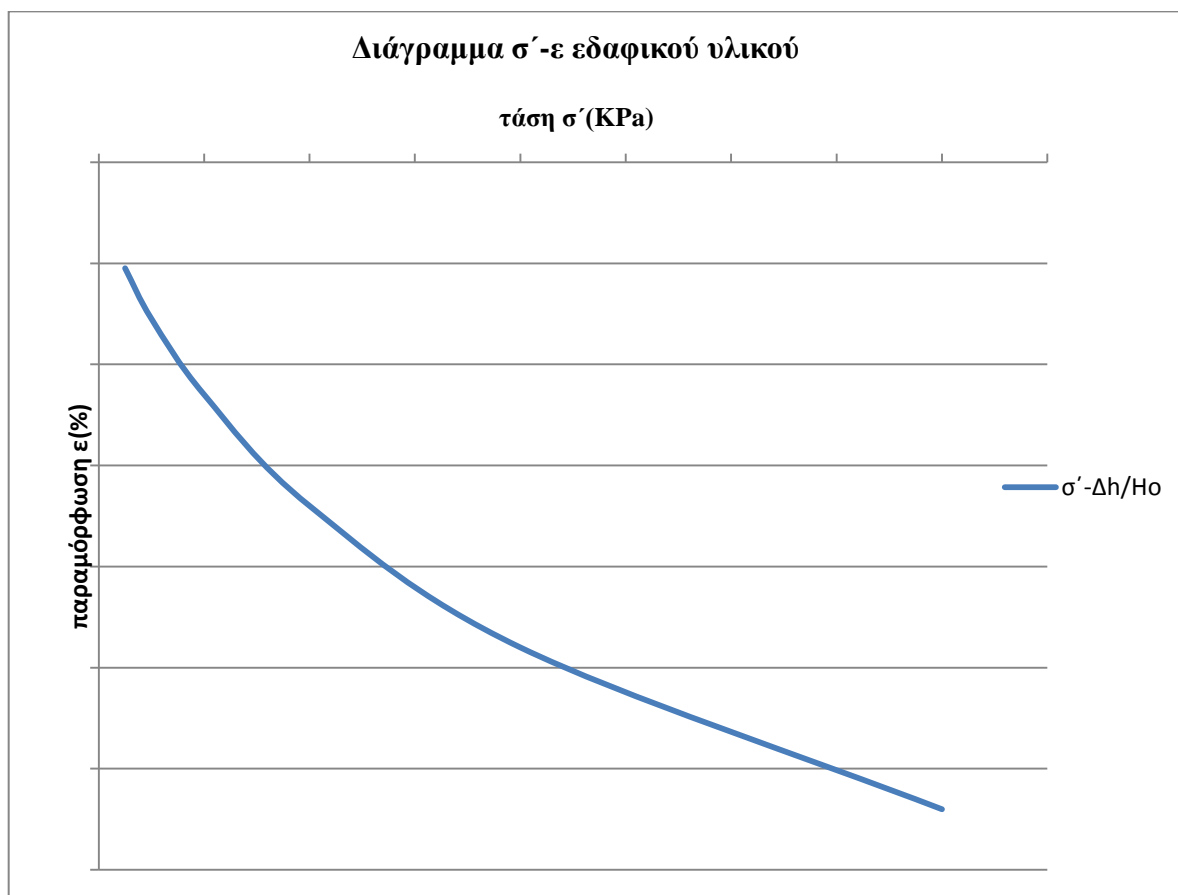
παραβάλλονται δύο διαγράμματα (Παπαδόπουλος, 2003) ενός γραμμικώς ελαστικού υλικού και ενός εδαφικού υλικού. Στη θεωρητική περίπτωση υλικού που έχει γραμμική συμπεριφορά η σχέση ενεργών τάσεων-παραμορφώσεων ( $\sigma' - \Delta h - H_0$ ) θα είχε τη μορφή του Σχήματος 6.5, η κλίση του διαγράμματος αυτού θα αντιστοιχούσε στο μέτρο ελαστικότητας υπό συνθήκες παρεμποδιζόμενης παραμόρφωσης (συνθήκες μονοδιάστατης συμπίεσης), δηλαδή στο μέτρο συμπίεστότητας  $E_s$  κατά τη σχέση  $E_s = d\sigma_i / d(\Delta h / H_0)$ .

Λόγω της γραμμικής συμπεριφοράς του υλικού η τιμή  $E_s$  είναι σταθερή, ανεξάρτητη της τάσης  $\sigma_i$ , επομένως η πειραματική σχέση τάσεων-συμβατικών ανηγμένων παραμορφώσεων υποκαθίσταται πλήρως από το μέτρο συμπίεστότητας. (Σχήμα 6.5)

Αντιθέτως στην περίπτωση φυσικού εδαφικού υλικού του Σχήματος 6.6 η τιμή του  $E_s$  κατά την παραπάνω σχέση είναι συνάρτηση της τάσης  $\sigma_i$  και για την ίδια  $\sigma_i$  εξαρτάται αν αναφέρεται στον κλάδο φόρτισης ή αποφόρτισης. Για συγκεκριμένη λοιπόν περιοχή τάσεων  $\sigma'$ , από το πειραματικό διάγραμμα  $\sigma' - \Delta h / H_0$  ευρίσκεται η κλίση της εφαπτομένης στο υπ' όψη σημείο.



Σχήμα 6.5: Γραμμική σχέση τάσεων-παραμορφώσεων τεχνητού υλικού

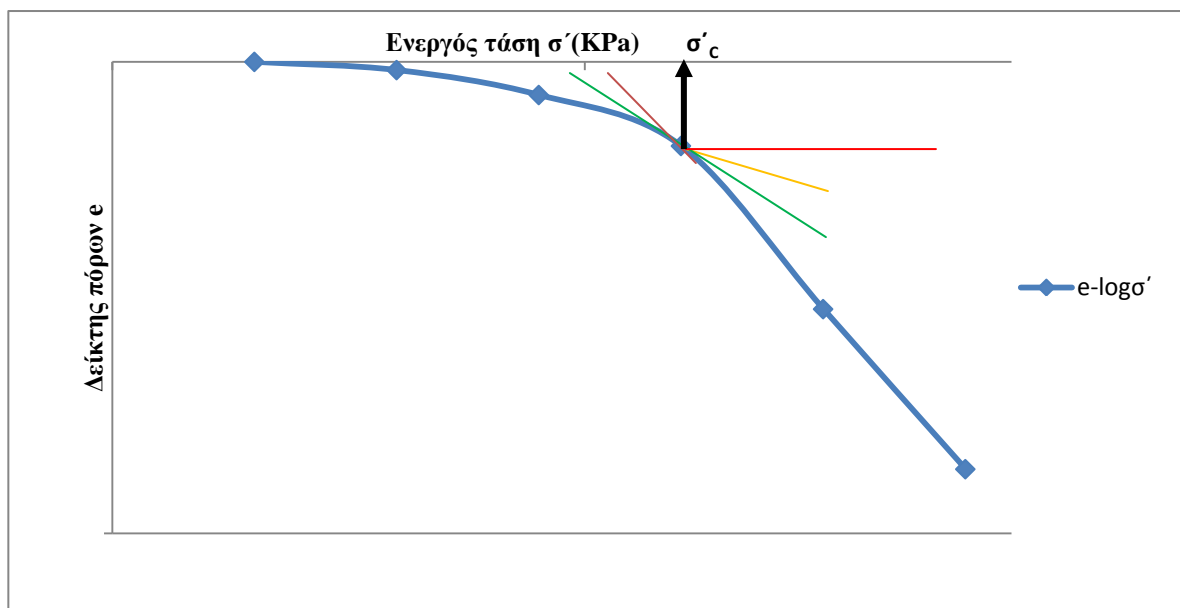


**Σχήμα 6.6: Μη γραμμική σχέση τάσεων παραμορφώσεων  
φυσικού εδαφικού υλικού**

#### Πίεση προστερεοποίησης $\sigma'_c$

Από το διάγραμμα δείκτη πόρων ( $e$ )- λογάριθμου ενεργών τάσεων ( $\log \sigma'$ ) μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης συμπίεστικότητας  $C_c$  του εδάφους και η πίεση προστερεοποίησης  $\sigma'_c$ . Η πίεση προστερεοποίησης είναι το μέγεθος που καταδεικνύει τη μέγιστη ενεργό τάση που έχει επιβληθεί στο έδαφος. Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 6.7) φαίνεται πως μπορεί να υπολογιστεί γραφικά η  $\sigma'_c$  ενός αργιλικού δείγματος υψηλής πλαστικότητας. Η θέση μέγιστης καμπυλότητας (Παπαδόπουλος, 2003) αντιστοιχεί περίπου στην πίεση προφόρτισης των αργιλικών εδαφών και συνήθως εφαρμόζεται η γραφική μέθοδος Cassagrande για τον προσδιορισμό αυτής

της πίεσης. Από το σημείο ελάχιστης ακτίνας καμπυλότητας φέρεται η εφαπτομένη της καμπύλης  $e-\log \sigma'$  και μία ευθεία παράλληλη προς τον άξονα  $\log \sigma'$ . Η πίεση  $\sigma'_c$  προσδιορίζεται πάνω στον άξονα  $\log \sigma'$  ως προβολή των σημείων τομής της διχοτόμου της γωνίας που σχηματίζεται από τις ανωτέρω δύο ευθείες και της προέκτασης του ευθύγραμμου τμήματος του διαγράμματος  $e-\log \sigma'$ .



Σχήμα 6.7: Πίεση προφόρτισης εδαφικού υλικού

#### Δείκτης συμπίεστικότητας $C_c$

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο δείκτης συμπίεστικότητας  $C_c$  αποτελεί σταθερά του εδάφους, προσδιορίζεται από το διάγραμμα  $e-\log \sigma'$  και ορίζεται ως η κλίση του ευθύγραμμου τμήματος του διαγράμματος αυτού. Ο υπολογισμός του γίνεται από τη σχέση από τη σχέση  $C_c = -\Delta e / \Delta \log \sigma'$

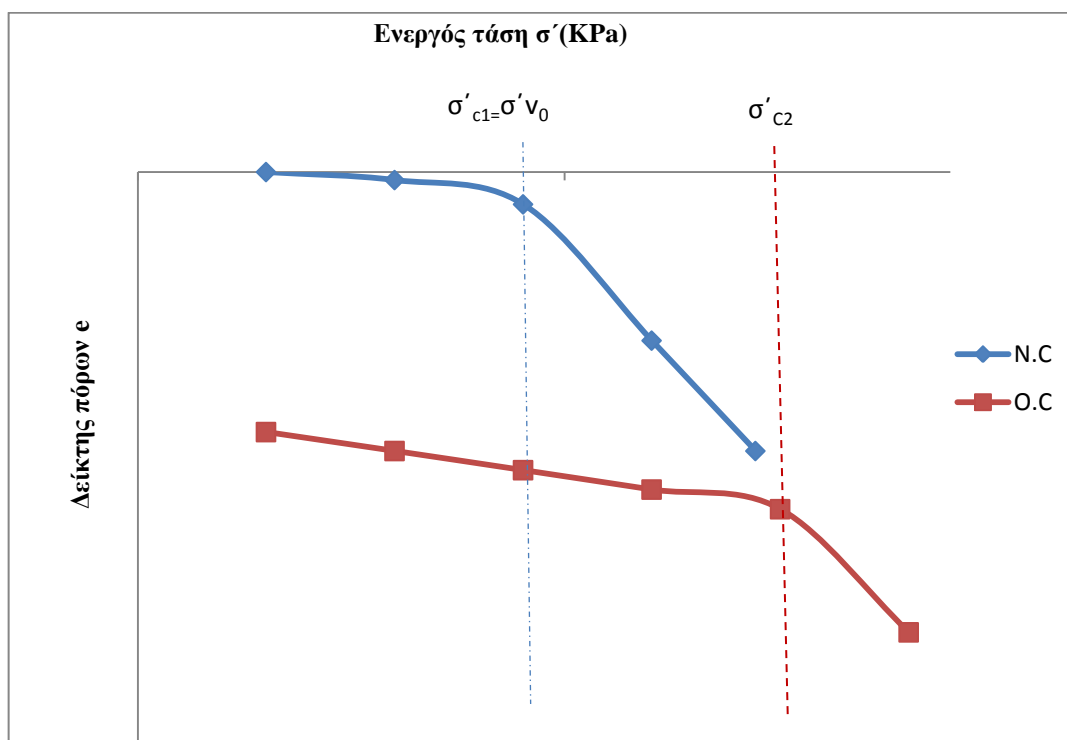
#### Λόγος προστερεοποίησης $O.C.R$

Ο λόγος προστερεοποίησης είναι το κλάσμα το οποίο μας δείχνει αν ένας εδαφικός σχηματισμός είναι υπερστερεοποιημένος (O.C) ή κανονικά στερεοποιημένος (N.C). Υπερστερεοποιημένος ένας σχηματισμός ονομάζεται όταν η πίεση προστερεοποίησης  $\sigma'_c$  που έχει υπολογιστεί στο εργαστήριο και είναι η μεγαλύτερη πίεση που έχει

υποβληθεί ποτέ στο έδαφος, είναι μεγαλύτερη από την ενεργό τάση που ασκούνταν στον εδαφικό σχηματισμό, πριν από την δειγματοληψία του, λόγω των υπερκείμενων σχηματισμών. Η ενεργός πίεση λόγω υπερκείμενων εδαφών υπολογίζεται από τον τύπο της ενεργού τάσης  $\sigma'_{vo} = \sigma - u$ . Ο λόγος προστεροποίησης σε αυτήν την περίπτωση είναι  $O.C.R = \sigma' / \sigma'_{vo} > 1$ . Κανονικά στερεοποιημένος καλείται όταν η πίεση προστεροποίησης είναι μικρότερη ή ίση με αυτή των υπερκείμενων. Ο λόγος προστεροποίησης σε αυτήν την περίπτωση είναι  $O.C.R = \sigma' / \sigma'_{vo} \leq 1$

### Ερμηνεία διαγραμμάτων

Αν από συγκεκριμένο αργιλικό εδαφικό σχηματισμό, κανονικά στερεοποιημένο (N.C) ληφθεί δείγμα από βάθος στο οποίο η ενεργός τάση λόγω υπερκείμενων είναι  $\sigma'_{vo}$ , η μορφή της καμπύλης  $e - \log \sigma'$  είναι αυτή του Σχήματος 6.8 (μπλε γραμμή). Η πίεση προφόρτισης  $\sigma'_{c1}$  του δείγματος υπολογίζεται ίση με αυτή των υπερκείμενων  $\sigma'_{vo}$ . Αν ο ίδιος σχηματισμός έχει υποστεί προφόρτιση  $\sigma'_{c2}$  (για το ίδιο βάθος δειγματοληψίας) τότε η καμπύλη  $e - \log \sigma'$  του δείγματος θα ήταν της μορφής του Σχήματος 6.8 (κόκκινη γραμμή). Η <<μνήμη>> της προϊστορίας των φορτίσεων στη δεύτερη περίπτωση εκδηλώνεται με την ανάπτυξη πολύ μικρών παραμορφώσεων για επιβολή φόρτισης πέραν της ενεργού τάσης λόγω υπερκείμενων τέτοιας ώστε να ισχύει  $\sigma'_{vo} + \Delta\sigma < \sigma'_{c2}$ . Η επιβολή πιέσεων  $\Delta\sigma$  επί του O.C σχηματισμού συνεπάγεται ανάπτυξη πολύ μικρών καθιζήσεων. Αντιθέτως για N.C για την ίδια πρόσθετη πίεση  $\Delta\sigma$  μετρώνται σημαντικές παραμορφώσεις στο δείγμα και αναλόγως αναμένεται ανάπτυξη σημαντικών καθιζήσεων του εδάφους για την πίεση αυτή,  $\Delta\sigma$ .



Σχήμα 6.8: Διαγράμματα από κανονικώς στερεοποιημένο (N.C) και υπερστερεοποιημένο εδαφικό σχηματισμό (O.C)

#### Συντελεστής στερεοποίησης $C_v$

Η τελευταία σταθερά του εδάφους που υπολογίζεται από τη δοκιμή του συμπιεσομέτρου είναι ο συντελεστής στερεοποίησης  $C_v$ . Η σταθερά αυτή δείχνει την καθίζηση της επιφάνειας σε σχέση με το χρόνο για συγκεκριμένες φορτίσεις. Από την καμπύλη καθίζησης χρόνου, για συγκεκριμένη βαθμίδα φόρτισης, βρίσκουμε γραφικά τη χρονική στιγμή όπου έχει πραγματοποιηθεί το 50% της στερεοποίησης. το  $t_{50}$  δηλαδή και στη συνέχεια από τον τύπο  $C_v = 0,197 * h^2 / t_{50}$ , όπου  $h$  το μισό του πάχους  $H$ , του δοκιμίου βρίσκουμε τον συντελεστή στερεοποίησης.

#### 6.3.2.3. Διατμητική αντοχή εδαφών

Τα εδαφικά υλικά (Bardet, 1997), όπως όλα τα υλικά, κάποια στιγμή αστοχούν όταν υποβάλλονται σε αυξανόμενες διατμητικές τάσεις. Δεν μπορούν να αντέξουν διατμητική τάση μεγαλύτερη από τη διατμητική τους αντοχή και παραμορφώνονται σε μεγάλο βαθμό όταν η εφαρμόζομενη διατμητική τάση προσεγγίσει τη διατμητική τους αντοχή. Η διατμητική αντοχή είναι μια πολύ

σημαντική ιδιότητα του εδάφους, η οποία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της σταθερότητας των θεμελιώσεων, των τοίχων αντιστήριξης, των επιχωμάτων καθώς και για τον προσδιορισμό της ευστάθειας των πρανών.

Η διατμητική αντοχή του εδάφους είναι δύσκολο να ερμηνευτεί βάσει κάποιων ιδιοτήτων. Είναι συνάρτηση των εισαγόμενων στο έδαφος διατμητικών τάσεων. Τα συνεκτικά κυρίως εδάφη αποτελούν σχηματισμούς με <<μνήμη>> των παλαιότερων φορτίσεων, έτσι η διατμητική τους αντοχή είναι δύσκολο να τυποποιηθεί.

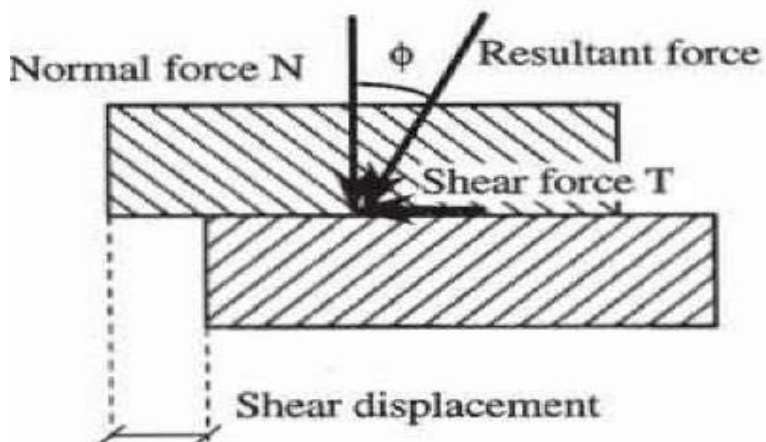
Είναι δυνατό ένα κατακόρυφο όρυγμα, σε ιλύες και αργίλους να παραμείνει σταθερό χωρίς υποστήριξη για αρκετό χρόνο, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο με την καθαρή και ξηρή άμμο που θα υποχωρήσει μέχρι να σχηματίσει ένα πρανές με γωνία ίση με αυτή της γωνίας εσωτερικής τριβής της. Επομένως στις ιλύες και αργίλους κάποια άλλη παράμετρος συμβάλει στην ανάπτυξη της διατμητικής αντοχής. Οι δύο κύριοι παράμετροι ενός εδάφους με τους οποίους περιγράφεται και υπολογίζεται η διατμητική αντοχή είναι η συνοχή ( $c$ ) και η γωνία εσωτερικής τριβής ( $\phi$ ).

Η συνοχή δημιουργείται από την αμοιβαία έλξη μεταξύ των λεπτομερών τεμαχίων των αργιλικών ορυκτών. Είναι η διατμητική δύναμη που επιβάλλεται στο έδαφος μέχρι να αρχίσει να ολισθαίνει, υπό μηδενική κάθετη δύναμη. Εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμιση του εδαφικού υλικού καθώς τα συνεκτικά εδάφη έχουν σημαντικό ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού.

Η γωνία εσωτερικής τριβής αντιπροσωπεύει την τριβή μεταξύ των κόκκων του εδάφους. Τα επιβαλλόμενα φορτία σε ένα έδαφος αναλαμβάνονται από τον εδαφικό σκελετό και αναπτύσσονται ορθές και διατμητικές τάσεις μεταξύ των κόκκων.

Στην Εικόνα 6.6 απεικονίζεται η θεωρία τριβής του Coulomb θεωρώντας δύο ξύλινα κομμάτια υποβαλλόμενα σε μια κάθετη δύναμη  $N$  και μια διατμητική  $T$ . Η  $N$  είναι σταθερή δύναμη ενώ η  $T$  αυξάνεται βαθμιαία. Στην αρχή, το ανώτερο κομμάτι δεν μετακινείται όταν η  $T$  είναι μικρή. Κάποια στιγμή με την αύξηση της  $T$  και την υπέρβαση μιας συγκεκριμένης τιμής  $T_{max}$  το ανώτερο κομμάτι αρχίζει και κινείται. Το πείραμα μπορεί να επαναληφθεί για διάφορες τιμές σταθερής δύναμης  $N$  και να μετρηθεί η αντίστοιχη  $T_{max}$ . Η συνοχή  $C$  είναι η τιμή της  $T$  που απαιτείται για να επιτευχθεί ολίσθηση όταν η δύναμη  $N=0$ .





**Εικόνα 6.6: Θεωρία του Coulomb με συρόμενα τεμάχια**

Και οι δύο αυτές παράμετροι  $C$  και  $\phi$  εξαρτώνται από το εδαφικό υλικό και την τραχύτητα της επιφάνειας ολίσθησης. Ένα έδαφος καθαρά συνεκτικό έχει μηδενική γωνία εσωτερικής τριβής, ενώ ένα κοκκώδες έχει μηδενική συνοχή.

#### **6.3.2.3.1. Εργαστηριακή δοκιμή άμεσης διάτμησης**

Είναι η δοκιμή κατά την οποία μετριέται η μεταβολή της διατμητικής αντοχής του εδάφους με τη μεταβολή της ορθής τάσεως, που εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια διατμήσεως. Η δοκιμή εφαρμόζεται σε συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη.

Υπάρχουν τρεις (3) τύποι δοκιμών:

- (α) Ταχεία δοκιμή μη στερεοποιημένου δοκιμίου (UU)
- (β) Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου.(CU)
- (γ) Βραδεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου.(CD)

Οι τύποι της δοκιμής (α) και (β) εφαρμόζονται σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου εξετάζεται η θραύση του εδάφους λόγω επιβολής φορτίου σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα έτσι ώστε να μην είναι δυνατόν να γίνει εκτόνωση της πίεσεως του νερού των πόρων που δημιουργείται λόγω της φορτίσεως, (στάδιο αμέσως μετά την

κατασκευή). Ο τύπος της δοκιμής ( $\gamma$ ) εφαρμόζεται σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου το έδαφος οδηγείται σε θραύση αργά ώστε να είναι δυνατή η εκτόνωση της πίεσεως του νερού των πόρων, (στάδιο λειτουργίας).

Από τους τρεις τύπους των δοκιμών της άμεσης διάτμησης, ο πιο αντιπροσωπευτικός τύπος είναι η βραδεία δοκιμή σε στερεοποιημένα δοκίμια, γι' αυτό και η εκτέλεση της δοκιμής αυτής συνιστάται, σε σύγκριση με τους άλλους δύο τύπους που πρέπει να αποφεύγονται.

*Βραδεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου.(CD)*

Μετά την στερεοποίηση του δοκιμίου υπό την επιθυμητή ορθή τάση η οποία είναι συνήθως  $0,25\text{kg/cm}^2$  όπως περιγράφηκε στην αντίστοιχο κεφάλαιο γίνεται διάτμηση του δοκιμίου με βραδεία επιβολή της διατμητικής δύναμης, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πλήρης αποτόνωση των πιέσεων του νερού των πόρων. (Φωτογραφία 6.15)



**Φωτογραφία 6.15: Συσκευή άμεσης διάτμησης του εργαστηρίου  
Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας**

Για την εκλογή της κατάλληλης ταχύτητας, (ρυθμού), επιβολής του φορτίου ή της παραμορφώσεως εκτιμάται ο απαιτούμενος χρόνος θραύσεως από τη σχέση:  $T = 50 * t_{50}$  όπου:  $t_{50}$  = ο απαιτούμενος χρόνος για 50% βαθμό στερεοποίησης του δοκιμίου, όπως προσδιορίστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Ο ρυθμός της παραμορφώσεως προσδιορίζεται με προσέγγιση διαιρώντας την εκτιμώμενη διατμητική παραμόρφωση που αντιστοιχεί στη μέγιστη διατμητική τάση διά του χρόνου  $T$ . Η διάτμηση του δοκιμίου συνεχίζεται με το ρυθμό αυτό μέχρις ότου η διατμητική παραμόρφωση φτάσει το 10% της αρχικής διαμέτρου του δοκιμίου.

Μετά το τέλος της δοκιμής το δοκίμιο αφαιρείται από το δακτύλιο, ξηραίνεται και ζυγίζεται για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους.

### 6.3.3. Βασική δομή και εργαστηριακές δοκιμές των βραχωδών σχηματισμών

Βραχώδης σχηματισμός ή πέτρωμα, είναι το φυσικό σύνολο ορυκτών κόκκων, που συνδέονται με ισχυρές και μόνιμες δυνάμεις με την παρουσία συγκολλητικής ύλης. (Ρόζος, 2007)

Η εργαστηριακή έρευνα των βραχωδών σχηματισμών περιλαμβάνει κυρίως δοκιμές για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών, τόσο του βραχώδους υλικού απαλλαγμένου από ασυνέχειες (διακλάσεις, ρωγμές κλπ.), όσο και των ίδιων των ασυνεχειών του πετρώματος. Γενικά πολλές φορές απαιτείται, λόγω της φύσης του τεχνικού έργου ή των ιδιοτήτων του πετρώματος, η εξέταση της ορυκτολογικής σύστασης του, με την εκτέλεση ειδικών πετρογραφικών αναλύσεων.

Οι εργαστηριακές δοκιμές για τους βραχώδεις σχηματισμούς διακρίνονται κυρίως σε τρεις κατηγορίες:

- I. Δοκιμές περιγραφής και ταξινόμησης
- II. Δοκιμές μελέτης των μηχανικών χαρακτηριστικών και της παραμορφωσιμότητας
- III. Δοκιμές για τη χρησιμοποίηση των πετρωμάτων σαν δομικών, αδρανών, κλπ. υλικών.

Με την πρώτη κατηγορία των εργαστηριακών δοκιμών γίνεται προσδιορισμός των παρακάτω φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των βραχωδών δειγμάτων:

- Πετρογραφική περιγραφή, ορυκτολογική σύσταση
- Πυκνότητα, φυσική υγρασία, πορώδες, απορροφητικότητα,
- Αντοχή σε χαλάρωση,
- Σκληρότητα,
- Ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων.

Η δεύτερη κατηγορία εργαστηριακών δοκιμών, μέρος των οποίων εκτελέστηκαν σε αυτή την εργασία, αποσκοπεί στη μελέτη κυρίως των παρακάτω χαρακτηριστικών, που απαιτούνται για τον τεχνικό σχεδιασμό των έργων:

- Αντοχή σε τριαξονική θλίψη και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών παραμόρφωσης,

- Διατμητική αντοχή των ασυνεχειών των πετρωμάτων (φυσικών και τεχνητών),
- Χαρακτηριστικά των πετρωμάτων που εξαρτώνται από το χρόνο (ερπυσμός, πλαστική ροή, κλπ).

Στην τρίτη κατηγορία εργαστηριακών δοκιμών περιλαμβάνονται οι δοκιμές για τον προσδιορισμό:

- Της απορροφητικότητας σε νερό,
- Της αντοχής των πετρωμάτων σε χαλάρωση ή και τριβή,
- Της επιδεκτικότητας σε λείανση
- Της διογκωσιμότητας

Οι εργαστηριακές δοκιμές της βραχομηχανικής (Πίνακας 6.4) εκτελούνται σύμφωνα με τις ισχύουσες ελληνικές προδιαγραφές (ΥΠΕΧΩΔΕ (E103-84), ΕΛΟΤ και τις αντίστοιχες διεθνείς (ASTM, ISRM, DIN)

**Πίνακας 6.4: Εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής**

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
1	Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας	E 103-84, παρ. 1 ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D2216-80
2	Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας	E103-84, παρ. 2 ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D4404-84
3	Προσδιορισμός ξηρού φαινόμενου βάρους	ASTM C97-47
4	Προσδιορισμός αντοχής σε μονοαξονική θλίψη	E103-84, παρ. 4 ΥΠΕΧΩΔΕ, ISRM, 1979
5	Προσδιορισμός διατμητικής αντοχής σε φυσικές – τεχνητές ασυνέχειες	ISRM suggested methods p 135-136
7	Προσδιορισμός αντοχής σε σημειακή φόρτιση	E103-84, παρ. 5 ΥΠΕΧΩΔΕ, ISRM 1985
8	Προσδιορισμός αντοχής σε εφελκυσμό	ASTM D3967-86, ISRM 1978
9	Προσδιορισμός ταχύτητας υπερήχων	ASTM D 2845-83

Διαπιστώνεται συνεπώς ότι οι εργαστηριακές δοκιμές προσδιορισμού των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων βοηθούν στην κατανόηση των διαφόρων παραμέτρων, που σχετίζονται με τους γεωμηχανικούς χαρακτήρες του πετρώματος αλλά και την εν γένει συμπεριφορά της βραχομάζας αυτού.

### 6.3.3.1. Μονοαξονική θλίψη πετρώματος

#### Γενικά

Η δοκιμή, εκτελούμενη σε δοκίμια από πυρήνες γεωτρήσεων, είναι η συνηθέστερα εκτελούμενη εργαστηριακή δοκιμή (Σοφινός-Νομικός, 2007). Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής  $\sigma_c$  και των ελαστικών σταθερών  $E$  και  $\nu$  του άρρηκτου πετρώματος. (Φωτογραφία 6.3.3.1.1)

Για παρόμοια ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος, η  $\sigma_c$  μειώνεται με την αύξηση του πορώδους, το βαθμό αποσάθρωσης, τις μικρορωγματώσεις, και την περιεκτικότητα σε νερό. Γι αυτό η αντοχή δοκιμίων με την ίδια ορυκτολογική σύσταση δύναται να διαφέρει σημαντικά. Για παράδειγμα, η αντοχή του ψαμμίτη διαφέρει με το μέγεθος των κόκκων, την πυκνότητα, τη φύση και έκταση συγκόλλησης των κόκκων, και το βαθμό συμπίεσης και θερμοκρασίας που το πέτρωμα υπέστη μέχρι σήμερα. Εν τούτοις η γεωλογική ονομασία δίνει χρήσιμα στοιχεία όπως για παράδειγμα ένας σχιστόλιθος αναμένεται να παρουσιάζει σχιστότητα και ένας χαλαζίτης θα είναι γενικά ένα σκληρό ψαθυρό υλικό.



**Φωτογραφία 6.16 (Από δεξιά προς τα αριστερά) Αυτόματη πρέσα θραύσης, ικανότητας 5000 kN, με 4 διαφορετικές ειδικές διατάξεις για την εκτέλεση δοκιμών θλίψης, κάμψη και τριαξονικής φόρτισης σε βραχώδους σχηματισμούς.**

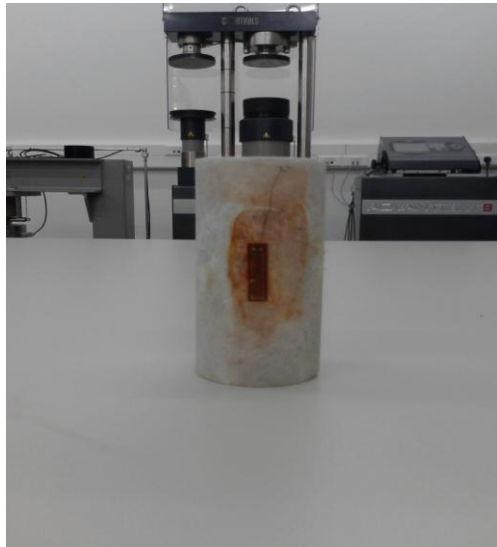
### Θεωρία της δοκιμής

Για την εκτέλεση της δοκιμής, κατάλληλα διαμορφωμένα κυλινδρικά δοκίμια υποβάλλονται σε μονοαξονική θλίψη με σκοπό να υπολογιστεί η αντοχή του πετρώματος, δηλαδή η μέγιστη τάση (μέση τιμή σε ένα επίπεδο) την οποία ένα πέτρωμα δύναται να αντέξει.

Επίσης με βάση τα διάγραμμα ενεργών τάσεων-τροπών (ανηγμένων παραμορφώσεων), (Σχήμα 6.9) που σχεδιάζεται από τη δοκιμή αυτή, μπορούν να υπολογιστούν διάφορα μέτρα ελαστικότητας  $E$  (Young's Modulus) του πετρώματος καθώς και ο λόγος του Poisson  $\nu$ . Στη συνήθη περίπτωση που δεν υφίσταται πίεση νερού των πόρων, η ενεργή τάση ταυτίζεται με την δρώσα αξονική δύναμη διαιρεμένη με την επιφάνεια φόρτισης του δοκιμίου. Η μέτρηση των παραμορφώσεων επιτυγχάνεται συνήθως με την τοποθέτηση μετρητών παραμόρφωσης (strain gauges) που επικολλώνται με τη χρήση ειδικής κόλλας (Φωτογραφίες 6.17, 6.18). Ο κατακόρυφος μετρητής μετράει την αξονική παραμόρφωση του δοκιμίου, και ο οριζόντιος την διαμετρική παραμόρφωση.



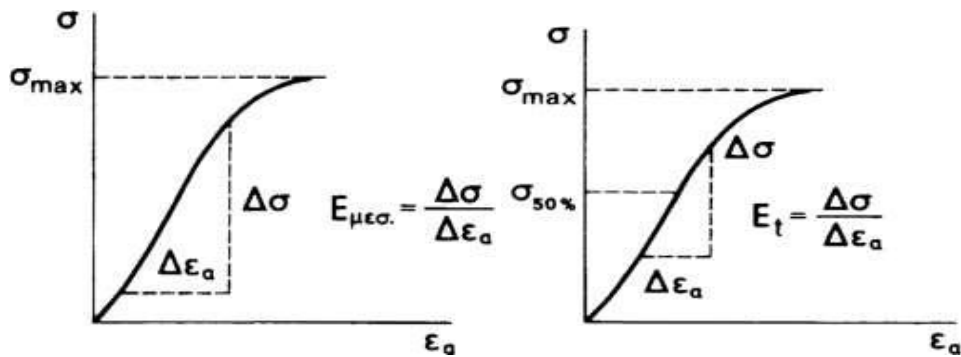
**Φωτογραφία 6.17 Οριζόντιο μηκυνσιόμετρο διαμετρικής  
παραμόρφωσης σε δοκίμιο ασβεστόλιθου**



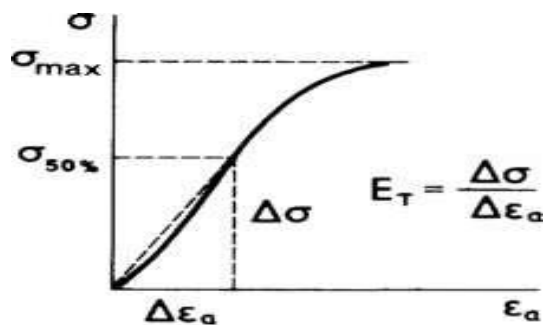
Φωτογραφία 6.18 Κατακόρυφο μηχανοσκόπιο αξονικής παραμόρφωσης σε δοκίμιο μαρμάρου

α) Μέσο μέτρο ελαστικότητας  $E_{\mu\sigma\sigma}$

β) Εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας  $E_t$



γ) Τέμνον μέτρο ελαστικότητας



Σχήμα 6.9: Γραφικός προσδιορισμός διάφορων μέτρων ελαστικότητας



Το εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας ( $E_t$ ) υπολογίζεται από την καμπύλη τάσης - αξονικής τροπής ως εξής: Σε σημείο που αντιστοιχεί σε κάποιο ποσοστό της μέγιστης τάσεως (συνήθως το 50%) φέρεται η εφαπτομένη. Η κλίση της ευθείας αυτής είναι το εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας (Σχήμα 6.9β). Το μέσο μέτρο ελαστικότητας ( $E_{\text{μεσ}}$ ) υπολογίζεται από την μέση κλίση του ευθύγραμμου χονδρικά τμήματος της ίδιας καμπύλης (Σχήμα 6.9α). Το τέμνον μέτρο ελαστικότητας ( $E_T$ ) υπολογίζεται από την κλίση της ευθείας που χαράσσεται στην ίδια καμπύλη, για τιμές τάσεως μεταξύ 0 και συνήθως 50% της μέγιστης τάσεως (Σχήμα 6.9γ). Τα μέτρα ελαστικότητας εκφράζονται συνήθως σε GPa.

Για τον προσδιορισμό του λόγου του Poisson σχεδιάζονται οι καμπύλες αξονικής τάσης-αξονικής τροπής και αξονικής τάσης - διαμετρικής τροπής που φαίνονται στο Σχήμα 6.10 Σε συνέχεια υπολογίζονται οι κλίσεις τους  $\Delta\sigma/\Delta\epsilon_a$ ,  $\Delta\sigma/\Delta\epsilon_d$ . Ο λόγος του Poisson υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\nu = \frac{\Delta\sigma/\Delta\epsilon_a}{\Delta\sigma/\Delta\epsilon_d} \quad (1)$$

όπου η κλίση της καμπύλης τάσεως-διαμετρικής παραμόρφωσης υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο που υπολογίστηκε κάθε μία από τις τρεις κλίσεις της καμπύλης τάσεως-αξονικής παραμόρφωσης, για τον προσδιορισμό των μέτρων ελαστικότητας.

Η φόρτιση του δοκιμίου πρέπει να είναι συνεχόμενη με σταθερό ρυθμό. Η θραύση του δοκιμίου, ανάλογα με την αντοχή του, επιτυγχάνεται συνήθως μέσα σε 5 έως 10 λεπτά.

Κατά την διεξαγωγή της δοκιμής καταγράφονται οι ενδείξεις φορτίου της θλιπτικής μηχανής και οι ενδείξεις παραμορφώσεων των δύο ενισχυτών σήματος. Η αξονική και η διαμετρική παραμόρφωση  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$ , δίνονται από τις σχέσεις:

$$\epsilon_x = \frac{\Delta l_x}{l_x}, \quad \epsilon_y = \frac{\Delta l_y}{l_y} \quad (2)$$

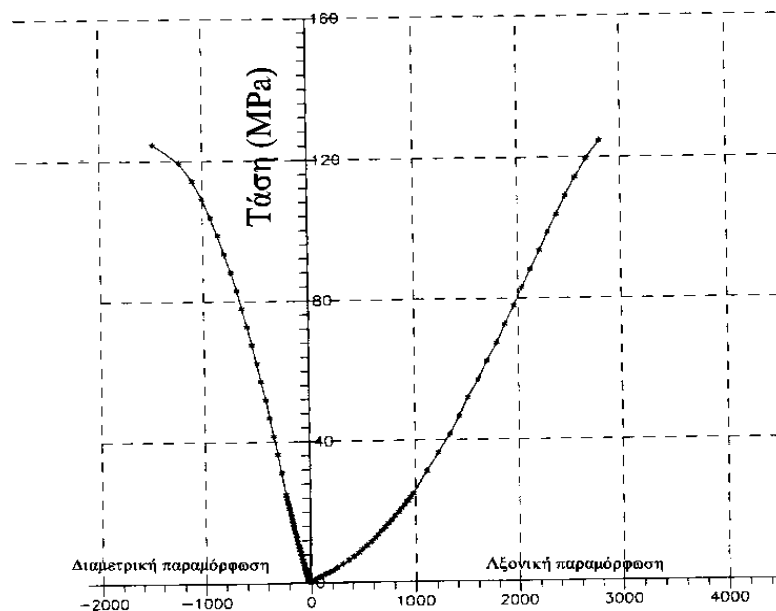
όπου  $\Delta l$  η μεταβολή του μήκους που μετράει ο μετρητής και  $l$  το μήκος στο οποίο γίνεται αυτή η μέτρηση (3 cm). Για την περίπτωση των ηλεκτρικών μηχανομετρών,

τα μεγέθη  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$  δίνονται από τις ενδείξεις των ενισχυτών του, πολλαπλασιαζόμενες με κατάλληλο συντελεστή.

Η θλιπτική τάση με την οποία καταπονείται το δοκίμιο, δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (3)$$

όπου  $P$  το θλιπτικό φορτίο σε kN, και  $A_0$  το εμβαδόν της βάσης του κυλινδρικού δοκιμίου όπως μετρήθηκε πριν από τη δοκιμή.



Σχήμα 6.10: Διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης πετρώματος  
(Τσουτρέλης et al., 2000)

### 6.3.3.2. Δοκιμή Αντιδιαμετρικής Θλίψης (Brazilian Test)

#### Γενικά

Τα πετρώματα γενικά είναι αδύναμα σε εφελκυσμό σε αντίθεση με την σημαντική αντοχή τους σε θλίψη (Σοφιανός-Νομικός, 2007). Θεωρητικά ο λόγος μονοαξονικής θλιπτικής προς εφελκυστική αντοχή είναι 8:1. Πρακτικά εν τούτοις ο λόγος αυτός διαφέρει από την τιμή αυτή, συνήθως προς τα επάνω, αλλά και δεν είναι εύκολο να

καθοριστεί, κυρίως γιατί υπάρχουν δυσκολίες στον προσδιορισμό μιας αξιόπιστης τιμής για την εφελκυστική αντοχή τους. Η εφελκυστική αντοχή των πετρωμάτων έχει μεγάλη σημασία στον προσδιορισμό της απόκρισής τους κατά την υποβολή τους, τόσο σε στατικά φορτία όσο και σε δυναμικά φορτία (Roberts, 1977). Συνθήκες που πλησιάζουν τη στατική μονοαξονική εφελκυστική καταπόνηση παρατηρούνται κυρίως στα τοιχώματα υπογείων ανοιγμάτων, όπως σήραγγες, γεωτρήσεις κλπ. Η διάτρηση, η ανατίναξη, και η κοπή των πετρωμάτων με μηχανικά μέσα, δημιουργούν συνθήκες δυναμικής εφελκυστικής καταπόνησης. Παρά τη σημασία της αντοχής σε εφελκυσμό που σχετίζεται με η δυνατότητα του πετρώματος να ανθίσταται σε δυναμικά ή στατικά φορτία, η τιμή της αντοχής αυτής χρησιμοποιείται ελάχιστα ως παράγοντας σχεδιασμού.

Η δοκιμή χρησιμοποιείται για την έμμεση μέτρηση της αντοχής του πετρώματος σε μονοαξονικό εφελκυσμό. Στη δοκιμή αυτή δοκίμιο μορφής δίσκου υποβάλλεται σε αντιδιαμετρική θλίψη μέχρι θραύσης (Φωτογραφία 6.19). Υπό τις συνθήκες αυτές φόρτισης το δοκίμιο αστοχεί κατά τη διάμετρο φόρτισης σε εφελκυσμό και η εφελκυστική τάση, που προκαλεί την αστοχία αυτή, θεωρείται ότι είναι ίση με την αντοχή του δοκιμίου σε μονοαξονικό εφελκυσμό. Η δοκιμή βασίζεται στο γεγονός, ότι τα περισσότερα πετρώματα, όταν βρεθούν σε διαξονικό εντατικό πεδίο αστοχούν σε εφελκυσμό, όταν η μία κύρια τάση είναι εφελκυστική και η άλλη κύρια τάση θλιπτική και εφ' όσον το μέγεθος της τελευταίας δεν υπερβαίνει το τριπλάσιο της κύριας εφελκυστικής τάσης.



**Φωτογραφία 6.19 Κελί υποδοχή δοκιμίου και συσκευή φόρτισης**

Θεωρία της δοκιμής

Στην περίπτωση δίσκου από ομοιογενές, ισότροπο και γραμμικώς ελαστικό υλικό, ο οποίος φορτίζεται ομοιόμορφα αντιδιαμετρικά, είναι δυνατό, με βάση τη θεωρία της ελαστικότητας, να υπολογισθούν οι τάσεις εφελκυσμού  $\sigma_{\theta}$  και θλίψεως  $\sigma_r$ , κατά μήκος της διαμέτρου φορτίσεως Y-Y'.

Η μεταβολή των τάσεων αυτών κατά μήκος της Y-Y' δίνεται στο Σχήμα 6.11, για την περίπτωση όπου  $\theta = \tan^{-1}(1/12) \rightarrow 2\theta = 9,5^\circ$ . Από αυτήν προκύπτει ότι η τάση  $\sigma_{\theta}$ , με εξαίρεση τις αντιδιαμετρικές περιοχές φορτίσεως είναι εφελκυστική στο μεγαλύτερο τμήμα της διαμέτρου Y-Y' και ταυτόχρονα σταθερή.

Η εφελκυστική αυτή τάση δίνεται από τη σχέση:

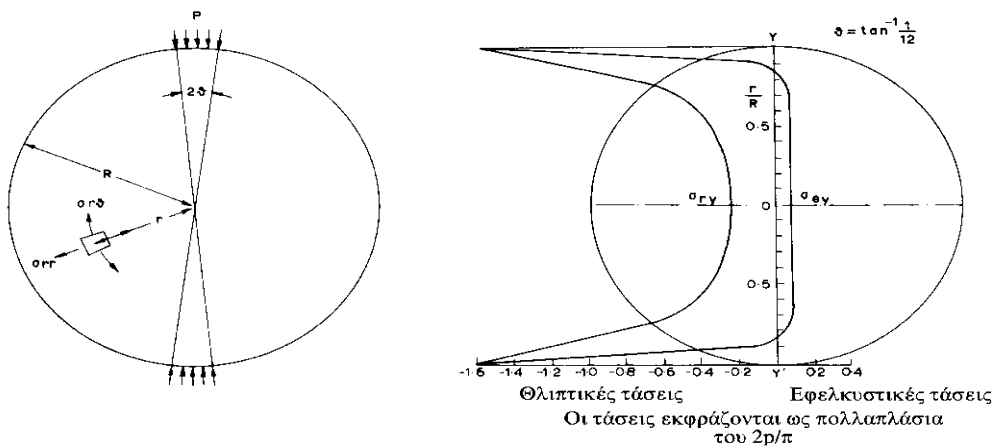
$$\sigma_{\theta} = -\frac{P}{\pi \cdot R \cdot t} \cdot \left\{ \frac{\sin 2\theta}{\theta} - 1 \right\} \quad (1)$$

όπου: P = επιβαλλόμενη δύναμη τη στιγμή της αστοχίας

R = ακτίνα του μορφής δίσκου δοκιμίου.

t = πάχος του μορφής δίσκου δοκιμίου.

2θ = τόξο γωνίας στο οποίο δρα ομοιόμορφα η δύναμη P επί του δοκιμίου



**Σχήμα 6.11: Μεταβολή της εφελκυστικής και θλιπτικής τάσης κατά μήκος της διαμέτρου Y-Y' για φόρτιση υπό γωνία 2θ=9,5° (Fairhurst, 1964)**

Η παραπάνω σχέση, για μικρές γωνίες  $2\theta$ , δίνεται με ικανοποιητική ακρίβεια από την σχέση:

$$\sigma_{\theta} = -2P/\pi * D * t \quad (2)$$

όπου  $D$  η διάμετρος του δοκιμίου

Οι σχέσεις (1) και (2) χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της αντοχής σε εφελκυσμό του πετρώματος, υπό την προϋπόθεση ότι κατά την πειραματική διαδικασία παρατηρείται έναρξη αστοχίας του δοκιμίου κατά μήκος της διαμέτρου φορτίσεως.

### 6.3.3.3. Δοκιμή σημειακής φόρτισης

#### Γενικά

Η Δοκιμή (Φωτογραφία 6.20) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της αντοχής δοκιμίων πετρωμάτων τόσο στο ύπαιθρο όσο και στο εργαστήριο (Σοφιανός-Νομικός, 2007). Από τη δοκιμή λαμβάνεται ο Δείκτης Αντοχής σε Σημειακή Φόρτιση  $I_s(50)$ , ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατάταξη των πετρωμάτων από πλευράς αντοχής αλλά και για την έμμεση εκτίμηση χονδρικά της αντοχής του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη και μονοαξονικό εφελκυσμό. Η δοκιμή σημειακής φορτίσεως μπορεί να πραγματοποιηθεί σε κυλινδρικά δοκίμια αξονικά ή αντιδιαμετρικά, καθώς και σε ορθογωνικά ή ακανόνιστης μορφής δοκίμια.



Φωτογραφία 6.20: Συσσκευή σημειακής φόρτισης

### Θεωρία της δοκιμής

Με τη φόρτιση του δοκιμίου μεταξύ των ακμών φόρτισης το δοκίμιο θραύεται σε εφελκυσμό κατ' αναλογία με τη δοκιμή αντιδιαμετρικής θλίψης. Το φορτίο επομένως στο οποίο θραύεται το δοκίμιο συναρτάται άμεσα με την αντοχή του πετρώματος σε εφελκυσμό και έμμεσα με την αντοχή του σε θλίψη. Ο μη διορθωμένος Δείκτης Αντοχής σε Σημειακή Φόρτιση (Uncorrected Point Load Strength Index)  $I_s$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (1)$$

όπου:

P το φορτίο τη στιγμή της θραύσης του δοκιμίου

$D_e$  η ισοδύναμη διάμετρος του δοκιμίου, η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$D_e^2 = D^2$  για την περίπτωση διαμετρικής δοκιμής

$= 4A/\pi$  για την περίπτωση αξονικής δοκιμής και δοκιμής ορθογωνικού ή ακανόνιστου δοκιμίου, όπου  $A = W \times D$  η επιφάνεια του επιπέδου που διέρχεται από τα σημεία φόρτισης (Σχήμα 6.12).

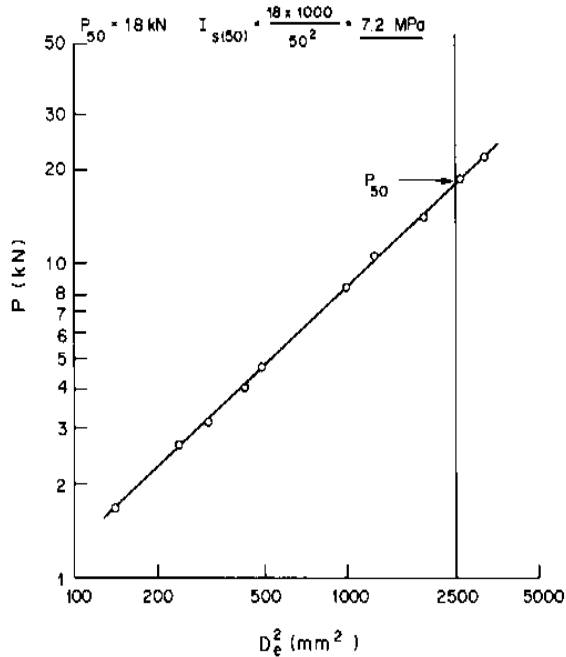
Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα δοκιμών σε διάφορες διαμέτρους απαιτείται διόρθωση του ως ανωτέρω υπολογιζόμενου δείκτη  $I_s$ , ο οποίος είναι συνάρτηση της ισοδύναμης διαμέτρου  $D_e$  του δοκιμίου. Ο διορθωμένος Δείκτης Αντοχής σε Σημειακή Φόρτιση  $I_{s(50)}$  (size-corrected Point Load Strength Index) ορίζεται ως η τιμή του  $I_s$  όταν πραγματοποιείται διαμετρική δοκιμή με  $D = 50$  mm.

Η καλύτερη μέθοδος για τον υπολογισμό του  $I_{s(50)}$  είναι η πραγματοποίηση διαμετρικής δοκιμής με διάμετρο  $D$  να πλησιάζει τα 50 mm, ώστε είτε να μην απαιτείται διόρθωση ή αυτή να εισάγει ελάχιστο σφάλμα (π.χ. στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται δοκίμια διαμέτρου NX,  $D=54.7$  mm).

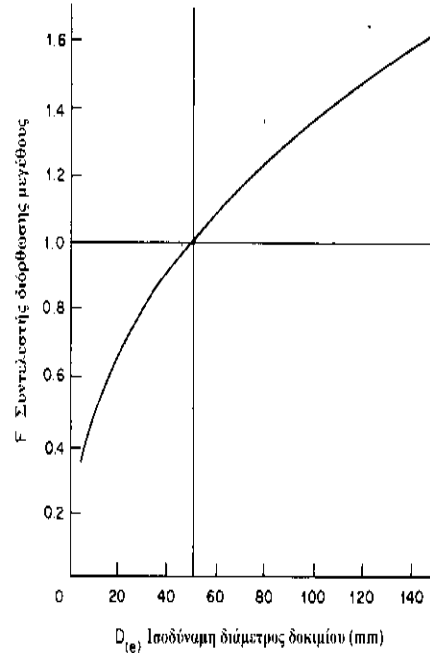
Η πιο αξιόπιστη μέθοδος για την πραγματοποίηση της διόρθωσης είναι η εκτέλεση μίας σειράς δοκιμών με διάφορες διαμέτρους  $D$  ή  $D_e$  και η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων σε σύστημα αξόνων ( $P, D_e^2$ ) (Σχήμα 6.12). Εάν χρησιμοποιηθούν λογαριθμικές κλίμακες αξόνων η σχέση  $P - D_e^2$  είναι μία ευθεία από την οποία μπορεί

να προσδιορισθεί γραφικά η τιμή  $P_{50}$ , η οποία αντιστοιχεί σε  $D_e^2=2500 \text{ mm}^2$  ( $D_e=50\text{mm}$ ). Ο δείκτης  $I_s(50)$  υπολογίζεται τότε από τη σχέση:

$$I_s(50) = \frac{P_{(50)}}{50^2} \quad (2)$$



**Σχήμα 6.12 Αποτελέσματα δοκιμών σημειακής φόρτισης για διάφορες  $D_e$  και γραφικός υπολογισμός του  $P_{50}$ .**



**Σχήμα 6.13 Διάγραμμα γραφικού υπολογισμού του συντελεστή διόρθωσης μεγέθους  $F$ .**

Όταν τα παραπάνω δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν, τότε η διόρθωση μεγέθους μπορεί να γίνει με τη σχέση:

$$I_s(50) = F \times I_s \quad (3)$$

όπου  $F$  ο συντελεστής διόρθωσης μεγέθους (Size Correction Factor,  $F$ ), ο οποίος λαμβάνεται είτε από το Σχήμα 6.13 είτε από τη σχέση:

$$F = (D_e/50)^{0.45} \quad (4)$$

Όταν η ισοδύναμη διάμετρος  $D_e$  πλησιάζει τα 50 mm, τότε για τον υπολογισμό του  $F$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προσεγγιστική σχέση:

$$F = \sqrt{D_e/50} \quad (5)$$

Σύμφωνα με τις οδηγίες της I.S.R.M. η παραπάνω διόρθωση μεγέθους είναι εφαρμόσιμη ανεξάρτητα από τη ύπαρξη ανισοτροπίας στο πέτρωμα και από τη διεύθυνση της φορτίσεως σε σχέση με τα επίπεδα αδυναμίας του πετρώματος.

**Πίνακας 6.5 Ταξινόμηση πετρώματος με βάση τον δείκτη σημειακής φόρτισης  $I_{s(50)}$  σε MPa (Bieniawski, 1975).**

Περιγραφή	Δείκτης σημειακής φόρτισης $I_{s(50)}$ (MPa)
Πολύ υψηλής αντοχής	>8
Υψηλής αντοχής	4-8
Μέσης αντοχής	2-4
Χαμηλής αντοχής	1-2
Πολύ χαμηλής αντοχής	Δεν συνίσταται η δοκιμή (<1)

Ο Δείκτης Ανισοτροπίας της Αντοχής σε σημειακή φόρτιση  $I_{a(50)}$  (Strength Anisotropy Index) ορίζεται ως ο λόγος του δείκτη  $I_{s(50)}$  για φόρτιση κάθετα προς το επίπεδο αδυναμίας του πετρώματος ως προς τον δείκτη  $I_{s(50)}$  φόρτιση παράλληλα προς το επίπεδο αδυναμίας του πετρώματος. Ο δείκτης  $I_{a(50)}$  λαμβάνει τιμές κοντά στο 1.0 για την περίπτωση σχετικά ισότροπου πετρώματος και μεγαλύτερες τιμές όταν το πέτρωμα είναι ανισότροπο. Σύμφωνα με τους Broch and Franklin (1972) ο μέσος όρος του δείκτη  $I_{s(50)}$ , που έχει προκύψει ύστερα από την εκτέλεση σημαντικού αριθμού δοκιμών, σε κυλινδρικής μορφής δοκίμια σε διαμετρική δοκιμή, μπορεί να συσχετισθεί με τη μονοαξονική αντοχή πετρώματος σε θλίψη του πετρώματος. Για δοκίμια με  $D=50$  mm, βρέθηκε ότι:

$$\sigma_c \approx 24 \cdot I_s \quad (6)$$

Για άλλες τιμές της διαμέτρου  $D$  απαιτείται μια σχετική διόρθωση. Ο Bieniawski (1975) προτείνει την ακόλουθη προσεγγιστική σχέση μεταξύ των  $\sigma_c$ ,  $I_s$  και τη διάμετρο  $D$  (mm) του πυρήνα:

$$\sigma_c \approx (14 + 0.175 \cdot D) \cdot I_s \quad (7)$$



## **7. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

### **7.1. Η σημασία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών(G.I.S)**

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, (GIS) είναι ένα οργανωμένο σύστημα μηχανικών μερών και λογισμικού κατάλληλο για την συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση όλων των τύπων των γεωγραφικών πληροφοριών (Burrough 1986, Maguire 1991).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), γεωγραφικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον, δηλαδή στη χωρική οργάνωση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Κουτσόπουλος, 1999).

Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), γνωστό ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically-referenced) πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, ένα ΣΓΠ είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη", το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών

δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο). (Διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια Wikipedia)

#### Εισαγωγή δεδομένων και μέθοδος ψηφιοποίησης

Η εισαγωγή των χωρικών δεδομένων (Κουτσόπουλος,2005) είναι ένα από τα πιο χρονοβόρα και δαπανηρά βήματα στη διαδικασία εφαρμογής ενός ΓΣΠ. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές πηγές γεωγραφικών δεδομένων (πρωτογενή και δευτερογενή στοιχεία), μέθοδοι απόκτησης τους (συλλογή και μεταφορά δεδομένων), καθώς και διαδικασίες για τη δημιουργία και εισαγωγή τους στο ΓΣΠ.

Για τη συλλογή των δεδομένων είναι χρήσιμο να ξεχωρίσουμε τις πρωτογενείς και τις δευτερογενείς μεθόδους συλλογής χωρικών δεδομένων, τόσο για τα διανυσματικά όσο και για τα ψηφιδωτά μοντέλα δεδομένων. Οι πρωτογενείς πηγές γεωγραφικών δεδομένων είναι εκείνες που προέρχονται από άμεσες μετρήσεις. Τυπικά παραδείγματα άμεσων μετρήσεων για μεν τα ψηφιδωτά δεδομένα είναι οι δορυφορικές εικόνες, οι ψηφιακές αεροφωτογραφίες, για δε τα διανυσματικά δεδομένα οι μετρήσεις υπαίθρου με τοπογραφικά όργανα ή με όργανα δορυφορικού εντοπισμού θέσης (GPS).

Οι δευτερογενείς πηγές γεωγραφικών δεδομένων είναι εκείνες που αναφέρονται στη χρήση δεδομένων που έχουν ήδη συλλεγεί και βρίσκονται σε μορφή που δεν εξυπηρετεί τους στόχους μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν για μεν τα ψηφιδωτά δεδομένα, η σάρωση αναλογικών χαρτών ή αεροφωτογραφιών, για δε τα διανυσματικά δεδομένα, η ψηφιοποίηση των χαρτών αυτών ή η μετατροπή των ψηφιδωτών δεδομένων σε διανυσματικά.

Η διαδικασία της συλλογής δεδομένων αναφέρεται στη βιβλιογραφία με πολλούς όρους, όπως αυτοματοποίηση δεδομένων (data automation), μετατροπή δεδομένων (data conversion), μετάφραση δεδομένων (data translation), ψηφιοποίηση (digitizing) κλπ. Παρόλο που η διαφορά στην ορολογία μπορεί να προκαλέσει σύγχυση, εντούτοις στην ουσία όλοι οι όροι περιγράφουν την ίδια διαδικασία, δηλαδή την εισαγωγή χωρικών δεδομένων σε μια χωρική βάση και κατά επέκταση σε ένα ΓΣΠ. Στον Πίνακα 7.1 φαίνεται επιγραμματικά μια κατηγοριοποίηση με τις κυριότερες ομάδες εισαγωγής δεδομένων.

**Πίνακας 7.1: Μέθοδοι Εισαγωγής Γεωγραφικών Δεδομένων(Κουτσόπουλος,  
Ανδρουλακάκης2005)**

	Ψηφιδωτά δεδομένα	Διανυσματικά δεδομένα
Πρωτογενή	Τηλεσκοπική	Μετρήσεις υπαίθρου
		Μετρήσεις GPS
Δευτερογενή	Σάρωση	Παραδοσιακή Ψηφιοποίηση
		Heads up ψηφιοποίηση
		COGO
	Μετατροπή Διανυσματικών σε Ψηφιδωτά Δεδομένα	Αυτόματη Μετατροπή Ψηφιδωτών σε Διανύσματα (Raster to Vector)
		Ημιαυτόματη Μετατροπή

Βασικό όχημα για την εισαγωγή δευτερογενών δεδομένων και τη δημιουργία πρωτογενών δεδομένων, καθώς και για τη διόρθωσή τους, ώστε να είναι έτοιμα για το επόμενο στάδιο της εφαρμογής των Γ.Σ.Π., είναι τα κύρια προϊόντα του ArcGIS. Πιο συγκεκριμένα, με το ArcMap και το ArcCatalog εκτός από τη διαχείριση, την ανάλυση δεδομένων και τη δημιουργία και εκτύπωση χαρτών, μπορούμε να εισάγουμε να δημιουργήσουμε ή να διορθώσουμε γεωγραφικά και περιγραφικά δεδομένα σε διανυσματική ή ψηφιδωτή μορφή.

### Ψηφιοποίηση από Οθόνη (Heads up Digitizing)

Ο συγκεκριμένος τρόπος ψηφιοποίησης (Κουτσόπουλος, Ανδρουλακάκης 2005) αναφέρεται στην απευθείας ψηφιοποίηση μέσα από την οθόνη και η οποία περιλαμβάνει την ιχνηλάτηση με τον κέρσορα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του χάρτη ή της φωτογραφίας κατευθείαν στον υπολογιστή. Επειδή ο χρήστης ψηφιοποιεί με το κεφάλι ψηλά και όχι σκυμμένος πάνω σε μία τράπεζα ψηφιοποίησης, η μέθοδος αυτή καλείται και Heads up Digitizing. Επιπλέον, το ArcGIS διαθέτει εργαλεία για την αυτόματη (με προκαθορισμένες διαστάσεις) δημιουργία μιας σειράς γεωμετρικών οντοτήτων (π.χ. κύκλους, τετράγωνα, παραλληλόγραμμα κλπ), όπως, επίσης, τη δημιουργία γραμμικών στοιχείων κάθετα ή παράλληλα προς άλλα υπάρχοντα. Τέλος, άλλοι έμμεσοι τρόποι είναι η αυτόματη ή ημιαυτόματη μετατροπή ψηφιδωτών (raster) σε διανυσματικά (vector) δεδομένα με τη βοήθεια ειδικών λογισμικών.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην επιλεκτική συλλογή οντοτήτων όπως γεωλογικοί σχηματισμοί, δίκτυα κοινής ωφέλειας, κτίρια κλπ. Απαραίτητη προϋπόθεση για αυτή την ψηφιοποίηση είναι να υπάρχουν για το ψηφιδωτό σαρωμένο αρχείο (ή αρχεία) πληροφορίες για το προβολικό σύστημα με τη μέθοδο της Γεωαναφοράς. Μάλιστα, αν η περιοχή για ψηφιοποίηση καλύπτει περισσότερα από δύο φύλλα χάρτου, τότε θα πρέπει πρώτα να γίνει γεωαναφορά στα σαρωμένα φύλλα και μετά να ξεκινήσει η διαδικασία της ψηφιοποίησης των διανυσμάτων. Έτσι, θα αποφευχθούν λάθη στις ενώσεις των δύο φύλλων και δε θα χρειασθεί να εφαρμοσθούν πολύπλοκες διαδικασίες για τη σύνδεση των διανυσμάτων στις ενώσεις των φύλλων.

Όπως είναι γνωστό, η διανυσματική απεικόνιση χωρικών δεδομένων αναφέρεται στις γεωμετρικές ιδιότητες και στην τοπολογία τους. Επομένως, η αποτύπωσή τους με τη μέθοδο αυτή, εκτός των γεωμετρικών ιδιοτήτων τους, πρέπει να εκφράζει και την τοπολογία τους. Έτσι, τα σημεία αρχής και τέλους μιας γραμμής που έχουν τοπολογική σημασία ονομάζονται κόμβοι (endpoints) ενώ τα σημεία στα οποία απλώς αλλάζει κατεύθυνση μια γραμμή ονομάζονται κορυφές (vertices). Τέλος, τα τμήματα της γραμμής μεταξύ δύο κορυφών καλούνται πλευρές (edges).

## 7.2. Σύνταξη του Τεχνικογεωλογικού Χάρτη της περιοχής μελέτης

Όπως έχει αναφερθεί, ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας, είναι η διερεύνηση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των Πλειο-Πλειστοκαινικών ιζημάτων που δομούν το μεγαλύτερο μέρος της δυτικής πλευράς της λεκάνης των Μεσογείων.

Στα πλαίσια αυτής της έρευνας και εφόσον διενεργήθηκε η απαραίτητη βιβλιογραφική μελέτη και οι εργαστηριακές δοκιμές κρίθηκε σκόπιμη η σύνταξη ενός χάρτη και ενός υπομνήματος τα οποία θα απεικονίζουν τη διάρθρωση της περιοχής μελέτης από τεχνικογεωλογικής πλευράς. Η σύνταξη του χάρτη έγινε με ψηφιακό τρόπο μέσω Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών G.I.S. Για τη σχεδίαση των γεωλογικών ορίων των σχηματισμών χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρο οι χάρτες των Κατσαβριά Ν.(2007) και Ι.Γ.Μ.Ε(2003).

Αμέσως μετά το υπόμνημα ακολουθεί η ξεχωριστή περιγραφή, η φυσική κατάσταση και η τεχνικογεωλογική συμπεριφορά κάθε ενότητας μαζί με χαρακτηριστικές φωτογραφίες των σχηματισμών, αλλά και φωτογραφίες δειγματοληπτικών γεωτρήσεων όπως δόθηκαν από την εταιρεία ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε.

Στο τέλος κάθε ενότητας παρατίθεται ένας πίνακας ο οποίος συμπυκνώνει ουσιαστικά το νόημα όλης της εργασίας και περιλαμβάνει τα εύρη κύμανσης των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών καθώς και το μέσο όρο αυτών. Τα αποτελέσματα του πίνακα αποτελούν σύνθεση της μελέτης: **1)** των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών που διεξήχθησαν στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας της Σχολής Μηχανικών-Μεταλλείων-Μεταλλουργών, **2)** των τομών των γεωτρήσεων της περιοχής και των χαρακτηριστικών τους όπως δόθηκαν από την εταιρεία ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. και **3)** των χαρακτηριστικών ορισμένων τεχνικογεωλογικών ενοτήτων σύμφωνα με τη διδακτορική διατριβή του Ν. Σαμπατακάκη (Τεχνικογεωλογική έρευνα του Λεκανοπεδίου Αθηνών).

## ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΔΥΤΙΚΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ I. ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗ

Τεταρτογενή ημισυνεκτικά μεικτών φάσεων: Αργιλολύωδεις σχηματισμοί, καστανού έως ερυθροκάστανου χρώματος στους οποίους εμφανίζονται κατά θέσεις κροκάλες και λατύπτες διαφορετικής λιθολογικής σύστασης και μεγέθους καθώς και ενστρώσεις κροκαλολατυπτοπαγών μικρού πάχους. Χαλαροί έως ημισυνεκτικοί σχηματισμοί με μειωμένα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά.

### II. ΝΕΟΓΕΝΗ

Νεογενείς αποθέσεις μεικτών φάσεων: Λευκοκίτρινες έως τεφροκίτρινες μάργες σε εναλλαγές με ψαμμίτες και τοπικά με παρεμβολές ερυθροχρωμάτων. Στιφροί έως σκληροί σχηματισμοί, με ευρεία απόσταση στα όρια των φυσικών και μηχανικών τους χαρακτηριστικών.

Νεογενή συνεκτικά αδρομερή: Σχηματισμοί με χαρακτηριστικό βυσσινέρυθρο χρώμα και τη μορφή πολύμεικτων κροκαλοπαγών. Τα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά των κροκαλοπαγών ποικίλλουν ανάλογα με τη λιθολογική τους σύσταση και το βαθμό αποσάθρωσής τους.

### III. ΠΡΟΝΕΟΓΕΝΕΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Ασβεστόλιθοι: Οι ασβεστόλιθοι της περιοχής παρουσιάζονται πολύχρωμοι (λευκοί, τεφροί, κιτρινωποί και κοκκινωποί λόγω των οξειδίων του σιδήρου). Αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με πολύ καλή γεωμηχανική συμπεριφορά.

Σχιστόλιθοι: Μαρμαρυγιακοί και ασβεσιτικοί σχιστόλιθοι τεφροί έως τεφροπράσινου και καστανότεφρου χρώματος. Αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με πολύ καλή γεωμηχανική συμπεριφορά χωρίς προβλήματα αστοχιών, στην υγιή τους μορφή.

Ανώτερα Μάρμαρα: Είναι κυρίως λευκά και υπόλευκα, λεπτοστρωματώδη και πτυχωμένα. Σαν ακέραιο πέτρωμα ταξινομείται ως υψηλής μέχρι πολύ υψηλής αντοχής βραχώδης σχηματισμός ενώ επιτόπου σαν βραχομάζα είναι δυνατό να εμφανίζονται πολύ συμπυκνή, χωρίς ή με πολύ αραιές ασυνέχειες ή να διατέμνονται από πυκνά δίκτυα ασυνχειών.

Οφιόλιθοι: Οικογένεια πετρωμάτων που εμφανίζονται με επικρατούσα μορφή αυτή του σερπεντίνη, στην περιοχή έρευνας, ισχυρά κερματισμένα. Οι εμφανίσεις τους περιορίστηκαν σε μία θέση (λόφος Χριστός) στα όρια των ασβεστόλιθων.


Γραμμή επώθησης

Ρήγμα


Πιθανή προέκταση ρήγματος


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

### I. ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗ

 Τεταρτογενή ημισυνεκτικά μεικτών φάσεων

### II. ΝΕΟΓΕΝΗ

 Νεογενείς αποθέσεις μεικτών φάσεων

 Νεογενή συνεκτικά αδρομερή

### III. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΠΡΟΝΕΟΓΕΝΟΥΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ


 Ασβεστόλιθοι


 Σχιστόλιθοι

 Μάρμαρα

 Οφιόλιθοι

 Γραμμή επώθησης

 Ρήγμα

 Πιθανή προέκταση ρήγματος

#### 7.2.1. Διάκριση λιθολογικών ενοτήτων και γεωμηχανική συμπεριφορά αυτών

Η παρακάτω διάκριση και ονοματολογία των λιθολογικών τύπων στηρίχθηκε σε γεωλογικά - γεωτεχνικά κριτήρια, στην επί τόπου έρευνα και στην αξιολόγηση των γεωτρητικών δεδομένων.

Για καθένα από αυτούς, δίνονται στη συνέχεια σε γενικές γραμμές η περιγραφή, η φυσική κατάσταση και η τεχνικογεωλογική συμπεριφορά από πλευράς συνεκτικότητας, υδροπερατότητας.

Αναλυτικότερα η γενική γεωμηχανική συμπεριφορά των λιθολογικών ενοτήτων, από τις νεότερες στις παλαιότερες, είναι η ακόλουθη:

**7.2.1.1. Τεταρτογενή ημισυνεκτικά μεικτών φάσεων:** Πρόκειται για χερσαίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις που καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση στην περιοχή μελέτης. Συνίστανται σε αργιλοϊλύδεις σχηματισμούς, καστανού έως

ερυθροκάστανου χρώματος και σε κάποιες περιπτώσεις υπόλευκου έως κίτρινου χρώματος οι οποίοι περιέχουν κατά θέσεις άμμο, ψηφίδες και χαλίκια μικρού μεγέθους (Φωτογραφίες 7.1, 7.2). Σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζονται κροκάλες και λατύπες διαφορετικής λιθολογικής σύστασης και μεγέθους καθώς και ενστρώσεις κροκαλολατυποπαγών μικρού πάχους κυρίως στην περιοχή του Κορωπίου. Τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά αυτής της ομάδας ποικίλουν ανάλογα με την κοκκομετρική και ορυκτολογική τους σύσταση (Πίνακας 7.2), σε γενικές γραμμές όμως πρόκειται για χαλαρό έως ημισυνεκτικό σχηματισμό, με μειωμένα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά.

**Πίνακας 7.2: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχηματισμών**

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος όρος
<b>w</b>	4,9%	29%	13,56%
<b>LL</b>	14%	62,6%	25,26%
<b>PI</b>	NP	40,6%	11,2%
$\gamma_0$	1,7g/cm <sup>3</sup>	2,36g/cm <sup>3</sup>	2,1 g/cm <sup>3</sup>
<b>E<sub>s</sub></b>	11kg/cm <sup>2</sup> ( $\sigma=0,25$ kg/cm <sup>2</sup> )	148,97kg/cm <sup>2</sup> ( $\sigma=8$ kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>q<sub>u</sub></b>	0,54kg/cm <sup>2</sup>	15,54kg/cm <sup>2</sup>	4,55 kg/cm <sup>2</sup>
<b><math>\epsilon</math></b>	7,5% ( $\sigma=0,4$ kg/cm <sup>2</sup> )	13,75% ( $\sigma=0,4$ kg/cm <sup>2</sup> )	10,6%
<b>e<sub>0</sub></b>	0,2	0,83	0,5
<b>C<sub>c</sub></b>	0,032	0,201	0,11
<b>C<sub>v</sub></b>	3m <sup>2</sup> /year	7m <sup>2</sup> /year	4m <sup>2</sup> /year
<b>C<sub>u</sub></b>	0,08kg/cm <sup>2</sup>	1,53kg/cm <sup>2</sup>	0,6125 kg/cm <sup>2</sup>
<b><math>\phi</math></b>	1°	45°	25°





**Φωτογραφία 7.1: Χαρακτηριστική τομή τεταρτογενών σχηματισμών θεμελίων  
πολυκατοικίας στην Παιανία**



**Φωτογραφία 7.2: Πυρήνες γεώτρησης από την περιοχή του Κορωπίου  
(Εδαφομηχανική Α.Τ.Ε) που έχει διατρήσει την ομάδα των τεταρτογενών  
σχηματισμών.(Βάθος 0-5m)**

**7.2.1.2. Νεογενενείς αποθέσεις μεικτών φάσεων :** Πρόκειται για λευκοκίτρινες έως τεφροκίτρινες μάργες σε εναλλαγές με ψαμμίτες και τοπικά με παρεμβολές ερυθροχωμάτων (Φωτογραφίες 7.3, 7.5). Παρατηρήθηκε, επίσης, σε κάποιες περιοχές η εμφάνιση μαργαϊκών ασβεστόλιθων στα ανώτερα μέλη των σχηματισμών (Φωτογραφία 7.4). Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά τους (Πίνακας 7.3) παρουσιάζονται από στιφροί έως σκληροί σχηματισμοί, με ευρεία απόσταση στα όρια των φυσικών και μηχανικών τους χαρακτηριστικών που χαρακτηρίζονται συνήθως από μέτρια έως υψηλή συνεκτικότητα που εξαρτάται από την λιθολογική τους σύσταση.

**Πίνακας 7.3: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχηματισμών**

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος όρος
<b>n</b>	5,9%	40,3%	19,4%
<b><math>\rho_d</math></b>	1,67g/cm <sup>3</sup>	2,34g/cm <sup>3</sup>	2,04g/cm <sup>3</sup>
<b>w</b>	7,2%	34,9%	21,2%
<b>LL</b>	19%	78,3%	48,35%
<b>PI</b>	NP	56%	27,65%
<b><math>\gamma_{\text{υγ}}</math></b>	1,75g/cm <sup>3</sup>	2,28g/cm <sup>3</sup>	2g/cm <sup>3</sup>
<b><math>q_u</math></b>	0,72kg/cm <sup>2</sup>	10,8kg/cm <sup>2</sup>	3,88 kg/cm <sup>3</sup>
<b><math>\sigma_c</math></b>	24kg/cm <sup>2</sup>	484kg/cm <sup>2</sup>	120 kg/cm <sup>2</sup>
<b><math>\sigma_t</math></b>	33,7kg/cm <sup>2</sup>	56kg/cm <sup>2</sup>	41kg/cm <sup>2</sup>
<b><math>e_0</math></b>	0,3	0,78	0,6
<b><math>C_c</math></b>	0,016	0,39	0,13
<b><math>E_s</math></b>	17,87 kg/cm <sup>2</sup> ( $\sigma=0,25$ kg/cm <sup>2</sup> )	426,89kg/cm <sup>2</sup> ( $\sigma=8$ kg/cm <sup>2</sup> )	
<b><math>C_u</math></b>	0,054kg/cm <sup>2</sup>	1,7kg/cm <sup>2</sup>	0,715 kg/cm <sup>2</sup>
<b><math>\phi</math></b>	2,2°	27,9°	11°
<b><math>I_s(50)</math>// Ψαμμίτης</b>	4kg/cm <sup>2</sup>	21kg/cm <sup>2</sup>	12,7 kg/cm <sup>2</sup>
<b><math>V_p</math> Ψαμμίτης</b>	1716m/sec	4303m/sec	4100m/sec



**Φωτογραφία 7.3** Τομή μαργαϊκών σχηματισμών στη θέση όπου προοριζόταν η ανέγερση του Ιατρικού Πάρκου Αθηνών.



**Φωτογραφία 7.4:** Χαρακτηριστική τομή μαργαϊκών ασβεστόλιθων στα ανώτερα μέλη σχηματισμών στη θέση όπου προοριζόταν η ανέγερση του Ιατρικού Πάρκου Αθηνών



**Φωτογραφία 7:5 Αντιπροσωπευτικά δείγματα από γεώτρηση στην περιοχή του Κορωπίου(ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Τ.Ε) που έχει διατρήσει την ομάδα των νεογενών σχηματισμών μεικτών φάσεων. (Βάθος 11-15m)**

**7.2.1.3. Νεογενή, συνεκτικά αδρομερή:** Πρόκειται για λιμναίους, ποταμοχερσαίους σχηματισμούς οι οποίοι απαντώνται κυρίως στους λόφους του Κορωπίου ,με χαρακτηριστικό βυσσινέρυθρο χρώμα και τη μορφή πολύμεικτων κροκαλοπαγών (Φωτογραφία 7.8). Κατά θέσεις παρουσιάζονται σε λατυποψηφιδοπαγή μορφή (Φωτογραφίες 7.6, 7.7) καλά συγκολλημένα με ψαμμιτομαργαϊκή συνδετική ύλη καστανού-καστανοκίτρινου χρώματος. Τα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά των κροκαλοπαγών (Πίνακας 7.4) ποικίλλουν ανάλογα με τη λιθολογική τους σύσταση και το βαθμό αποσάθρωσής τους. Όσον αφορά την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά πρόκειται γενικά για περατούς σχηματισμούς.

**Πίνακας 7.4: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχηματισμών**

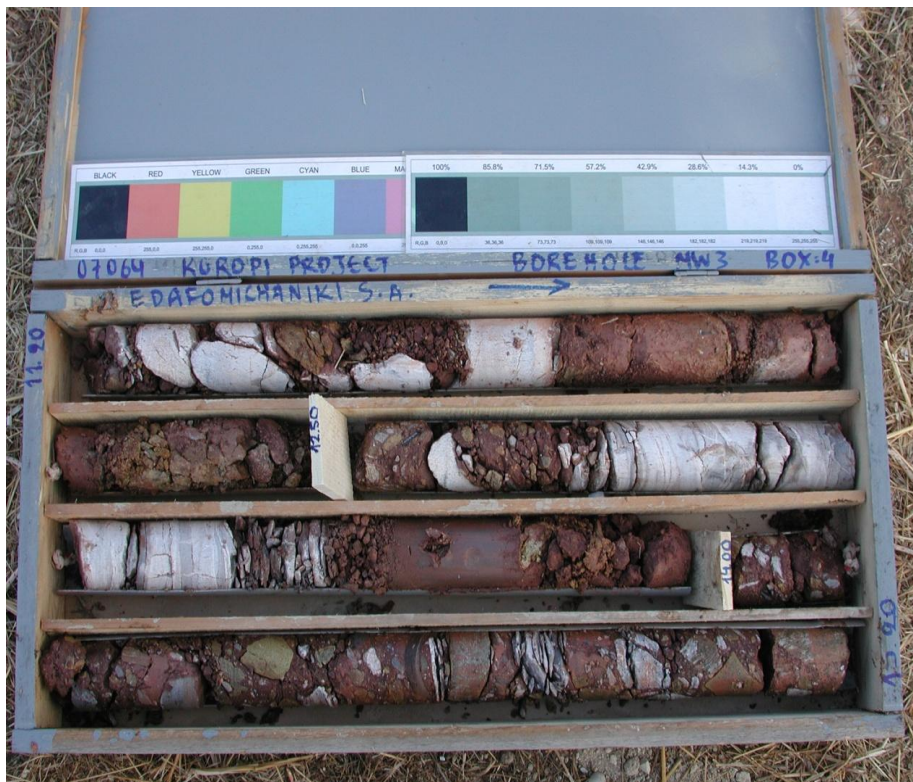
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος όρος
$\rho_d$	2,22g/cm <sup>3</sup>	2,53g/cm <sup>3</sup>	2,38 g/cm <sup>3</sup>
$\sigma_t$	4kg/cm <sup>2</sup>	30kg/cm <sup>2</sup>	12 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	52kg/cm <sup>2</sup>	416kg/cm <sup>2</sup>	190 kg/cm <sup>2</sup>
$E_L$	15kg/cm <sup>2</sup>	15kg/cm <sup>2</sup>	15kg/cm <sup>2</sup>
$I_s(50)(//)$	5kg/cm <sup>2</sup>	26kg/cm <sup>2</sup>	10kg/cm <sup>2</sup>
$I_s(50)(\perp)$	6kg/cm <sup>2</sup>	16,1kg/cm <sup>2</sup>	10,9kg/cm <sup>2</sup>



**Φωτογραφία 7.6: Ψηφιδοπαγές στην περιοχή εκσκαφής του Ιατρικού Πάρκου**



Φωτογραφία 7.7: Λατυποπαγές στο λόφο Πυργάθι του Δήμου Παianiaς



Φωτογραφία 7.8: Αντιπροσωπευτικά δείγματα από γεώτρηση στην περιοχή του Κορωπίου (ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Τ.Ε) που έχει διατρήσει την ομάδα των νεογενών αδρομερών σχηματισμών. (Κροκαλολατυποπαγή) (Βάθος 11,2-15,2m)

**7.2.1.4. Σχηματισμοί προνεογενούς υποβάθρου :** Σε αυτούς περιλαμβάνονται ο ασβεστόλιθος, ο σχιστόλιθος, το μάρμαρο και μικρές σε έκταση εμφανίσεις οφιόλιθων.

**A. Ασβεστόλιθοι:** Οι ασβεστόλιθοι της περιοχής (Φωτογραφίες 7.9, 7.10) παρουσιάζονται πολύχρωμοι (λευκοί, τεφροί, κιτρινωποί και κοκκινωποί λόγω των οξειδίων του σιδήρου), ανακρυσταλλωμένοι και διασχίζονται από πυκνό δίκτυο φλεβιδίων του ασβεστίτη. Οι ασβεστόλιθοι αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με πολύ καλή γεωμηχανική συμπεριφορά (Πίνακας 7.5) οι οποίοι όμως έχουν υποστεί έντονο κερματισμό και καρστικοποίηση και γι'αυτό το λόγο παρουσιάζουν αυξημένη δευτερογενή υδροπερατότητα.

**Πίνακας 7.5: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά ασβεστόλιθων**

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος όρος
$\rho_d$	2,51g/cm <sup>3</sup>	2,68g/cm <sup>3</sup>	2,58g/cm <sup>3</sup>
$\sigma_c$	239,1kg/cm <sup>2</sup>	874kg/cm <sup>2</sup>	592,28 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_t$	38kg/cm <sup>2</sup>	108,66kg/cm <sup>2</sup>	70,7 kg/cm <sup>2</sup>
$I_{s(50) //}$	19,4kg/cm <sup>2</sup>	36,2kg/cm <sup>2</sup>	28,8 kg/cm <sup>2</sup>
$I_{s(50) \perp}$	7kg/cm <sup>2</sup>	100kg/cm <sup>2</sup>	26,16 kg/cm <sup>2</sup>
$V_p$	5378m/s	6827m/s	6050m/s



**Φωτογραφία 7.9: Τεμάχη ασβεστόλιθων τα οποία βρίσκονται στο λόφο Χριστός (πλησίον Ιεράς Μονής Βηθλεέμ) του δήμου Κρωπίας**



**Φωτογραφία 7.10: Εμφάνιση ασβεστόλιθου στο λόφο Καμάρα του δήμου Παϊανίας**



**B. Σχιστόλιθοι:** Οι σχιστόλιθοι, στην περιοχή είναι κυρίως μαρμαρυγικοί και ασβεστιτικοί, τεφρού έως τεφροπράσινου και καστανότεφρου χρώματος (Φωτογραφίες 7.11, 7.12), με παρεμβολές τεφρόλευκων, πλακωδών και έντονα ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων. Αποτελούν βραχώδη σχηματισμό με πολύ καλή γεωμηχανική συμπεριφορά (Πίνακας 7.6) χωρίς προβλήματα αστοχιών, στην υγιή τους μορφή.

**Πίνακας 7.6: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχιστόλιθων**

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος όρος
$\rho_d$	2,61g/cm <sup>3</sup>	2,77g/cm <sup>3</sup>	2,67 g/cm <sup>3</sup>
$\sigma_c$	564kg/cm <sup>2</sup>	620kg/cm <sup>2</sup>	589kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_t$	128,5kg/cm <sup>2</sup>	165,01kg/cm <sup>2</sup>	143,88 kg/cm <sup>2</sup>
$I_{s50}^{\perp}$	4,7kg/cm <sup>2</sup>	200kg/cm <sup>2</sup>	47,23 kg/cm <sup>2</sup>
$I_{s50}^{\parallel}$	2,5kg/cm <sup>2</sup>	65,22kg/cm <sup>2</sup>	27 kg/cm <sup>2</sup>
$V_p$	1980m/sec	3868m/sec	2985 m/sec



**Φωτογραφία 7.11: Αποσαθρωμένοι σχιστόλιθοι τεφρού χρώματος στο λόφο Πυργάθι του Δήμου Παianiaς**



**Φωτογραφία 7.12: Πρασινοςχιστόλιθος στο λόφο**

**Πυργάθι του Δήμου Παϊανίας**

**Γ.** Ανώτερα Μάρμαρα: Τα μάρμαρα, αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του ορεινού όγκου του Υμηττού. Είναι κυρίως λευκά και υπόλευκα, λεπτοστρωματώδη και πτυχωμένα (Φωτογραφίες 7.13, 7.14). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των που συλλέχθηκαν το μάρμαρο σαν ακέραιο πέτρωμα ταξινομείται ως υψηλής μέχρι πολύ υψηλής αντοχής βραχώδης σχηματισμός.(Πίνακας 7.7). Επιτόπου, σαν βραχομάζα τα μάρμαρα είναι δυνατό να εμφανίζονται πολύ συμπαγή, χωρίς ή με πολύ αραιές ασυνέχειες ή να διατέμνονται από πυκνά δίκτυα ασυνεχειών με αποτέλεσμα τη μείωση της γεωμηχανικής τους συμπεριφοράς.

**Πίνακας 7.7: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά μαρμάρων**

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος όρος
$\rho_d$	2,08g/cm <sup>3</sup>	2,87g/cm <sup>3</sup>	2,83 g/cm <sup>3</sup>
$\sigma_t$	31kg/cm <sup>2</sup>	204kg/cm <sup>2</sup>	98 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	788kg/cm <sup>2</sup>	1,1tn/cm <sup>2</sup>	1tn/cm <sup>2</sup>
$I_s(50)$	22kg/cm <sup>2</sup>	82kg/cm <sup>2</sup>	46 kg/cm <sup>2</sup>



**Φωτογραφία 7.13: Καμίνη μαρμάρου στην Παiania**



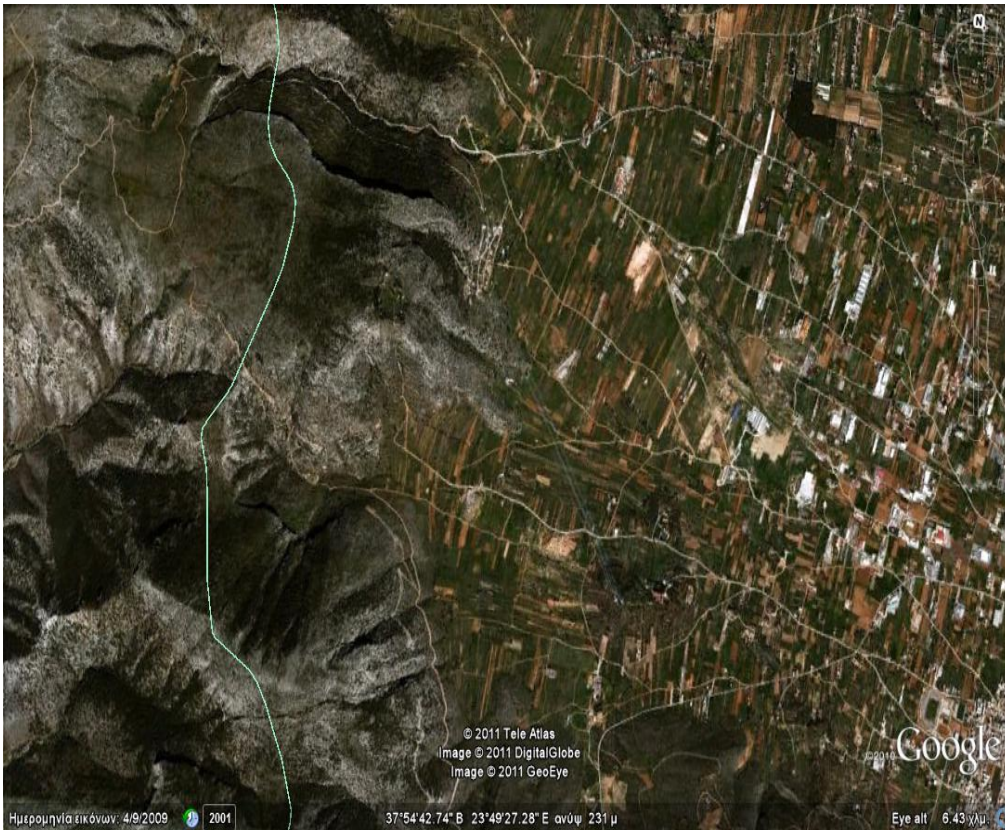
**Φωτογραφία 7.14: Μάρμαρο τροφοδοσίας του καμινιού από την ίδια περιοχή**

Δ. Οφιόλιθοι: Στην οικογένεια αυτή των πετρωμάτων ανήκουν οι γάββροι, οι σερπεντίνες, ο βασάλτης και ο διαβάσης, ενώ συχνά εμφανίζονται ως ένα σύστημα πετρωμάτων με την ονομασία οφιόλιθος. Τα πετρώματα αυτά παρουσιάζονται, με επικρατούσα μορφή αυτή του σερπεντίνη, στην περιοχή έρευνας, ισχυρά κερματισμένα. Έχουν περιορισμένη περατότητα και μόνο στην επιφανειακή χαλαρωμένη ζώνη τους μπορεί να κυκλοφορήσει και να αποθηκευτεί νερό. Οι εμφανίσεις τους περιορίστηκαν σε μία θέση (λόφος Χριστός) στα όρια των ασβεστόλιθων.

## 8. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

### 8.1. Γενικά

Η περιοχή, όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα εντάσσεται, σύμφωνα με το διαχωρισμό που έγινε στο αντίστοιχο κεφάλαιο, στα κεντρικά Μεσόγεια. Τα κεντρικά Μεσόγεια αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα πλανώμενης απορροής χωρίς βαθιές γραμμές - μισγάγκειες και ρέματα με εξαίρεση τις ανατολικές παρυφές του Υμηττού όπου η παρουσία των μισγαγκείων είναι έντονη (Εικόνα 8.1).



**Εικόνα 8.1: Παρουσία των μισγαγκείων στις ανατολικές παρυφές του Υμηττού**

Η έλλειψη υδατορεμάτων της περιοχής και οι συνέπειες της πλανώμενης απορροής προκύπτουν και από τα τοπωνύμια της περιοχής (Νησίδα στον Καρελλά και Νεροκράτημα στα δυτικά του Α/Δ).

## 8.2. Το πρόβλημα και οι αιτίες του

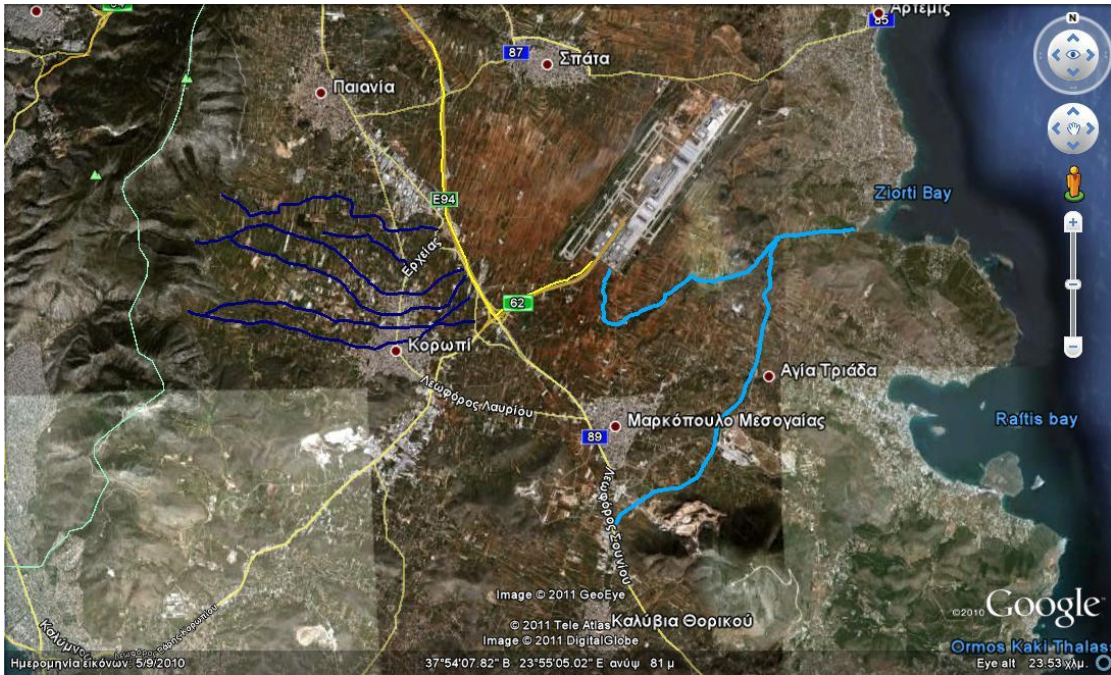
Σύμφωνα με τις μελέτες του ΤΕΕ για την Αντιπλημμυρική προστασία της Αττικής (ΤΕΕ,2004) ο κύριο πρόβλημα που εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης είναι τα πλημμυρικά φαινόμενα που κατά καιρούς εμφανίζονται εξαιτίας της εκτροπής της φυσικής απορροής των ομβρίων υδάτων. Η εκτροπή αυτή οφείλεται κυρίως στην κατασκευή μεγάλων έργων (Αττική Οδός, Λεωφόρος Παιανίας Μαρκοπούλου Α/Δ Σπάτων).

Η τρόπος με τον οποίο έχει χαραχθεί η Αττική Οδός αποκόπτει σε δύο υδρογραφικές λεκάνες την απορροή στους φυσικούς αποδέκτες με πλήρως διαφοροποιημένη υψομετρική χάραξη ως προς το φυσικό έδαφος. Στα βόρεια Μεσόγεια η Αττική Οδός είναι ταπεινωμένη και λειτουργεί σαν μια μεγάλη τάφρος η οποία δεν πρέπει να πλημμυρίσει ενώ στα κεντρικά Μεσόγεια είναι υπερυψωμένη με λειτουργία αναχώματος πλημμυρίζοντας την ανάντη περιοχή.




Η κατασκευή της Αττικής Οδού επιδείνωσε το πρόβλημα των πλημμυρών στην περιοχή διαφοροποιώντας έντονα της συνθήκες απορροής, συνθήκες οι οποίες είχαν ήδη διαταραχθεί με την κατασκευή της οδού Παιανίας Μαρκοπούλου.

Κατά τις περιόδους βροχοπτώσεων και ιδιαίτερα τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες τα όμβρια ύδατα μέσω των μισγαγκείων σχηματίζουν ρυάκια τα οποία κατευθύνονται προς την κοίτη του ποταμού Ερασίνου. Με τις παρούσες συνθήκες και την ύπαρξη των επιχωμάτων της Αττικής Οδού εμποδίζεται η φυσική απορροή των υδάτων στο φυσικό τους αποδέκτη, με αποτέλεσμα στις ανάντη περιοχές να εμφανίζονται πλημμυρικά φαινόμενα.

Ο σχεδιασμός της ΕΥΔΑΠ, αλλά και η μελέτη της Αττικής Οδού πριν κατασκευαστεί ο δρόμος, προέβλεπαν κάποια αντιπλημμυρικά έργα όπως η κατασκευή ανοικτών αγωγών και δικτύων αποχέτευσης ομβρίων στους δήμους Παιανίας και Κορωπίου με τελικό αποδέκτη τον Εράσινο, (Εικόνα 8.2.) τα οποία έχουν αρχίσει να κατασκευάζονται.



**Εικόνα 8.2: Το υδρογραφικό δίκτυο και η Αττική οδός στην περιοχή**

-  Τμήμα Αττικής Οδού
-  Ροή ποταμού Ερασίμου
-  Δίκτυο ρυακίων

Πιο συγκεκριμένα, η προμελέτη δημοπράτησης Αττικής Οδού αντιμετώπισε το έργο σαν υπεραστικό αυτοκινητόδρομο με πρόβλεψη εγκάρσιων οχετών για την διοχέτευση της απορροής στα κατάντη χωρίς πρόβλεψη απαλλοτριώσεων για αντιπλημμυρικά έργα μέχρι τον φυσικό αποδέκτη.

Η παντελής έλλειψη αποδεκτών κατάντη ακόμα και δρόμων με δυνατότητα επιφανειακής κατάκλυσης δεν επέτρεπε την αρχικά προβλεπόμενη κατασκευή εγκάρσιων οχετών αφού η εκροή τους θα δημιουργούσε κατάκλυση σε ιδιοκτησίες με προφανή προβλήματα ενώ η πίεση του χρόνου δεν καθιστούσε δυνατή την κήρυξη νέων συμπληρωματικών απαλλοτριώσεων.

Η προσπάθεια συγκέντρωσης της πλανώμενης απορροής με ανοικτές τάφρους και η διοχέτευση της σε έργα υπεδάφιας διάθεσης στους διαθέσιμους χώρους (νησίδες κόμβων, χώρους υποστήριξης κλπ) δεν απέδωσε λόγω των εδαφολογικών συνθηκών.

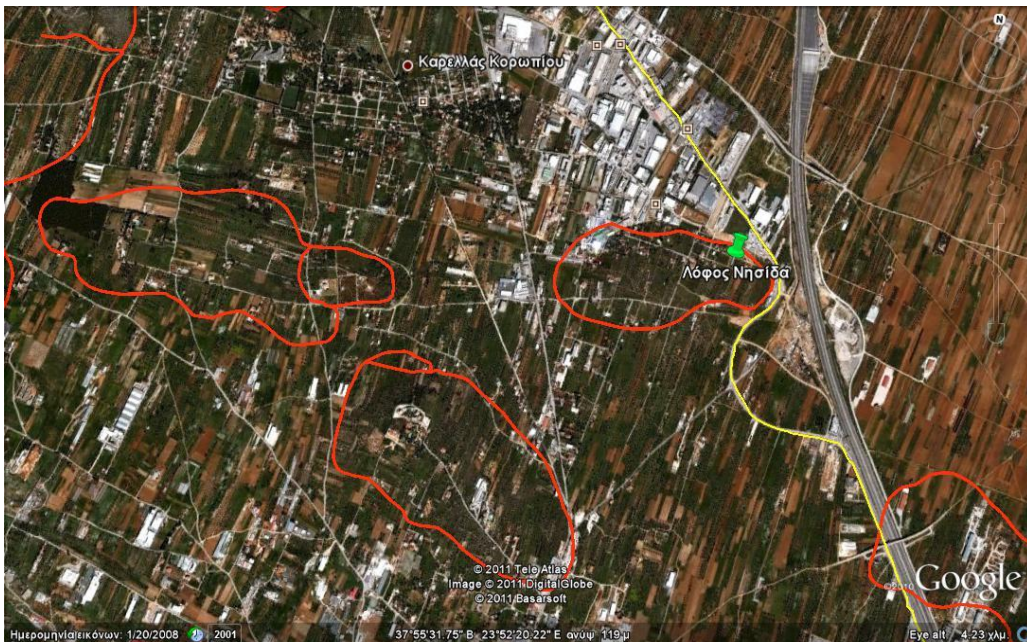
Έτσι, με δεδομένη την πίεση του χρόνου υλοποίησης των αντιπλημμυρικών έργων που προηγούνται στο χρονοδιάγραμμα κατασκευής επελέγη η λύση συγκέντρωσης

και παροχέτευσης της απορροής στη φυσική κοίτη του Ερασίνου ποταμού χωρίς συμπληρωματικές απαλλοτριώσεις.

Πρέπει να σημειωθεί ότι καθοριστικός παράγοντας για την υλοποίηση των αντιπλημμυρικών έργων ήταν η πλημμύρα που εκδηλώθηκε στην περιοχή στις 25/3/98 που απέδειξε ότι οι απόψεις των μελετητών για την ύπαρξη του προβλήματος δεν ήταν ούτε "γραφικές" ούτε "υπερβολικές".

### 8.3. Αντιπλημμυρικά έργα στην περιοχή

Βασική αρχή του σχεδιασμού των αντιπλημμυρικών έργων στην περιοχή, πάντα σύμφωνα με μελέτες του ΤΕΕ, είναι η συγκέντρωση της πλανώμενης απορροής με ανοικτές τάφρους στις περιπτώσεις που υπήρχε το αναγκαίο πλάτος μεταξύ συγκοινωνιακού έργου και ορίου απαλλοτρίωσης ή με υπόγειο σωληνωτό τοπικό δίκτυο με "μπούκες" εισροής στο πόδι των αναχωμάτων ενώ στην περιοχή της Νησίδας (Εικόνα 8.3) όπου συγκεντρώνεται η απορροή στα ανάντη της Παιανίας Μαρκοπούλου διαμορφώθηκε χοάνη "εισροής".



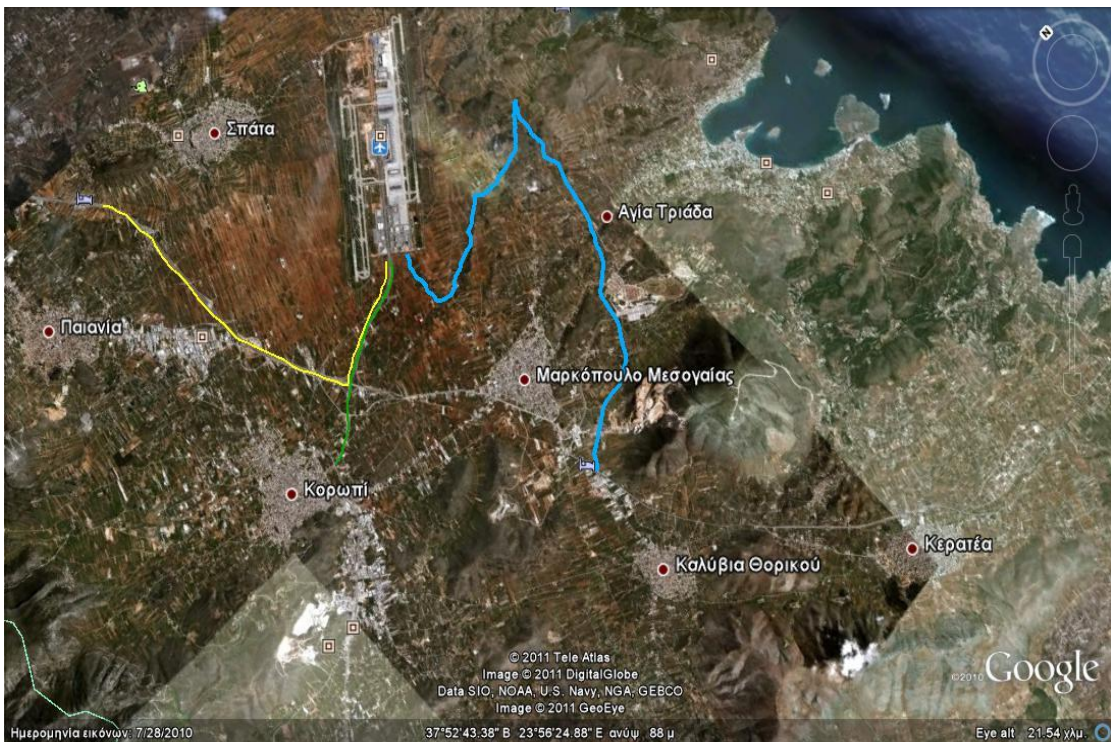
Εικόνα 8.3: Λόφος Νησίδα στη βιομηχανική περιοχή Καρελλά



**Τα κατασκευασμένα και υπό κατασκευή έργα της περιοχής είναι τα εξής:**

➤ Αντιπλημμυρική Τάφρος Μεσογείων T<sub>0</sub> και λοιπά έργα Αττικής Οδού

Στη φυσική κοίτη του Ερασίνου εκβάλλουν σήμερα ο αντιπλημμυρικός συλλεκτήρας Μεσογείων T<sub>0</sub>, που κατασκευάστηκε στο πλαίσιο της Αττικής Οδού και η τάφρος της νότιας περιμέτρου του Α/Δ Σπάτων. Αυτά αποτελούν έργα συλλογής και μεταφοράς της πλημμυρικής απορροής προς τα κατάντη (Εικόνα 8.4). Με την κατασκευή του συλλεκτήρα των Μεσογείων, ο οποίος οδεύει παράλληλα στη λεωφόρο, επετεύχθη η συλλογή των ανάντη πλανώμενων απορροών από τις περιοχές Παιανίας, Καρελά, Κορωπίου, εκτονώνοντας έτσι το φαινόμενο.. Η πλημμυρική παροχή του συλλεκτήρα για περίοδο επαναφοράς T=50 έτη ανέρχεται σε  $Q_{50}=270\text{m}^3/\text{s}$  στην περιοχή Καρελά, δηλαδή για τις απορροές από την Παιανία, και  $Q_{50}=420\text{m}^3/\text{s}$  στο πέρας της αμέσως κατάντη του οδικού άξονα Κορωπίου-Α/Δ Σπάτων.

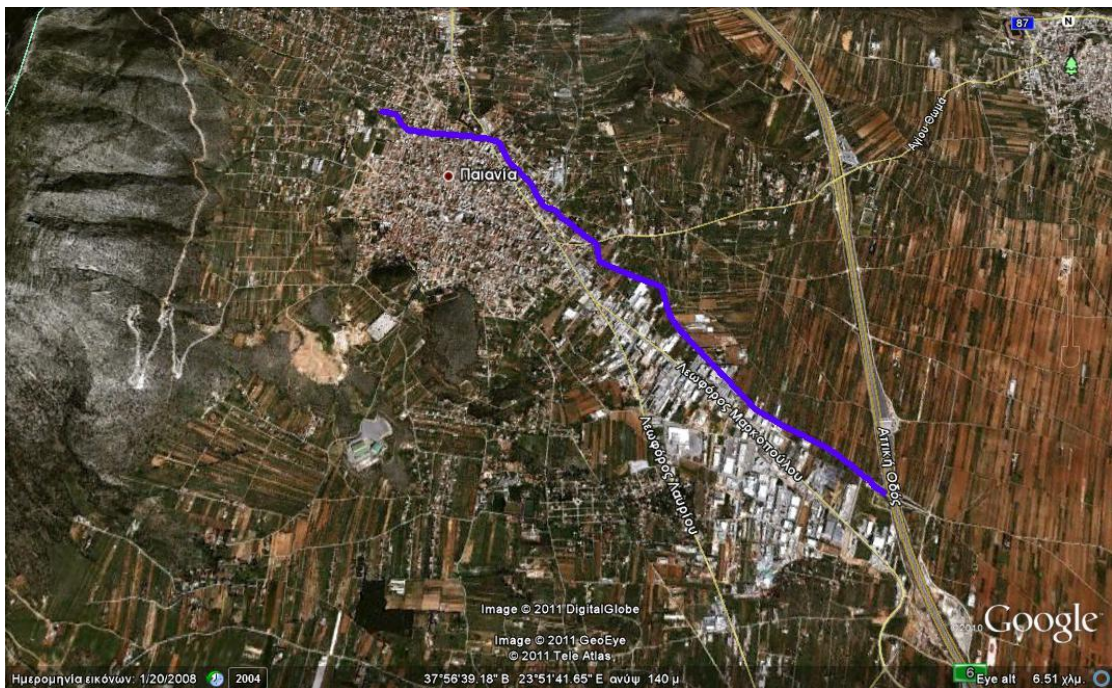


**Εικόνα 8.4: Πορεία των τάφρων, παράλληλα στην Αττική Οδό από Παιανία (κίτρινο χρώμα) και από Κορωπί (πράσινο χρώμα) προς την κοίτη του Ερασίνου**

➤ Έργα ομβρίων υδάτων στο Δήμο Παιανίας

Το πρόβλημα που υπάρχει στο δήμο Παιανίας με την αποχέτευση των ομβρίων υδάτων είναι δεδομένο. Προς την κατεύθυνση της λύσης αυτού του προβλήματος κινήθηκε και η Νομαρχία Ανατολική Αττικής λίγο πριν τη λήξη της θητεία της, το Δεκέμβριο του 2010.

Ειδικότερα, υπεγράφη από τον Νομάρχη Ανατολικής Αττικής Λ. Κουρή η σύμβαση με την "ΠΡΙΣΜΑ ΔΟΜΗ ΑΤΕ", ανάδοχο μετά από διαγωνισμό, του έργου «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΔΗΜΟΥ ΠΑΙΑΝΙΑΣ», προϋπολογισμού 22.522.268,91 Ευρώ, που χρηματοδοτείται από το Ε.Π «ΑΤΤΙΚΗ 2007-2013». Αντικείμενο της εργολαβίας είναι η κατασκευή Κεντρικού συλλεκτήρα αποχέτευσης ομβρίων και αντιπλημμυρικής προστασίας σε συνολικό μήκος 5123,23m(Εικόνα 8.5) σε δύο τμήματα στην Περιοχή του Δήμου Παιανίας.



**Εικόνα 8.5: Υπό κατασκευή δίκτυο ομβρίων υδάτων δήμου Παιανίας**

Προβλέπεται η κατασκευή του Κεντρικού Συλλεκτήρα Ομβρίων (Τελικός Τεχνητός Αποδέκτης) σε συνολικό μήκος 3120,7m κάτω από τις υφιστάμενες διανοιγμένες οδούς "Αμπελώνος" και "Αγ. Λουκά" (Φωτογραφία 8.1) , και του Κεντρικού Συλλεκτήρα Ομβρίων σε συνολικό μήκος 2003,53m, κάτω από τις υφιστάμενες διανοιγμένες οδούς "Επισκοπής", "Όθωνος Χουντά", "Ιωάννου Αθανασίου", "Αγίου Θωμά", και "Αμπελώνος" (Φωτογραφία 8.2). Οι Κεντρικοί Συλλεκτήρες οδεύουν έχουν τελική κατάληξη (μέσω του τελικού συλλεκτήρα) στην τάφρο  $T_0$  της Αττικής οδού με τελικό αποδέκτη το ρέμα Ερασίνου.



**Φωτογραφία 8.1: Τμήμα αγωγού στην οδό Αγίου Λουκά**



**Φωτογραφία 8.2: Τμήμα αγωγού στην οδό Ιωάννη Αθανασίου**

#### **8.4. Γενική εικόνα και επιπτώσεις των κατασκευασμένων έργων**

Στο πλαίσιο λοιπόν των σημαντικών έργων που κατασκευάστηκαν τα τελευταία χρόνια στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Ερασίνου, υλοποιήθηκαν σημαντικά αντιπλημμυρικά έργα τα οποία όμως προστατεύουν τις ίδιες τις κατασκευές (Αεροδρόμιο, Αττική Οδός,), αλλά δυσμενοποιούν δραματικά τις κατάντη συνθήκες. Δεδομένου της έλλειψης κατάντη ανάλογων έργων αντιπλημμυρικής προστασίας, τα πλημμυρικά φαινόμενα θα ενταθούν και θα προκαλέσουν στο μέλλον σοβαρά προβλήματα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι, τα τελευταία χρόνια δεν παρατηρήθηκαν έντονες καταγίδες και έτσι δεν αναδείχθηκαν τα επικίνδυνα προβλήματα λόγω της έλλειψης έργων. Είναι λοιπόν επιτακτική ανάγκη να ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός των βασικών αντιπλημμυρικών έργων.

#### **8.5. Προτάσεις έργων**

Όπως προκύπτει από την εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης, στην περιοχή έρευνας η Αττική Οδός διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο όσον αφορά το πλημμυρικό καθεστώς. Τα έργα τα οποία έχουν κατασκευαστεί παράλληλα προς το οδικό δίκτυο αποφορτίζουν αρκετά την περιοχή κατά τις περιόδους των βροχοπτώσεων. Δυστυχώς όμως τα έργα αυτά εξαιτίας του χρονικού προγραμματισμού τους στο πλαίσιο συγκοινωνιακών έργων έχουν αποσπασματικό χαρακτήρα. Για την αντιμετώπιση των πάσης φύσεως θεμάτων σχετικά με την αντιπλημμυρική προστασία προτείνονται τα παρακάτω :

##### Αντιπλημμυρική Προστασία Βιομηχανικής Περιοχής Καρελά

Η περιοχή Καρελά ανήκει διοικητικά στο Δήμο Κρωπίας Αττικής. Βρίσκεται βορείως της πόλης του Κορωπίου, στη λεκάνη απορροής των κεντρικών Μεσογείων. Στην περιοχή αυτή η χρήση γης είναι βιομηχανική. Σήμερα, υπάρχουν και κατασκευάζονται μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα εκατέρωθεν της Λεωφόρου Λαυρίου. Περικλείεται βόρεια από την Παιανία, νότια από το Κορωπί, την Αττική Οδό προς ανατολάς και την κορυφογραμμή του Υμηττού προς δυσμάς (Εικόνα 8.6)

Τα ρέματα που διατρέχουν την περιοχή δεν φαίνεται να έχουν διακριτές κοίτες, ιδιαίτερα προς τα κατάντη, ωστόσο τα όμβρια συγκεντρώνονται τελικά προς τα νοτιοανατολικά, προς το μελλοντικό κόμβο Υμηττού της Αττικής Οδού. Για το λόγο αυτό και σε συνδυασμό με τις μικρές κλίσεις του φυσικού εδάφους, την άναρχη δόμηση, μαντρότοιχους, καθώς και τους κώνους απόθεσης φερτών, στοιχείο που χαρακτηρίζει την ευρύτερη περιοχή, δημιουργούνται προβλήματα στη φυσική απορροή και λιμνάζοντα όμβρια ύδατα, κυρίως στα δυτικά της λεωφόρου Λαυρίου. Παρατηρούνται επίσης προβλήματα πλημμυρών στις παρακείμενες ιδιοκτησίες, κατάκλυση του οδοστρώματος της Λ. Λαυρίου και παγετός κατά τους χειμερινούς μήνες.

Όσον αφορά στον αποδέκτη των απορροών της περιοχής Καρελλά, αυτός είναι η τάφρος T2/Γ.Ε.Α16, η οποία μελετήθηκε και κατασκευάστηκε στο πλαίσιο των έργων της Αττικής Οδού, τα οποία περιγράφονται πιο πάνω. Το έργο εισόδου της T2 λειτουργεί ευεργετικά στην περιοχή ως αποδέκτης ομβρίων.

Εφόσον έχει κατασκευαστεί η τάφρος η οποία απομακρύνει τις απορροές που συγκεντρώνονται στην περιοχή χρειάζεται η κατασκευή ενός δικτύου απορροής ομβρίων υδάτων ικανό να συγκεντρώνει τις πλανώμενες απορροές και να τις οδηγεί κατευθείαν στην τάφρο.



**Εικόνα 8.6: Οριοθέτηση βιομηχανικής περιοχής Καρελλά στην ευρύτερη περιοχή μελέτης**

## 9. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

### 9.1. Διαχωρισμός αδρανών υλικών με βάση την πηγή λήψης τους

Σύμφωνα με τον οδηγό του ΤΕΕ για τα δομικά υλικά, ο οποίος παρουσιάζεται στην παρακάτω ηλεκτρονική διεύθυνση

([http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL\\_GUIDES/P\\_AGGREGATES](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/P_AGGREGATES)),

ο διαχωρισμός των αδρανών υλικών σε οικογένειες γίνεται είτε βάσει φυσικών χαρακτηριστικών τους, όπως η κοκκομετρική σύσταση και το ειδικό βάρος, είτε βάσει άλλων χαρακτηριστικών όπως είναι η πηγή λήψης τους και η προέλευση τους.

Στα δύο επόμενα κεφάλαια περιγράφεται ο διαχωρισμός των αδρανών υλικών με βάση την πηγή λήψης τους ο οποίος αναφέρεται σε :

- Φυσικά ή συλλεκτά αδρανή
- Αδρανή λατομείων

#### 9.1.1. Φυσικά ή συλλεκτά αδρανή

Ονομάζονται τα αδρανή που η λήψη τους γίνεται από φυσικές αποθέσεις (π.χ. ποτάμιες αποθέσεις, πλευρικά κορήματα, αλλουβιακές αποθέσεις χαμηλών περιοχών κτλ.) (Σπυρόπουλος, 2005). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν ή να επεξεργαστούν περαιτέρω ανάλογα με τις απαιτήσεις (π.χ. θραύση, πλύσιμο, κτλ.). Επειδή σε αυτά υπάρχει αυξημένος ο κίνδυνος παρουσίας αργιλικής παιπάλης (λεπτόκοκκου), έχουν κατά κανόνα αυξημένες απαιτήσεις ως προς τον καθορισμό αυτής

Εξετάζοντας τα υλικά της περιοχής στην μπορεί να αναφερθούν τα εξής:

Οι τεταρτογενείς ημισυνεκτικοί σχηματισμοί μεικτών φάσεων είναι ποικίλης διαβάθμισης, συνήθως μικτής φάσης υλικά με μεγάλες μεταβολές τόσο κατά την

κατακόρυφο όσο και οριζόντια. Το υλικό ανάλογα με τη χρήση μπορεί να χρειάζεται κοσκίνιση, πλύση κλπ.

Οι Νεογενείς σχηματισμοί εμφανίζονται με ποικιλία σχηματισμών (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, ψηφιδοπαγή) που η παρουσία τους είναι αποτέλεσμα κυρίως αποσύνθεσης πετρωμάτων ως αποτέλεσμα της μηχανικής αποσάθρωσης αυτών. Αποτελούν θραυσμένο πέτρωμα και είναι καλή πηγή αδρανών αν το μητρικό πέτρωμα είναι κατάλληλο.

### **9.1.2. Αδρανή λατομείων**

Λατομείο θεωρείται ένας χώρος όπου το πέτρωμα αποσπάται από τη βραχομάζα και υπόκειται σε επεξεργασία για χρήση και κατασκευή. Υπάρχουν ανοιχτά και υπόγεια λατομεία (Σπυρόπουλος, 2005). Τα αδρανή λατομείων προκύπτουν από εξόρυξη και θραύση όγκων πετρώματος. Η διαδικασία εξόρυξης αρχίζει μετά την αποκάλυψη του πετρώματος ενώ η μέθοδος και ο τρόπος εκμετάλλευσης εξαρτώνται βασικά από τα χαρακτηριστικά του πετρώματος και τα τελικά προϊόντα για τις αναγκαίες χρήσεις.

Τα προϊόντα του λατομείου μπορεί να είναι πλάκες ή τεμάχια για κατασκευή, rip rap, επίστρωση ή διακόσμηση καθώς και θραυστό πέτρωμα κυρίως από ασβεστόλιθους και μικρότερες ποσότητες από βασάλτες, γρανίτες, ψαμμίτες, και χαλαζίτες, το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή σκυροδέματος, υλικά οδοστρωσίας, επιχώματα, αλλά και για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής.

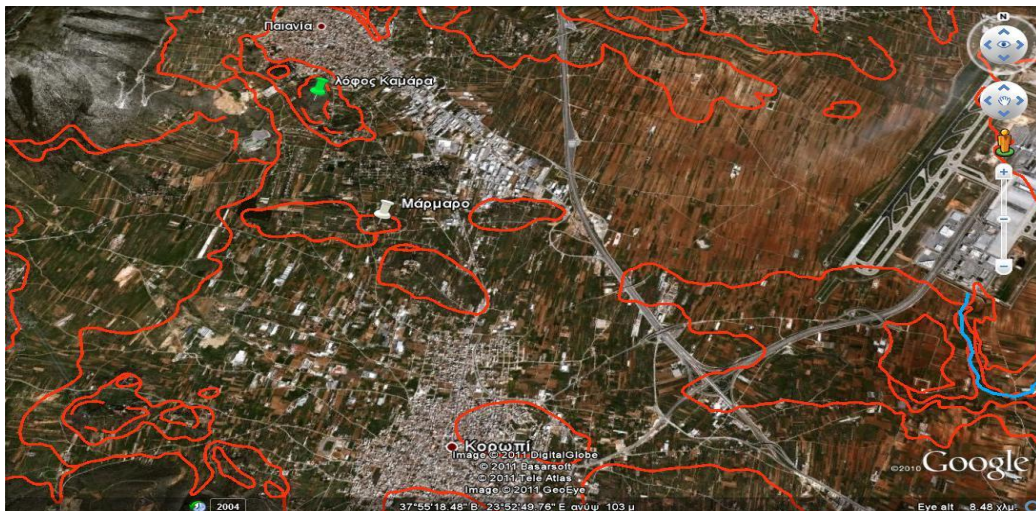
Η επιλογή μιας περιοχής για τη δημιουργία λατομείου εκτός από το κατάλληλο πέτρωμα που πρέπει να διαθέτει για μία ή περισσότερες χρήσεις, βασίζεται και σε άλλα κριτήρια, όπως η ποιότητα, τα αποθέματα, το κόστος παραγωγής των προϊόντων, περιβαλλοντικοί κανόνες που ισχύουν για την περιοχή καθώς και η ζήτηση των προϊόντων στην ευρύτερη περιοχή.

Τα αδρανή λατομείων είναι η κύρια κατηγορία αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται στον Ελληνικό χώρο βασικά για την παραγωγή σκυροδέματος αλλά και για άλλες χρήσεις στα τεχνικά έργα. Τελευταία με την εκτέλεση υπόγειων οδικών τεχνικών έργων (σήραγγες) ή και ορυγμάτων σε σκληρά πετρώματα γίνεται ευρεία χρήση των υλικών που προκύπτουν κυρίως για τις ανάγκες αυτών όπως στρώσεις εξυγίανσης και αποστράγγισης, επίλεκτα υλικά για επιχώματα, υλικά σκυροδέματος. Επίσης ορύγματα σε εδαφικούς σχηματισμούς αποτελούν πηγή

αδρανών υλικών στην κατασκευή επιχωμάτων, αντιβάρων για τη σταθεροποίηση ζωνών αστάθειας κατολισθήσεων κλπ.

Τις τελευταίες μάλιστα δεκαετίες αναπτύσσεται σε ορισμένες χώρες η υπόγεια λατόμευση αδρανών υλικών. Σε σχέση με αντίστοιχες υπαίθριες εκμεταλλεύσεις, η υπόγεια λατόμευση δεν προκαλεί προβλήματα αισθητικής ρύπανσης, αφού δεν σημειώνονται αλλαγές στο γεωμορφολογικό ανάγλυφο και τοπίο της περιοχής. Επίσης τα επίπεδα δονήσεων λόγω ανατινάξεων είναι σαφώς μειωμένα ενώ δεν δημιουργούνται προβλήματα ρύπανσης της ατμόσφαιρας και θορύβου, παρά μόνο από τη λειτουργία του εξοπλισμού εξωτερικά του χώρου ( Μπενάρδος κ.α., 2000). Οι χώροι αυτοί μετά την εξόρυξη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χώροι αποθήκευσης, καθώς επίσης και πολλές εταιρίες και βιοτεχνίες μπορούν να μεταφερθούν υπόγεια καθώς το κόστος μίσθωσης και συντήρησης των χωρών αυτών είναι πολύ μικρό όπως έχει δείξει έρευνα σε περιοχές στις ΗΠΑ όπου ολοένα και αυξάνεται η υπόγεια λατόμευση αδρανών υλικών (McCaig, 2003).

Στην περιοχή βρέθηκαν δύο λατομεία τα οποία πλέον είναι ανενεργά, στο λόφο Καμάρα το οποίο βρίσκεται νότια της Παιανίας από όπου εξαγόταν ασβεστόλιθος και στα νότια όρια της περιοχής του Καρελλά από όπου εξαγόταν μάρμαρο (Εικόνα 9.1). Τα λατομεία αυτά, όπως φαίνεται βρίσκονταν σε κατοικημένες περιοχές και κάποιιοι από τους λόγους για τους οποίους έπαψαν να λειτουργούν αναφέρθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 9.1: Θέσεις αργούντων λατομείων στην περιοχή μελέτης



Η υπόγεια λατόμευση, λοιπόν φαίνεται να είναι η μόνη περίπτωση εφαρμογής για λήψη αδρανών στην περιοχή, καθώς παρουσιάζονται προβλήματα από την ανάπτυξη επιφανειακών λατομείων.

Στον Πίνακα 9.1 παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των αδρανών υλικών με βάση την πηγή λήψης τους και την προέλευση τους όπως παρουσιάζονται στον Οδηγό Δομικών Υλικών για τα αδρανή υλικά, του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τσιάβου κ.α., 2004)

**Πίνακας 9.1: Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα αδρανών με βάση την πηγή λήψης τους και την προέλευση τους (Τσιάβου κ.α., 2004)**

Υλικό-Προέλευση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Θραυστά αδρανή προϊόντα εξόρυξης λατομείων(μάρμαρα, ασβεστόλιθοι)	Κατά κανόνα υγιές υλικό, αν η εξόρυξη και η παραγωγική διαδικασία γίνεται με επιμέλεια. Παρουσιάζουν σταθερή και ελεγχόμενη δομή	Τα λεπτόκοκκα κλάσματα περιέχουν ποσοστό παιπάλης πολύ μεγαλύτερο από αντίστοιχα φυσικά αδρανή
Θραυστά αδρανή, προϊόντα θραύσης φυσικών αποθέσεων(ποταμοί, χείμαρροι, λίμνες κλπ).	Υλικό μεγάλης σκληρότητας. Δημιουργεί προϊόντα με χαμηλό ποσοστό παιπάλης.	Προσμίξεις αργίλου. Επιβάλλεται το πλύσιμο προ της θραύσης. Ενδεχόμενη παρουσία, κυρίως στα ποταμίσια υλικά, υψηλού ποσοστού άμορφου SiO <sub>2</sub> που αντιδρά με τα αλκάλια του τσιμέντου. Χρειάζονται εξέταση πριν την χρήση τους σε σκυρόδεμα ή σε κονιάματα.
Φυσικά αδρανή, προϊόντα ταξινόμησης φυσικών αποθέσεων (ποταμοί, χείμαρροι, λίμνες κλπ).	Τα λεπτόκοκκα φυσικά αδρανή έχουν πολύ χαμηλό ποσοστό παιπάλης.	Προσμίξεις χώματος. Επιβάλλεται το πλύσιμο. Λεία επιφάνεια και στρογγυλεμένο σχήμα κόκκων.
Άμμος θαλάσσης	Λεπτόκοκκη άμμος, κατάλληλη για κονιάματα	Παρουσία κοχυλίων και χλωριόντων. Επιβάλλεται το πλύσιμο πριν την χρήση
Τεχνητά αδρανή από επεξεργασία πετρωμάτων (π.χ. κίσηρη, περλίτη κλπ.)	Ελαφροβαρή αδρανή για οδοποιία και ελαφροβαρές σκυρόδεμα.	Χρειάζονται βιομηχανική επεξεργασία
Σκωρίες (slags)	Αποτελούν λύση για παραγωγή αντιολισθηρών αδρανών οδοποιίας.	Πρέπει να εξετάζονται οι ιδιότητες πριν την χρήση τους.
Ανακυκλωμένα αδρανή από θραύση παλαιών κατασκευών (σκυρόδεμα, ασφαλτοτάπητες).	Περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Αποτελούν καλή λύση για υλικά υπόβασης ή για παραγωγή άοπλου σκυροδέματος σε κατασκευές (σκυρόδεμα καθαριότητας).	Δύσκολη η προδιαλογή τους (π.χ. διαχωρισμός σκυροδέματος από χάλυβα απλισμού). Πρέπει πριν την χρήση τους να προσδιορίζεται το % SO <sub>3</sub> καθώς και το % χλωριόντων που πιθανό να είναι αυξημένο.

## 9.2. Καταλληλότητα δανειοδότησης για χρήση σε τεχνικά έργα

Η χρήση των εδαφικών σχηματισμών (Λουπασάκης κ.α.,2002) στα τεχνικά έργα είναι συνάρτηση της ορυκτολογικής τους σύστασης, της κοκκομετρικής τους διαβάθμισης, των ορίων Atterberg, της φυσικής υγρασίας, της διαπερατότητας (καθοριστικός παράγοντας), του ποσοστού οργανικών και ανθρακικών, κλπ, αλλά και καίριων μηχανικών ιδιοτήτων τους όπως διατμητική αντοχή, συμπιεστότητα, μέγιστη ξηρή πυκνότητα και βέλτιστη υγρασία. Στους Πίνακες 9.2, 9.3, 9.4 φαίνονται η ομαδοποίηση των εδαφών σύμφωνα με την κοκκομετρική τους διαβάθμιση και η συμπεριφορά αυτών όταν χρησιμοποιούνται σε τεχνικά έργα.

**Πίνακας 9.2: Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στο σύστημα ταξινόμησης USC**

<b>Κύριος συμβολισμός ομάδας</b>	<b>Επεξηγηματικός συμβολισμός ομάδας</b>
G- μέγεθος χαλικιού	W- καλά διαβαθμισμένα χονδρόκοκκα εδάφη
S- μέγεθος άμμου	P- φτωχά διαβαθμισμένα χονδρόκοκκα εδάφη
M- μέγεθος ιλύος	M- ιλυώδη λεπτομερή υλικά
C- μέγεθος αργίλου	C- αργιλώδη λεπτομερή υλικά
O- οργανική ύλη	L- μικρή πλαστικότητα
	H- μεγάλη πλαστικότητα

**Πίνακας 9.3: Καταλληλότητα εδαφικών σχηματισμών βάσει της κοκκομετρική τους σύστασης**

α	Κύριος διαχωρισμός		Συμβολισμός	Κατάλληλα για υπόστρωμα θεμελίου, όταν δεν υπόκειται σε δράση παγετού	Κατάλληλα για υποβάση θεμελίου, όταν δεν υπόκειται σε δράση παγετού	Κατάλληλα για βάση θεμελίου, όταν δεν υπόκειται σε δράση παγετού	Δυναμική δράση παγετού	
1	Χονδρόκοκκα	Χαλίκια και χαλικομυγή εδάφη	GW	Άριστη	Άριστη	Καλή	Μηδενική έως ελάχιστη	
2			GP	Καλή έως άριστη	Καλή	Μέτρια έως καλή	Μηδενική έως ελάχιστη	
3			GM	d	Καλή έως άριστη	Καλή	Μέτρια έως καλή	Ελάχιστη έως μέτρια
				u	Καλή	Μέτρια	Κακή έως ακα-τάλληλη	Ελάχιστη έως μέτρια
5			GC	Καλή	Μέτρια	Κακή έως ακατάλληλη	Ελάχιστη έως μέτρια	
6		Άμμοι και αμμώδη εδάφη	SW	Καλή	Μέτρια έως καλή	Κακή	Μηδενική έως ελάχιστη	
7			SP	Μέτρια έως καλή	Μέτρια	Κακή έως ακατάλληλη	Μηδενική έως ελάχιστη	
8			SM	d	Μέτρια έως καλή	Μέτρια έως καλή	Κακή	Ελάχιστη έως μεγάλη
				u	Μέτρια	Κακή έως μέτρια	Ακατάλληλη	Ελάχιστη έως μεγάλη
10			SC	Κακή έως μέτρια	Κακή	Ακατάλληλη	Μέτρια έως πολύ μεγάλη	
11	Λεπτόκοκκα εδάφη	Ίλις και άργιλοι	ML	Κακή έως μέτρια	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Μέτρια έως μεγάλη	
12			LL<50	CL	Κακή έως μέτρια	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Μέτρια έως μεγάλη
13				OL	Κακή	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Μέτρια έως μεγάλη
14		Ίλις και άργιλοι	LL>50	MH	Κακή	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Μέτρια έως πολύ μεγάλη
15				CH	Κακή έως μέτρια	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Μέτρια
16				OH	Κακή έως κακή	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Μέτρια
17				Πολύ οργανικά εδάφη	PT	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη

**Πίνακας 9.4: Καταλληλότητα εδαφικών σχηματισμών βάσει της  
κοκκομετρική τους σύστασης**

α	Συρρίκνωση και διόγκωση	Αποστράγγιση	Κατάλληλο σαν επίχωμα	Συμπύκνωση	Κατάλληλο σαν θεμέλιο	Απαιτήσεις για έλεγχο αποστράγγισης
1	Σχεδόν μηδενική	Αριστη	Πολύ σταθερά, διαπερατά τοιχώματα αναχωμάτων και φραγμάτων	Καλή, με λαστυχοφόρους εκλυστήρες, και κοινούς οδοστρωτήρες	Μεγάλη φέρουσα ικανότητα	Θετικό διάφραγμα
2	Σχεδόν μηδενική	Αριστη	Ικανοποιητικά σταθερά, διαπερατά τοιχώματα αναχωμάτων και φραγμάτων	Καλή, με λαστυχοφόρους εκλυστήρες, και κοινούς οδοστρωτήρες	Μεγάλη φέρουσα ικανότητα	Θετικό διάφραγμα
3	Πολύ μικρή	Μέτρια έως κακή	Ικανοποιητικά σταθερά, όχι ιδιαίτερα κατάλληλα για τοιχώματα αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν αδιαπέρατοι πυρήνες ή κουρτίνες	Καλή, με συνεχή έλεγχο, κοινούς οδοστρωτήρες και οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Μεγάλη φέρουσα ικανότητα	Καμία μέχρι τάφρο πόδα
4	Μικρή	Μέτρια έως αδιαπέρατα				
5	Μικρή	Μέτρια έως αδιαπέρατα	Αρκετά σταθερά, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για αδιαπέρατους πυρήνες	Μέτρια, με οδοντωτούς οδοστρωτήρες και οδοστρωτήρες με ελαστικούς τροχούς	Μεγάλη φέρουσα ικανότητα	Καμία
6	Σχεδόν μηδενική	Αριστη	Πολύ σταθερά, διαπερατά τμήματα, απαιτούνται μέτρα προστασίας πρηνών	Καλή, με εκλυστήρες	Μεγάλη φέρουσα ικανότητα	Ανάντη τάπητας και στραγγιστήρια πόδα ή οπές
7	Σχεδόν μηδενική	Αριστη	Ικανοποιητικά σταθερά, μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε αναχώματα με επίπεδα πρηνή	Καλή, με εκλυστήρες	Μεγάλη έως πολύ μέτρια φέρουσα ικανότητα ανάλογα με την πυκνότητα	Ανάντη τάπητας και στραγγιστήρια πόδα ή οπές
8	Πολύ μικρή	Μέτρια έως κακή	Αρκετά σταθερά, όχι ιδιαίτερα κατάλληλα για κάλυμμα αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθούν για αδιαπέρατοι πυρήνες ή αναχώματα	Καλή, με συνεχή έλεγχο, κοινούς οδοστρωτήρες και οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Μεγάλη έως πολύ μέτρια φέρουσα ικανότητα ανάλογα με την πυκνότητα	Ανάντη τάπητας και στραγγιστήρια πόδα ή οπές
9	Μικρή έως μέτρια	Μέτρια έως αδιαπέρατα				
10	Μικρή έως μέτρια	Μέτρια έως αδιαπέρατα	Αρκετά σταθερά, κατάλληλα για αδιαπέρατους πυρήνες σε αντλημυρικές κατασκευές	Μέτρια με οδοντωτούς οδοστρωτήρες και οδοστρωτήρες με ελαστικούς τροχούς	Μεγάλη έως πολύ μέτρια φέρουσα ικανότητα	Καμία
11	Μικρή έως μέτρια	Μέτρια έως κακή	Ασταθή, χρησιμοποιείται σε προσχώσεις με κατάλληλο έλεγχο	Καλή μέχρι μέτρια, με συνεχή έλεγχο, κοινούς οδοστρωτήρες και οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Κακό, επιδεκτικό σε ρευστοποίηση	Καμία μέχρι τάφρο πόδα
12	Μέτρια	Αδιαπέρατα	Σταθερά, αδιαπέρατοι πυρήνες και κουρτίνες	Καλή μέχρι μέτρια, με κοινούς οδοστρωτήρες και οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Μεγάλη έως πολύ μέτρια φέρουσα ικανότητα	Καμία
13	Μέτρια έως μεγάλη	Πολύ μέτρια	Ακατάλληλο για προσχώσεις	Καλή μέχρι μέτρια, με οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Μέτρια έως πολύ μέτρια φέρουσα ικανότητα, πιθανή καθίζηση	Καμία
14	Μεγάλη	Μέτρια έως κακή	Λίγο σταθερά, πυρήνες χωμάτινων φραγμάτων, ακατάλληλα	Μέτρια μέχρι πολύ μέτρια, με οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Πολύ μέτρια φέρουσα ικανότητα	Καμία
15	Μεγάλη	Αδιαπέρατα	Μέτρια ευστάθεια σε οριζόντια πρηνή, λεπτοί πυρήνες, κουρτίνες και αναχώματα	Καλή μέχρι μέτρια, με οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Μέτρια έως πολύ μέτρια φέρουσα ικανότητα	Καμία
16	Μεγάλη	Αδιαπέρατα	Ακατάλληλο για προσχώσεις	Μέτρια μέχρι πολύ μέτρια, με οδοντωτούς οδοστρωτήρες	Μικρή φέρουσα ικανότητα	Καμία
17	Πολύ μεγάλη	Μέτρια έως κακή	Δεν χρησιμοποιούνται σε κατασκευές		Απομακρύνονται από τη θεμελίωση	

Στην περιοχή έρευνας απαντώνται σχεδόν όλοι οι σχηματισμοί εκτός των οργανικών. Η συλλογή τους ή η εξόρυξή τους, δεν προτείνεται για κυρίως 2 λόγους: **α)** Οι θέσεις όπου εμφανίζονται οι σχηματισμοί δε δικαιολογούν το κόστος συλλογής και μεταφοράς τους εξαιτίας της μικρής έκτασής τους και **β)** Η περιοχή μελέτης είναι κατά κύριο λόγο κατοικημένη ή ιδιόκτητη γεγονός που καθιστά οποιαδήποτε ενέργεια συλλογής ή εξόρυξης αδρανών πολύ δύσκολη. Μόνο αν γίνει κάποιο κοινωφελές έργο στην περιοχή όπως η διάνοιξη ενός δρόμου ή εκσκαφή για την θεμελίωση κάποιου κτιρίου μπορεί να εξεταστεί η αξιοποίησή τους.

### **9.2.1. Επιχώματα**

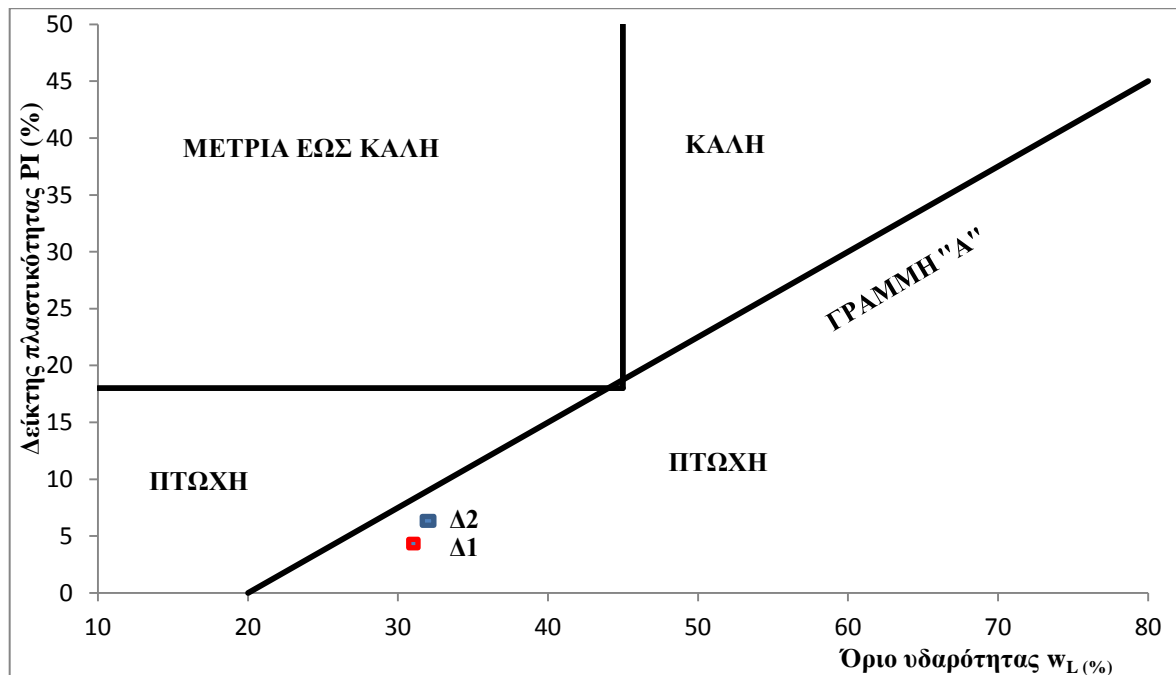
Εξαιτίας της μεγάλης αλλαγής χρήσεων γης στην περιοχή από γεωργική σε βιομηχανική και οικιστική, τα κύρια έργα τα οποία πρέπει να κατασκευαστούν στην περιοχή θα έχουν σχέση είτε με τη βελτίωση του υπάρχοντος οδικού δικτύου, το οποίο όπως διαπιστώθηκε δεν βρίσκεται σε καθόλου καλή κατάσταση, πλην της Αττικής Οδού είτε με τη χάραξη νέων δρόμων. Για την κατασκευή νέων δρόμων απαραίτητα είναι τα επιχώματα που θα προστατεύουν το δρόμο από πλημμύρες.

Η μελέτη των επιχωμάτων,(Σπυρόπουλος, 2005) περιλαμβάνει τον καθορισμό της ποιότητας των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για το <<θεμέλιο>>, το <<σώμα>> και τη <<στέψη>> του επιχώματος. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν μπορεί να είναι είτε φυσικά είτε θραυστά. Δεν επιτρέπεται να περιέχουν φυτικά, υλικά που αποσυντίθεται, σκουπίδια ή άλλο βλαβερό υλικό. Στον Πίνακα 9.5 φαίνονται οι ελάχιστες απαιτούμενες σχέσεις των ορίων υδαρότητας και πλαστικότητας με την αντίσταση στη διάβρωση. (CUR, 1996)

Με βάση τις προδιαγραφές του Πίνακα αυτού, διαπιστώνεται από το Σχήμα 9.1, η ακαταλληλότητα δύο δειγμάτων που εξετάστηκαν από την ομάδα των Νεογενών λεπτομερών σχηματισμών.

**Πίνακας 9.5: Καταλληλότητα αργιλικών εδαφών για χρήση επικάλυψης πρανών**

Α/Α	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ $W_L$	ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ $W_p$	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΡΓΙΛΟΥ
		%	%	%
1	Καλή	>45	>0,73( $W_L-20\%$ )	<40
2	Μέτρια έως καλή	<45	>18	<40
3	Πτωχή	Δεν πληρούνται οι απαιτήσεις των κατηγοριών 1 και 2		



**Σχήμα 9.1: Κατάταξη δειγμάτων βάσει καταλληλότητας για επικάλυψη πρανών**

Τέλος παρατίθεται ο Πίνακας 9.5 που κατατάσσει τα γαιώδη εδάφη σε 5 κατηγορίες ανάλογα με τα φυσικά χαρακτηριστικά τους.(ΟΜΟΕ, 2003)

**Πίνακας 9.6: Κατηγορίες γαιωδών εδαφικών υλικών (Δεν περιλαμβάνονται τα προϊόντα βραχωδών ορυγμάτων), (ΟΜΟΕ,2003).**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ/ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΛΙΚΟΥ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΚΟΣΚΙΝΟ #200	ΟΡΙΑ ATTERBERG	CBR	ΔΙΟΓΚ ΩΣΗ %	ΟΡΓΑΝΙ ΚΑ %	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗ ΤΑ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ
E4	Μέγιστος κόκκος < 8 cm	<=25%	LL <=30  PI<=10	>20	~0	~0	ΑΡΙΣΤΟ
E3	Μέγιστος κόκκος < 8 cm	<=25%	LL <=30 PI<=10	>10	~0	~0	ΠΟΛΥ ΚΑΛΟ
E2	Μέγιστος κόκκος <10 cm	<= 35 %	LL <=40	>5	<=2%	<1	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ
E1	Μέγιστος κόκκος < 20 cm. Ποσοστό υλικού με περιεκτικότητα κόκκων μεταξύ 20 cm και 15 cm < 25%		LL <=40  PI <= 15 ή  LL<=65  PI (0,611-9)	>3	<=3%	<2	ΑΠΟΔΕΚΤΟ
E0	Υλικό που δεν ανήκει στις παραπάνω κατηγορίες						ΑΠΟΔΕΚΤΟ ΥΠΟ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ

## 10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη εργασία είχε ως σκοπό τη μελέτη των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των σχηματισμών που δομούν την περιοχή μελέτης και τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων αυτών μέσω εργαστηριακών δοκιμών. Στη συνέχεια συντάχθηκε ο τεχνικογεωλογικός χάρτης ο οποίος έδωσε μια συνολική εικόνα για την κατανομή και τεχνική συμπεριφορά των σχηματισμών. Με τις παραπάνω διαδικασίες επιτεύχθηκαν τα εξής:

- i. Απόκτηση εμπειρίας στην αναγνώριση των γεωλογικών σχηματισμών, μέσω των επί τόπου επισκέψεων και της δειγματοληψίας.
- ii. Ανάδειξη της σημασίας των φυσικών φαινομένων (βροχή, χιόνι, σεισμοί) στη συμπεριφορά των Πλειο-Πλειστοκαινικών σχηματισμών
- iii. Η κατανόηση της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς των Πλειο-Πλειστοκαινικών αποθέσεων. Αναλυτικότερα, οι τεταρτογενείς αποθέσεις μεικτών φάσεων, εξαιτίας της μεγάλης ετερογένειάς τους παρουσιάζουν διαφορετική υδροφορία δηλαδή στους ανώτερους ορίζοντες όπου επικρατούν κυρίως λεπτόκοκκοι εδαφικοί σχηματισμοί δεν αναπτύσσεται κάποια αξιοσημείωτη υδροφορία ενώ στα κατώτερα όπου υπάρχει επαφή με πετρώματα μικρής υδροπερατότητας (σχιστόλιθοι) αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας. Όσον αφορά τους Νεογενείς σχηματισμούς, σε αντίθεση με τις Πλειστοκαινικές αποθέσεις, αναπτύσσουν υδροφορία στα ανώτερα μέλη κυρίως εξαιτίας της παρουσίας των ψαμμιτών και των κροκαλοπαγών.
- iv. Διερεύνηση των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των σχηματισμών, μέσα από τη μελέτη βιβλιογραφικών δεδομένων και τις εργαστηριακές δοκιμές. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις μεικτών φάσεων από τους μέσους όρους των αποτελεσμάτων είναι χαλαροί σχηματισμοί, όπου επικρατούν οι λεπτομερείς φάσεις και δεν μπορούν να παραλάβουν τάσεις για ποσοστό υγρασίας μεγαλύτερο του 25% επειδή μετά από αυτό το όριο μεταπίπτουν στην υδαρή κατάσταση. Όσον αφορά την αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη των συνεκτικών φάσεων των σχηματισμών, αυτή υπολογίστηκε στα  $4,55\text{kg/cm}^2$  και χαρακτηρίζεται χαμηλή. Η συνοχή υπό αστράγγιστες συνθήκες  $C_u$  είναι στα  $0,625\text{kg/cm}^2$  και η γωνία εσωτερικής τριβής  $\varphi=25^\circ$ . Αντίθετα στους νεογενείς εδαφικούς σχηματισμούς το όριο



υδαρότητας είναι στο 48%. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη των συνεκτικών φάσεων αυτής της ομάδας υπολογίστηκε στα  $3,88 \text{ kg/cm}^2$ . Η συνοχή υπό αστράγγιστες συνθήκες  $C_u$  είναι στα  $0,715 \text{ kg/cm}^2$  και η γωνία εσωτερικής τριβής  $\varphi=11^\circ$ . Στους βραχώδεις σχηματισμούς των Νεογενών η αντοχή σε θλίψη χαρακτηρίζεται έως μέση με ένα μέσο όρο στα  $200 \text{ kg/cm}^2$  και η εφελκυστική αντοχή ως χαμηλή με ένα μέσο όρο στα  $41 \text{ kg/cm}^2$ . Τέλος, οι σχηματισμοί του προνεογενούς υποβάθρου παρουσιάζουν υψηλούς μέσους όρους αντοχής. Για την ακρίβεια οι σχιστόλιθοι παρουσιάζουν αντοχή σε μονοαξονική θλίψη  $\sigma_c=337,3 \text{ kg/cm}^2$  οι ασβεστόλιθοι  $\sigma_c= 592,28 \text{ kg/cm}^2$  και τα μάρμαρα  $\sigma_c=1 \text{ tn/cm}^2$ . Η εφελκυστική αντοχή των ίδιων σχηματισμών  $\sigma_t$  είναι εμφανώς μικρότερη από την  $\sigma_c$  φτάνοντας στην περίπτωση των μαρμάρων το 1/10 αυτής. Αναλυτικότερα, η εφελκυστική αντοχή των σχιστόλιθων υπολογίστηκε  $\sigma_t=143,88 \text{ kg/cm}^2$ , αυτή των ασβεστόλιθων  $\sigma_t=70,7 \text{ kg/cm}^2$  και των μαρμάρων έπεσε στην τιμή  $\sigma_t=98 \text{ kg/cm}^2$ .

- v. Ανάδειξη του προβλήματος των πλημμυρών στην περιοχή και της αναγκαιότητας ολοκλήρωσης των έργων.
- vi. Προτάσεις χρήσεις των σχηματισμών εφόσον τηρούνται οι νομικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί.

## 11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1) ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε ( 2009 ): Μελέτη Ν.Ο Παιανίας-Κορωπίου (σελ. 33-38) Γεωλογική Μελέτη-Τεχνική Έκθεση
- 2) Αλεξούλη-Λειβαδείτη Α. (2008): Γενική Γεωλογία, Στοιχεία Δυναμικής και Τεκτονικής Γεωλογίας σελ. (105-108) Εκδόσεις Ε.Μ.Π ,Αθήνα
- 3) Bardet J.P (1997) : Experimental soil mechanics (σελ.297-300)- Civil Engineering Department University of Southern California, Los Angeles
- 4) ΕΑΚ 2000, Ελληνικός Αντισεισμικός κανονισμός 2000, παράγραφος 3.2.1 και τροποποίηση αυτού 2003.
- 5) Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας(1986): Έγκριση Προδιαγραφών Εργαστηριακών και επί τόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής Αριθμός Φύλλου 955.
- 6) ΙΓΜΕ (2003) Γεωλογικός χάρτης Ελλάδας Φύλλο Πλάκα-Κορωπί, κλίμακα 1:50000
- 7) Καλογεράκη Κ.(2008) Διερεύνηση των παραμέτρων της παραμένουσας διατμητικής αντοχής των εδαφικών σχηματισμών (σελ.89), Διατριβή Διπλώματος Ειδίκευσης
- 8) Κατσαβριάς Ν. (2007) Γεωλογικός χάρτης Μεσογείων, κλίμακα 1:50000
- 9) Κουτσόπουλος Κ –Ανδρουλακάκης Ν.(2003), Εκδόσεις Παπασωτηρίου Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του λογισμικού ArcGIS
- 10) Μέττος Α.(1992): Γεωλογική και Παλαιογεωγραφική μελέτη των ηπειρωτικών Νεογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών ΒΑ/κης Αττικής και ΝΑ/κης Βοιωτίας,(σελ. 6,8-10, 23-25) Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών- Διδακτορική διατριβή
- 11) Μιγκίρου Μ. -. Ρόζος Δ. Αθήνα (2007): Προέλευση και γεωμηχανική συμπεριφορά των χερσαίων Νεογενών σχηματισμών περιοχής Θηβών- Δερβενοχωρίων (σελ.7-21)-Ορυκτός Πλούτος/144
- 12) Μπενσασσών Α -. Παπαλεξόπουλος Β (2004): Αντιπλημμυρική προστασία λεκανοπεδίου ρέματος Ερασίνου, ΗΜΕΡΙΔΑ «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής» - Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
- 13) Οδηγός δομικών υλικών- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος

- 14) Παπαδέας Γ. (2002):Γεωλογικές έρευνες στην Αττική,(σελ.9, 39-42) Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- 15) Παπαδόπουλος Β (2003): Στοιχεία Γεωτεχνικής(σελ.96-111), Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα
- 16) Ρόζος Δ.(2007): Τεχνική Γεωλογία Ι (σελ.83-90, 111-115), Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα.
- 17) Σακελλαρίου Μ. (2003): Εργαστηριακές δοκιμές Εδαφομηχανικής( σελ.5-6, 9-11, 16-20) Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα
- 18) Σαμπατακάκης Ν. (1991): Τεχνικογεωλογική έρευνα του λεκανοπεδίου των Αθηνών (σελ. 82-161), Πανεπιστήμιο Πατρών-Διδακτορική διατριβή
- 19) Σοφιανός Α.Ι- Νομικός Π.Π (2008): Προχωρημένη Μηχανική Πετρωμάτων Εκδόσεις Ε.Μ.Π- Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών- Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων
- 20) Σπυρόπουλος Α. (2005): Διερεύνηση των Τεχνικογεωλογικών συνθηκών στο νομό Αχαΐας σχετικά με την αναζήτηση αδρανών υλικών για διάφορες χρήσεις, (σελ. 223-225), Διδακτορική διατριβή
- 21) Σωτηρόπουλος Δ. (2004): Αντιπλημμυρικά έργα στα Μεσόγεια στα πλαίσια των Συγκοινωνιακών Έργων ΗΜΕΡΙΔΑ «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής»-Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
- 22) Τσουτρέλης Χ(1985) Στοιχεία Μηχανικής των Πετρωμάτων, Εκδόσεις Ε.Μ.Π Αθήνα(σελ.255-268):
- 23) Χρηστάρας Β. Δημητρίου Α. Λεμονή Ε., Λουπασάκης Κ. (2002): Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές Εδαφομηχανικής- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

- **Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες εδαφικών σχηματισμών**
  - Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας εδάφους( E105-86, παρ. 1)
  - Πρότυπη μέθοδος δοκιμής κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών ( E105-86, παρ.7,8)
  - Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο. (E105-86, παρ. 9)
  - Προσδιορισμός ορίων υδαρότητας, πλαστικότητας. (E105-86, παρ.5,6)
  - Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.( E105-86, παρ. 13)
  - Δοκιμή βραδείας διάτμησης με στερεοποίηση(E105-86,παρ.16-5-2.3)
  
- **Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες βραχωδών σχηματισμών**
  - Προσδιορισμός αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (ISRM, 1979)
  - Προσδιορισμός αντοχής σε εφελκυσμό ( ISRM 1978)
  - Προσδιορισμός αντοχής σε σημειακή φόρτιση (ISRM 1985)

**1. Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας εδάφους( E105-86, παρ. 1)**

**Εξοπλισμός:** α) Κατάλληλοι υποδοχείς (π.χ. ύαλοι ωρολογίου) τέτοιοι ώστε να προλαμβάνεται απώλεια υγρασίας κατά τη διάρκεια της ζυγίσεως. β) Μεταλλικά κουτιά γ) Κλίβανος ικανός να διατηρεί θερμοκρασία 110°C δ) Ζυγός ευαισθησίας 0,01 g.

**Διαδικασία:** Η υγρασία ορίζεται ως το ποσοστό του βάρους του νερού προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό της είναι τα εξής:

- Ζυγίστηκε το εδαφικό δοκίμιο(G)
- Ξηράθηκε στον κλίβανο σε θερμοκρασία 110°C για 24h
- Ξαναζυγίστηκε προσδιορίζοντας άμεσα το βάρος των ξηρών κόκκων (Gs) και έμμεσα το βάρος του νερού (Gw)=(G)-(Gs) το οποίο εξατμίστηκε.
- Προσδιορίστηκε η υγρασία από τον τύπο  $w=Gw/Gs$ .

Πίνακας 1 Προσδιορισμός υγρασίας

 <p><b>National Technical University of Athens</b> Mining &amp; Metallurgical Engineering School Engineering Geology &amp; Hydrogeology Lab.</p>	<p><b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b> <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ.Δ.ΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144 <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b> <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b> LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144</p>	
<p><b>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ</b> <b>DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT</b> <b>A.S.T.M. D 2216-98</b></p>		

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	18,60	18,60	18,70	18,7	17,2	18,7	18,70	18,60	18,70	18,6	18,6	17,2
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	57,00	42,20	28,60	26,5	29	28,5	22,30	22,30	22,60	37,6	38,5	36,9
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	48,00	36,80	26,30	24,9	26,6	26,3	21,40	21,40	21,70	33,7	34,3	32,9
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	9,00	5,40	2,30	1,6	2,4	2,2	0,90	0,90	0,90	3,9	4,2	4
Ε	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (Ε=Γ-A) (gr) :	29,40	18,20	7,60	6,2	9,4	7,6	2,70	2,80	3,00	15,1	15,7	15,7
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/Ε)%:	30,61	29,67	30,26	25,81	25,53	28,95	33,33	32,14	30,00	25,83	26,75	25,48

<b>Στοιχεία δείγματος</b>	Δ1. Νεογενής λεπτόκοκκος σχηματισμός μαργαϊκής προέλευσης κίτρινου χρώματος
<b>Θέση</b>	Εκσκαφή Ιατρικού Πάρκου, λεωφόρος Παλαιοπαναγίας πλησίον Αττικής Οδού
<b>Συντεταγμένες</b>	37°58'42.12''B 23°52'10.65''E
<b>M.O</b>	28,7 %

## 2. Πρότυπη μέθοδος δοκιμής κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών) ( E105-86, παρ.7,8)

### ➤ Μηχανική μέθοδος (Κοσκίνισμα)

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι κοσκίνισματος το ξηρό και το υγρό κοσκίνισμα. Το υγρό κοσκίνισμα πραγματοποιείται όταν τα πολύ μικρά τεμάχια του λεπτόκοκκου υλικού συγκολλούνται δημιουργώντας συσσωματώματα. Στην παρούσα εργασία εκτελέστηκαν και οι δύο τρόποι κοσκίνισματος.

#### I. Ξηρό κοσκίνισμα

**Εξοπλισμός:** α) Σειρά κόσκινων β) Γουδί, κονιοποιητής, γ) Ζυγαριά ακριβείας με ακρίβεια 0.01g δ) Κλίβανος ικανός να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία 110°C.

#### **Διαδικασία**

- Επιλέγουμε 500g αντιπροσωπευτικού δείγματος το οποίο έχει ψηθεί και ξηραθεί. Πλύσιμο δείγματος - κονιοποίηση. Το βάρος του δείγματος μπορεί να μεταβληθεί σύμφωνα με την μέγιστη διάσταση των κόκκων του δείγματος. Οι προδιαγραφές των δοκιμών καθορίζουν το ελάχιστο βάρος του δείγματος ώστε τα αποτελέσματα της δοκιμής να είναι αντιπροσωπευτικά για το έδαφος.
- Διαλέγουμε μια σειρά κοσκίνων αναλόγως του εδάφους. Η επιλογή των κοσκίνων εξαρτάται κυρίως από την εμπειρία και την κρίση του ενδιαφερόμενου (Πίνακας 2). Μια σειρά 6-7 κοσκίνων είναι γενικά αποδεκτή για τα περισσότερα εδάφη και τις περισσότερες εφαρμογές. Τοποθετούμε τα κόσκινα σε μια σειρά έτσι ώστε αυτό με τη μεγαλύτερη οπή να βρίσκεται στην κορυφή.
- Τοποθετούμε ένα ταψί κάτω από τη σειρά των κοσκίνων όπου θα συγκεντρωθεί το λεπτόκοκκο υλικό. Ρίχνουμε το δείγμα στο πρώτο κόσκινο και στη συνέχεια τοποθετούμε ένα κάλυμμα για να αποφύγουμε τη δημιουργία σκόνης και απώλειας υλικού κατά τη διάρκεια της δόνησης.
- Τοποθετούμε την επιλεγμένη σειρά των κοσκίνων σε ένα ηλεκτρομαγνητικό δονητή (οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις) για 5 με 10 λεπτά ανάλογα με την δυσκολία που εμπεριέχει η ποσότητα του υλικού.



- Αφαιρούμε τα δείγματα από τη συσκευή και ζυγίζουμε την ποσότητα του υλικού που έχει παραμείνει σε κάθε κόσκινο καταγράφοντας την διάμετρο του κάθε κόσκινου αλλά και το ποσοστό του επί τοις εκατό. Στη συνέχεια αθροίζουμε τα κλάσματα και τα συγκρίνουμε με το αρχικό βάρος του δείγματος που τοποθετήθηκε στα κόσκινα. Αν η διαφορά τους είναι μεγαλύτερη από 2% τότε η έλλειψη δείγματος είναι μεγάλη και η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί.

## II. Υγρό κοσκίνισμα

**Εξοπλισμός:** α) Κατάλληλη σειρά κοσκίνων β) Υποδοχέας ικανού μεγέθους γ) Ζυγαριά ακριβείας με ακρίβεια 0.01 g. δ) Κλίβανος ικανός να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία 110°C

### **Διαδικασία**

- Επιλέγουμε 150g αντιπροσωπευτικού δείγματος το οποίο έχει ψηθεί, ξηραθεί και κονιοποιηθεί.
- Φτιάχνουμε μια σειρά από κόσκινα αναλόγως του εδάφους. Μια σειρά από τρία κόσκινα, αυτά με τον αριθμό No10(d=2mm), No40(d=0,425mm) και No200(d=0,075mm) (Φωτογραφία 1) κρίνεται ικανοποιητική για λεπτόκοκκο έδαφος. Κάτω από αυτά τα τρία τοποθετούμε ένα μεταλλικό ταψί.
- Τοποθετούμε το δείγμα σε έναν υποδοχέα και το καλύπτουμε με αρκετό νερό έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο διαχωρισμός του υλικού του λεπτότερου του κόσκινου No200, από τα χονδρότερα τεμάχια. Το περιεχόμενο του υποδοχέα αναταράσσεται ισχυρά και το νερό πλύσεως χύνεται αμέσως μέσα στα συνδυασμένα τρία κόσκινα. Η ανατάραξη πρέπει να είναι αρκετά ισχυρή, ώστε να επιτυγχάνεται ο πλήρης διαχωρισμός των κόκκων που διέρχονται από το κόσκινο No 200 (75 μm) από τους χονδρότερους και να προκαλεί αιώρηση του λεπτού υλικού. Στη συνέχεια ρίχνουμε όσο νερό χρειάζεται στα κόσκινα και συγχρόνως ανακατεύουμε απαλά με τα χέρια έτσι ώστε να απομακρυνθεί το λεπτόκοκκο υλικό που έχει συγκρατηθεί στα κόσκινα και να περάσει, τελικά, κάτω από το κόσκινο No200.

- Ψήνουμε τα τέσσερα κλάσματα στους 110°C και τα ζυγίζουμε. Το άθροισμα των βαρών τους πρέπει να είναι ίδιο με το βάρος του αρχικού δείγματος ή λιγότερο κατά 1-2%.

**Πίνακας 2: Σειρά κοσκίνων για την υγρή κοσκίνηση**

Τυπική ακολουθία	Διάμετρος Κόσκινου (mm)
10	2
40	0.425
200	0.075



**Φωτογραφία 1 Χρησιμοποιούμενη σειρά κοσκίνων πάνω στον ηλεκτρομαγνητικό δονητή**

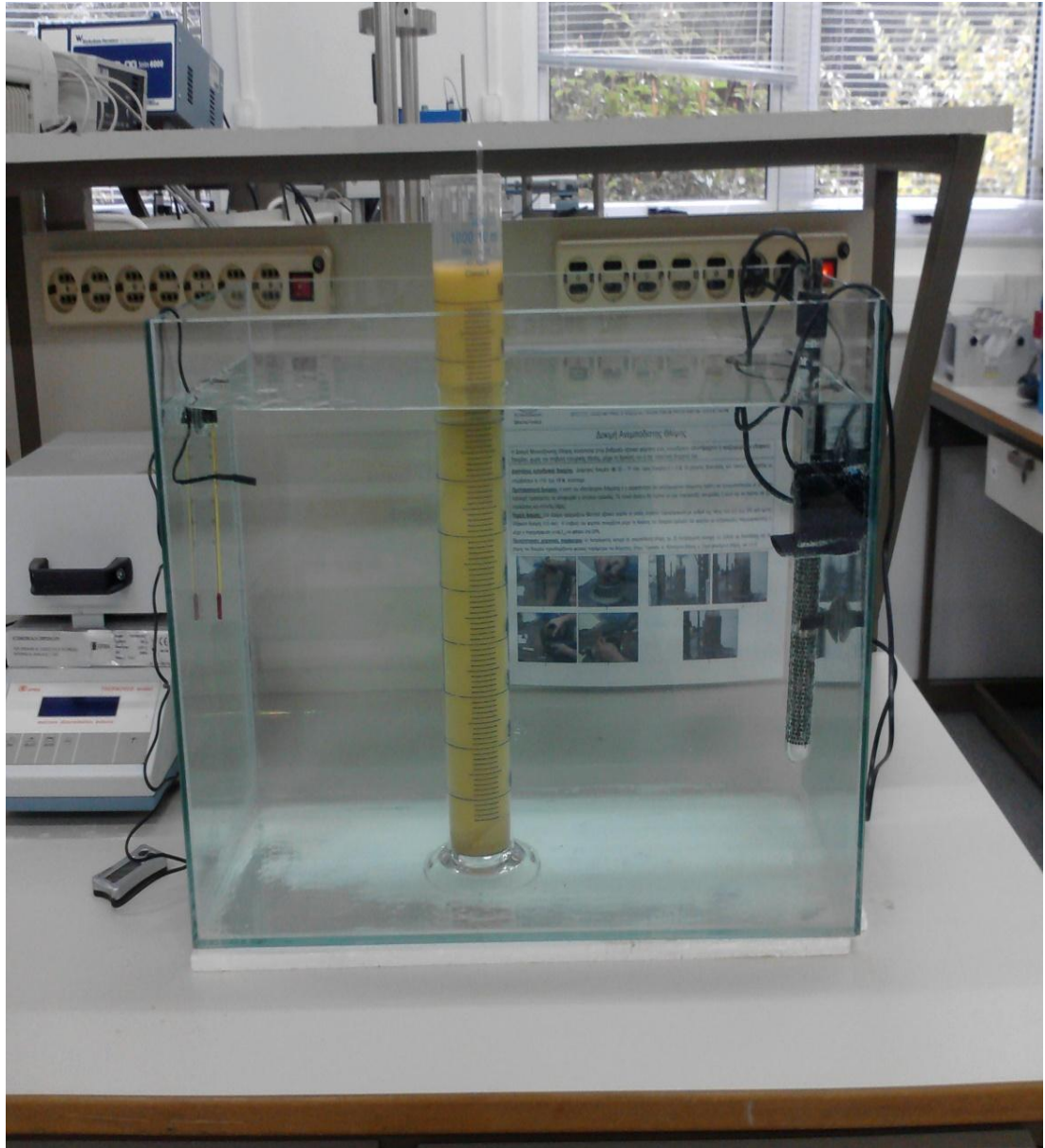
### **3. Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο (E105-86, παρ. 9)**

**Εξοπλισμός:** α) Ζυγός ακριβείας 0,1g. β) Μηχανική συσκευή αναδέυσεως. γ) Πυκνόμετρο τύπου 151H δ) Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι των 1000 ml ύψους 45,72 cm και διαμέτρο 6,35 cm ε) Θερμόμετρο-θερμοστάτης ακριβείας 0,5°C. ζ) Υδατόλουτρο διαστάσεων 60\*38\*30 cm το οποίο διατηρεί σταθερή θερμοκρασία η) Γυάλινο ποτήρι χωρητικότητας 500 ml.

#### **Διαδικασία**

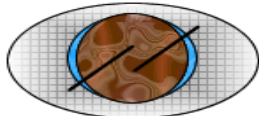
- Από την ποσότητα του αργιλοϊνώδους κλάσματος λαμβάνουμε ποσότητα 50g την οποία αναδεύουμε με 250 ml απεσταγμένου νερού.
- Προσθέτουμε στο μείγμα 11,4g ενός παράγοντα διασποράς (εξαμεταφωσφορικό νάτριο  $\text{NaPO}_3$ ) ο οποίος έχει ως στόχο την αποκόλληση και διασπορά των συγκολλημένων λεπτομερών τεμαχίων αφήνοντας το για τουλάχιστον 12 ώρες.
- Γεμίζουμε το υδατόλουτρο με νερό, ρυθμίζουμε το θερμοστάτη μέσα στο υδατόλουτρο έτσι ώστε η θερμοκρασία του νερού να φτάσει τους 22°C (Φωτογραφία 2).
- Θέτουμε σε λειτουργία τη μηχανική συσκευή αναδέυσεως έτσι ώστε να επιτευχθεί σταθερή θερμοκρασία σε όλο τον όγκο του.
- Στη συνέχεια το μείγμα μεταφέρεται στο γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο όπου προστίθεται απεσταγμένο νερό, ίδιας θερμοκρασίας με αυτή του υδατόλουτρου, μέχρι τελικού όγκου 1000 ml.
- Τότε ο ογκομετρικός κύλινδρος τοποθετείται μέσα στο υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας. Όταν το εδαφικό αιώρημα αποκτήσει την θερμοκρασία του υδατόλουτρου, εξάγεται ο κύλινδρος και το περιεχόμενο του αναταράσσεται επί 1 min με το ειδικό πώμα του κυλίνδρου.
- Σημειώνεται ο χρόνος περατώσεως της αναταράξεως, τοποθετείται ο ογκομετρικός κύλινδρος μέσα στο υδατόλουτρο και διαβάζονται οι ενδείξεις του πυκνόμετρου στο τέλος των 2 min. Η ένδειξη του πυκνόμετρου πρέπει να διαβάζεται στην κορυφή του μηνίσκου του αιωρήματος γύρω από το στέλεχος του πυκνόμετρου. Η κλίμακα πρέπει να διαβάζεται με προσέγγιση 0,0005 του ειδικού βάρους. . Οι μετέπειτα ενδείξεις λαμβάνονται κατά χρονικά διαστήματα 5, 15, 30, 60, 250, 1440 και 2880 min από την έναρξη της

καταβύθισης. Αμέσως μετά από κάθε ανάγνωση του πυκνόμετρου μετράται και σημειώνεται η θερμοκρασία του εδαφικού αιωρήματος, με τη χρήση υδραγωγικού θερμομέτρου.



**Φωτογραφία 2 Ο ογκομετρικός σωλήνας με το δείγμα μέσα στο υδατόλουτρο**

National Technical University of Athens



Mining & Metallurgical Engineering School  
Engineering Geology & Hydrogeology Lab.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ.Δ.ΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL

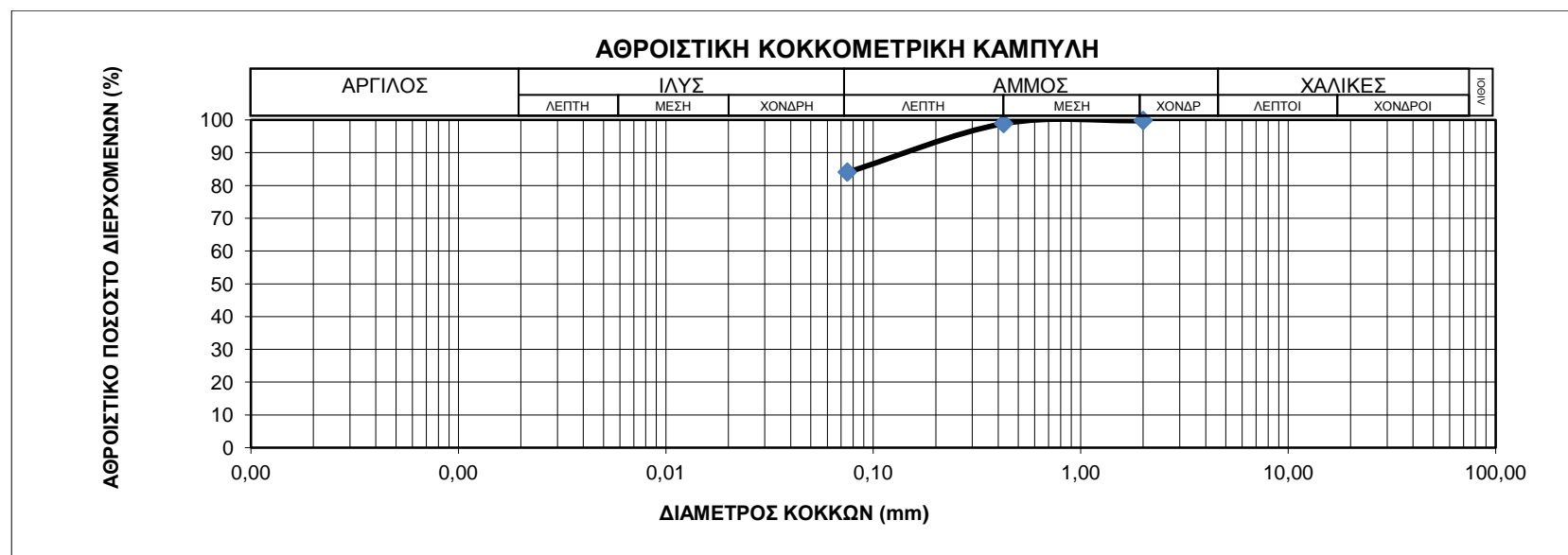
LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY

DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144



### ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ GRAIN SIZE DISTRIBUTION (SIEVE ANALYSIS)

A.S.T.M. D 422-63



Σχήμα 1 Κοκκομετρική καμπύλη όπως προκύπτει από την ανάλυση με τα κόσκινα

**Πίνακας 3 Διερχόμενο βάρος από τα κόσκινα**

		Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου	Συκρατούμενο Βάρος	Διερχόμενο βάρος	
			mm		gr	gr
<b>Στοιχεία δείγματος</b>	Δ1. Νεογενής λεπτόκοκκος σχηματισμός μαργαϊκής προέλευσης κίτρινου χρώματος	3"	76,20	0,0	350	100,00
		2 1/2"	63,50	0,0	350	100,00
		2"	50,80	0,0	350	100,00
		1 1/2"	38,10	0,0	350	100,00
		1 1/4"	31,75	0,0	350	100,00
		1"	25,40	0,0	350	100,00
		<b>Θέση</b>	Εκσκαφή Ιατρικού Πάρκου, λεωφόρος Παλαιοπαναγίας πλησίον Αττικής Οδού	3/4"	19,05	0,0
5/8"	15,87			0,0	350	100,00
1/2"	12,70			0,0	350	100,00
3/8"	9,52			0,0	350	100,00
1/4"	6,35			0,0	350	100,00
No. 4	4,75			0,0	350	100,00
No. 8	2,36			0,0	350	100,00
No. 10	2,00			0,0	350	100,00
<b>Συντεταγμένες</b>	37°58'42.12"Β 23°52'10.65"Ε	No. 16	1,18	0,0	350	100,00
		No. 30	0,60	0,0	350	100,00
		No. 40	0,425	6,2	343,8	98,23
		No. 50	0,30	0,0	343,8	98,23
		No. 80	0,18	0,0	343,8	98,23
		No. 100	0,15	0,0	343,8	98,23
		No. 200	0,075	31,7	312,1	89,17
			Παιπάλη	312,1		
	Ολικό Βάρος:	350,0				

 <p><b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b>  <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b>          ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ          ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ.Δ.ΡΟΖΟΣ,          τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144  <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b>  <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b>          LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY          DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS,          tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144</p>	
<p><b>ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ</b>  <b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION WITH HYDROMETER</b>  <b>A.S.T.M. D 422-63</b></p>	

Πίνακας 4 Δεδομένα δοκιμής

<b>Στοιχεία δείγματος</b>	Δ1. Νεογενής λεπτόκοκκος σχηματισμός μαργαϊκής προέλευσης κίτρινου χρώματος	Παράγοντας διασποράς : Εξαμεταφωσφορικό Νάτριο	
		Ειδικό βάρος κόκκων $G_s$ :	2,65
<b>Θέση</b>	Εκσκαφή Ιατρικού Πάρκου, λεωφόρος Παλαιοπαναγίας πλησίον Αττικής Οδού	Συντελεστής διόρθωσης $\alpha$ :	1,000000
		Βάρος ξηρού δείγματος (gr) $W_s$	50
<b>Συντεταγμένες</b>	37°58'42.12''B 23°52'10.65''E	Βάρος δείγματος διερχόμενο από κόσκινο No10(gr) ( $W_{10}$ )	149,7
		Αραιόμετρο 151 H	

Πίνακας 5 Πίνακας υπολογισμού d'

Χρόνος (sec- min)	Θερμοκρασία °C	Ανάγνωση R	Συντελεστής διόρθωσης Ανάγνωσης $\alpha$	Διορθωμένη ανάγνωση R'	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση W%	Μέγιστη διάμετρος κόκκων $d_0$ (mm)	$K_N$	$K_L$	$K_G$	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση $d'$ (mm)
15"			-	-	-	0,11	-	-	-	-
30"						0,08				
45"						0,065				
1	19,1	1,025	-0,00456	1,02044	98,28	0,058	1	0,770	1,000	0,0447
2	19,2	1,024	-0,00456	1,01944	93,47	0,041	1	0,778	1,000	0,0319
5	19,5	1,0225	-0,00443	1,01807	86,89	0,026	0,995	0,796	1,000	0,0206
15	19,5	1,020	-0,00443	1,01557	74,87	0,015	0,995	0,817	1,000	0,0122
30	20,5	1,018	-0,00418	1,01382	66,45	0,011	0,984	0,833	1,000	0,0090
60	19,3	1,0165	-0,00443	1,01207	58,04	0,0074	1	0,850	1,000	0,0063
250	24,2	1,013	-0,00329	1,00971	46,69	0,0037	0,946	0,878	1,000	0,0031
1440	25,4	1,010	-0,00304	1,00696	33,47	0,0015	0,935	0,907	1,000	0,0013
2880	25,5	1,009	-0,00292	1,00608	29,23	0,00106	0,93	0,918	1,000	0,0009

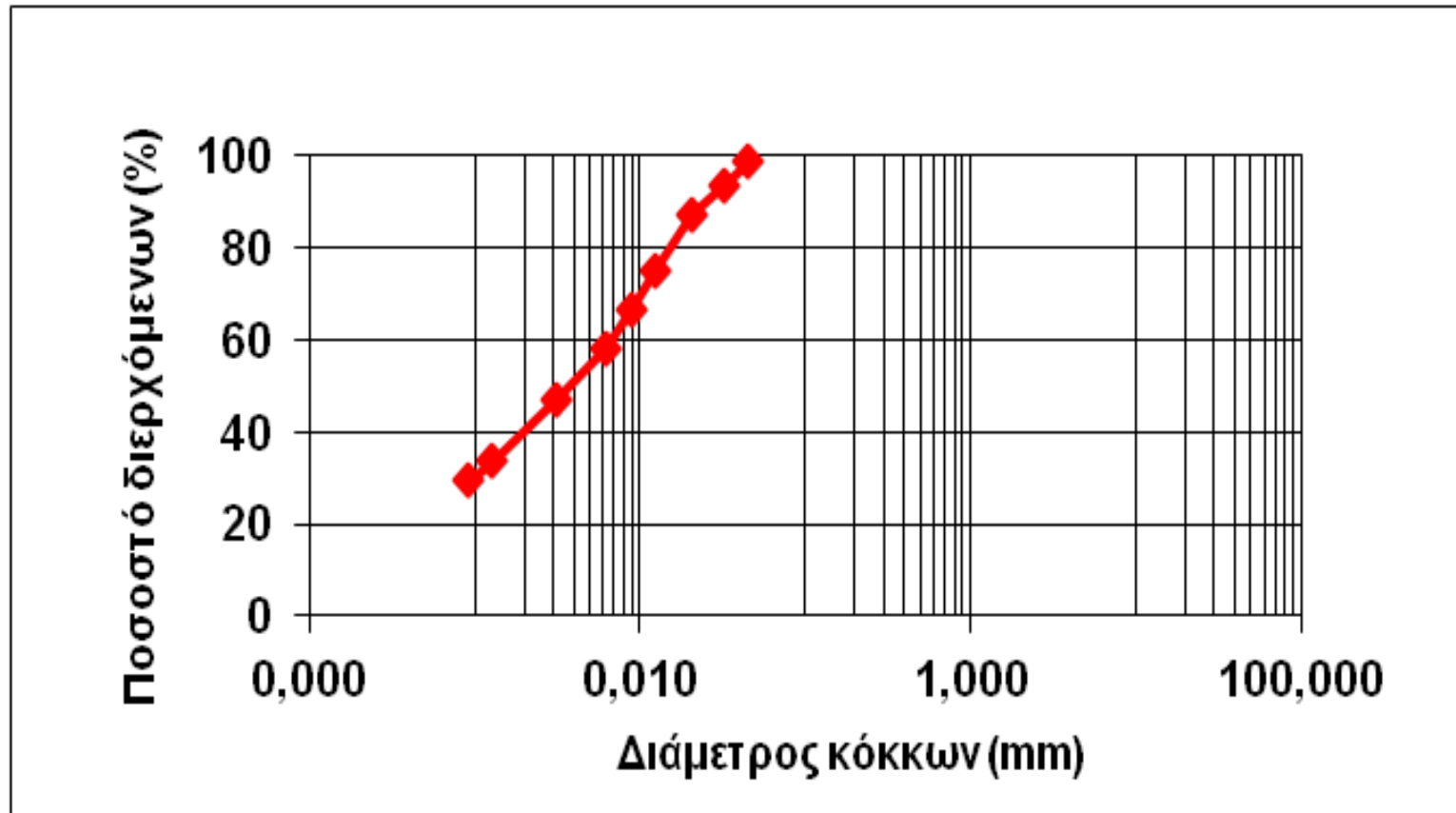
Υπολογισμός ποσοστού κόκκων σε αιώρηση  $W(\%) = (W_{10} * 1606(R' - 1)\alpha) / W_s$

Υπολογισμός διαμέτρου κόκκων σε αιώρηση  $d' = d_0 * K_G * K_L * K_N$



Πίνακας 6 Διερχόμενο βάρος λεπτόκοκκου υλικού

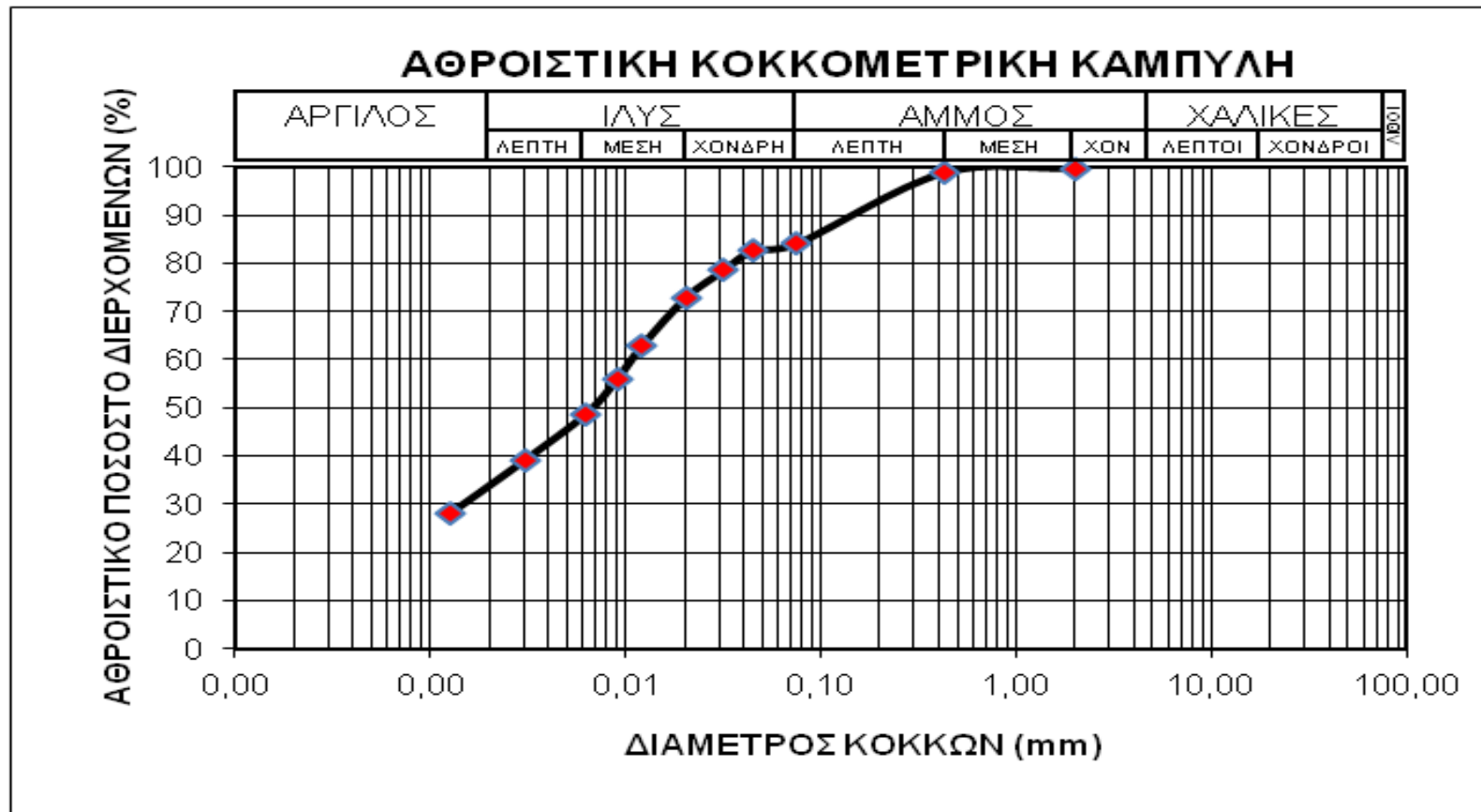
°C	K <sub>N</sub>	Πυκνότητα	K <sub>L</sub>						
15	1,053	1,000	1,000	Ειδ. Βάρος	K <sub>G</sub>	Θερμοκρασία		Πρότυπο μέγεθος	Διερχόμενο
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO <sub>3</sub>	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	0,0447	98,28
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0319	93,47
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0206	86,89
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0122	74,87
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0090	66,45
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0063	58,04
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0031	46,69
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0013	33,47
		1,032	0,708			34	-0,00085	0,0009	29,23



Σχήμα 2 Κοκκομετρική καμπύλη όπως προκύπτει από την ανάλυση με το υδρόμετρο

Πίνακας 7 Τελικός πίνακας διερχόμενων βαρών

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα	Συγκρατού gr	Διερχόμενο βάρος		Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα	Συγκρατού gr	Διερχόμενο βάρος	
	mm		gr	%		mm		gr	%
3"	76,2	0	150	100	No. 40	0,425	1,4	148,3	98,87
2 1/2"	63,5	0	150	100	No. 50	0,3	0	148,3	98,87
2"	50,8	0	150	100	No. 80	0,18	0	148,3	98,87
1 1/2"	38,1	0	150	100	No. 100	0,15	0	148,3	98,87
1 1/4"	31,75	0	150	100	No. 200	0,075	22,2	126,1	84,07
1"	25,4	0	150	100		0,0447		123,93	82,62321
3/4"	19,05	0	150	100		0,0319		117,87	78,58098
5/8"	15,87	0	150	100		0,0206		109,56	73,04312
1/2"	12,7	0	150	100		0,0122		94,41	62,93754
3/8"	9,52	0	150	100		0,009		83,8	55,86364
1/4"	6,35	0	150	100		0,0063		73,18	48,78973
No. 4	4,75	0	150	100		0,0031		58,88	39,25007
No. 8	2,36	0	150	100		0,0013		42,2	28,13393
No. 10	2	0,3	149,7	99,8		0,009		36,86	24,57269
No. 16	1,18	0	149,7	99,8					
No. 30	0,6	0	149,7	99,8					



Σχήμα 3: Τελική κοκκομετρική καμπύλη

#### **4. Προσδιορισμός ορίων υδαρότητας, πλαστικότητας. (E105-86, παρ.5,6)**

Για τον προσδιορισμό των ορίων υδαρότητας και πλαστικότητας, θα χρησιμοποιηθεί ποσότητα υλικού 100g-120g το οποίο έχει ξηραθεί και έχει διέλθει από το κόσκινο Νο40(0,425mm). Το ξηρό υλικό θα υγραίνεται έτσι ώστε να μεταβάλλεται η κατάσταση του. Με κατάλληλες μετρήσεις θα προσδιορίζουμε τα όρια Atterberg.

##### ➤ Όριο υδαρότητας

**Εξοπλισμός:** α) Συσκευή ορίου υδαρότητας (συσκευή Casagrande) και κατάλληλο εργαλείο για χάραξη β) Δοχεία (κάψες) για τη μέτρηση της υγρασίας γ) Εξοπλισμός για την ανάμιξη - ύγρυνσης των εδαφών (δοχείο πορσελάνης - σπάτουλα - ογκομετρικό δοχείου νερού). δ) Ζυγαριά ακριβείας 0,1g. ε) Κόσκινο Νο40 και μικρό ταψάκι



**Φωτογραφία 3 Συσκευή Cassagrande, όργανο χάραξης, κάψες και δοχείο ανάμιξης του δείγματος με νερό**

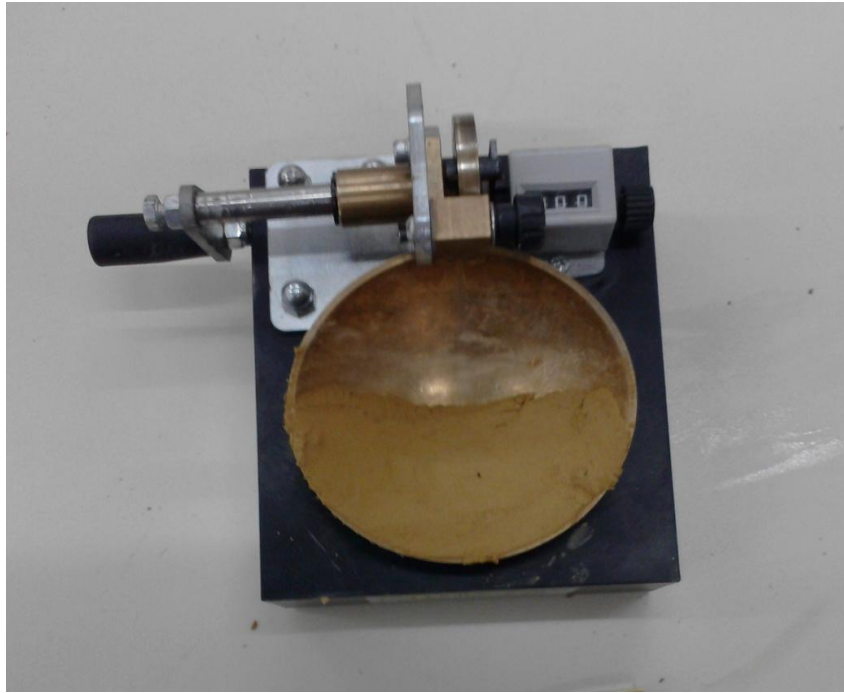
### Διαδικασία

- Κοσκινίζουμε 100g ξηρού υλικού από το κόσκινο Νο40 και τα τοποθετούμε στο δοχείο από πορσελάνη. Εφόσον χρειαστεί κατά τη διάρκεια της δοκιμής προσθέτουμε λίγο υλικό(5-10g/ φορά, όχι πάνω από 5 φορές)
- Ρίχνουμε στο δείγμα 15-20 cm<sup>3</sup> αποσταγμένου νερού και το ανακατεύουμε πολύ καλά με τη σπάτουλα έτσι ώστε να κατανεμηθεί σε όλο το δείγμα. Παραπάνω προσθήκη νερού γίνεται σε ποσότητα 1-3 cm<sup>3</sup> και ακολουθεί ανάμιξη.



**Φωτογραφία 4 Δείγμα αναμιγμένο με νερό**

- Στην συνέχεια παίρνουμε μέρος της ομοιόμορφης πηκτής μάζας και την τοποθετούμε στο κύπελλο της συσκευής και στο μέρος πάνω από το σημείο που ακουμπά το κύπελλο στη βάση της συσκευής. Απλώνεται το υλικό με τη βοήθεια της σπάτουλας καταβάλλοντας προσπάθεια να μην εγκλείσουμε φυσαλίδες μέσα στο δείγμα. Μετά την ισοπέδωση το μεγαλύτερο βάθος του δείγματος πρέπει να είναι 1 cm.

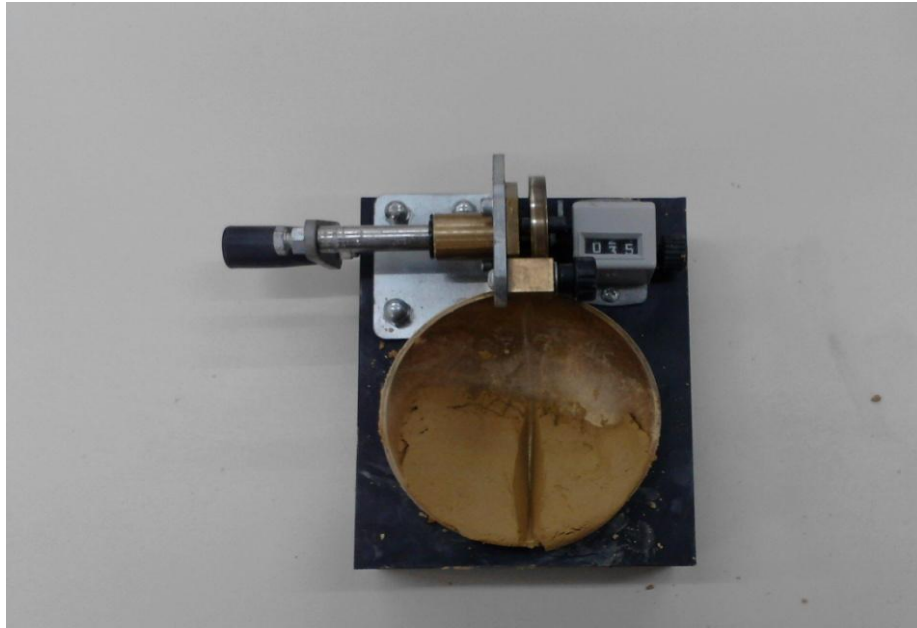


**Φωτογραφία 5 Δείγμα απλωμένο στη συσκευή Cassagrande**

- Με το ειδικό εργαλείο χάραξης, χαράζουμε το δείγμα καθ' όλο το μήκος του. Με ταχύτητα 2 στροφές ανά δευτερόλεπτο (120 rpm) γυρίζουμε τον μοχλό ώστε η κάψα να πραγματοποιεί πτώσεις. Αν η χαραγή επουλώσει σε 25 κτύπους, τότε η περιεχόμενη υγρασία του δείγματος είναι το όριο υδαρότητας. Επειδή είναι πρακτικά αδύνατο να καταφέρουμε να έχει το δείγμα περιεχόμενη υγρασία όσο το όριο υδαρότητας, η χαραγή θα επουλώνει σε διαφορετικό αριθμό από 25 χτύπους.



**Φωτογραφία 6 Ανοιχτή χαραγή του δείγματος**



**Φωτογραφία 7 Κλειστή χαραγή του δείγματος στους 35 χτύπους**

- Τμήμα εδάφους, ίσο περίπου με το πλάτος της σπάτουλας εκτεινόμενο από άκρο σε άκρο του πλακούντα του εδάφους, κάθετα προς την χαραγή και περιλαμβάνοντας το μέρος της χαραγής που ενώθηκε το έδαφος, τοποθετείται σε κατάλληλη κάψα ζυγίζεται και ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους σε κλίβανο θερμοκρασίας 110°C και ζυγίζεται πάλι. Καταγράφεται το ξηρό βάρος ως επίσης και το νερό που έχασε κατά την ξήρανση.
- Η πιο πάνω διαδικασία, επαναλαμβάνεται σε δύο τουλάχιστον επί πλέον τμήματα του δείγματος, στα οποία έχει προστεθεί αρκετό νερό για να γίνει το δείγμα περισσότερο ρευστό.
- Ο σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η επίτευξη δειγμάτων τέτοιας συστάσεως ώστε να γίνεται τουλάχιστον ένας προσδιορισμός σε κάθε μια από τις ακόλουθες τρεις περιοχές κτύπων: 25-35, 20-30, 15-25.
- Τα δεδομένα τα οποία χρειάζονται για τον υπολογισμό του ορίου υδαρότητας είναι ο αριθμός των κτύπων(N) και η περιεχόμενη υγρασία(w) για κάθε δοκιμή. Οι τιμές (N, w) σχεδιάζονται σε ένα ημιλογαριθμικό διάγραμμα και χαράζοντας την ευθεία που προσεγγίζει τα πειράματα, μπορούμε να παρεμβάλουμε την τιμή της περιεχόμενης υγρασίας w (LL) για N=25.



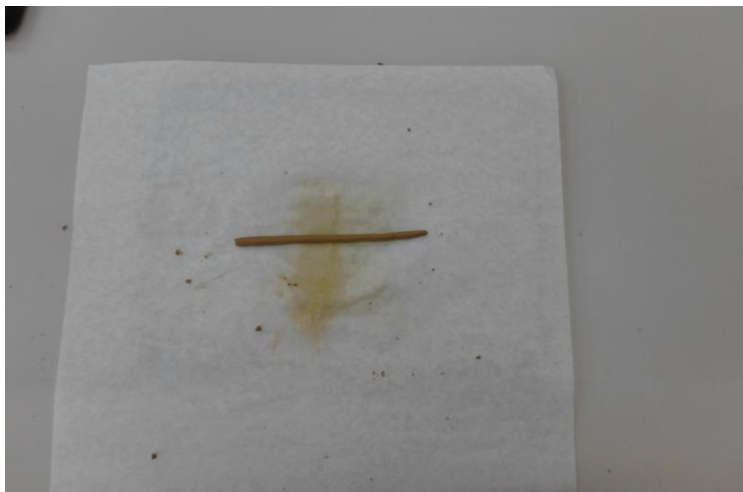
➤ Όριο πλαστικότητας

Το όριο πλαστικότητας αντιστοιχεί στο χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας, κατά το οποίο το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερά κατάσταση.

**Εξοπλισμός:** α) Εξοπλισμός για την ανάμιξη - ύγρανσης των εδαφών (δοχείο πορσελάνης - σπάτουλα - ογκομετρικό δοχείου νερού). β) Επιφάνεια για κυλίνδρωση. γ) Γυάλινη πλάκα και αστίλβωτο χαρτί. δ) Μικρές κάψες για τη ζύγιση του δείγματος. ε) Κλίβανος θερμοκρασίας 110°C. ζ) Ζυγός ευαισθησίας 0,1 g.

**Διαδικασία**

- Λαμβάνουμε ποσότητα 20g εδαφικού υλικού το οποίο έχει ξηραθεί και διέλθει από το κόσκινο Νο40(0,425mm).
- Τοποθετούμε το υλικό στο δοχείο από πορσελάνη και προσθέτουμε απεσταγμένο νερό έως ότου καταστεί αρκετά πλαστικό έτσι ώστε να μορφώνεται εύκολα σε βόλο.
- Ως δείγμα δοκιμής λαμβάνεται ποσότητα 8g από τα 20g.
- Πλάθουμε το δείγμα σε λεπτό κύλινδρο .Όταν ο κύλινδρος θρυμματίζεται σε κομμάτια 1 ίντσας (25 mm), για διάμετρο κυλίνδρου = 3 mm, η περιεχόμενη υγρασία του δείγματος είναι το όριο πλαστικότητας (PL). Θα μεταβάλλουμε συνέχεια την ύγρανση του δείγματος πριν από κάθε δοκιμή, ώστε να «πετύχουμε» το όριο πλαστικότητας.



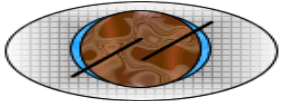

**Φωτογραφία 8 Δείγμα διαμορφωμένο σε κύλινδρο διαμέτρου 25 mm**



**Φωτογραφία 9 Δείγμα μετά την θραύση**

- Ζυγίζουμε το δείγμα μετά την θραύση, το τοποθετούμε στον κλίβανο για να ξεραθεί μέχρι σταθερού βάρους, στους 110°C και το ζυγίζουμε πάλι. Η διαφορά των βαρών είναι η απώλεια σε νερό.
- Ο προσδιορισμός του ορίου πλαστικότητας ορίζεται ως ο μέσος όρος τριών δοκιμών.

**Πίνακας 8 Βήματα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας και ορίου πλαστικότητας**

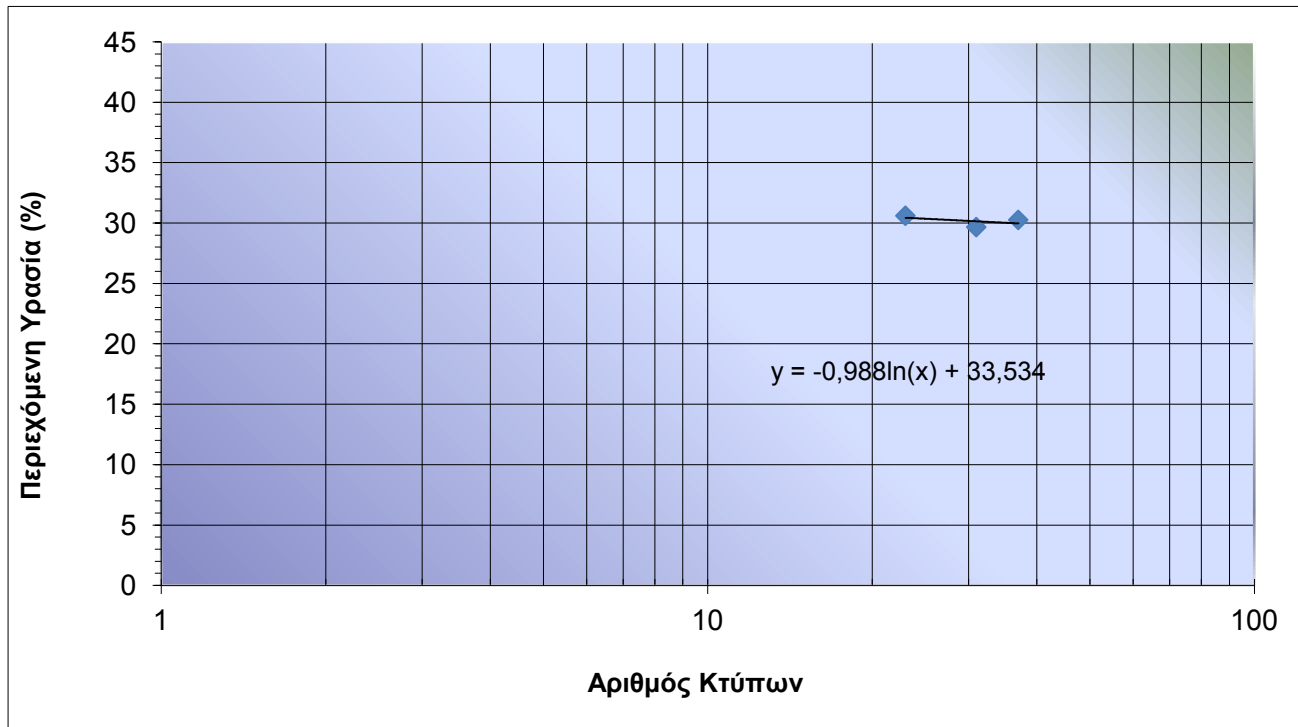
 <p><b>National Technical University of Athens</b> <b>Mining &amp; Metallurgical Engineering School</b> <b>Engineering Geology &amp; Hydrogeology Lab.</b></p>	<p><b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b> <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ.Δ. ΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144 <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b> <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b> LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144</p>	
<p><b>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG</b> <b>DETERMINATION OF ATTERBERG LIMITS</b> A.S.T.M. D 4318-00</p>		

Στοιχεία δείγματος	Δ1 Νεογενής λεπτόκοκκος σχηματισμός μαργαϊκής προέλευσης κίτρινου χρώματος												
Θέση	Εκσκαφή Ιατρικού Πάρκου, λεωφόρος Παλαιοπαναγίας πλησίον Αττικής Οδού												
Συντεταγμένες	37°58' 42.12" Β 23°52' 10.65" Ε												
	ΔΟΚΙΜΗ			ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)			ΔΟΚΙΜΗ			ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)			
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :			1	2	3	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :			1	2	3	
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :			23	31	37							
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :			18,60	18,60	18,70	A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :			18,7	17,2	18,7
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			57,00	42,20	28,60	B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			26,5	29	28,5
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			48,00	36,80	26,30	Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			24,9	26,6	26,3
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :			9,00	5,40	2,30	Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :			1,6	2,4	2,2
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :			29,40	18,20	7,60	E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :			6,2	9,4	7,6
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :			30,61	29,67	30,26	Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :			25,81	25,53	28,95

### Όριο υδαρότητας LL

για  $x=25$  χτύποι

$y= 30,38$



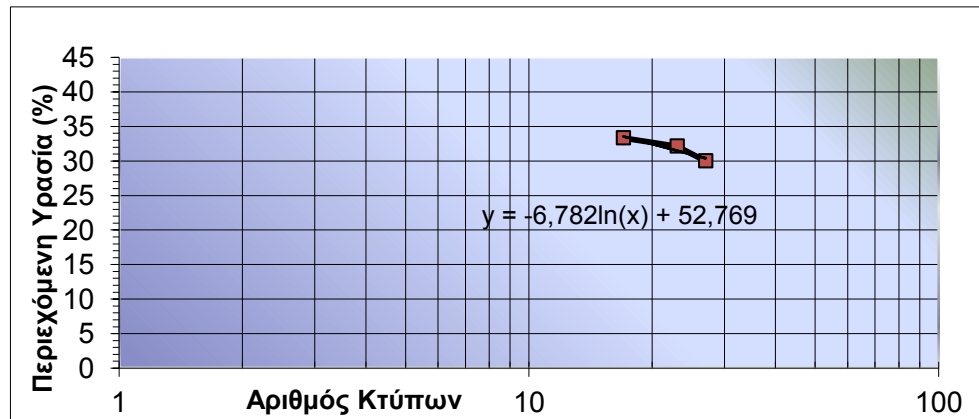
Σχήμα 4 Εξίσωση που προκύπτει από την υγρασία και τον αριθμό των κτύπων

### Πίνακας 9 Όρια Atterberg

Όριο υδαρότητας LL	30,38
Όριο πλαστικότητας PL	26,8
Δείκτης πλαστικότητας (LL-PL) PI	3,61%

**Πίνακας 10 Βήματα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας και ορίου πλαστικότητας**

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)			ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
		4	5	6	4	5	6
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	4	5	6	4	5	6
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	17	23	27			
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	18,70	18,60	18,70	18,6	18,6	17,2
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	22,30	22,30	22,60	37,6	38,5	36,9
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	21,40	21,40	21,70	33,7	34,3	32,9
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	0,90	0,90	0,90	3,9	4,2	4
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	2,70	2,80	3,00	15,1	15,7	15,7
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	33,33	32,14	30,00	25,83	26,75	25,48

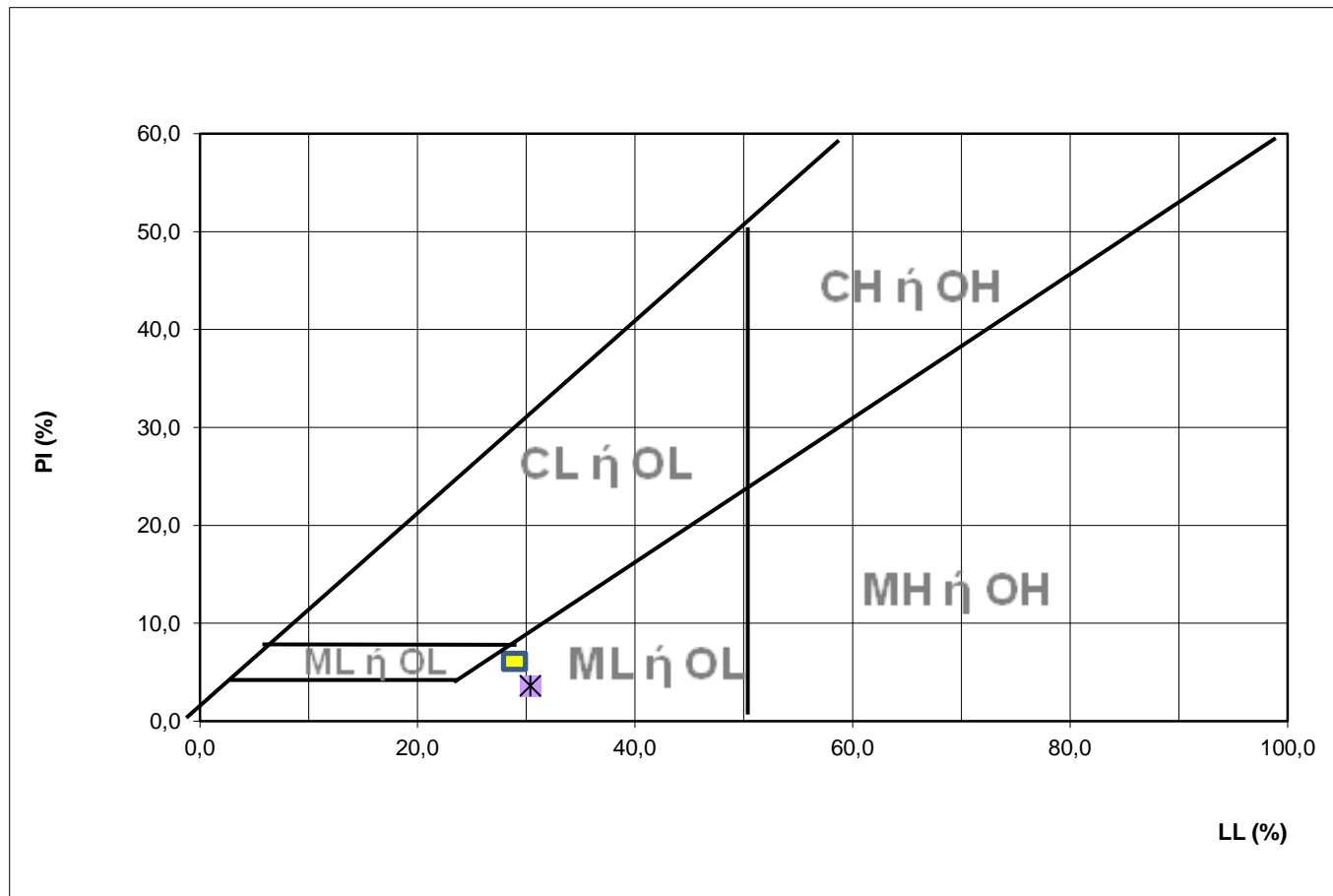


**Σχήμα 5 Εξίσωση που προκύπτει από την υγρασία και τον αριθμό των κτύπων**

Για x=25 χτύποι  
y= 30,93858

**Πίνακας 11 Όρια Atterberg**

Όριο υδαρότητας LL	30,94
Όριο πλαστικότητας PL	26
Δείκτης πλαστικότητας PI (LL-PL)	4,94%



Σχήμα 6 Χάρτης πλαστικότητας Casagrande και κατάταξη δειγμάτων

5. Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.( E105-86, παρ. 13)

**Εξοπλισμός:**

α) Συσκευή φόρτισης ( Φωτογραφία 10) για την εφαρμογή κατακόρυφων φορτίων στο δοκίμιο. Η συσκευή αυτή θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή και διατήρηση φορτίου επί μακρό χρονικό διάστημα με ακρίβεια  $\pm 0,5\%$  καθώς επίσης να επιτρέπει την άμεση επιβολή φορτίου μέσα σε 2 δευτερόλεπτα χωρίς κρούση.



**Φωτογραφία 10** Συσκευή φόρτισης εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

β) Συσκευή Στερεοποίησης ( Φωτογραφία 11) Το δοκίμιο συγκρατείται μέσα σε δακτύλιο, ο οποίος είτε έχει συνδεθεί με τη βάση της συσκευής είτε όχι. Στην άνω και κάτω επιφάνεια του δοκιμίου προσαρμόζονται πορόλιθοι. Η συσκευή θα πρέπει να επιτρέπει συνεχή κορεσμό του δοκιμίου, επιβολή κατακόρυφου φορτίου και μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου. Η συσκευή στερεοποίησης θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

(i) Ελάχιστη διάμετρος δοκιμίου 50,8mm και πάντως μικρότερη από τη διάμετρο του δειγματολήπτη (αν χρησιμοποιείται αδιατάρακτο δείγμα) κατά τουλάχιστον 6,4mm.

(ii) Ελάχιστο ύψος δοκιμίου 12,5mm, αλλά ποτέ μικρότερο από το 10πλάσιο της μέγιστης διαμέτρου κόκκου του εδαφικού υλικού.

(iii) Ελάχιστος λόγος-διαμέτρου προς ύψος δοκιμίου 2,5.

(iv) Η ακαμψία του δακτυλίου που περιέχει το δοκίμιο θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε, για τις παραδεκτές συνθήκες υδροστατικής πίεσεως στο δοκίμιο, η μεταβολή της διαμέτρου του δακτυλίου να μην υπερβαίνει τα 0.03% της διαμέτρου υπό το μέγιστο εφαρμοζόμενο φορτίο.

Το υλικό του δακτυλίου θα πρέπει να είναι ανθεκτικό στη διάβρωση και η εσωτερική του επιφάνεια θα πρέπει να είναι λεία για την αποφυγή αναπτύξεως τριβών.



**Φωτογραφία 11 Συσκευή στερεοποίησης**

γ) Πορόλιθοι

Οι πορόλιθοι (Φωτογραφία 12) Πθα πρέπει να είναι από υλικά όπως καρβίδιο του πυριτίου, οξείδιο του αργιλίου ή μέταλλο που δεν διαβρώνεται από την υγρασία ή ουσίες που μπορεί να περιέχονται στο έδαφος. Η διάμετρος του πορόλιθου που τοποθετείται στην άνω επιφάνεια του δοκιμίου θα πρέπει να είναι μικρότερη από την εσωτερική διάμετρο του δακτυλίου τουλάχιστον κατά 0,2 ως 0,5mm. Το πάχος των πορόλιθων θα πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μην θραύονται κατά τη δοκιμή.





**Φωτογραφία 12 Πορόλιθοι**

δ) Μηκυνσιόμετρα\_για την μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου κατά το στάδιο της στερεοποίησεως με ευαισθησία 0.0025 mm

ε) Γενικός εργαστηριακός εξοπλισμός, που χρησιμοποιείται για τη σωστή διαμόρφωση του δοκιμίου αλλά και τον προσδιορισμό φυσικών χαρακτηριστικών του, όπως ο υγρός θάλαμος συντηρήσεως των δοκιμίων, (Φωτογραφία 13) ο μορφωτής δοκιμίου με τα εξαρτήματά του, ο εξολκέας δείγματος, οι ζυγοί ακριβείας 0.1 γραμμαρίων, ο κλίβανος ξηράνσεως θερμοκρασίας  $105 \pm 1^{\circ}\text{C}$  και ο ηλεκτρονικός καταγραφέας. Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορες άλλες συσκευές γενικής χρήσεως όπως σπάτουλες, μαχαίρια, συρματοπρίονα κλπ. για την προπαρασκευή του δοκιμίου.



**Φωτογραφία 13 Υγραντήρας για τη διατήρηση της υγρασίας των δοκιμίων**

### Διαδικασία:

- Οι πορόλιθοι υγραίνονται έτσι ώστε να μην απορροφούν νερό από το δοκίμιο ούτε να αποδίδουν νερό σ' αυτό.
- Αποκόπτεται το εδαφικό δείγμα από αδιατάρακτο δείγμα, που έχουμε συλλέξει στην ύπαιθρο, με τη βοήθεια μεταλλικού-πρακτικώς απαραμόρφωτου-δακτυλίου και διαμορφώνεται κατάλληλα (Φωτογραφία 14) με τη σπάτουλα έτσι ώστε οι δύο επιφάνειες του να συμπίπτουν με αυτές του δακτυλίου.



Φωτογραφία 14 Διαμόρφωση δοκιμίου στο δακτύλιο

- Ζυγίζεται ο δακτύλιος που περιέχει το δείγμα και καταγράφεται το βάρος του.
  - Τοποθετείται ο δακτύλιος, μεταξύ των πορόλιθων που παρέχουν τη δυνατότητα απορροής του ύδατος κατά την φάση στερεοποίησης από πάνω και από κάτω, στη συσκευή στερεοποίησης. Πριν την έναρξη της δοκιμής προηγείται κορεσμός του δείγματος σε νερό.
  - Τοποθετείται η συσκευή στερεοποίησης στη συσκευή φόρτισης και βιδώνεται εκεί.
  - Ασκούνται μέσω διάφορων βαρών (Φωτογραφία 15) στο εδαφικό δείγμα ολικές τάσεις με πρώτη βαθμίδα πίεσης 25 kpa και ακολουθούν οι βαθμίδες 50,100,200,400 και τελευταία 800 ή 1600 kpa. Ο χρόνος

παραμονής της κάθε βαθμίδας είναι  $T=24$  h έτσι ώστε να ολοκληρωθούν οι κατακόρυφες παραμορφώσεις του δείγματος οι οποίες μετρώνται με ηλεκτρονικό μηκυσιόμετρο.



**Φωτογραφία 15 Σειρά βαρών που επιβάλλεται στο δείγμα**

- Αμέσως μετά την επιβολή της πίεσης καταγράφονται οι ενδείξεις του ηλεκτρονικού μηκυσιομέτρου κατά τα επιθυμητά χρονικά διαστήματα τα οποία ορίζονται μέσω ειδικού λογισμικού στον Η/Υ.
- Μετά το πέρας του χρόνου παραμονής της πρώτης βαθμίδας μηδενίζεται το χρονόμετρο και το ηλεκτρονικό μηκυσιόμετρο και εφαρμόζεται η δεύτερη βαθμίδα πίεσης. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία μέχρι και την επιβολή της τελευταίας βαθμίδας φόρτισης.
- Η πειραματική διαδικασία τελειώνει με την αποφόρτιση, η οποία θα πρέπει να γίνεται σταδιακά σε βαθμίδες με αντίστροφη πορεία από εκείνη της φορτίσεως. Αν ενδιαφέρει η συμπεριφορά του εδάφους σε διαδοχικά στάδια φορτίσεως - αποφορτίσεως - επαναφορτίσεως κλπ αυτό αναπαράγεται στη δοκιμή στερεοποίησης με επιλογή ανάλογου τρόπου φορτίσεως του δοκιμίου.
- Για να ελαχιστοποιηθεί η διόγκωση κατά την αποσυναρμολόγηση, το δοκίμιο θα πρέπει να αποφορτιστεί μέχρι ενός πολύ μικρού φορτίου. Μετά την απομάκρυνση του τελικού αυτού φορτίου, η συσκευή αποσυναρμολογείται αμέσως και εξάγεται το δοκίμιο από τον δακτύλιο. Το δοκίμιο ζυγίζεται, ξηραίνεται και μετά ξαναζυγίζεται για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας.

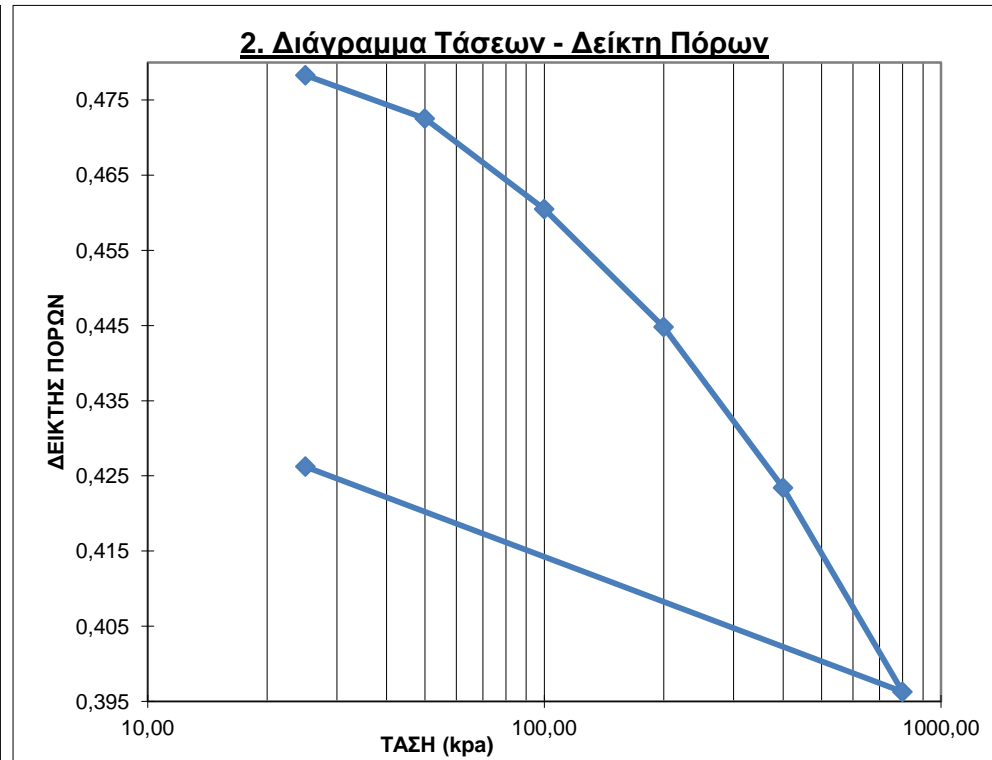
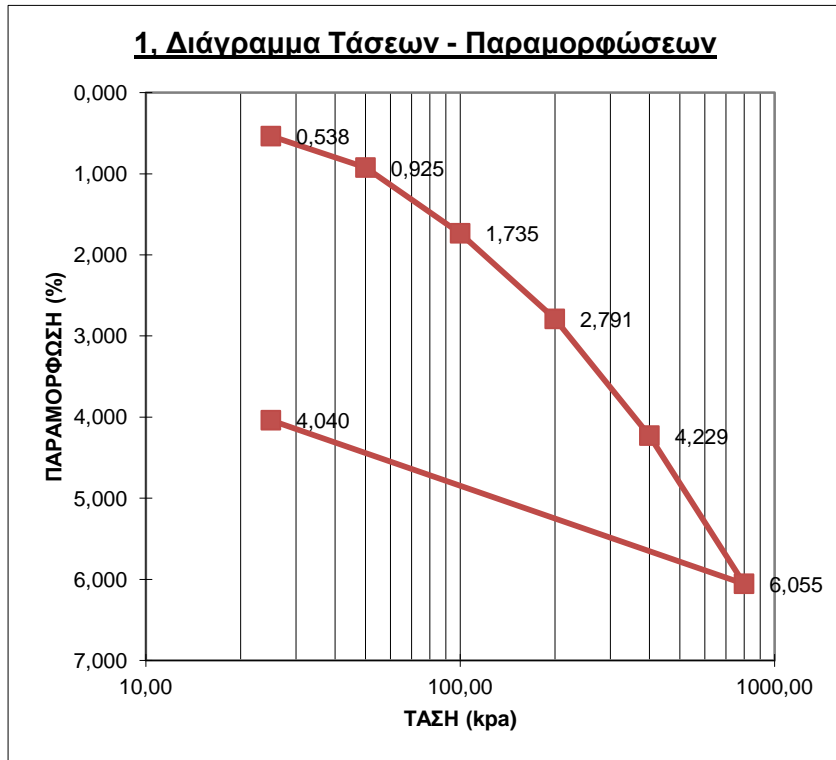
 <p><b>National Technical University of Athens</b>  <b>Mining &amp; Metallurgical Engineering School</b>  <b>Engineering Geology &amp; Hydrogeology Lab.</b></p>	<p><b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b>  <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b>          ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ          ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ.Δ. ΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144  <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b>  <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b>          LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY          DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144</p>	
<p><b>ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ</b>  <b>UNIAXIAL CONSOLIDATION TEST</b>  <b>A.S.T.M. D 2435-80</b></p>		

Πίνακας 12 Φυσικά χαρακτηριστικά εδαφικού δείγματος

Κατάταξη κατά AUSCS	ML 1 (Πλύς χαμηλής πλαστικότητας)
Αρχική Υγρασία (%):	11,81
Υγρό Φαινόμενο Βάρος (KN/m <sup>3</sup> ):	19,93
Ξερό Φαινόμενο Βάρος (KN/m <sup>3</sup> ):	17,83
Πορώδες	0,32717
Διάμετρος δοκιμίου (mm):	63,5
Αρχικό Ύψος δοκιμίου(mm):	25,3
Αρχικό βάρος δοκιμίου(gr):	159,7
Αρχικός όγκος δοκιμίου(cm <sup>3</sup> ):	80,12312

Πίνακας 13 Συμπεριφορά εδάφους κάτω από διαφορετικές τάσεις

Τάση (KN/m <sup>2</sup> )	Ολική Καθίζηση (m)	Παραμόρφωση (%)	Δείκτης Πόρων e <sub>f</sub>
0	0	0	0,486259114
25	0,136	0,537549407	0,478269737
50	0,234	0,924901186	0,472512686
100	0,439	1,735177866	0,460469875
200	0,706	2,790513834	0,444784848
400	1,07	4,229249012	0,423401515
800	1,532	6,055335968	0,396261131
25	1,022	4,039525692	0,426221295



Σχήμα 7 Διαγράμματα τάσεων- παραμορφώσεων και τάσεων- δείκτη πόρων

**Πίνακας 14 Προσδιορισμός  $C_c$  και  $E_s$  από διαγράμματα**

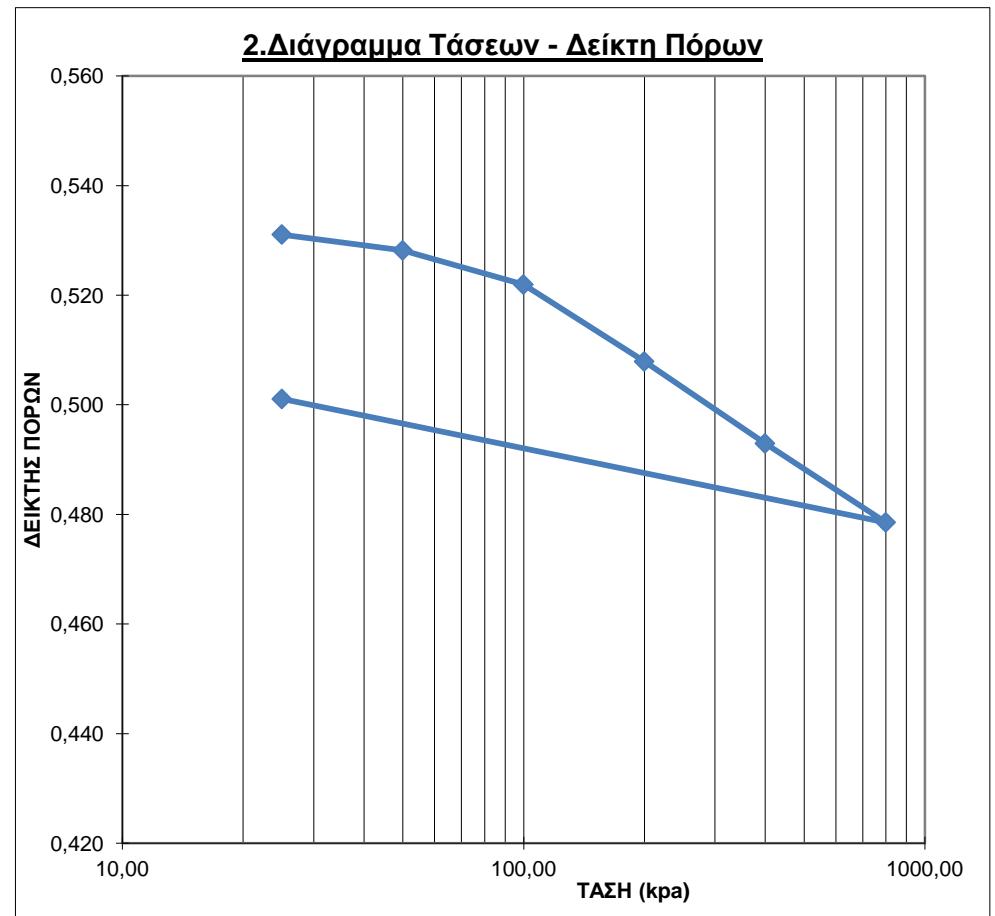
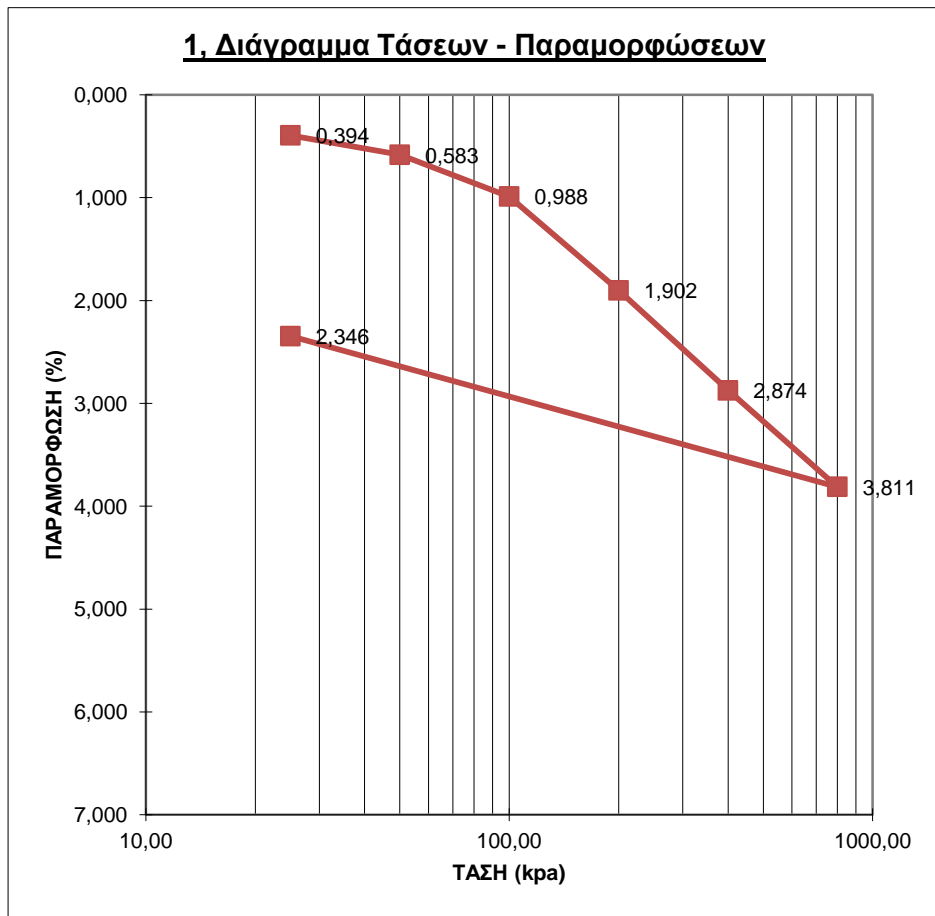
Τάση (KN/m <sup>2</sup> )	Δείκτης Συμπίεστικότητας $C_c$	Μέτρο Συμπίεστικότητας $E_s$ (KN/m <sup>2</sup> )
0.00		
25.00		
50.00	0,019	6454
100.00	0,040	6171
200.00	0,052	9476
400.00	0,071	13901
800,00	0,090	21905
25.00		

**Πίνακας 15 Φυσικά χαρακτηριστικά εδαφικού δείγματος**

Κατάταξη κατά AUSCS	ML 2 (Πλύς χαμηλής πλαστικότητας)
Αρχική Υγρασία (%):	11,81
Υγρό Φαινόμενο Βάρος (KN/t)	19,28
Ξερό Φαινόμενο Βάρος (KN/t)	17,24
Πορόδες	0,34943
Διάμετρος δοκιμίου (mm):	63,3
Αρχικό Ύψος δοκιμίου(mm):	25,4
Αρχικό βάρος δοκιμίου(gr):	154,1
Αρχικός όγκος δοκιμίου(cm <sup>3</sup> ):	79,93390279

**Πίνακας 16 Συμπεριφορά εδάφους κάτω από διαφορετικές τάσεις**

Τάση (KN/m <sup>2</sup> )	Ολική Καθίζηση (mm)	Παραμόρφωση (%)	Δείκτης Πόρων $e_f$
0	0	0	0,53712297
25	0,1	0,393700787	0,531071305
50	0,148	0,582677165	0,528166505
100	0,251	0,988188976	0,52193329
200	0,483	1,901574803	0,507893427
400	0,73	2,874015748	0,492945814
800	0,968	3,811023622	0,47854285
25	0,596	2,346456693	0,501055045



Σχήμα 8 Διαγράμματα τάσεων- παραμορφώσεων και τάσεων-δείκτη πόρων

**Πίνακας 17 Προσδιορισμός  $C_c$  και  $E_s$  από διαγράμματα**

Τάση (KN/m <sup>2</sup> )	Δείκτης Συμπίεστότητας $C_c$	Μέτρο Συμπίεστότητας $E_s$ (KN/m <sup>2</sup> )
0.00		
25.00		
50.00	0,010	13229
100.00	0,021	12330
200.00	0,047	10948
400.00	0,050	20567
800,00	0,048	42689
25.00		

**6. Δοκιμή βραδείας διάτμησης με στερεοποίηση(E105-86,παρ.16-5-2.3)**

**Εξοπλισμός:**

α) Συσκευή διάτμησης όπου η διάτμηση του εδαφικού υλικού επιβάλλεται κατά μία επίπεδη επιφάνεια κυλινδρικού δοκιμίου. Η συσκευή διάτμησης επιτρέπει την εφαρμογή ορθής και διατμητικής τάσης, κάθετης και παράλληλης προς το επίπεδο διάτμησης αντίστοιχα. Κατά τη δοκιμή μετρούνται εκτός από τις εφαρμοζόμενες τάσεις και η μεταβολή του πάχους του δοκιμίου και η διατμητική παραμόρφωση με ειδικά ηλεκτρονικά μηχανοσκόπια.



**Φωτογραφία 16 Συσκευή άμεσης διάτμησης εργαστηρίου  
Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας**



β) Πορόλιθοι γ) Μηκυνσιόμετρα δ) Μορφωτής δοκιμίου με τα εξαρτήματά του (Πλαίσιο μορφοποίησης, συρμάτινο πριόνι, μαχαίρια) ε) Εξολκέας δείγματος ζ) Γενικός εργαστηριακός εξοπλισμός (κλίβανος ξήρανσης, ζυγοί ακριβείας 0,01 και 0,1 του γραμμαρίου ε) υγρός θάλαμος διατήρησης των δοκιμίων

#### **Διαδικασία:**

- Διαμορφώνεται δείγμα με το κυλινδρικό πλαίσιο μορφοποίησης και με το πριόνι ή τα μαχαίρια, εφόσον απαιτείται από τη φύση του υλικού.
- Τοποθετείται μεταξύ πορόλιθων στην υποδοχή για το δείγμα και πληρώνεται με νερό.
- Επιβάλλεται ορθή δύναμη που ισοδυναμεί με τάση  $\sigma_i$  η οποία μένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής.
- Στη συνέχεια επιβάλλεται ηλεκτρονικά μετακίνηση του ανώτερου μέρους της συσκευής, υπό σταθερή ταχύτητα μετακίνησης, ενώ το κάτω τμήμα παρεμποδίζεται εξαιτίας της άκαμπτης σύνδεσης του με δυναμομετρικό δακτύλιο.
- Για τον προσδιορισμό της συνοχής ( $c$ ) και της γωνίας εσωτερικής τριβής ( $\varphi$ ) από τη δοκιμή άμεσης διάτμησης απαιτούνται τουλάχιστον 3 δοκιμές. Από κάθε δοκιμή προκύπτει ένα ζεύγος τιμών  $\tau$ ,  $\sigma$  ( $\tau$ = μέγιστη διατμητική τάση,  $\sigma$ = εφαρμοζόμενη ορθή τάση κατά τη διάτμηση του δοκιμίου), οι οποίες παρουσιάζονται σ' ένα διάγραμμα

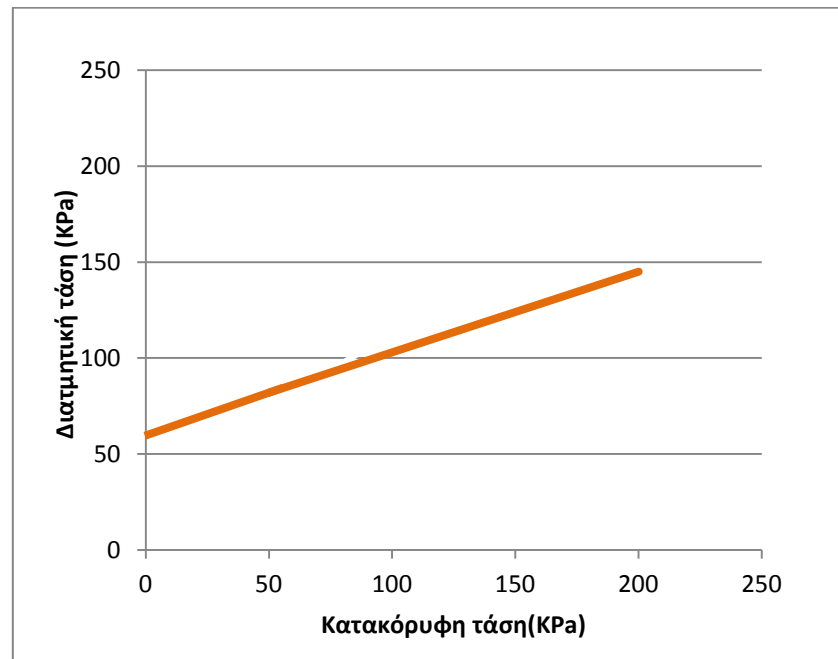
<p>National Technical University of Athens</p>  <p>Mining &amp; Metallurgical Engineering School Engineering Geology &amp; Hydrogeology Lab.</p>	<p>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ.Δ.ΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144 NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144</p>	
<p><b>ΔΟΚΙΜΗ ΑΜΕΣΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ(CD)</b></p> <p><b>E105-86,παρ.16-5-2.3</b></p>		

**Πίνακας 18 Χαρακτηριστικά εδαφικού δείγματος**

Κατάταξη κατά AUSCS	ML (Ιλύς χαμηλής πλαστικότητας)
Αρχική Υγρασία (%):	11,81
Μάζα κάλας και δείγματος(gr)	152,8
Μέγιστος χρόνος θραύσης(min)	412

**Πίνακας 19 Μετρήσεις**

Αριθμός δοκιμής	Κατακόρυφη τάση (KPa)	Διατμητική τάση( KPa)	Ταχύτητα παραμόρφωσης(mm/min)
1	50	76	0,014
2	100	112	0,014
3	200	142	0,014



Γωνία εσωτερικής τριβής(ο)  $\varphi=18$

Συνοχή(ΚPa)  $c=60$

Σχήμα 9 Διάγραμμα κατακόρυφων-διατμητικών

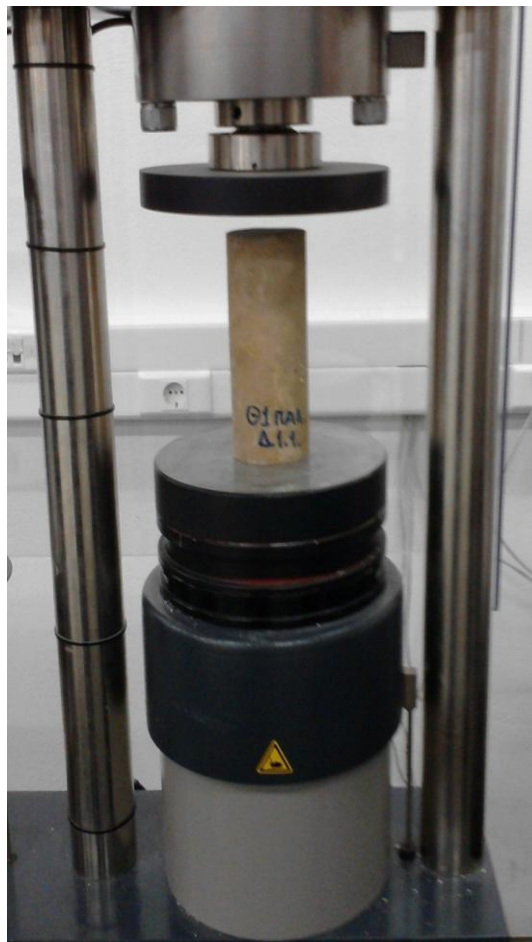
### 7. Προσδιορισμός αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (ISRM, 1979)

Εξοπλισμός: α) Συσκευή προετοιμασίας κυλινδρικών δειγμάτων β) Αδαμαντοτροχός και συσκευή λείανσης των επιφανειών γ) Συσκευή φόρτισης( Φωτογραφία 16)

#### **Εκτέλεση της δοκιμής:**

Προτεινόμενες τεχνικές για τον καθορισμό της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής και παραμορφωσιμότητας του άρρηκτου πετρώματος δίνονται από την Επιτροπή προτυποποίησης εργαστηριακών και επί τόπου δοκιμών της Διεθνούς Ένωσης Βραχομηχανικής (ISRM, 1979). Βασικά χαρακτηριστικά της συνιστώμενης διαδικασίας είναι:

- Τα δοκίμια έχουν κυλινδρική μορφή (Σχήμα 1) με λόγο  $H/D = 2.5$  έως 3 όπου  $H$  το ύψος και  $D$  η διάμετρος του δοκιμίου.

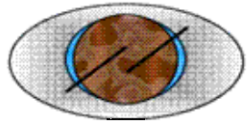



**Φωτογραφία 17 Δοκίμιο ψαμμίτη στη συσκευή φόρτισης**

- Η διάμετρος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 54 mm και πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερη από το μέγιστο μέγεθος κόκκου του υπό δοκιμή πετρώματος.
- Οι βάσεις των δοκιμίων πρέπει να είναι επίπεδες με ανοχή 0.02 mm, και κάθετες στον διαμήκη άξονα συμμετρίας του δοκιμίου με απόκλιση όχι περισσότερο από 0.001 rad ή 0.05mm στα 50mm.
- Η πλευρική επιφάνεια πρέπει να είναι λεία, με ανοχή όχι περισσότερο από 0.3 mm.
- Τα δοκίμια πρέπει να έχουν ληφθεί πριν από 30 ημέρες το πολύ από το μητρικό πέτρωμα, έτσι ώστε να διατηρούν, κατά το δυνατόν, τη φυσική τους υγρασία.
- Αξονικό φορτίο και ακτινικές ή διαμετρικές παραμορφώσεις θα καταγράφονται καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής.
- Θα πρέπει να εκτελούνται τουλάχιστον πέντε δοκιμές.

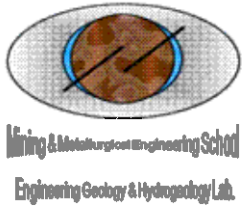

Για την εκτέλεση της δοκιμής, κατάλληλα διαμορφωμένα κυλινδρικά δοκίμια υποβάλλονται σε μονοαξονική θλίψη με σκοπό να υπολογιστεί η αντοχή του πετρώματος, δηλαδή η μέγιστη τάση (μέση τιμή σε ένα επίπεδο) την οποία ένα πέτρωμα δύναται να αντέξει

Πίνακας 20 Αποτελέσματα μονοαξονικής θλίψης σε ασβεστόλιθο

 Mining & Metallurgical Engineering School Engineering Geology & Hydrogeology Lab.	<b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b> <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b> <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΜΟΥΡΓΩΝ</b> <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b> <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ</b> ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Δ. ΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144 <b>LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY</b> DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144	
	<b>ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ</b> <b>TEST FOR SPLITTING STRENGTH OF ROCK SPECIMEN</b> <b>I.S.R.M 1979</b>	

Στοιχεία δείγματος	Δ2 Ασβεστόλιθος προνεογενούς υποβάθρου, με έντονο δίκτυο ασυνεχειών και παρουσία οξειδίων του σιδήρου								
Θέση	Λόφος απέναντι από το ΜΕΚ Παιανίας								
Συντεταγμένες	37°58'28.47" Β 23°51'11.13" Ε								
ΔΕΙΓΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΡΥΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ(N/s)	ΡΥΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ (MPa/s)	ΠΑΧΟΣ HEIGHT) (mm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (DIAMETER) (mm)	ΦΟΡΤΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (N)	ΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (MPa)	ΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm2)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm2)
1	Ασβεστόλιθος	200	0,08602	119,39	54,41	139990	60,21	602,0737	650,55
2	Ασβεστόλιθος	200	0,08602	124,29	54,41	166700	71,69	716,949	
3	Ασβεστόλιθος	250	0,10638	151,1	54,7	141800	60,34	603,4089	
4	Ασβεστόλιθος	250	0,10638	131	54,7	118290	50,3365597	503,3656	
5	Ασβεστόλιθος	250	0,10638	108,2	54,7	129160	54,96212333	549,6212	
6	Ασβεστόλιθος	350	0,15192	151,97	54,16	170420	73,9730232	739,7302	
7	Ασβεστόλιθος	250	0,10744	143,33	54,43	195160	83,87340211	838,734	

Πίνακας 21 Αποτελέσματα μονοαξονικής θλίψης σε ψαμμίτη

	<p align="center"> <b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b>  <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b>  <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b>  <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b>  <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ</b>                  ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Δ. ΡΟΖΟΣ,                  τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144  <b>LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY</b>                  DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS,                  tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144             </p>	
<p align="center"> <b>ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ</b>  <b>TEST FOR SPLITTING STRENGTH OF ROCK SPECIMEN</b>  <b>I.S.R.M 1979</b> </p>		

Στοιχεία δείγματος	Δ3 Νεογενής ψαμμιτικός σχηματισμός μαργαϊκής και αμμώδους προέλευσης								
Θέση	Εκσκαφή Ιατρικού Πάρκου, λεωφόρος Παλαιοπαναγίας πλησίον Αττικής Οδού								
Συντεταγμένες	37°58'42.12"Β 23°52'10.65"Ε								
ΔΕΙΓΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΡΥΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ(N/s)	ΡΥΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ (MPa/s)	ΠΑΧΟΣ (HEIGHT) (mm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (DIAMETER) (mm)	ΦΟΡΤΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (N)	ΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (MPa)	ΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm <sup>2</sup> )	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Ψαμμίτης	250	0,10717	142,23	54,5	52180	22,36769277	223,6769	
2	Ψαμμίτης	250	0,10677	140,77	54,6	51850	22,1448934	221,4489	
3	Ψαμμίτης	200	0,08752	125,41	53,94	49120	21,49545253	214,9545	209,09
4	Ψαμμίτης	350	0,15316	157	53,94	50280	22,0030813	220,0308	
5	Ψαμμίτης	220	0,09362	134,6	54,7	38860	16,54	165,363	

#### **8. Προσδιορισμός αντοχής σε εφελκυσμό ( ISRM 1978)**

**Εξοπλισμός:** α) Αδαμαντοτροχός και συσκευή λείανσης των επιφανειών β) Ειδικό κελί υποδοχής δείγματος και γ) Συσκευή φόρτισης (Φωτογραφία 18)

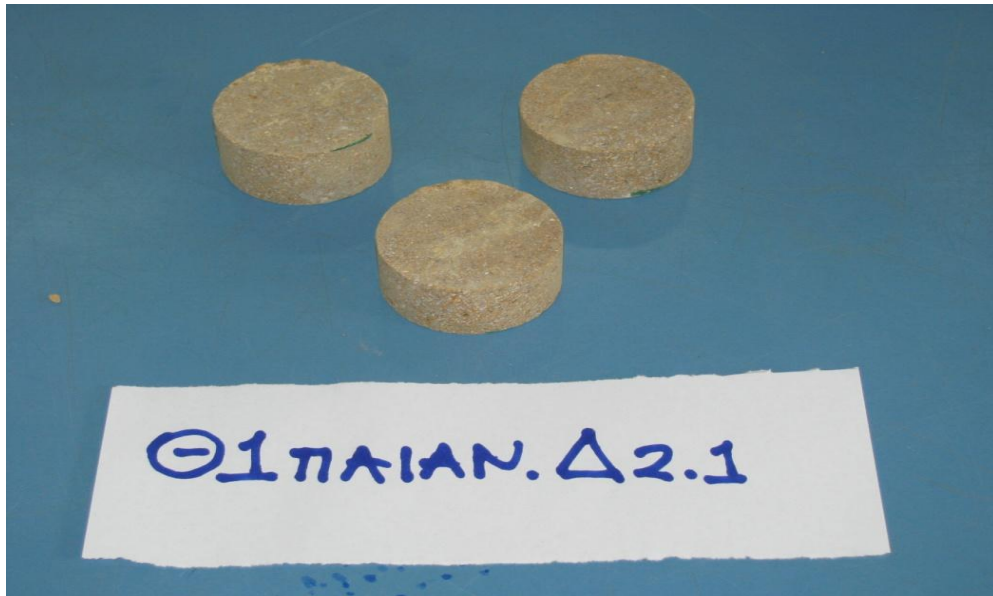
#### **Διαδικασία:**

Σύμφωνα με τις οδηγίες της ASTM και της ISRM, η δοκιμή πραγματοποιείται σε δοκίμια πετρώματος μορφής δίσκου. Οι κυλινδρικές επιφάνειες θα πρέπει να είναι ελεύθερες από εμφανή σημεία των εργαλείων και οι όποιες ανωμαλίες τους δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 0.025 mm. Ο προσανατολισμός του δοκιμίου θα πρέπει να είναι γνωστός, ενώ η διάμετρος του δεν πρέπει να είναι μικρότερη από (54,7 mm), και το πάχος του ίσο με την ακτίνα του. Η φόρτιση του δοκιμίου πρέπει να είναι συνεχής και να πραγματοποιείται με σταθερό ρυθμό. Προτεινόμενος ρυθμός φόρτισης είναι 200 N/s (20 kg/s).

Το δοκίμιο φορτίζεται μέχρι τη στιγμή της αστοχίας του. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην μέτρηση του φορτίου αστοχίας, καθόσον υπάρχουν περιπτώσεις όπου το δοκίμιο εξακολουθεί να αναλαμβάνει αυξημένα φορτία ακόμη και ύστερα από την αστοχία του. Παρά ταύτα, η διαφορά μεταξύ του φορτίου αρχικής θραύσεως και του τελικού φορτίου, που δύναται να αναλάβει το δοκίμιο είναι το πολύ 5 %.

Ο αριθμός των απαιτούμενων δοκιμίων ανά δείγμα καθορίζεται από τη διαθέσιμη ποσότητα δείγματος. Η ISRM προτείνει 10 δοκιμές ανά δείγμα. Η τιμή της εφελκυστικής αντοχής πετρώματος, που υπολογίζεται από τη δοκιμή Brazilian επηρεάζεται από τη γωνία  $2\theta$ , στο τόξο της οποίας εφαρμόζεται το θλιπτικό φορτίο, το λόγο πάχους προς διάμετρο του δοκιμίου ( $t/D$ ), το πάχος του δοκιμίου και το ρυθμό φόρτισης. Η γωνία  $2\theta$  λαμβάνεται μεταξύ  $10-14^\circ$ , ο λόγος  $t/D=0.5$  και  $t=25-30$  mm.



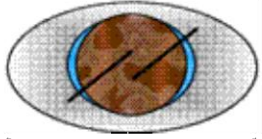



Φωτογραφία 18 Δοκίμια ψαμμίτη μετά από κοπή και λείανση από την περιοχή της Παιανίας



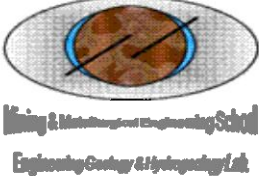

Φωτογραφία 19 Εφαρμογή της δοκιμής Brazilian σε δοκίμια ψαμμίτη και ασβεστόλιθου

Πίνακας 22 Αποτελέσματα αντιδιαμετρικής  
θλίψης σε ψαμμίτη

 <p>National Technical University of Athens Mining &amp; Metallurgical Engineering School Engineering Geology &amp; Hydrogeology Lab</p>	<p><b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b> <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b> <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b> <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b> <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ</b> ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. ΔΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144 <b>LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY</b> DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144</p>	
<p><b>ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ΒΡΑΖΙΛΙΑΝΗ ΔΟΚΙΜΗ)</b> <b>TEST FOR SPLITTING STRENGTH OF ROCK SPECIMEN (BRAZILIAN TEST)</b> <b>A.S.T.M. D 3967 - 95</b></p>		

Στοιχεία δείγματος	Δ3 Νεογενής λεπτόκοκκος σχηματισμός μαργαϊκής και αμμώδους προέλευσης κίτρινου χρώματος							
Θέση	Εκσκαφή Ιατρικού Πάρκου, λεωφόρος Παλαιοπαναγίας πλησίον Αττικής Οδού							
Συντεταγμένες	37°58'42.12"Β 23°52'10.65"Ε							
ΔΕΙΓΜΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ	ΡΥΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΠΑΧΟΣ (HEIGHT)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΦΟΡΤΙΟ	ΤΑΣΗ	ΤΑΣΗ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ
	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΦΟΡΤΙΣΗΣ(N/s)	(HEIGHT) (mm)	(DIAMETER) (mm)	ΑΣΤΟΧΙΑΣ (N)	ΑΣΤΟΧΙΑΣ (MPa)	ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm <sup>2</sup> )	ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ(kg/cm <sup>2</sup> )
1	Ψαμμίτης	200	27,78	54,42	8000	3,37	33,69	40,94
2	Ψαμμίτης	200	15,3	55,02	5080	3,84	38,42	
3	Ψαμμίτης	200	14,87	54,14	5482	4,34	43,35	
4	Ψαμμίτης	200	15,58	54,39	4900	3,68120235	36,81	
5	Ψαμμίτης	200	13,35	54,41	4727	4,14291224	41,43	
6	Ψαμμίτης	200	25,27	54,53	12120	5,59940658	55,99	
7	Ψαμμίτης	200	24,44	54,7	8820	4,20010532	42	
8	Ψαμμίτης	200	27,3	55,7	9513	3,98272002	39,83	
9	Ψαμμίτης	200	26,88	56,7	8847	3,69542019	36,95	

Πίνακας 23 Αποτελέσματα αντιδιαμετρικής θλίψης σε ασβεστόλιθο

	<p align="center"><b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b>  <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b>  <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b>  <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b>  <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ</b>          ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. ΔΡΟΖΟΣ,          τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144  <b>LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY</b>          DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS,          tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144</p>	
<p align="center"><b>ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ΒΡΑΖΙΛΙΑΝΗ ΔΟΚΙΜΗ)</b>  <b>TEST FOR SPLITTING STRENGTH OF ROCK SPECIMEN (BRAZILIAN TEST)</b>  <b>A.S.T.M. D 3967 - 95</b></p>		

Στοιχεία δείγματος	Δ2 Ασβεστόλιθος προνεογενούς υποβάθρου, με έντονο δίκτυο ασυνεχειών και παρουσία οξειδίων του σιδήρου									
Θέση	Λόφος απέναντι από το ΜΕΚ Παιανίας									
Συντεταγμένες	37°58'28.47" Β 23°51'11.13" Ε									
<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	<b>ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΡΥΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ(N/s)</b>	<b>ΠΑΧΟΣ (HEIGHT) (HEIGHT) (mm)</b>	<b>ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (DIAMETER) (mm)</b>	<b>ΦΟΡΤΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (N)</b>	<b>ΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (MPa)</b>	<b>ΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ(kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
1	Ασβεστόλιθος	200	25,04	54,43	19600	9,16	91,55	91,4		
2	Ασβεστόλιθος	200	46	54,45	42750	10,87	108,66			
3	Ασβεστόλιθος	200	25,63	54,42	22150	10,1098965	101,1			
4	Ασβεστόλιθος	200	18,6	53,6	14010	8,94623958	89,46			
5	Ασβεστόλιθος	200	17,63	54,26	13750	9,15062419	91,51			
6	Ασβεστόλιθος	200	24,77	54,41	13940	6,58473292	65,85			

Πίνακας 24 Αποτελέσματα αντιδιαμετρικής θλίψης σε σχιστόλιθο

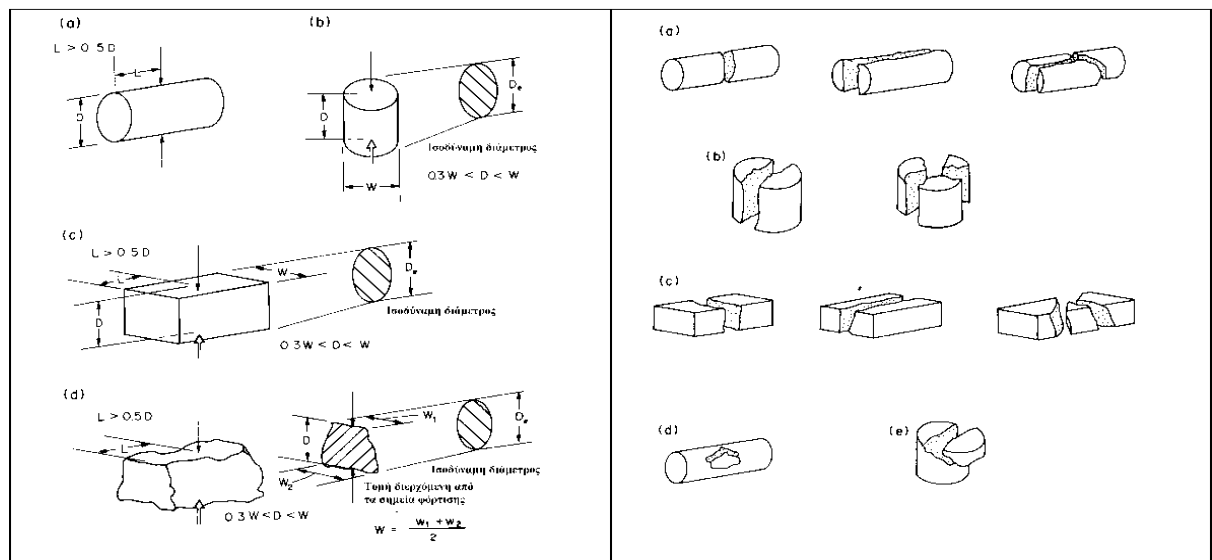
	<b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b> <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b> <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b> <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b> <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ</b> ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. ΔΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144 <b>LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY</b> DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax: 210 7722144							
	<b>ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ΒΡΑΖΙΛΙΑΝΗ ΔΟΚΙΜΗ)</b> <b>TEST FOR SPLITTING STRENGTH OF ROCK SPECIMEN (BRAZILIAN TEST)</b> <b>A. S. T. M. D 3967 - 95</b>							
Στοιχεία δείγματος	Δ4 Σχιστόλιθος προνεογενούς υποβάθρου, πράσινου χρώματος μεγάλης σκληρότητας και έντονα κερματισμένος							
Θέση	Λόφος Πυργάθι							
Συντεταγμένες	37°57'37.65"Β 23°51'45.52"Ε							
<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	<b>ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ</b>	<b>ΡΥΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ</b>	<b>ΠΑΧΟΣ (HEIGHT)</b>	<b>ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ</b>	<b>ΦΟΡΤΙΟ</b>	<b>ΤΑΣΗ</b>	<b>ΤΑΣΗ</b>	<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ</b>
	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	<b>ΦΟΡΤΙΣΗΣ(N/s)</b>	<b>(HEIGHT) (mm)</b>	<b>(DIAMETER) (mm)</b>	<b>ΑΣΤΟΧΙΑΣ (N)</b>	<b>ΑΣΤΟΧΙΑΣ (MPa)</b>	<b>ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	Πρασινοσχιστόλιθος	200	30,35	54,36	35570	13,7254264	137,25	143,88
2	Πρασινοσχιστόλιθος	200	28,18	54,43	36210	15,0289737	150,29	
3	Πρασινοσχιστόλιθος	200	27,15	54,45	29840	12,8502396	128,5	
4	Πρασινοσχιστόλιθος	200	22,75	54,54	32160	16,5005959	165,01	
5	Πρασινοσχιστόλιθος	200	26,7	54,29	31500	13,834376	138,34	

## 9. Προσδιορισμός αντοχής σε σημειακή φόρτιση (ISRM 1985)

**Εξοπλισμός:** α) Συσκευή σημειακής φόρτισης

**Διαδικασία:** Η ISRM (1985) δίνει οδηγίες για την εκτέλεση τεσσάρων τύπων δοκιμής, ήτοι (Σχήμα 10): (α) Διαμετρική δοκιμή, (β) Αξονική δοκιμή, (γ) Δοκιμή ορθογωνικού δοκιμίου και (δ) Δοκιμή ακανόνιστου δοκιμίου.

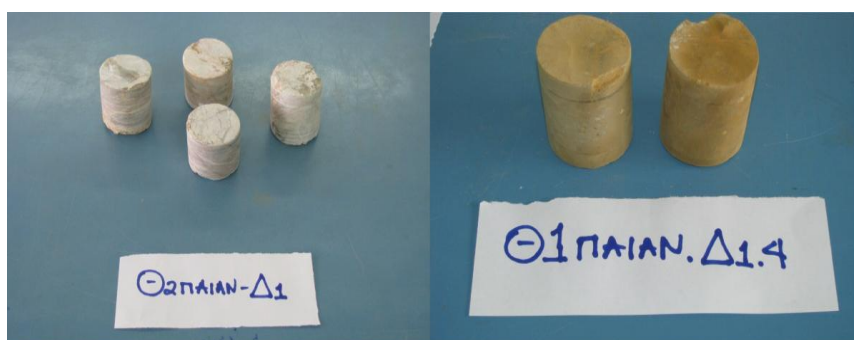
Η διαμετρική δοκιμή, (Σχήμα 10α) πραγματοποιείται με αντιδιαμετρική φόρτιση ενός τεμαχίου πυρήνα μέχρι θραύσης με ένα ζεύγος χαλύβδινων ακμών. Κατάλληλα δοκίμια για την εκτέλεση της δοκιμής θεωρούνται αυτά με λόγο μήκους προς διάμετρο μεγαλύτερο από 1.0. Η απόσταση  $D$  μεταξύ των ακμών φορτίσεως, που εδώ είναι ίση με τη διάμετρο του δοκιμίου, καταγράφεται με ακρίβεια  $\pm 2\%$ . Το φορτίο αυξάνεται σταδιακά ώστε το δοκίμιο να αστοχήσει σε χρόνο 10-60 sec. Η δύναμη  $P$  στην οποία θραύεται ο πυρήνας δίνεται από το δείκτη καταγραφής φορτίου. Η δοκιμή δεν είναι αποδεκτή εάν η επιφάνεια αστοχίας του δοκιμίου διέρχεται μόνο από το ένα σημείο φόρτισης (Σχήμα 10, δεξιά, d).



**Σχήμα 10.** Αριστερά: Τύποι δοκιμής σημειακής φόρτισης: (α) Διαμετρική δοκιμή, (β) Αξονική δοκιμή, (γ) Δοκιμή σε ορθογωνικό δοκίμιο και (δ) Δοκιμή σε ακανόνιστο δοκίμιο. Δεξιά: Τυπικές μορφές αστοχίας του δοκιμίου κατά τη δοκιμή σημειακής φορτίσεως: (α) Αποδεκτή διαμετρική δοκιμή, (β) Αποδεκτή αξονική δοκιμή, (γ) Αποδεκτή δοκιμή σε ορθογωνικό δοκίμιο, (δ) Μη αποδεκτή διαμετρική δοκιμή, (ε) Μη αποδεκτή αξονική δοκιμή.

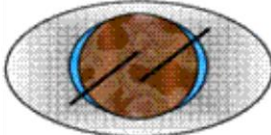

Η αξονική δοκιμή πραγματοποιείται με φόρτιση του δοκιμίου παράλληλα προς τον άξονά του (Σχήμα 10, b). Τα χρησιμοποιούμενα δοκίμια πρέπει να έχουν λόγο ύψους προς διάμετρο 0.3/1.0. Η απόσταση D μεταξύ των ακμών φορτίσεως, που εδώ είναι ίση με το μήκος του δοκιμίου, καταγράφεται με ακρίβεια  $\pm 2$  %. Το πλάτος του δοκιμίου W κάθετα προς τη διεύθυνση φορτίσεως καταγράφεται με ακρίβεια  $\pm 5$  %. Το φορτίο αυξάνεται σταδιακά ώστε το δοκίμιο να αστοχήσει σε χρόνο 10 - 60 sec. Η δύναμη P στην οποία θραύεται ο πυρήνας δίνεται από το δείκτη καταγραφής φορτίου. Η δοκιμή δεν είναι αποδεκτή εάν η επιφάνεια αστοχίας του δοκιμίου διέρχεται μόνο από το ένα σημείο φόρτισης (Σχήμα 10, δεξιά, e).

Η Δοκιμή Ορθογωνικού και Ακανόνιστου Δοκιμίου (Block Test and Irregular Lump Test) πραγματοποιείται σε δοκίμια ορθογωνικής ή ακανόνιστης μορφής που πρέπει να έχουν μέγεθος  $50 \pm 35$  mm και να είναι της μορφής που δίνεται στο Σχήμα 10c και Σχήμα 10d αντίστοιχα. Ο λόγος D/W πρέπει να είναι μεταξύ 0.3 και 1.0 και προτιμάται να πλησιάζει το 1.0. Η απόσταση L (Σχήμα 10γ και Σχήμα 10δ) πρέπει να είναι τουλάχιστο  $0,5W$ . Η απόσταση D μεταξύ των ακμών φορτίσεως καταγράφεται με ακρίβεια  $\pm 2$  %. Το μικρότερο πλάτος του δοκιμίου W κάθετα προς τη διεύθυνση φορτίσεως καταγράφεται με ακρίβεια  $\pm 5$  %. Εάν οι πλευρές του δοκιμίου δεν είναι παράλληλες τότε το W υπολογίζεται ως  $W = (W1 + W2) / 2$  όπως φαίνεται στο Σχήμα 10d. Το φορτίο αυξάνεται σταδιακά ώστε το δοκίμιο να αστοχήσει σε χρόνο 10-60 sec. Η δύναμη P στην οποία θραύεται ο πυρήνας δίνεται από το δείκτη καταγραφής φορτίου. Η δοκιμή δεν είναι αποδεκτή εάν η επιφάνεια αστοχίας του δοκιμίου διέρχεται μόνο από το ένα σημείο φόρτισης.



**Φωτογραφία 20 Δοκίμια ασβεστόλιθου και ψαμμίτη από την περιοχή της Παιανίας έτοιμα για υποβολή σε σημειακή φόρτιση**

Πίνακας 25 Αποτελέσματα σημειακής φόρτισης σε ψαμμίτη

 <p>National Technical University of Athens Mining &amp; Metallurgical Engineering School Engineering Geology &amp; Hydrogeology Lab</p>	<b>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ</b> <b>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS</b> <b>ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ</b> <b>MINING &amp; METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL</b> <b>ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &amp; ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ</b> ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ : ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. ΔΡΟΖΟΣ, τηλ.: 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144 <b>LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY &amp; HYDROGEOLOGY</b> DIRECTOR : ASSISTANT PROF. D. ROZOS, tel.: +30 210 7722116, 210 7724368 Fax 210 7722144			
	<b>ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ</b> <b>POINT LOAD INDEX</b> <b>A.S.T.M. D 5731 - 95</b>			

Στοιχεία δείγματος	Δ3 Νεογενής λεπτόκοκκος σχηματισμός μαργαϊκής και αμμώδους προέλευσης κίτρινου χρώματος										
Θέση	Εκσκαφή Ιατρικού Πάρκου, λεωφόρος Παλαιοπαναγίας πλησίον Αττικής Οδού										
Συντεταγμένες	37°58'42.12" Β 23°52'10.65" Ε										
Α/Α	<b>ΨΑΜΜΙΤΗΣ</b>										
	ΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΠΑΧΟΣΗ (mm)	ΠΛΑΤΟΣ W (mm)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΦΟΡΤΙΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΑΣΗΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ
				De2 (mm <sup>2</sup> )	ΘΡΑΥΣΗΣ F (N)	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is (MPa)	ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is(50) (MPa)	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is(50) (kg/cm <sup>2</sup> )	ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm <sup>2</sup> )	ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (kg/cm <sup>2</sup> )
1,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	92,31	2992,09	4000	1,34	1,04	1,39	14,49	13,23	317,428
2,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	58,43	2992,09	5800	1,94	1,04	2,02	21,02		
3,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	74,97	2992,09	1100	0,37	1,04	0,38	3,99		
4,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	110,9	2992,09	3500	1,17	1,04	1,22	12,68		
5,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	120,76	2992,09	3500	1,17	1,04	1,22	12,68		
6,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	59,18	2992,09	4000	1,34	1,04	1,39	14,49		

**Πίνακας 26 Αποτελέσματα σημειακής φόρτισης  
σε ασβεστόλιθο**

Στοιχεία δείγματος	Δ2 Ασβεστόλιθος προνεογενούς υποβάθρου, με έντονο δίκτυο ασυνεχειών και παρουσία οξειδίων του σιδήρου										
Θέση	Λόφος απέναντι από το ΜΕΚ Πατανίας										
Συντεταγμένες	37°58'28.47" B 23°51'11.13" E										
A/A	<b>ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ</b>										
	ΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΠΑΧΟΣ H (mm)	ΠΛΑΤΟΣ W (mm)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΦΟΡΤΙΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΑΣΗΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ
				De2 (mm2)	ΘΡΑΥΣΗΣ F (N)	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is (MPa)	ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is(50) (MPa)	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is(50) (kg/cm2)	ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ(kg/cm2)	ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ(kg/cm2)
1,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	76,25	2992,09	6500	2,17	1,04	2,26	23,55	20,29	487,013
2,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	87,26	2992,09	3500	1,17	1,04	1,22	12,68		
3,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	113,23	2992,09	6000	2,01	1,04	2,09	21,74		
4,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	95,25	2992,09	4000	1,34	1,04	1,39	14,49		
5,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	109,24	2992,09	2000	0,67	1,04	0,70	7,25		
6,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	69,29	2992,09	9000	3,01	1,04	3,13	32,61		
7,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	73,97	2992,09	7500	2,51	1,04	2,61	27,18		
8,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	62,29	2992,09	3500	1,17	1,04	1,22	12,68		
9,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	83,30	2992,09	6000	2,01	1,04	2,09	21,74		
10,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	100,40	2992,09	8000	2,67	1,04	2,78	28,99		



**Πίνακας 27 Αποτελέσματα σημειακής φόρτισης σε  
σχιστόλιθο**

Στοιχεία δείγματος	Δ4 Σχιστόλιθος προναογεινούς υποβάθρου, πράσινου χρώματος μεγάλης σκληρότητας και έντονα κερματισμένος										
Θέση	Λόφος Πυργάθι										
Συντεταγμένες	37°57'37.65"Β 23°51'45.52"Ε										
A/A	<b>ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ</b>										
	ΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΠΑΧΟΣ H (mm)	ΠΛΑΤΟΣ W (mm)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΦΟΡΤΙΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΑΣΗΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ
				De2 (mm2)	ΘΡΑΥΣΗΣ F (N)	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is (MPa)	ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is(50) (MPa)	ΦΟΡΤΙΣΗΣ Is(50) (kg/cm2)	ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ(kg/cm2)	ΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ(kg/cm2)
1,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	70,62	2992,09	18000	6,02	1,04	6,26	65,22	34,97	839,227
2,00	ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ	54,7	75,01	2992,09	10600	3,54	1,04	3,69	38,41		
3,00	ΑΞΟΝΙΚΗ	54,7	15,39	2992,09	5000	1,67	1,04	1,74	18,12		
4,00	ΑΞΟΝΙΚΗ	54,7	17,05	2992,09	5000	1,67	1,04	1,74	18,12		

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ**