

## Ορυκτολογική σύσταση εδαφών Πλαταμώνας Πιερίας (Μακεδονία, Ελλάς)\*

Α. ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The studied soils are characterized by the presence of many friable aggregates and lithologically belong to the sand-muddy soils. As their grain size decreases the percentage of the clay minerals increases significantly (90-100% in the <2 μm fraction). Among the clay minerals mica or illite predominate, while smectite, vermiculite and their interstratified phases, follow. The presence of amphiboles and pyroxenes, as well as the high content of clay minerals and feldspars in these soils, signify their mineralogical immaturity and the predominance of mild climatic conditions and thus mild weathering processes. Finally, the above mineralogical paragenesis is indicative of the mineral composition of the adjacent parent rocks the weathering products of which are transported and deposited on the lower slopes of the hills. The compaction and induration degree of the studied soils is medium, because of their various granulometric and mineralogical composition. Their swelling and shrinkage grade is relatively high, because of the high content of smectite and its interstratified phases. These soils under the physical weathering conditions will continue to be modified mineralogically, affecting thus their physicochemical behavior. For this reason, particular building precautions must be taken, when various constructions are founded on them.

**Key words:** Alteration, clay minerals, compaction, swelling, shrinkage, foundation, Platamonas, Pieria, Macedonia.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα εδάφη που εξετάζονται χαρακτηρίζονται από την παρουσία άφθονων και εύθρυπτων συσσωματωμάτων και λιθολογικά ανήκουν στα αμμοπηλώδη εδάφη. Με μείωση του μεγέθους των κόκκων τους, το ποσοστό των αργιλικών ορυκτών αυξάνει σημαντικά (90-100% στο <2 μm κλάσμα). Μεταξύ των αργιλικών ορυκτών επικρατεί ο μαρμαρυγίας ή ιλλίτης και ακολουθούν ο σμεκτίτης, ο βερμικουλίτης και οι ενδοστρωματωμένες φάσεις τους. Η παρουσία αμφίβωλων και πυρόξενων, καθώς και η υψηλή συμμετοχή των αργιλικών ορυκτών και των αστρίων σ' αυτά τα εδάφη, επιβεβαιώνει την ορυκτολογική ανωριμότητά τους και την επικράτηση ήπιων κλιματικών συνθηκών και επομένως ήπιων αποσθρωτικών διεργασιών. Ακόμη, αυτή η ορυκτολογική παραγένεση είναι ενδεικτική της σύστασης των μητρικών πετρωμάτων της γειτονικής περιοχής που τα υλικά αποσάθρωσής τους έχουν μεταφερθεί και αποτεθεί στα χαμηλότερα τμήματα των πρανών των ορεινών όγκων. Ο βαθμός συνεκτικότητας και αποσκλήρυνσης των εδαφών που εξετάζονται είναι μέτριος, εξαιτίας της ποικίλης κοκκομετρικής και ορυκτολογικής τους σύστασης. Ο βαθμός διόγκωσης ή συρρίκνωσής τους θεωρείται σχετικά υψηλός, εξαιτίας της μεγάλης συμμετοχής του σμεκτίτη και των ενδοστρωματωμένων φάσεών του. Αυτά τα εδάφη κάτω από τις φυσικές συνθήκες αποσάθρωσης, θα συνεχίσουν να τροποποιούνται ορυκτολογικά επηρεάζοντας τη φυσικομηχανική τους συμπεριφορά. Γι' αυτό πρέπει να παίρνονται ιδιαίτερες κατασκευαστικές προφυλάξεις, όταν θεμελιώνονται πάνω τους ποικίλες κατασκευές.

**Λέξεις κλειδιά:** Εξαλλοίωση, αργιλικά ορυκτά, συνεκτικοποίηση, διόγκωση, συρρίκνωση, θεμελίωση, Πλαταμώνας, Πιερία, Μακεδονία.

### MINERALOGICAL COMPOSITION OF SOILS FROM PLATAMONAS PIERIAS (MACEDONIA, GREECE)

<sup>1</sup> School of Geology Aristotle University of Thessaloniki, 540 06 Thessaloniki

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μαρμαρυγιούχα ορυκτά (κυρίως μοσχοβίτης ή σερικίτης ή ιλλίτης) βρίσκονται σχεδόν σε όλα τα εδάφη με πιθανότερη πηγή προέλευσής τους την εξαλλοίωση καλιούχων αστρίων και πλαγιόκλαστων. Σε εύκρατα εδάφη ο κλαστικός ιλλίτης είναι το επικρατέστερο αργιλικό ορυκτό, σημαίνοντας χαμηλή μέχρι μέσου βαθμού ένταση διεργασιών αποσάθρωσης (Weaver, 1989).

Χαμηλό ανάγλυφο, χαμηλή διαπερατότητα, χαμηλές βροχοπτώσεις και θερμοκρασίες, ευνοούν το σχηματισμό του σμεκτιτή και των ενδοστρωματωμένων φάσεων του από εξαλλοίωση αστρίων, μαρμαρυγιών και ποικίλων Fe-Mg-ούχων πυριτικών ορυκτών (Weaver, 1989).

Ο βερμικουλίτης και οι ενδοστρωματωμένες φάσεις του είναι κοινότερα συστατικά σε εδάφη εύκρατων κλιμάτων και μικρής ηλικίας, η γένεση των οποίων οφείλεται σε υπεργενή εξαλλοίωση βιοτίτη, φλογοπιτή και κλωρίτη (Weaver, 1989).

Η διόγκωση αργιλούχων εδαφών σε έκθεση σε υγρασία, μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένη καταστροφή σε ποικίλες κατασκευές που είναι θεμελιωμένες πάνω σε τέτοια υλικά. Η έκταση της διόγκωσης εξαρτάται κυρίως από τα γεωλογικά χαρακτηριστικά και τις φυσικομηχανικές ιδιότητές τους όπως περιεχόμενο αργιλικών ορυκτών, περιεχόμενο νερού, όρια Atterberg, ειδικό βάρος, αντοχή θλίψης κ.λπ. (Xeidakis, 1996, Hossain et al., 1997, Shakoor & Sarman, 1997).

Χρησιμοποιώντας ποικίλες πετρογραφικές και ορυκτολογικές τεχνικές, γίνεται προσπάθεια να διευκρινιστούν οι διεργασίες με τις οποίες τα αργιλούχα εδάφη σχηματίστηκαν και οι προφυλάξεις που πρέπει να παίρνονται, όταν είναι αναπόφευκτες οι θεμελιώσεις διάφορων κατασκευών πάνω σε τέτοια υλικά τα οποία πιέζονται και διογκώνονται ή συρρικνώνονται εκτεταμένα.

Αυτή η εργασία εξετάζει λεπτομερώς τη σύσταση και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των αργιλούχων εδαφών της περιοχής Πλαταμώνα, το πάχος των οποίων ξεπερνά τα 50 m. Η μελέτη εστιάζεται κυρίως στα αργιλικά ορυκτά συστατικά και στη συμπεριφορά αυτών των λεπτομερών εδαφών ως συστημάτων θεμελίωσης για την κατασκευή της νέας Εθνικής Οδού Αθηνών - Θεσσαλονίκης.

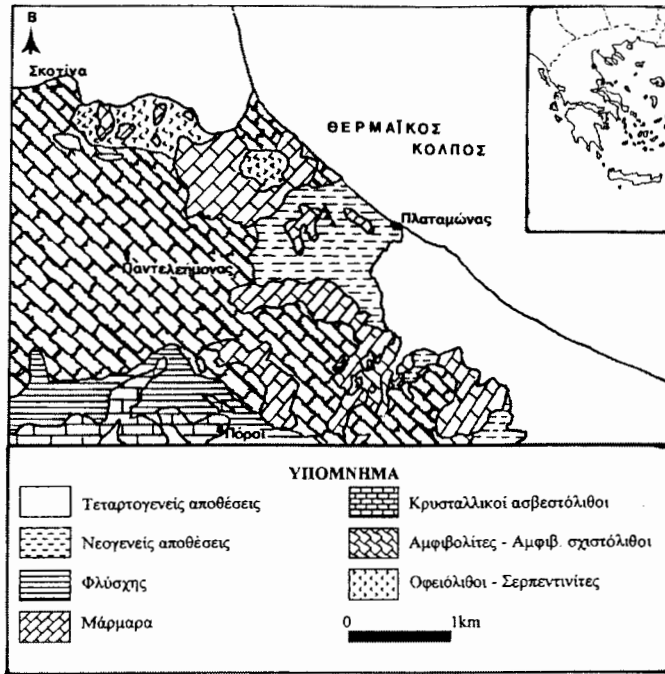
## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στο ανατολικό τμήμα της Πελαγονικής ζώνης. Συγκροτείται από οφθαλμοειδείς γενεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, γενευσιωμένους γρανίτες, οφειόλιθους και ένα ανθρακικό κάλυμμα από μάρμαρα και ασβεστόλιθους του Τριαδικού - Ιουρασικού (Μουντράκης, 1985). Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις ποικίλης κοκκομετρικής διαβάθμισης που κατά θέσεις το πάχος τους υπερβαίνει τα 300 m, επικάθονται των προηγούμενων πετρωμάτων. Οι Νεογενείς σχηματισμοί στη βάση τους είναι λιμναίως φάσης αποτελούμενοι από μάργες με ολισθόλιθους μαρμάρων και οφειόλιθων που κατολίσθησαν από τα παρακείμενα πρανή. Προς τα πάνω μετατρέπονται σε κροκαλολατυποπαγή και ερυθροχώματα που το πάχος τους κατά θέσεις υπερβαίνει τα 40 m. Τέλος, στους ανώτερους ορίζοντες εμφανίζονται εναλλαγές μαργών και άμμων που αποτελούν την υφάλμυρη φάση (Κατσικάτσος & Μιγκίρος, 1982) (Σχ. 1).

## 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τρία φρέσκα εδαφικά δείγματα συλλέχθηκαν από τη νέα διάνοιξη της Εθνικής Οδού Αθηνών - Θεσσαλονίκης (από τα 401, 401,5 και 402 km) στην περιοχή του Πλαταμώνα Πιερίας. Τα δείγματα ξεράθηκαν σε φούρνο θερμοκρασίας 60° C για 24 ώρες και στη συνέχεια κονιοποιήθηκαν σε μηχανικό κονιοποιητή βολφραμίου για ένα λεπτό. Περίπου 80 g από κάθε κονιοποιημένο δείγμα και πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε χημικής κατεργασίας, κοσκινίστηκαν σε επάλληλη σειρά κόσκινων για προσδιορισμό της κοκκομετρικής κατανομής και λιθολογικής τους σύστασης. Δέκα γραμμάρια από κάθε κονιοποιημένο δείγμα υποβλήθηκαν σε χημικές κατεργασίες (κατά Jackson, 1974) για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων (συγκολλητικών) υλικών: Ανθρακικά ορυκτά + Οργανική ύλη + Οξείδια του Fe και υδροξείδια του Fe και Al. Οι κατεργασίες αυτές είναι απαραίτητες στην ανάλυση των λεπτομερών ιζημάτων ή εδαφών που είναι πλούσια σε αργιλικά ορυκτά και τα οποία κάτω από φυσικές συνθήκες είναι πάντα συσσωματωμένα.

Από μέρος του κάθε κονιοποιημένου, αλλά ακατέργαστου χημικά δείγματος, ετοιμάστηκαν τυ-



**Σχ. 1.** Πετρογραφικό σκαρίφημα περιοχής Πλαταμώνας Πιερίας (Κατσικάτσος & Μιγκίρος, 1982). (▲ Θέσεις δειγματοληψίας).

**Fig. 1.** Petrographic sketch map of the Platamonas Pierias area (Katsikatsos & Migiros, 1982). (▲ Sampling locations).

των. Το χρώμα τους είναι καστανό ως καστανότεφρο. Η λιθολογική τους ταξινόμηση, πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε κατεργασίας, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Οι εμφανιζόμενες όμως τάξεις κατά Folk et al. (1970) δεν είναι οι πραγματικές, εξαιτίας του υψηλού βαθμού συσσωμάτωσης που παρουσιάζουν τα ιζήματα που εξετάζονται. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι στα ακατέργαστα δείγματα το ποσοστό ιλύος + αργίλου (<0,063 mm) είναι σχετικά μικρό (8-16%), ενώ στην πραγματικότητα επικρατεί (45-56%) όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 μετά τις χημικές κατεργασίες, για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων (συγκολλητικών) υλικών. Πάντως, το ποσοστό των κόκκων μεγέθους αργίλου (<2 μm) είναι σχετικά μικρό (11-18%) και το ποσοστό του C.O.I. μεγάλο (18-21%), γεγονός που σημαίνουν επικράτηση ήπιων κλιματικών συνθηκών και χαμηλή ένταση των διεργασιών αποσάθρωσης, επομένως σημαντική παρουσία των πρωτογενών ορυκτών (κυρίως Ca-Fe-Mg-ούχων), αστρίων και χαλαζία.

χαία προσανατολισμένα παρασκευάσματα (κόνεως) που υποβλήθηκαν σε ακτινογραφική εξέταση για ποιοτικό και ημιοσοτικό προσδιορισμό των ορυκτών συστατικών τους. Επίσης, από τα κατεργασμένα δείγματα ετοιμάστηκαν παράλληλα προσανατολισμένα παρασκευάσματα των κλασμάτων 20-2 και <2 μm που εξετάστηκαν ακτινογραφικά. Τα ίδια παρασκευάσματα υποβλήθηκαν σε ακτινογραφική εξέταση μετά από διαπότισή τους με ατμούς αιθυλενογλυκόλης για 24 ώρες και αυτά σε νέα ακτινογραφική εξέταση μετά από πύρωσή τους στους 550° C για 2,5 ώρες. Χρησιμοποιήθηκε ακτινοβολία ακτίνων-Χ χαλκού και φίλτρο νικελίου σε περιθλασίμετρο τύπου PHILIPS με περιοχή σάρωσης 3-43° 2θ. Για τον ημιοσοτικό προσδιορισμό των ορυκτών συστατικών χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι των Schultz (1964), Perry & Hower (1970) και Moore & Reynolds (1997).

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα δείγματα χαρακτηρίζονται από την παρουσία άφθονων και εύθρυπτων συσσωματωμάτων, καθώς επίσης και αρκετών οργανικών υπολειμμά-

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά περιθλασιογράμματα του δείγματος B2, όπου σημειώνονται οι ανακλάσεις των αμιγών και ενδοστρωματωμένων ορυκτών φάσεων που συμμετέχουν. Η ορυκτολογική σύσταση των κλασμάτων 20-2 και < 2 μm που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3, είναι μετά την αφαίρεση των ξένων προσμιξεων από αυτά, δηλαδή μετά τις χημικές κατεργασίες που αναφέρονται παραπάνω. Από ορυκτολογική άποψη παρατηρείται μικρή διαφοροποίηση στην κα-

**Πίνακας 1.** Κοκκομετρική κατανομή (κ.β. %) και λιθολογική ταξινόμηση των ακατέργαστων δειγμάτων που αναλύθηκαν.

**Table 1.** Grain size distribution (wt. %) and lithological classification of the untreated samples analyzed.

Δείγμα	>1 mm	1-0,250 mm	0,250-0,125 mm	0,125-0,063 mm	<0,063 mm	Τάξη
B1	22	31	15	16	16	gmS
B2	3	31	22	32	12	mS
B3	7	36	24	25	8	S

gmS = κροκαλοπηλοαμμώδες, mS = ηλοαμμώδες, S = αμμώδες.

**Πίνακας 2.** Κοκκομετρική κατανομή (κ.β. %) και λιθολογική ταξινόμηση των δειγμάτων που αναλύθηκαν μετά από χημικές κατεργασίες.

**Table 2.** Grain size distribution (wt. %) and lithological classification of the samples analyzed after chemical treatments.

Δείγμα	C.O.I. <sup>1</sup>	Άμμος 2000-63 μm	Ιλύς 63-20 μm	Ιλύς 20-2 μm	Άργιλος <2 μm	Τάξη
B1	18	45 (55) <sup>2</sup>	15 (18)	13 (16)	9 (11)	mS
B2	20	35 (44)	12 (15)	21 (26)	12 (15)	sM
B3	21	36 (45)	11 (14)	18 (23)	14 (18)	sM

<sup>1</sup> = Ανθρακικά ορυκτά + Οργανική ύλη + Οξείδια Fe και υδροξείδια Fe και Al.

<sup>2</sup> = κοκκομετρική κατανομή χωρίς τη συμμετοχή του C.O.I.

mS = ηλοαμμώδες, sM = αμμοπηλώδες.

**Πίνακας 3.** Ορυκτολογική σύσταση (κ.β. %) των δειγμάτων που αναλύθηκαν.

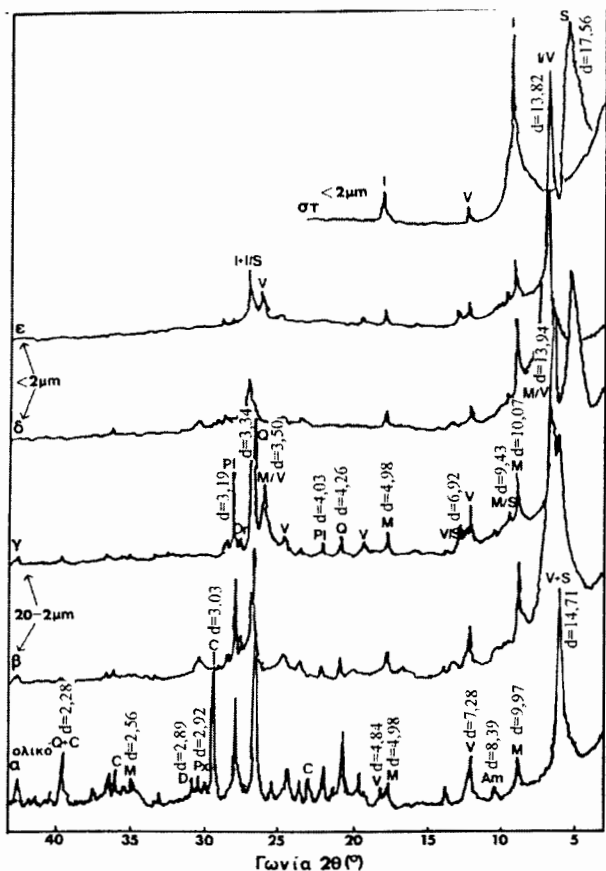
**Table 3.** Mineralogical composition (wt. %) of the samples analyzed.

Δείγμα	Μέγεθος	Q	F	Am	Px	C	D	T.cl	M	S	V
B1	ολικό	18	12	ίχνη	ίχνη	23	9	38			
	20-2 μm	9	12	6	ίχνη	-	-		46	18	9
	<2 μm	6	4	-	-	-	-		51	23	16
B2	ολικό	18	13	6	3	19	7	34			
	20-2 μm	8	15	5	-	-	-		46	17	9
	<2 μm	-	-	-	-	-	-		64	24	12
B3	ολικό	18	10	6	3	20	9	34			
	20-2 μm	9	17	6	2	-	-		39	15	12
	<2 μm	-	6	-	-	-	-		57	23	14

Q = χαλαζίας, F = άστριοι, Am = αμφίβολοι, Px = πυρόξενοι, C = ασβεσίτης, D = δολομίτης, T.cl = σύνολο αργιλικών ορυκτών, M = μαρμαρυγίας + μαρμαρυγίας/βερμικουλίτης (ή ιλλίτης + ιλλίτης/βερμικουλίτης στο <2 μm κλάσμα), S = σμεκτίτης + μαρμαρυγίας/σμεκτίτης (ή ιλλίτης/σμεκτίτης στο <2 μm κλάσμα) + βερμικουλίτης/σμεκτίτης, V = βερμικουλίτης.

τανομή των διάφορων ορυκτών στα τρία δείγματα, αλλά σημαντική ποσοτική διαφοροποίηση μεταξύ των ορυκτών στα επιμέρους κλάσματα. Στο ακατέργαστο ολικό δείγμα η αναλογία των ορυκτών φάσεων είναι περίπου κατά ένα τρίτο: Ανθρακικά

ορυκτά (ασβεσίτης + δολομίτης) - Μη αργιλικά ορυκτά (χαλαζίας + άστριοι + αμφίβολοι + πυρόξενοι) - Αργιλικά ορυκτά (μαρμαρυγίες ή ιλλίτης + σμεκτίτης + βερμικουλίτης + ενδοστρωματωμένες τους φάσεις).



**Σχ. 2.** Αντιπροσωπευτικά περιθλασιογράμματα δείγματος B2. α = τυχαία προσανατολισμένο, (β, δ) = παράλληλα προσανατολισμένα, (γ, ε) = διαποτισμένα με αιθυλενογλυκόλη, σι = πυρωμένο στους 550° C. Άλλα σύμβολα όπως στον Πίνακα 3.

**Fig. 2.** Representative XRD patterns of sample B2. α = randomly oriented, (β, δ) = air dried, (γ, ε) = ethylene glycolated, δ = heated at 550° C. Other symbols as in Table 3.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η υψηλή συμμετοχή των ανθρακικών αλάτων, της οργανικής ύλης και των οξειδίων του Fe και υδροξειδίων του Fe και Al στα εδάφη που εξετάζονται, σημαίνει περιβάλλον χαμηλού δυναμικού οξειδωσης (Degens, 1967) κατά τη διάρκεια των διεργασιών αποσάθρωσης, μεταφοράς και απόθεσης.

Από τη λεπτομερή εξέταση των περιθλασιογραμμάτων διαπιστώνεται ότι τα πλαγιόκλαστα είναι περίπου διπλάσια σε αναλογία από τους καλιούχους αστρίους, γεγονός που επιβεβαιώνει την ανωριμότητα των ιζημάτων που εξετάζονται.

Με μείωση του μεγέθους των κόκκων, το ποσοστό των αργιλικών ορυκτών αυξάνει σημαντικά από 34-38% στο ολικό δείγμα, σε 66-73% στο κλάσμα 20-2 μm και σε 90-100% στο <math><2\mu\text{m}</math> κλάσμα (Πίνακας 3). Μεταξύ των αργιλικών ορυκτών, αμιγών ή ενδοστρωματωμένων, επικρατεί ο μαρμαρυγίας (ή ιλλίτης στο <math><2\mu\text{m}</math> κλάσμα) και ακολουθούν ο σμεκτίτης, ο βερμικουλίτης και οι ενδοστρωματωμένες φάσεις τους μαρμαρυγίας/βερμικουλίτης, μαρμαρυγίας/σμεκτίτης και βερμικουλίτης/σμεκτίτης. Το ποσοστό του αμιγούς σμεκτίτη μαζί με τις ενδοστρωματωμένες φάσεις του, αυξάνει περίπου κατά 40% από το κλάσμα 20-2 στο <math><2\mu\text{m}</math>. Η απουσία του χλωρίτη διαπιστώνεται στα περιθλασιογράμματα μετά την πύρωση των αντίστοιχων παρασκευασμάτων τους στους 550° C για 2,5 ώρες.

Η παρουσία αμφίβλων και πυρόξενων, η υψηλή συμμετοχή του σμεκτίτη, του βερμικουλίτη και των ενδοστρωματωμένων φάσεών τους, καθώς και η υψηλή συμμετοχή των αστρίων, σημαίνουν ορυκτολογική ανωριμότητα αυτών των εδαφών και επομένως επικράτηση ήπιων διεργασιών αποσάθρωσης. Ακόμη, είναι ενδεικτική της σύστασης των μητρικών πετρωμάτων της ευρύτερης περιοχής που τα υλικά αποσάθρωσής τους έχουν μεταφερθεί και αποθεθεί στα χαμηλότερα τμήματα των πρηνών των ορεινών όγκων. Όπως διαπιστώνεται και από το γεωλογικό σκαρίφημα της περιοχής μελέτης (Σχ. 1), τα γειτονικά πετρώματα είναι πλούσια σε Ca-Fe-Mg-ούχα ορυκτά μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα). Τέλος, η παραπάνω παραγένεση σημαίνει επικράτηση ήπιων κλιματικών συνθηκών κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς που θεωρείται ως πιθανότερη ηλικία των

εδαφών που εξετάζονται. Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά το Νεογενές και Πλειστόκαινο σε εύκρατες περιοχές όπως η Ελλάδα (Nairn, 1961), διευκόλυναν την αποσάθρωση των μεταμορφωμένων ή πυριγενών πετρωμάτων που κυριαρχούν στην περιοχή μελέτης. Οι διεργασίες αποσάθρωσης που επικρατούν κάτω από ψυχρές εύκρατες κλιματικές συνθήκες, ουσιαστικά είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό αργιλικών ορυκτών τύπου 2:1 και ιδιαίτερα αμιγών και ενδοστρωματωμένων φάσεων βερμικουλίτη (Chamley, 1989).

Η απουσία του κοσλινίτη σημαίνει επίδραση αποσθρωτικών παραγόντων μικρής χρονικής διάρκειας, καθώς και μικρή απόσταση μεταφοράς από το γειτονικό περιβάλλον. Η απουσία του κλωρίτη οφείλεται στην πλήρη εξαλλοίωσή του σε βερμικουλίτη και στις ενδοστρωματωμένες φάσεις του.

Το στάδιο ιστολογικής ωριμότητας κατά Weller (1960) των εδαφών που εξετάζονται είναι ανώριμο, εξαιτίας του >5% ποσοστού κόκκων μεγέθους αργίλου, της κακής ταξινόμησης των κλαστικών κόκκων τους και της υπογωνιώδους μορφολογίας τους.

Το στάδιο ορυκτολογικής ωριμότητας κατά Weller (1960) είναι ανώριμο, εξαιτίας της σημαντικής παρουσίας σιδηρομαγνησιούχων ορυκτών (π.χ. αμφίβολων και πυρόξενων), μαζί με τους πρωτογενείς κόκκους των αστρίων και του χαλαζία.

Ο βαθμός συνεκτικότητας και αποσκλήρυνσης των εδαφών που εξετάζονται είναι μέτριος, εξαιτίας της παρουσίας κόκκων ποικίλης κοκκομετρικής και ορυκτολογικής σύστασης.

Ο βαθμός διόγκωσης ή συρρίκνωσης αυτών των εδαφών θεωρείται σχετικά υψηλός, εξαιτίας της μεγάλης συμμετοχής του σμεκτίτη και των ενδοστρωματωμένων φάσεων του.

Αυτά τα εδάφη κάτω από τις φυσικές συνθήκες αποσάθρωσης, θα συνεχίσουν να τροποποιούνται ορυκτολογικά επηρεάζοντας έτσι και τη φυσικομηχανική τους συμπεριφορά με την πάροδο του χρόνου. Επομένως, ιδιαίτερες κατασκευαστικές προφυλάξεις πρέπει να παίρνονται στη θεμελίωση πάνω σε τέτοια εδάφη οδικών αξόνων συχνής και βαριάς κυκλοφορίας όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση της νέας Εθνικής Οδού Αθηνών - Θεσσαλονίκης.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CHAMLEY, H. 1989. Clay Sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, 623 pp.
- DEGENS, E. T. 1967. Diagenesis of organic matter, in: G. Larsen & G. Chilingar (eds), Diagenesis in Sediments. Elsevier, New York, 420 pp.
- FOLK, R. L., ANDREWS, P. B. & LEWIS, D. W. 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in N. Zealand. N. Z. J. Geol. Geophys., 13: 937-968.
- HOSSAIN, D., MATSAH, M. I. & SADAQAH, B. 1997. Swelling characteristics of Madinah clays. Quart. J. Eng. Geol., 30: 205-220.
- JACKSON, M. L. 1974. Soil chemical analysis. Adv. Course. Madison, Wisconsin, 690 pp.
- KΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ. & ΜΙΓΚΙΠΟΣ, Γ. 1982. Φύλλο Ραψάνη, κλίμακα 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- MOORE, D. M. & REYNOLDS, R. C., Jr. 1997. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. 2<sup>nd</sup> edn. Oxford Univ. Press, New York, 378 pp.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207 σελ.
- NAIRN, A. 1961. Descriptive Palaeoclimatology. Interscience, New York, 560 pp.
- PERRY, E. & HOWER, J. 1970. Burial diagenesis in Gulf Coast pelitic sediments. Clays Clay Miner., 18: 165-177.
- SCHULTZ, L. G. 1964. Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 391-C, 33 pp.
- SHAKOOR, A. & SARMAN, R. 1997. Significance of Geological Characteristics in Predicting the Swelling Behavior of Mudrocks. Assoc. Eng. Geol. Sp. Publ., 9.
- WEAVER, C. E. 1989. Clays, muds, and shales. Developments in Sedimentology 44. Elsevier, Amsterdam, 820 pp.
- WELLER, J. M. 1960. Stratigraphic principles and practices. Harper & Row, New York, 725 pp.
- XEIDAKIS, G. S. 1996. Stabilization of swelling clays by  $Mg(OH)_2$ . Factors affecting hydroxy-Mg-interlayering in swelling clays. Eng. Geol., 44(1-4): 93-106.