

# ΜΟΝΤΜΟΡΙΛΛΟΝΙΤΙΚΕΣ ΑΡΓΙΛΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ (ΓΕΩΛΟΓΙΑ — ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ)

Ύ π ό

Β. ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ

**Σύνοψη:** Στο πλαίσιο της γεωλογικής-γεωτεχνικής έρευνας, πού εκτελέστηκε στη Μυτιλήνη για τή θεμελίωση του νέου Μουσείου, διαπιστώθηκε ή παρουσία διογκουμένων άργιλικών ύλικών στο χώρο πού έγιναν οί έρευνητικές γεωτρήσεις. Ή παρουσία τους ύποδηλώθηκε άρχικά από τίς ύψηλές τιμές των όρίων Atterberg, πού βρέθηκαν κατά τίς έργαστηριακές δοκιμές, ενώ από τίς πετρογραφικές εξετάσεις (μέ περιθλασιμετρία άκτίνων Χ) επιβεβαιώθηκε ότι τό κύριο άργιλικό όρυκτό στη λεπτομερή φάση ήταν ό μοντμοριλλονίτης (μαζί μέ ίλλίτη ή καολινίτη).

Ήπειδή ή παρουσία του άργιλικού αυτού όρυκτου έπηρεάζει τή μηχανική συμπεριφορά του έδάφους θεμελιώσεως, μελετήθηκαν τά χαρακτηριστικά (φυσικά και μηχανικά) των έδαφικών στρωμάτων σε δοκίμια πού έλήφθηκαν από άδιατάρακτα δείγματα των γεωτρήσεων (κοκκομετρήσεις, φυσ. ύγρασία, όρια Atterberg, δοκιμές συμπίεστότητας, δοκιμές σε άνεμπόδιση και τριαξονική θλίψη, δοκιμές διατμήσεως). Τά άποτελέσματα των έργαστηριακών δοκιμών άξιολογήθηκαν σε συσχετισμό μέ τά διαθέσιμα δεδομένα από τήν έλληνική και διεθνή βιβλιογραφία και συνεκτιμήθηκαν μέ τά πορίσματα από τίς γεωλογικές παρατηρήσεις στην εύρύτερη περιοχή και μέ τά άποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών.

Διαπιστώθηκε έτσι ότι οί τιμές πού προσδιορίστηκαν για τά όρια Atterberg, τή διόγκωση, τό δείκτη Cc, τό πορώδες (λόγω κενών) και τήν ενεργότητα, (activity) άνταποκρίνονται στην παρουσία ενός μη Na—μοντμοριλλονίτου (πιθανώτατα Ca—μοντμοριλλονίτου), ό όποιος προσδίδει περιωρισμένου εύρους χαρακτηριστικά διογκώσεως στην άργιλική φάση, παρά τήν ύψηλή περιεκτικότητα στο όρυκτό αυτό. Ή γένεση, έξ άλλου, του μοντμοριλλονίτου κρίνεται ότι πιθανώτατα όφείλεται στην ύδροθερμική έξαλλοίωση των ήφαιστειακών λαβών, πού παρουσιάζουν έκτεταμένη έξάπλωση στην εύρύτερη περιοχή.

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τήν έκτέλεση της γεωτεχνικής έρευνας στο χώρο θεμελιώσεως του Μουσείου Μυτιλήνης επισημάνθηκαν κατά τίς έργαστηριακές δοκιμές ύψηλές τιμές σε ώρισμένα φυσικά χαρακτηριστικά των άργιλικών δειγμάτων, πού έλήφθηκαν από τίς γεωτρήσεις. Συγκεκριμένα προσδιορίστηκαν πολύ ύψηλές τιμές των όρίων Atterberg, όπως LL:100—127%, οί όποιες προδίκάζαν τήν παρουσία ισχυρώς διογκουμένου άργιλικού όρυκτου.

Γιά νά έλεγχθει ή ύπόθεση αυτή και νά διερευνηθούν πληρέστερα οί έδαφοτεχνικές συνθήκες ή άργιλική φάση ώρισμένων δειγμάτων ύποβλήθηκε σε όρυκτολογικές εξετάσεις σε παρασκευάσματα κόνεως μέ τή μέθοδο της περιθλασιμετρίας άκτίνων Χ. Διαπιστώθηκε έτσι ή παρουσία του όρυκτου μοντμοριλλονίτου σε όλα τά δείγματα πού εξετάστηκαν. Σημειώνομε ότι στα δείγματα αυτά ό

μοντμοριλλονίτης ήταν πάντοτε σέ περιεκτικότητα άνω του 50% τής άργιλικής φάσεως καί συνοδευόταν από άλλα άργιλικά όρυκτά (καολινίτης, ιλλίτης), ενώ στό σύνολο τής λεπτοκόκκου φάσεως συμμετείχαν, πλίν τών άργιλικών, καί άλλα όρυκτά, κρυσταλλικά καί μή.

“Όπως είναι γνωστό, ό μοντμοριλλονίτης, μέ τίς χαρακτηριστικές του ιδιότητες, έπηρεάζει μέ τήν παρουσία του τή μηχανική συμπεριφορά τών έδαφών καί μπορεί νά δημιουργήσει έτσι δυσμενείς συνθήκες στίς περιπτώσεις θεμελιώσεως τεχνικών έργων. ‘Η έπισήμανση άκριβώς του άργιλικού αυτού όρυκτου, στήν περιοχή τής Μυτιλήνης πού έρευνήθηκε, αποτέλεσε πρόσθετο λόγο γιά τή λεπτομερέστερη διερεύνηση τών φυσικών καί μηχανικών χαρακτηριστικών τών έδαφικών στρωμάτων, επί τών όποιων θά θεμελιωθεί τό Μουσείο Μυτιλήνης.

## II. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ

### I. Άνωπαλαιοζωϊκοί - Κατωμεσοζωϊκοί σχηματισμοί

Οί παλαιότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί πού έχουν διαπιστωθεί στή νήσο Λέσβο είναι ή πτυχωμένη σειρά φυλλιτών καί μαρμάρων Λιθανθρακοφόρου ήλικίας, μέ σαφή κλαστικό χαρακτήρα καί άσθενή μεταμόρφωση (ήμιμεταμορφωμένοι άρκόσες, ψαμμίτες καί άργιλικοί σχιστόλιθοι μέ ένστρώσεις καί φακούς μαρμάρων). Κατά θέσεις άπαντούν σημαντικό πάχος στρώματα συμπαγών πρασινοσχιστολίθων, πού προέρχονται κατά ένα μέρος τουλάχιστον από τήν άσθενή μεταμόρφωση καί σχιστοποίηση βασικών έκρηξιγενών πετρωμάτων (βαθυγενών ή ύποφαιστειακού τύπου) καί συνοδεύονται σέ μικρότερη έκταση από πυριτικούς σχιστολίθους.

‘Η σειρά αυτή έχει σαφή ήφαιστειο-ίζηματογενή χαρακτήρα καί υπενθυμίζει ανάλογους σχηματισμούς του Μεσοζωϊκού μέ σχιστοψαμμιτικό χαρακτήρα. Πρός τά άνω συνεχίζεται χωρίς διακοπή ή σειρά μέ τίς ίδιες λιθολογικές φάσεις (κλαστικά ιζήματα καί πρασινοσχιστόλιθοι), ενώ στους άνώτερους όρίζοντες επικρατεί μέ σαφήνεια ή άνθρακική φάση μέ τεφρόλευκα ή τεφροκύανα μάρμαρα καί δολομίτες, πού συνοδεύονται πάντοτε από πρασινοσχιστολίθους. (Περμολιθανθρακοφόρο).

‘Η ίζηματογένεση συνεχίζεται πάλι με σχιστολιθικές - φυλλιτικές σειρές (κλαστικές φάσεις καί πρασινοσχιστόλιθοι) καί μάζες μαρμάρων καί δολομιτών (Περμοτριάδικής ήλικίας). Οί άνθρακικές φάσεις επικρατούν πλέον στό Τριαδικό, όπου συνοδεύονται μέ φυλλιτικές ένστρώσεις μικρού πάχους.

Νεώτεροι ίζηματογενείς μεσοζωϊκοί (Ίουρασικοί-Κρητιδικοί) σχηματισμοί δέν έχουν διαπιστωθεί μέχρι σήμερα στή Λέσβο. Οί έκτεταμένες εμφανίσεις βασικών έκρηξιγενών πετρωμάτων, πού άπαντούν, άνήκουν κυρίως στό “Άνω-Παλαιοζωϊκό, μέ τά ιζήματα του όποιου συνδέονται συνήθως στενά.

‘Επικρατούν οί περιδοτίτες, πυροξενικοί σερπεντινωμένοι, ενώ οί όλιβινίτες έχουν περιωρισμένη έκταση. Οί ύπο-ηφαιστειακοί τύποι εμφανίζονται συνήθως μέ άσθενή μεταμόρφωση καί σχιστοποίηση, ή όποία διευκολύνεται καί από τίς ιδιαίτερες συνθήκες τής διαδικασίας άνόδου του μάγματος καί τής τοποθέτησεως  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη “Θεόφραστος” - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

των σωματων του πετρώματος στο ευρύτερο περιβάλλον της λεκάνης ιζηματογενέσεως.

## 2. ΟΙ ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Έπειτα από ένα ευρύτατο στρωματογραφικό κενό ιζηματογενέσεως (ή καθολική διάβρωση των ένδεχομένων αποτεθέντων ενδιαμέσων στρωματογραφικών οριζόντων κρίνεται μάλλον άπίθανη) άρχισε κατά τό Νεοτριτογενές ή τελευταία περίοδος ιζηματογενέσεως, πού συνδυάστηκε καί αυτή μέ έκτεταμένες έκχύσεις ήφαιστειακών λαβών.

Από τό Νεογενές έχει διαπιστωθεί ή παρουσία πλειοκαινικής σειράς, πού στους καλύτερους ορίζοντες έχει κυρίως άργιλομαργαϊκές αποθέσεις καί ψαμμίτες άπολιθωματοφόρους, ένώ στα άνωτερα επικρατεί ή άσβεστομαργαϊκή φάση μέ τεφρολεύκους άσβεστολίθους, πού χαρακτηρίζονται σάν φάση γλυκών υδάτων.

Η νεώτερη ήφαιστειότητα του Νεογενούς άποτελεί κύριο χαρακτηριστικό στη γεωλογική εξέλιξη της περιοχής καί τά προϊόντα της εκάλυψαν μέγιστο τμήμα της νήσου. Ο χημισμός των λαβών παρουσιάζει ευρύ φάσμα από τους όξινους ρυολιθικούς τύπους μέχρι τις βασαλτικές καί άνδευσιτικές έκχύσεις. Η ήφαιστειακή δράση συνοδεύεται καί από τήν άπόθεση τόφφων καί τό σχηματισμό ίγνιμβριτών καί μαγματικών λατυποπαγών. Χαρακτηριστικά είναι τά φαινόμενα καολινώσεως των ήφαιστιτών πού σε όρισμένες περιοχές σχηματίζει ευδιάκριτες ζώνες ευάποσαθρώτου ήφαιστειακού υλικού ή φωλεές έντός συνεκτικού ήφαιστίτου. Η γένεση του υλικού αυτού όφείλεται κυρίως σε ένδογενείς (υδροθερμικούς) παράγοντες, φαίνεται όμως ότι καί υπεργενετικές διαδικασίες παρεμβαίνουν στο μηχανισμό αλλοιώσεως του πετρώματος. Ο μηχανισμός αυτός οδηγεί τελικά στην καταστροφή (σε σημαντικό ποσοστό) των άρχικών όρυκτων καί τόν σχηματισμό δευτερογενών φυλλωδών όρυκτων (1, 6, 7).

Η διαπιστωθείσα παρουσία του μοντοριλλονίτου στην άργιλική φάση των νεογενών ιζημάτων στην περιοχή πού έρευνηθήκε είναι πολύ πιθανό νά συνδέεται μέ τήν υδροθερμική αλλοίωση των ήφαιστιτών, πού αναφέραμε πιο πάνω. Η έπιβεβαίωση της άπόψεως αυτής προϋποθέτει τήν άκριβή χρονολόγηση Νεογενών ιζημάτων καί ήφαιστιτών καί κυρίως τή διερεύνηση της χρονικής σχέσης γενέσεως των δύο αυτών σχηματισμών.

Ένδεικτική στο σημείο αυτό είναι ή παρουσία θερμών πηγών στην περιοχή Πολυχνίτου καί Λεσβορίου (μέ θερμοκρασία περίπου 80°).

Υποδηλώνεται έτσι ύψηλη γεωθερμική βυθίδα καί ένισχύεται ή άποψη ότι ή ήφαιστειακή δραστηριότητα εξακολούθησε, μέ όποιοδήποτε τρόπο, μέχρι τό Παλαιοτεταρτογενές.

Στους τεταρτογενείς σχηματισμούς περιλαμβάνονται οί παλαιότερες χειμάρριες αποθέσεις, πού κατά θέσεις είναι συγκεκολλημένες, κώνοι κορημάτων καί πλευρικά κορήματα, μανδύας άποσαθρώσεως, προσχώσεις χαμηλών περιοχών καί παράκτιες άμμοι καί κροκαλοπαγή. Είναι σχηματισμοί ήπειρωτικών φάσεων, μέ κύριο χαρακτηριστικό τήν ταχεία μεταβολή, πλευρικά καί κατακόρυφα, στη λιθολογική ή τήν κοκκομετρική σύσταση.

### 3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ἡ Τεκτονική τῆς περιοχῆς χαρακτηρίζεται ἀπό τήν παρουσία δύο κυρίων ἄξόνων διαρρήξεως, πού διευθύνονται Α-Δ καί ΒΑ-ΝΔ. Οἱ ἐμφανεῖς παράκτιες μεταπτώσεις ἀκολουθοῦν τούς ἄξονες Α-Δ καί Β-Ν ἕως ΒΔ-ΝΑ. Συνεπῶς τό σύστημα τῆς διαρρήξεως ἀκολουθεῖ ἄξονες πού τέμνουν διαγωνίως ἢ εἶναι παράλληλοι πρὸς τούς κυρίους ἄξονες πτυχώσεως τῶν σχηματισμῶν τοῦ ὑποβάθρου (ἐγκάρσια καί ἐπιμήκη ρήγματα).

### III. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ

Ὅπως εἶναι γνωστό ὁ ὅρος μοντμοριλλονίτης χρησιμοποιεῖται μέ τρεῖς ἔννοιες:

- (α) γιά νά ὑποδηλώσει τήν ομάδα τῶν ἐνῶδρων πυριτικῶν ἐνώσεων — στό σύνολό της.
- (β) γιά νά ὑποδηλώσει τήν ἰδιαίτερη ὑπο-ομάδα πού περιλαμβάνει ὄρυκτά μέ ὀξειδια κυρίως τοῦ πυριτίου καί ἀργιλίου καί λιγώτερο τοῦ μαγνησίου καί ἀντικατάσταση τῆς ἀλούμινας ἀπό ὀξειδία σιδήρου.
- (γ) γιά νά ὑποδηλώσει τό ἰδιαίτερο ὄρυκτό πού ἀνταποκρίνεται κατά προσέγγιση στή σύνθεση τοῦ ὄρυκτοῦ στό ὁποῖο δόθηκε γιά πρώτη φορά τό ὄνομα αὐτό (Damour καί Salvétat 1847,  $-4SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot (1+X)H_2O$ ). Μέ τήν ἔννοια ἀκριβῶς αὕτη χρησιμοποιεῖται καί ἐδῶ ὁ ὅρος μοντμοριλλονίτης, γιά νά ὑποδηλώσει ἕνα συγκεκριμένο ὄρυκτό, μέ τά φυσικά καί μηχανικά χαρακτηριστικά πού περιγράφουμε περαιτέρω.

Εἶναι γνωστό ὅτι τό πλέγμα τοῦ μοντμοριλλονίτου παρουσιάζει φυλλώδη δομή καί ἡ στοιχειώδης κυψελίδα ἀποτελεῖται ἀπό ἕνα ὀκτάεδρο ὀξειδίου τοῦ ἀργιλίου πού παρεμβάλλεται μεταξύ δύο πυριτικῶν τετραέδρων.

Τά τετράεδρα καί τά ὀκτάεδρα συνδυάζονται μέ τρόπο ὥστε νά σχηματίζονται κοινά φύλλα ἀπό τρεῖς κορυφές τοῦ τετραέδρου καί τό ὕδροξύλιο τοῦ ὀκτάεδρου. Τό κύριο χαρακτηριστικό στή δομή τοῦ μοντμοριλλονίτου εἶναι ὅτι τό νερό καί ἄλλα πολωμένα μόρια μποροῦν νά εἰσέρχονται ἀνάμεσα στά στοιχειώδη φύλλα, προκαλώντας ἔτσι τή διαστολή τοῦ πλέγματος κατά τή διεύθυνση τοῦ ἄξονα C.

Ἀναλλάξιμα κατιόντα ἀπαντοῦν μεταξύ τῶν πυριτικῶν τετραέδρων καί ἀπό τή φύση τῶν κατιόντων αὐτῶν ἐξαρτᾶται καί τό πάχος τῶν στρωμάτων τοῦ νεροῦ μεταξύ τῶν τετραέδρων. Οἱ ὑποκαταστάσεις τῶν ἰόντων στό πλέγμα εἶναι πολύ συνήθεις καί ἔχει ἀποδειχθεῖ ὅτι σέ μεντονιτικές ἀργίλους ἀπαντοῦν μείγματα μοντμοριλλονιτικῶν τύπων μέ δύο ἢ περισσότερες ομάδες κατιόντων καί ἐπομένως μέ διαφορετικό βαθμό ἐνυδατώσεως. Οἱ δεσμοί μεταξύ τῶν δομικῶν μονάδων τοῦ μορίου εἶναι χαλαροί καί τό ὄρυκτό χαρακτηρίζεται ἀπό ἀστάθεια, ἰδίαιτερα μέ τήν παρουσία νεροῦ. Τό προσροφώμενο νερό παρεμβάλλεται μεταξύ τῶν δομικῶν μονάδων (ὀκταέδρων καί τετραέδρων) καί προκαλεῖ τή διόγκωση τοῦ μορίου. Ἐξηγεῖται ἔτσι ἡ ὑψηλή πλαστικότητα καί ἡ χαμηλή ἐσωτερική τριβή τοῦ ὄρυκτοῦ.

Στήν περίπτωση τῆς Μυτιλήνης ἡ ὄρυκτολογική σύσταση διερευνήθηκε

ἀκτινογραφικά με περιθλασιμετρία ἀκτίνων X καί ἀποδείχθηκε ἔτσι ἡ παρουσία τοῦ διοκταεδρικοῦ μὴ σιδηρούχου σμεκτίτου (συνήθους μοντμοριλλονίτου) μαζί με ἄλλα φυλλοπυριτικά ὄρυκτά. Ἡ διάγνωση βασίστηκε σέ προσανατολισμένα—κορεσμένα με Mg., γλυκερίνη καί ψημένα στοὺς 250° C παρασκευάσματα (ἐργαστηριακή ἐξέταση καί γωμάτευση Κ.Π. Ζάγκαλη, τοῦ Ἐργαστηρίου Ὀρυκτολογίας-Πετρογραφίας Ι.Γ.Μ.Ε).

Συνολικά ἐξετάστηκαν 10 δείγματα γεωτρήσεων: Γ1 (2,00—2,70), Γ1 (7,00—7,30), Γ1 (10,50—10,80), Γ1 (13,00—13,60), Γ1 (19,60—20,20), Γ2 (6,20—6,80), Γ2 (3,00—3,60), Γ2 (18,00—18,60), Γ3 (6,00—6,60), Γ3 (3,30—3,95).

Διαπιστώθηκε ὅτι ἡ ποιοτική καί ποσοτική σύσταση τῶν δειγμάτων πού ἐξετάσθηκαν ἦταν περίπου ἡ ἴδια, με ἀσήμαντες μόνο ποσοτικές διαφορές στά ἐπί μέρους συστατικά. Τά φυλλοπυριτικά ὄρυκτά πού προσδιορίστηκαν εἶναι:

Μοντμοριλλονίτης διοκταεδρικός (μὴ σιδηρούχος σμεκτίτης), ἰλλίτης, καο-λίτης, σέ ἀναλογία ἀντιστοίχως 1:0,57:0,22.

Διαπιστώθηκε ἐπίσης ἡ παρουσία χαλαζίου (σέ ποσοστό πού ἔφθασε τά 20-30%), ἀσβεστίου, ἀστρίων καθώς καί σέ ἀσήμαντο ποσοστό ἀμόρφων συστατικῶν (ὄξειδια σιδήρου καί πυριτίου). Ὑπολογίσθηκε ὅτι ἡ συγκέντρωση τῶν φυλλοπυριτικῶν ὄρυκτῶν ὑπερβαίνει τό μισό τοῦ δείγματος, ἐνῶ σύμφωνα με τήν κοκκομετρική ἀνάλυση ἡ ἄργιλος φθάνει τά 65-75%, στήν ἀργιλική ὁμως φάση συμπεριλαμβάνονται καί ἄλλα λεπτόκοκκα μὴ ἀργιλικά ὄρυκτά (χαλαζίας κ.λ.π.).

#### IV. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

##### 1. Γενικά

Ὅπως ἀναφέρθηκε, ἀπό τήν ἀκτινογραφική ἔρευνα δοκιμίων τῆς ἀργιλικῆς φάσεως ἀπό τά δείγματα τῶν γεωτρήσεων, διαπιστώθηκε ἀρχικά ἡ παρουσία ἐνός μὴ σιδηρούχου διοκταεδρικοῦ μοντμοριλλονίτου. Παράλληλα, προσδιορίστηκαν τά φυσικά καί μηχανικά χαρακτηριστικά τῶν ἀργιλικῶν δοκιμίων με μία σειρά δοκιμῶν σέ μεγάλο ἀριθμό δειγμάτων τῶν γεωτρήσεων.

Ἡ ἀξιολόγηση τῶν ἀποτελεσμάτων τῶν ἐργαστηριακῶν δοκιμῶν καί ἡ διερεύνηση τῶν σχέσεων μεταξύ τῆς ὀρυκτολογικῆς συστάσεως τῶν ἀργίλων καί τῶν φυσικῶν καί μηχανικῶν ἰδιοτήτων τους, παρουσιάζει ὀρισμένες δυσχέρειες, σημαντικώτερη ἀπό τίς ὁποῖες εἶναι ἡ μὴ καθαρότητα τοῦ δοκιμίου. Τό ὑλικό δηλ. πού ἐρευνήθηκε δέν ἦταν μονόμικτο καί ὁ μοντμοριλλονίτης δέν ἦταν τό μοναδικό φυλλοπυριτικό ὄρυκτό, ἐνῶ παράλληλα συνυπῆρχε καί ἡ μὴ ἀργιλική παραγένεση (ἀσβεστίτης, χαλαζίας κ.λ.π.).

Σχετικά με τίς συνθήκες σχηματισμοῦ τῶν μοντμοριλλονιτῶν ἔχει ἀποδειχθεῖ ὅτι τά ὄρυκτά αὐτά μποροῦν νά σχηματισθοῦν συνθετικῶς ἀπό μίγματα ὀξειδίων σέ σχετικῶς χαμηλές θερμοκρασίες καί πιέσεις (5). Στή λύση σχηματίζονται κατά τήν ὑδροθερμική ἐξαλλοίωση ποικίλων τύπων πετρωμάτων (ἰδιαίτερα τῶν ἠφαιστιτῶν) καθώς καί κατά την υπεργενετική διαδικασία ἐξαλλοιώσεως καί ἀποσαθρώσεως ποικίλων μητρικῶν πετρωμάτων, κατά τήν ὁποία τό εἶδος τοῦ ἀργιλικοῦ

όρυκτου πού σχηματίζεται, εξαρτάται κυρίως από τό είδος του μητρικού πετρώματος και τίς κλιματικές και τοπογραφικές συνθήκες. Τέλος, είναι γνωστό ότι ό μοντμοριλλονίτης άνευρίσκεται στά σύγχρονα ιζήματα όρισμένων θαλασσίων λεκανών (Κόλπος του Μεξικού), ενώ σε παλαιότερα ιζήματα είναι γενικά, σε μικρότερη περιεκτικότητα. Έχει διαπιστωθεί σχετικά ότι ό μοντμοριλλονίτης είναι κοινό συστατικό πολλών άργιλικών σχιστολίθων μεσοζωϊκής ή νεώτερης ήλικίας.

Γιά τή διερεύνηση των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών της άργιλικής φάσεως των έδαφικών αποθέσεων έγιναν συστηματικές δοκιμές (στό Έργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας ΙΓΜΕ) επί άδιατάρακτων δειγμάτων των γεωτρήσεων Γ1, Γ2, Γ3.

Προσδιορίστηκαν έτσι: ή φυσική ύγρασία, ή κοκκομετρική σύσταση (κόσκινα και άραιόμετρα), τά όρια Atterberg, ή άντοχή σε τριαξονική θλίψη (c και φ) και ή άντοχή σε διάτμηση (c και φ, όπου ήταν δυνατή ή μόρφωση δοκιμίων) και ή άντοχή σε άνεμπόδιση θλίψη. Έγιναν, τέλος, δοκιμές συμπίεστότητας, προσδιορίστηκαν οί παράμετροι cc και eo και μελετήθηκε ή διόγκωση του άργιλικού υλικού και ή συνοδεύουσα αυτήν τάση διογκώσεως.

Στά έπόμενα περιγράφονται τά συμπεράσματα, πού προέκυψαν από τήν άξιολόγηση των άποτελεσμάτων των έργαστηριακών δοκιμών, σε συνδυασμό μέ όρισμένα θεωρητικά δεδομένα και μέ γνωστά από τή διεθνή βιβλιογραφία σχετικά στοιχεία.

## 2. Όρια Atterberg

Είναι γνωστό ότι τό εύρος κυμάνσεως του όριου πλαστικότητας είναι μεγάλο για τά άργιλικά όρυκτά και ιδιαίτερα για τούς μοντμοριλλονίτες και άλλουσίτες. Η κύμανση των τιμών οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως είναι οί έγγενεις διαφορές στη δομή και τή σύσταση του πλέγματος του άργιλικού όρυκτου, και οί κυμάνσεις στα περιεχόμενα άνταλλάξιμα κατιόντα. Σημειώνεται επίσης ότι στους Na-και Li - μοντμοριλλονίτες δέν υπάρχει σαφές όριο μεταξύ πλαστικής-μή πλαστικής καταστάσεως, σε άντίθεση μέ μοντμοριλλονίτες μέ άλλα κατιόντα, όπου τό όριο πλαστικότητας είναι έντοπισμένο σε στενή μάλλον περιοχή.

Τό εύρος επίσης κυμάνσεως των τιμών του όριου ύδαρότητας για τίς διάφορες ομάδες άργιλικών όρυκτων είναι άκόμη μεγαλύτερο, συγκριτικά μέ τίς κυμάνσεις του όριου πλαστικότητας. Οί Na-και Li — μοντμοριλλονίτες είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν υπερβολικά μεγάλες τιμές LL, οί όποίες μάλιστα είναι δύσκολο να προσδιοριστούν μέ άκρίβεια λόγω τής θιξοτροπίας του όρυκτου. Οί τιμές LL στους μοντμοριλλονίτες έπηρεάζονται από τούς ίδιους παράγοντες πού αναφέραμε για τό όριο PL. Αντιθέτως, προσμίξεις ίλλίτου σε ουσιώδη ποσοστά (π.χ. 25%), ενώ δέν έπηρεάζουν τίς τιμές PL, έλαττώνουν σημαντικά τίς τιμές LL. Ακόμη, είναι γνωστό ότι οί Na-και Li — μοντμοριλλονίτες παρουσιάζουν πολύ ύψηλότερες τιμές LL και PL σε σχέση μέ άλλους μοντμοριλλονίτες (Ca, K, Mg, κ.λ.π.).

Τό ἴδιο πολύ ὑψηλές τιμές δίνουν οἱ Li-Na-μοντμοριλλονίτες γιά τόν δείκτη πλαστικότητας (μεταξύ 300-600), ἐνῶ οἱ συνήθεις τιμές γιά τούς περισσότερους μοντμοριλλονίτες εἶναι μεταξύ 75-125).

Τό μέγεθος τῶν κόκκων ἐπηρεάζει βεβαίως κατ' ἀντίστροφο λόγο τίς τιμές τῶν ὀρίων Atterberg, οἱ ὁποῖες ἐπηρεάζονται ἐπίσης καί ἀπό τήν ὀλοκληρωτική ξήρανση τοῦ δείγματος, πού μπορεῖ νά καταστρέψει τίς κολλοειδεῖς ιδιότητες καί τήν ἱκανότητα διογκώσεως τοῦ μοντμοριλλονίτου.

Μία ἄλλη χαρακτηριστική παράμετρος εἶναι ἡ ἐνεργότητα (activity), πού ὀρίζεται σάν ὁ λόγος τοῦ δείκτη πλαστικότητος πρὸς τό βάρος τοῦ ξηροῦ κλάσματος μικρότερου τῶν 2μ σέ ποσοστό % τοῦ ὄλου δείγματος. Ὁ δείκτης αὐτός εἶναι μέγανος σέ περιπτώσεις ἀργιλικῶν ὀρυκτῶν μέ ὑψηλή ἱκανότητα διογκώσεως, μέ μεγάλη συμπιεστότητα ὑπό φόρτιση καί ὑψηλή ἱκανότητα ἀνταλλαγῆς κατιόντων καί ἐπομένως ἡ τιμή του ἐξαρτᾶται σημαντικά ἀπό τό ἀνταλλάξιμο κατιόν. Σέ πολύ ὑψηλές τιμές τοῦ δείκτη ἀναμένονται ἐπομένως προβλήματα κατὰ τίς θεμελιώσεις τεχνικῶν ἔργων.

Ἐχει ἀποδειχθεῖ ὅτι οἱ ὑψηλές τιμές τοῦ δείκτη πλαστικότητας γιά τούς μοντμοριλλονίτες (ἰδιαίτερα τούς Na) ὀφείλεται στόν ὑψηλό βαθμό διασπορᾶς αὐτῶν σέ πολύ μικρά σωματίδια, πού πλησιάζουν τό πάχος τῆς στοιχειώδους κυψελίδος, καθώς καί στίς χαμηλές ἑλκτικές δυνάμεις πού ἄσκει τό Na μεταξύ τῶν σωματιδίων καί ἀκόμη στό ὅτι ἐπιτρέπουν τήν ἀνάπτυξη μέγανου πάχους ὑμενίων προσροφουμένου ὕδατος (μέ τόν προσανατολισμό τῶν μορίων του).

Οἱ μοντμοριλλονιτικές ἀργίλοι τῆς Μυτιλήνης ἔδωσαν χαμηλές γενικά τιμές γιά τά ὄρια Atterberg. Ἐτσι, οἱ τιμές ὀρίου ὕδαρότητας κυμαίνονται στά διάφορα βάθη καί τίς διάφορες θέσεις τῶν γεωτρήσεων μεταξύ 60-127%, ἀνάλογα μέ τήν περιεκτικότητα σέ μοντμοριλλονίτη (πιθανῶτα οἱ κατώτερες τιμές ἀνταποκρίνονται σέ δείγματα μέ ἐλάχιστο ἢ καθόλου μοντμοριλλονίτη). Οἱ ὑψηλότερες τιμές ἀνταποκρίνονται στίς ἀργιλικές φάσεις τίς πλουσιότερες σέ μοντμοριλλονίτη καί μέ μικρότερο ποσοστό προσμίξεων ἄλλων ἀργιλικῶν ὀρυκτῶν (πού γενικά ὑποβιβάζουν τίς τιμές LL).

Ἀπό τή σύγκριση τῶν τιμῶν LL τῶν ἀργίλων Μυτιλήνης μέ τά διαθέσιμα βιβλιογραφικά δεδομένα διαπιστώνομε ὅτι οἱ τιμές LL τῶν ἀργίλων Μυτιλήνης ἀντιστοιχοῦν στίς τιμές πού δίνονται γιά Ca-μοντμοριλλονίτες (5), εἶναι δέ αἰσθητά ἀνώτερες γιά τίς τιμές πού δίνονται γιά τίς διογκούμενες ἀργίλους τῆς Ρουμανίας (8).

Οἱ τιμές PL κυμαίνονται μεταξύ 22-38% καί ἐνῶ στίς γεωτρήσεις Γ<sub>1</sub>, Γ<sub>2</sub> οἱ τιμές PL παρακολουθοῦσαν γενικά τίς ἀξιοσημειώσεις τῶν τιμῶν LL, δέν συμβαίνει τό ἴδιο καί γιά τά δείγματα τῆς γεωτρήσεως Γ<sub>3</sub>. Ἀξιοσημειῶτο πάντως εἶναι ὅτι οἱ τιμές πού βρέθηκαν γιά τό ὄριο πλαστικότητας εἶναι χαμηλές, καί εἶναι κάτω ἀπό τά ὄρια πού δίνονται στή βιβλιογραφία γιά τούς μοντμοριλλονίτες γενικά (Ca-μοντμοριλλονίτης: PL:65—79%, Mg-μοντμ:50—73%). Ἀντιστοιχοῦν περισσότερο σέ μίγματα ἰλλίτου ἢ καοιλίνιτου μέ μικρά (5-10%) ποσοστά μοντμοριλλονίτου (26-33%), τοῦτο ὅμως δέν συμφωνεῖ μέ τά ἀποτελέσματα τῶν ὀρυκτολογικῶν προσδιορισμῶν, ὅπου διαπιστώθηκε ὅτι ὁ μοντμοριλλονίτης ἦταν τό κύριο ὀρυκτολογικό συστατικό τῆς ἀργιλικῆς φάσεως (βλ. προηγουμένως).

Τέλος, οί τιμές του δείκτη πλαστικότητας κυμαίνονται μεταξύ 44-94%, και βρίσκονται γενικά προς τό κατώτερο όριο των συνήθων τιμών των μοντμοριλλονιτών (75-125%).

Αυτό πρέπει νά αποδοθει πρώτα στό είδος του κατιόντος του μοντμοριλλονίου (πιθανάτα Ca), άλλα και στην παρουσία των άλλων άργιλικών όρυκτων, τά όποια ύποβιβάζουν την τιμή PL του μίγματος (μέ τον ύποβιβασμό των άντιστοιχων τιμών LL).

### 3. Διογκωσιμότητα

#### 3.1. Ό Μηχανισμός της διογκώσεως

Ό ιδιότητα αυτή εξαρτάται κυρίως από τό ποσοστό του μοντμοριλλονίου στό έδαφικό ύλικό. Οί βασικοί παράγοντες που προκαλούν την διογκωση είναι πρώτα ή όσμωτική προσρόφηση του νερού στό διαστελλόμενο πλέγμα του άργιλικού όρυκτου (π.χ. μεταξύ των πυριτικών τετραέδρων του μοντμοριλλονίου) και κατά δεύτερο λόγο ή έλάττωση της πιέσεως των τριχοειδών, που προκαλείται από την αύξηση του πάχους του ύμενίου.

Τό νερό που προσροφάται στό πλέγμα μπορεί νά είναι είτε ύπεδαφικό νερό, είτε ύδρατμοί του ύγρου άέρα. Ό διογκωση είναι βαθμιαία, άκολουθει τό ρυθμό της προσροφήσεως του νερού και διαρκεί επί μακρό χρονικό διάστημα μέχρι νά φθάσει τό όριστικό σημείο. Όπως έχει άποδειχθει από εργαστηριακές δοκιμές ό ρυθμός προσροφήσεως του νερού είναι ύψηλός στό πρώτο στάδιο της διογκώσεως και επιβραδύνεται στη συνέχεια, ενώ συγχρόνως αρχίζει νά εμφανίζεται ή τάση διογκώσεως. Στους μετεονίτες γενικά ή προσρόφηση μπορεί νά συνεχίζεται επί 1 έβδομάδα (3,5).

Ό διογκωση της άργίλου, όπως είναι γνωστό, συνοδεύεται από έλαφρά συστολή του συνολικού όγκου των δύο συστημάτων: στερεού και νερού, παρ' ότι έχομε αύξηση του όγκου του στερεού. Ό συστολή συνδέεται βασικά μέ την συμπεισιμότητα του νερού κατά την διάρκεια της προσροφήσεως, που όφείλεται πιθανώς σε προσανατολισμό και αναδιάταξη των μορίων του νερού (3,5).

Ό έχει άποδειχθει επίσης ότι ή διογκωση των άργίλων συνδέεται μέ τό λόγο των πυριτικών ριζών και ποικίλλει ανάλογα μέ τό είδος του κατιόντος στους μοντμοριλλονίτες (είναι μεγαλύτερη στους μοντμοριλλονίτες μέ τά μονοθενή κατιόντα Na, Li, K και μικρότερη μέ τά διθενή (Ca, Ba). Μέ τό ίδιο κατιόν ή διογκωση αυξάνει μέ την συγκέντρωση του ίόντος στό μόριο και αυτό ισχύει για τά Na, Li, ενώ τό αντίθετο συμβαίνει μέ τό K.

Ειδικότερα, έχει διαπιστωθει ότι ή προσρόφηση του νερού στό Na-μοντμοριλλονιτή αρχίζει μέ βραδυ ρυθμό και μέσα σε 10' αυξάνει σημαντικά. Ό βραδύς αρχικός ρυθμός όφείλεται στη χαμηλή περατότητα του ύλικού. Ό διογκωσιμότητα του μοντμοριλλονίου μέ διάφορα άνταλλάξιμα κατιόντα διαφέρει ανάλογα μέ την σχετική ύγρασία στην ύποία ύποβάλλεται τό όρυκτό.

Οί τάσεις διογκώσεως αναπτύσσονται ισχυρές όταν οί διογκούμενες άργιλοι ύποβληθοϋν σε ύψηλά αρχικά φορτία, τά όποια κατόπιν αφαιρούνται και τό ύλικό



ἀφθεῖ χωρίς φορτίο ἐπὶ ὀρισμένο χρονικό διάστημα καί ἔπειτα ὑγρανθεῖ. Ἐναφέρονται στή βιβλιογραφία τιμές 540 psi σέ Να-μοντμοριλλονίτη πού εἶχε προφορτισθεῖ μέ 5000 psi (5).

### 3.2. Ἀποτελέσματα τῶν δοκιμῶν

Ἀπό τὰ ἀποτελέσματα τῶν δοκιμῶν συνάγεται ὅτι ἡ διογκωσιμότητα τῶν ἔδαφικῶν δειγμάτων πού ἐξετάσθηκαν κυμαίνεται σέ χαμηλές μᾶλλον τιμές. Οἱ τιμές αὐτές ἑναρμονίζονται μέ τό χαμηλό γενικά ἐπίπεδο τῶν τιμῶν τοῦ δείκτη Cc καί τοῦ ἀρχικοῦ πορώδους eo.

Κατά τίς δοκιμές δέν προσδιορίσθηκε ἡ ἐλεύθερη διόγκωση, ἀλλά ἐμετράτο μόνον ἡ μεταβολή τοῦ ὄγκου κατά τήν ἐπιβολή τοῦ φορτίου (μεταβολή τοῦ ὄγκου τοῦ δοκιμίου μέ αὐξηση μόνο κατά τή μία διάσταση). Διαπιστώθηκε ἔτσι ὅτι ἡ μεγίστη τιμή τῆς διογκώσεως μέ σύγχρονη φόρτιση παρατηρήθηκε σέ ὅλα τὰ δείγματα πού ἐξετάσθηκαν κατά τήν ἐπιβολή τοῦ φορτίου τῶν 0,125 Kg/cm<sup>2</sup>. Μέ τήν αὐξηση τοῦ φορτίου ἡ διόγκωση ἔπαιρνε μικρότερες τιμές καί τελικῶς ἄρχιζε ἡ συμπίεση τοῦ ὑλικοῦ.

Εἶναι αὐτονόητο ὅτι οἱ πολύ χαμηλές τιμές πού ἀναφέρονται κατωτέρω εἶναι ἀπλῶς ἐνδεικτικές καί δέν ἐκφράζουν τήν διογκωσιμότητα τοῦ ὑλικοῦ (σέ ἐλεύθερη διόγκωση). Πρέπει ἐπίσης νά τονισθεῖ ὅτι στίς τιμές αὐτές δέν διαφαίνεται καμμία κανονικότητα στή μεταβολή τους στά διάφορα δείγματα πού ἐξετάσθηκαν, οὔτε ἐμφανής συσχετισμός μέ τίς τιμές Cc καί eo. Ἀσφαλῶς ὀφείλεται αὐτό καί στό γεγονός ὅτι ἐξετάσθηκε μικρός σχετικά ἀριθμός δειγμάτων στή φάση αὐτή, καθώς καί στή μὴ καθαρότητα τῶν ἔδαφικῶν ὑλικῶν (κυμαινόμενη περιεκτικότητα σέ ἀργιλική φασή, ἀλλά καί στήν ποσοστιαία συμμετοχή ἑνός ἐκάστου τῶν ἀργιλικῶν ὀρυκτῶν: μοντμοριλλονίτου, ἰλλίτου ἢ καολινίτου, πιθανές διαφορές στό κατιόν τοῦ μοντμοριλλονίτου, κ.λ.π.). Ὑποθέτομε ὅτι ἡ ἐπίδραση τῶν παραγόντων αὐτῶν εἶναι ἰσχυρότερη καί ἐπικαλύπτει ἐνδεχομένως τήν κανονικότητα τῆς μεταβολῆς τῶν τιμῶν σέ συσχετισμό μέ ἄλλα χαρακτηριστικά τοῦ ἔδαφικοῦ ὑλικοῦ.

Εἶναι χαρακτηριστικό στό σημεῖο αὐτό καί ἐνδεικτικό τῆς μὴ καθαρότητας τοῦ ὑλικοῦ ὅτι πολλά δοκίμια ἄρχισαν νά συρρικνώνονται ἀμέσως ἀπό τὰ πρῶτα στάδια τῆς φορτίσεως (125 gr) καί μάλιστα ὀρισμένα γιά τὰ ὁποῖα προσδιορίσθηκαν ὑψηλές τιμές LL (π.χ. τό δοκίμιο Γ1:18,6—20,20, LL:116%).

Λεπτομερέστερη καί βαθύτερη ἀνάλυση στό σημεῖο αὐτό εἶναι ἔξω ἀπό τὰ ὅρια τῆς παρούσης μελέτης, πού ἐπιδιώκει νά διερευνήσει τίς γεωλογικές κυρίως σχέσεις καί τὰ τὰ χαρακτηριστικά τῶν διογκουμένων ἀργιλικῶν ἔδαφῶν τῆς Μυτιλήνης. Ὅπως δὴ ποτε, ὑπενθυμίζουμε γιά τό ὑφιστάμενο καθεστῶς τῶν τάσεων ὅτι οἱ ἀργιλικές αὐτές ἀποθέσεις δέν εἶναι προφορτισμένες (δέν διαπιστώθηκε ἡ λόγω διαβρώσεως ἀπομάκρυνση ὑφισταμένου τεταρτογενοῦς καλύμματος τῶν νεογενῶν ἀποθέσεων). Ἀκόμη, ὅτι οἱ τιμές πού ἐλήφθησαν ἑναρμονίζονται γενικώτερα μέ τό πλαίσιο τῶν χαρακτηριστικῶν ἑνός Ca-μοντμοριλλονίτου.

**ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΥΠΟ ΦΟΡΤΙΣΗ 0,125 Kg/cm<sup>2</sup>**  
(μεταβολή % του αρχικού ύψους 2,54 cm του δοκιμίου)

Γεώτρηση	Γ <sub>1</sub>	:	βάθος	13,00—13,60μ.	:	διόγκωση	1,4%
»	»	:	»	17,10—17,60μ.	:	»	2,9%
Γεώτρηση	Γ <sub>2</sub>	:	»	3,00— 3,60μ.	:	»	0,35%
»	»	:	»	6,20— 6,80μ.	:	»	1,77%
Γεώτρηση	Γ <sub>3</sub>	:	»	6,00— 6,60μ.	:	»	2,7%
»	»	:	»	10,00—10,60μ.	:	»	0,78%

#### 4. Συμπιεστότητα καί στερεοποίηση

Έχει αποδειχθεί παλαιότερα (Samuels 1950) ότι στο Na-μοντμοριλλονίτη συμβαίνει αρχικά εύρεια ελάττωση του όγκου με την εφαρμογή μικρών πιέσεων, ενώ ή περαιτέρω αύξηση της πίεσεως προκαλεί σχετικώς μικρές μεταβολές του όγκου.

Στόν Ca-μοντμοριλλονίτη τό απόλυτο μέγεθος της συμπιέσεως είναι ελαττωμένο, αλλά καί έδω ή αρχική ελάττωση του όγκου είναι μεγάλη μέ μικρή εφαρμοζόμενη πίεση (5).

Γνωρίζουμε ότι στην περιοχή του όριού ύδαρότητας, ό μοντμοριλλονίτης περιέχει μεγάλη ποσότητα νερού σε δύο μορφές: (α) προσανατολισμένο νερό πού περιβάλλει τά σωματίδια (β) μή προσανατολισμένο νερό στους πόρους τών μεσοδιαστημάτων. Μπορούμε νά δεχθούμε ότι μικρή πίεση είναι αρκετή γιά νά απομακρύνει τό νερό τών πόρων, ενώ αντίστοιχα χρειάζεται σημαντική πίεση γιά τό προσανατολισμένο νερό, πού όπως γνωρίζουμε αποτελεί στους Na-μοντμοριλλονίτες τό σημαντικώτερο τμήμα του συνολικού νερού. Συνεπώς μέ μικρή πίεση άναμένομε απομάκρυνση μέτριας μόνο ποσότητας νερού, πού θά αύξηθεί σημαντικά μέ την αύξηση της πίεσεως.

Τά αποτελέσματα τών δοκιμών συμπιεστότητας τών άργίλων Μυτιλήνης φαίνονται στό συγκεντρωτικό πίνακα τών εργαστηριακών δοκιμών. Έπισημαίνουμε έδω ότι οί τιμές τόσο του αρχικού πορώδους  $e_0$ , όσο καί του δείκτη Cc είναι σχετικά μικρές καί άπέχουν σημαντικά από τίς τιμές πού δίνονται συνήθως στή βιβλιογραφία γιά τό Na-μοντμοριλλονίτη.

Σχετικά μέ τόν δείκτη Cc παρατηρείται μία κανονική μεταβολή τών τιμών μετά του βάθους καί σε όλες τίς γεωτρήσεις οί τιμές στους βαθύτερους όρίζοντες ήταν σαφώς μικρότερες εκείνων πού αντιστοιχούν στά άνωτερα έδαφικά στρώματα. Η όμοιομορφία στή συμπεριφορά αύτή του έδαφικού ύλικού από πλευράς καθιζήσεων διακόπεται μόνο στην περίπτωση του δοκιμίου 19,60—20,20μ. της γεωτρήσεως Γ1, τό όποιο έδωσε τιμή Cc σημαντικά ύψηλότερη (0,4) σε σύγκριση μέ τίς τιμές σε μικρότερα βάθη. Στο άργιλικό ύλικό του δοκιμίου αυτού αντιστοιχούν καί οί ύψηλότερες τιμές τών όριών Atterberg, όπως φαίνεται στό συγκεντρωτικό πίνακα καί αυτό ύποδηλώνει πιθανώς καί ύψηλή περιεκτικότητα σε μοντμοριλλονίτη.

Στό σημείο αυτό θά πρέπει νά παρατηρήσουμε ότι δέν διαπιστώθηκε ή όμαλή αύξηση τών τιμών Cc μέ την αύξηση τών τιμών LL, όπως φαίνεται καί στόν

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΦΟΡΤΙΣΗ — ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ

Τάση Kg/cm<sup>2</sup>

Δείγμα	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	2	0,125
Γ <sub>1</sub>	σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η								
2,3—2,6μ.	0,1%	0,3%	0,9%	2,1%	3,7%	7,2%	11,4%	9,3%	4,7%
Γ <sub>1</sub>	σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η								
5,4—6,0μ	0,6%	1,1%	2%	3,4%	5,4%	7,8%	10,8%	9,7%	6,7%
Γ <sub>1</sub>	δ ι ό γ κ ω σ η				σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η				
13,0—13,6	+1,4%	+1,2%	+0,9%	+0,4%	0,7%	2,2%	4,2%	3,2%	0,6%
Γ <sub>1</sub>	δ ι ό γ κ ω σ η		σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η			δ ι ό γ κ ω σ η			
17,1—17,6	+3%	+2,8%	+2,5%	+1,7%	+0,2%	1,5%	3,5%	2,7%	+0,3%
Γ <sub>1</sub>	σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η								
19,6—20,2	0,15%	0,4%	1,33%	4,4%	8,7%	13,8%	19,3%	17,3%	13%
Γ <sub>2</sub>	δ ι ό γ κ ω σ η				σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η				
3,0—3,6	+0,3%	+0,1%	0,3%	1,1%	2,5%	4,7%	8%	6%	2,4
Γ <sub>2</sub>	δ ι ό γ κ ω σ η				σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η				
6,2—6,8	+1,8%	+1,5%	+1,1%	+0,1%	1%	3%	6,3%	4,4%	2,7%
Γ <sub>3</sub>	δ ι ό γ κ ω σ η				σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η				
6,0—6,6	+2,7%	+2,5%	+2,3%	+1,2%	0,5%	2,8%	5,7%	4,6%	1,4%
Γ <sub>3</sub>	δ ι ό γ κ ω σ η				σ υ ρ ρ ρ ί κ ν ω σ η				
10,9—10,6	+0,8%	+0,7%	+0,6%	+0,2%	0,3%	1,4%	3,0%	2%	0,9%

Αρχικός όγκος δοκιμίου: V<sub>αρχ.</sub> = 80,4 cm<sup>3</sup>

συγκεντρωτικό πίνακα. Τοῦτο πιθανώτατα ὀφείλεται στὴν κυμαίνουσα περιεκτικότητα τῶν δειγμάτων σὲ ἀργιλική φάση, ἀλλὰ καὶ περαιτέρω στό ποσοστό τοῦ περιεχομένου μοντμοριλλονίτου στὴν ἀργιλική φάση.

Ἀπό τὰ παρατιθέμενα, ἐξ ἄλλου, διαγράμματα τῶν δοκιμῶν φαίνεται ἡ μεταβολή τοῦ λόγου κενῶν στά διαδοχικά στάδια φορτίσεως τοῦ δοκιμίου, καθὼς καὶ ἡ τελική τιμή στὴ μέγιστη ἐφαρμοσθεῖσα φόρτιση τῶν 8 Kg. Οἱ μεταβολές αὐτές, ἀνηγμένες σὲ ποσοστιαία μεγέθη, ἐκφράζουν τὴ συμπεριφορά τοῦ ἔδαφικοῦ ὑλικοῦ κατὰ τὴ φόρτιση καὶ τίς διαφορές πού παρατηροῦνται στά διάφορα βᾶθη. Παρατηροῦμε πάντως ὅτι κατὰ τὰ πρῶτα στάδια τῆς φορτίσεως ἡ συνεπαγομένη μεταβολή τοῦ λόγου κενῶν εἶναι γενικά ἀσήμαντη, ἐνῶ ἀργότερα μικρὴ αὔξηση τοῦ φορτίου συνεπάγεται σημαντικὴ μεταβολή τοῦ λόγου κενῶν. Ἡ συμπεριφορά αὐτὴ προσιδιάζει σὲ ἀργιλικὰ ὑλικά χαμηλῆς μᾶλλον εὐαισθησίας.

Οἱ ποσοστιαῖες μεταβολές τοῦ ἀρχικοῦ ὅγκου τῶν δοκιμίων φαίνονται στὸν σχετικὸ πίνακα κατὰ τὰ διαδοχικά στάδια φορτίσεως (διόγκωση ἢ συρρίκνωση).

## 5. Λοιπὰ χαρακτηριστικά

Ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα τῶν δοκιμῶν σὲ ἀνεμπόδιση θλίψη προκύπτει ὅτι τὰ

ἀργιλικά δείγματα πού εξετάσθηκαν ταξινομούνται στίς στιφρές ἀργίλους (άντοχή 1-2 Kg/cm<sup>2</sup>).

Ἡ ἀντοχή ἐπηρεάζεται βεβαίως ἀπό τήν περιεκτικότητα σέ μή ἀργιλικά ὄρυκτά (ἄμμο καί ἰλύ κυρίως) καί τήν κοκκομετρική σύσταση στά δείγματα πού εξετάσθηκαν.

Εἶναι γνωστό ὅτι ἡ ἀνάμιξη μονεμοριλλονίτου (ἢ ἄλλου ἀργιλικοῦ ὄρυκτοῦ) μέ ἄμμο δίνει στό ὑλικό ὑψηλότερη ἀντοχή σέ ἀνεμπόδιση θλίψη, ἀπό ἐκείνη πού ἀντιστοιχεῖ στά ἐπί μέρους συστατικά του (ἀργιλικό ὄρυκτό ἢ ἄμμος) ξεχωριστά.

Ἐξ' ἄλλου, οἱ τιμές πού ὑπολογίσθηκαν γιά τήν **ἐνεργότητα** τῶν ἀργιλικῶν φάσεων τῶν δειγμάτων πού εξετάσθηκαν, κυμαίνονται μεταξύ 0,6 καί 1,8, μέ συνηθέστερες τίς τιμές μεταξύ 0,9-1,1. Ἐπομένως τά ἀργιλικά δείγματα πού εξετάσθηκαν ταξινομούνται στήν περιοχή μεταξύ τῶν ἀδρανῶν ἀργίλων καί τῶν ἐνεργῶν ἀργίλων (μέ ἐνεργότητα 1,25-2), μέ συνηθέστερες ὅμως τίς τιμές πού χαρακτηρίζουν τίς κανονικές ἀργίλους (ἐνεργότητα 0,75-1,25).

Εἶναι ἀξιοσημείωτο ὅτι οἱ ὑψηλότερες τιμές γιά τήν ἐνεργότητα ὑπολογίσθηκαν συνήθως γιά τά δείγματα μέ μικρή ποσοστιαία ἀναλογία σέ κλάσμα μικρότερο τῶν 2μ. καί ὄχι γιά τά δείγματα μέ ὑψηλές τιμές ὀρίου ὕδαρότητας καί τοῦτο διότι συνήθως οἱ ὑψηλές τιμές LL, στά δοκίμια πού εξετάσθηκαν, συνοδεύονταν ἀπό ἐπίσης ὑψηλές τιμές PL (καί ἐπομένως μικρές τιμές PI).

Γιά τήν ἐξήγηση τῶν χαμηλῶν τιμῶν ἐνεργότητας μεταξύ τῶν ἄλλων πιθανῶν αἰτιῶν, ἡ ὄρυκτολογική σύσταση τοῦ ἀργιλικοῦ ὄρυκτοῦ ἢ ἀκριβέστερα τό εἶδος τοῦ ἀνταλλαξιμοῦ κατιόντος νομίζουμε ὅτι ἔχει πρωταρχική σημασία. Πιθανώτατα πρόκειται περὶ ἑνός Ca-μοντμοριλλονίτου, πού συμβιβάζεται ἄλλωστε καί μέ τήν ἀφθονία καί τήν ἐπικράτηση γενικά τῆς μαργαϊκῆς φάσεως στά νεογενῆ ἰζήματα. Εἶναι γνωστό ὅτι ἐνεργότητα γιά τόν Ca-μοντμοριλλονίτη εἶναι 1,5, ἐνῶ τοῦ Na-μοντμοριλλονίτη φθάνει τά 7,2 (5).

Ἐπίσης, διαπιστώθηκαν κατὰ τίς δοκιμές σέ τριαξονική θλίψη, ὑψηλές μᾶλλον τιμές τῆς ἐσωτερικῆς τριβῆς (μεταξύ 11,5<sup>ο</sup>-20<sup>ο</sup>) καί ἀντιθέτως σχετικά χαμηλές τιμές γιά τή συνοχή (0,3-0,7 Kg/cm<sup>2</sup>). Παραπλήσιες (ἐλαφρῶς ὑψηλότερες) εἶναι οἱ τιμές πού ὑπολογίσθηκαν ἀπό τίς δοκιμές διατμήσεως (μεταξύ 18<sup>ο</sup>-23<sup>ο</sup> γιά τήν ἐσωτ. τριβή καί 0,5—0,9 Kg/cm<sup>2</sup> γιά τή συνοχή). Τά χαρακτηριστικά αὐτά (οἱ σχέσεις τῶν τιμῶν συνοχῆς - ἐσωτ. τριβῆς) χαρακτηρίζουν μᾶλλον μή ἐνεργές ἀργίλους.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. — ΚΟΥΚΗΣ, Γ. — 1979. Γεωλογική, μικροτεκτονική καί γεωτεχνική μελέτη τοῦ ΒΔ τμήματος τῆς Λέσβου. *I.G.M.E.*, No 8. Ἀθήναι.
- ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Ε. 1976. Θεμελιώσεις κτιρίων ἐπὶ διογκουμένων ἑδαφῶν. Γενικά ἀπόψεις. *Δελτίον Κ.Ε.Δ.Ε.*, (2). Ἀθήναι.
- BAVER, L. 1949. Soil Physics. *John Wiley*, New York.
- BROWN, G. (editor). 1972. The x-Ray identification and crystal structures of clay minerals. London.
- GRIM, R. 1962. Applied Clay Mineralogy. *Mac Graw-Hill Book Company*, New York.

- HECHT, J. 1972. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, κλίμ. 1:50.000, φύλλα «Πλωμάριον - Μυτιλήνη». *I.G.M.E.*, Αθήναι.
- HECHT, J. 1972. Zur Geologie von Sudost-Lesbos (Griechenland). *Z. Deutsch. Geol. Ges.* 123, 423-432. Hannover.
- POPESKU, M.E. 1979. Engineering problems associated with expansive clays from Romania, *Engineering Geology*, v, 14, No 1, pp 43-55, Els Co Amsterdam.
- QUIGLEY, R.U. HEFFERMAN, F.J., 1968. Swelling sand (gatch) from Kuwait. *Eng. Geology*, 2, (5), pp 351-56 Els. Co Amsterdam.
- ZARUBA, Q. - MENCL, V. 1976. Engineering Geology *Elsevier Sc., Publ. Company*, Amsterdam.

## MONTMORILLONITE CLAYS IN THE AREA OF MYTILENE (GEOLOGICAL - PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS)

by

B. ANDRONOPOULOS

### Abstract.

In the frame of the geological-geotechnical study, which has been executed in Mytilene for the foundation of a new Museum, it was found the presence of swelling clay material in the place where the exploratory boreholes have been drilled. Their presence was initially indicated by the high values of the Atterberg limits, after laboratory testing, whereas from petrographic examinations (with X-ray diffraction) was confirmed that the main clay mineral in the fine phase was montmorillonite (with illite or kaolinite).

Because of the presence of this clay mineral, which affects the mechanical behaviour of the soil foundation material, the characteristics (physical and mechanical) of the soil beds were investigated in cores taken from undisturbed, samples of the boreholes (grain size analyses, moisture content, Atterberg limits, consolidation tests, tests in confined and triaxial compression, shear tests). The results from the laboratory tests were evaluated in correlation with the existing data from the Greek and foreign literature and appreciated with the deductions from the geological observations in the wider area and with the results from the in situ tests.

So, it was found that the values which were defined for the Atterberg limits, the swelling, the compression index  $C_c$ , the porosity (void ratio) and the activity correspond in the presence of a non Na-montmorillonite (most probably Ca-Montmorillonite), which gives swelling characteristics in the clay fraction, of a limited extent, despite the high content in this mineral. The origin, on the other hand, of the montmorillonite is judged that most probably is owed to the hydrothermal weathering of the volcanic lavas, which have an extensive spreading in the wider area.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τών αργιλομαργαϊκών δειγμάτων τής γεωτρήσεως Γ1 (Μυτιλήνη)

Βάθος	γ <sub>s</sub>	W	Κοκκομετρική διαβάθμιση			δριπ ΑΤΤΕΡ.			Τριαξ. Δοκ.		Δοκ. Διατμ.		Δοκ. Συμπιεστ.		Δοκ. Άνεμοδ.	
			μ	γρ/έκ. <sup>3</sup>	%	Άμμος	Ίλύς	Άργιλος	LL	PL	PI	φ	c	φ	c	Cc
0.70-1.00	2.70		11	47	42	67.6	23.3	44.3								
2.00-2.70	2.70	37.74	9	49	42	60.2	22.4	37.8					0.257	1.03		
3.40-3.60	2.70		1	51	48	73.0	24.3	48.7								
5.40-6.00	2.70	35.40	8	35	57	88.2	28.4	59.8					0.196	0.945		1.78
6.40-6.70	2.70		11	45	44	73.2	24.4	48.8								
7.00-7.30	2.70		5	42	53	88.3	30.9	57.4								
8.90-9.10	2.70		28	53	19	47.1	20.8	26.3								
9.60-9.90	2.70		34	54	12	28.5	15.8	12.7								
10.50-10.80	2.70		4	19	77	104.2	34.8	69.4								
13.00-13.60	2.70	40.94	1	22	77	104.1	38.0	66.1					0.131	1.047		
14.80-15.10	2.70		24	26	50	78.5	25.5	53.0								
17.10-17.60	2.70	33.97	4	29	67	98.4	32.7	65.7					0.122	0.908		1.96
18.30-18.60	2.70		3	30	67	106.6	29.7	76.9								
19.60-20.20	2.70	39.83	1	28	71	106.6	30.7	78.0					0.40	1.248		

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Εθνικού Αρχείου Γεωτμήσεων Α.Π.Θ.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τών άργιλομαργαϊκών δειγμάτων τής γεωτρήσεως Γ<sub>2</sub> (Μυτιλήνη)

Βάθος	γ <sub>s</sub>	W %	Κοκκομετρική διαβάθμιση			Όρια ATTER.			Τριαξ. Δοκ.		Δοκ. Διατμ.		Δοκ. Συμπιεστ.		Δοκ. Άνεμοδ. Θλίψεως
			μ	γρ/έκ. <sup>3</sup>	Άμμος	Ίλύς	Άργιλος	LL %	PL %	PI %	φ	σ	φ	σ	Cc
3.00-3.60	2.70	44.50	7	42	51	81.45	27.49	54							
6.20-6.80	2.70	25.21	2	40	58	84.0	25.0	59			23.5*	0.53	0.245	1.309	
9.90-10.30	2.70	42.55	16	33	51	81.5	30.6	51					0.210	0.866	2.18
10.40-10.85	2.70	35.93													1.65 Δείγμα S.P.T.
12.00-13.40	2.70		2	38	60	98.2	30.9	67							
15.40-15.82	2.70	20.53	25	54	21	39.4	18.5	21							
18.00-18.60	2.70	37.41	3	21	76	108.9	30.0	79	11.5*	0.3					
18.70-19.15	2.70	35.91													2.24
22.00-22.45	2.70	27.20	16	21	63	89.6	30.5	59							

## ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των άργιλομαργαϊκών δειγμάτων της γεωτρήσεως Γ3 (Μυτιλήνη)

Βάθος	γ <sub>s</sub>	W	Κοκκομετρική διαβάθμιση			Όρια ATTER.			Τριαξ. δοκ.		Δοκ. Διατμ.		Δοκ. Συμπιεστ.		Δοκ. Άνεμοδ. Θλίψεως		
			μ	γρ/έκ. <sup>3</sup>	%	Άμμος	Ίλος	Άργιλος	LL %	PL %	PI %	φ	c χλγ/έκ. <sup>2</sup>	φ		c χλγ/έκ. <sup>2</sup>	Cc
3.50-3.95	2.70	32.2	8	29	63	95.50	27.05	68.45									
6.00-6.60	2.70	34.6	5	27	68	101.57	31.76	69.81			20.6°	0.67	0.186	1.045			
6.70-7.15	2.70	21.15															0.55 S.P.T. Δείγμα
9.00-9.20	2.70	-	10	30	60	108.12	25.27	82.85									
10.00-10.60	2.70	39.4	2	21	77	127.5	32.87	94.63	17°	0.70	18.5°	0.92	0.124	1.078			
10.70-10.80	2.70	39.8															0.22 S.P.T. Δείγμα
10.80-11.15	2.70	-	78	15	7												
13.20-13.56	2.70	29.0	54	17	29	73.73	20.60	53.00									
16.80-17.50	2.70	-	13	58	29	64.70	32.40	32.30									
20.00-20.50	2.70	-	4	50	46	82.95	30.50	52.40									
22.00-22.65	2.70	32.6	3	45	52	95.83	28.10	67.73									

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ  
 ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ  
ΚΛ. 1:500

