

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΗΛΟΛΙΘΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΑΥΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

Καστρινάκη Α., Τσιραμπίδης Α., Μιχαηλίδης Κ., και Τρώντσιος Γ.

Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 546 21
Θεσσαλονίκη, katkas@geo.auth.gr, anantias@geo.auth.gr, trontzos@geo.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή εξετάζονται πηλολιθικά δείγματα από περιοχές των Νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής, σχετικά με την καταλληλότητά τους, ως πρώτες ύλες στην κεραμική βιομηχανία.

Συγκεκριμένα η έρευνα αφορά τον προσδιορισμό της ορυκτολογικής και χημικής σύστασης των εξεταζόμενων δειγμάτων. Από τα ορυκτά επικρατούν ο χαλαζίας και οι άστριοι, ενώ ακολουθούν οι μαρμαρυγίες, τα αργιλικά ορυκτά και τα ανθρακικά (ασβεστίτης, δολομίτης). Η χημική σύσταση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων προβλήθηκε στα τριγωνικά διαγράμματα $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2\text{-(Fe}_2\text{O}_3\text{+K}_2\text{O+Na}_2\text{O+CaO+MgO)-(Al}_2\text{O}_3\text{+TiO}_2)$ και $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t-(CaO+MgO)-(K}_2\text{O+Na}_2\text{O)}$, προκειμένου οι πηλολιθικοί σχηματισμοί να αξιολογηθούν, όσον αφορά την καταλληλότητά τους για την παρασκευή κεραμικών προϊόντων τύπου "μαγιόλικα", "κοττοφόρτε", "γκρε" και ειδών πλινθοποιίας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, τα εξεταζόμενα υλικά φαίνονται ακατάλληλα για κεραμικά προϊόντα υψηλών προδιαγραφών, ενώ είναι κατάλληλα για την παρασκευή πήλινων σκευών, πλακιδίων και ειδών πλινθοποιίας.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πηλόλιθοι που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κεραμικών προϊόντων περιέχουν ιλύ, λεπτόκοκκη άμμο και αργιλικά ορυκτά σε ποσοστό που δεν ξεπερνάει το 25-30%. Τα χαρακτηριστικά των υλικών αυτών δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν, εξαιτίας μεγάλων διακυμάνσεων της ορυκτολογικής και χημικής τους σύστασης.

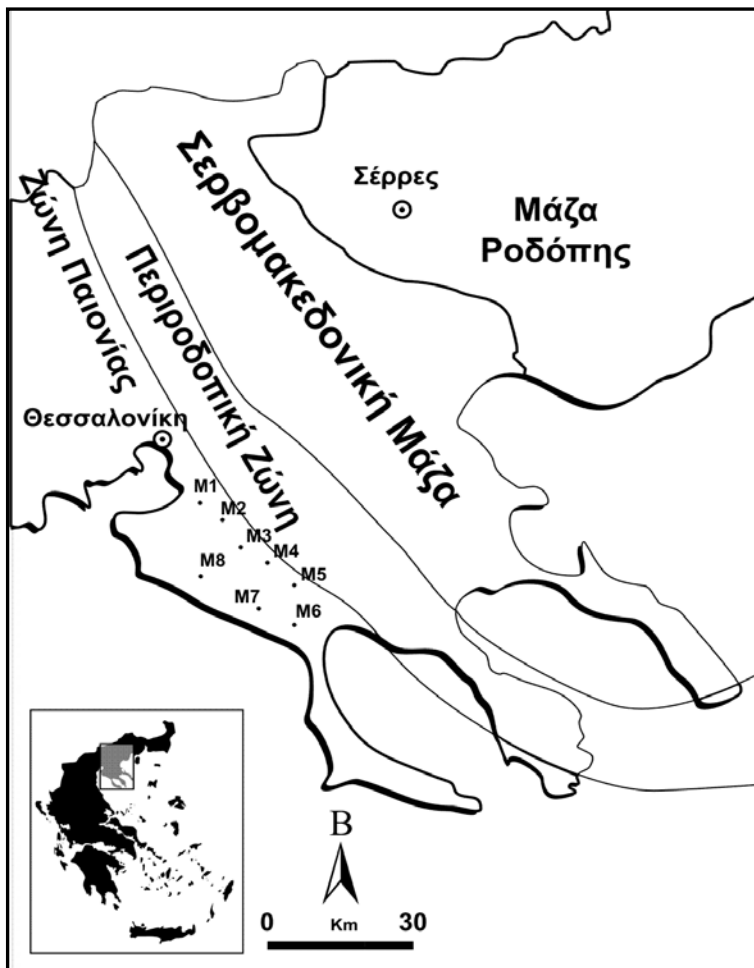
Τα αργιλικά ορυκτά προσφέρουν πλαστικότητα, υδαταπορροφητικότητα, αντοχή μετά από ξήρανση και χρώμα στο μίγμα αργιλούχου εδάφους – νερού (Κατερινόπουλος & Σταματάκης 1995). Τα διογκούμενα αργιλικά ορυκτά και οι μικτές φάσεις, σχηματίζουν συσσωματώματα με την επίδραση του νερού και της υγρασίας, επηρεάζοντας αρνητικά τις ιδιότητες των κεραμικών (Austin 1994).

Όπως έχουν δείξει σύγχρονες έρευνες, η χημική σύσταση ενός πηλού είναι καθοριστική για το είδος του κεραμικού προϊόντος που προκύπτει από τη χρησιμοποίησή του. Πράγματι, κατά το ψήσιμο, μεγάλη σημασία έχει η περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε αλκαλικές γαίες (CaO , MgO), σε αλκάλια (K_2O , Na_2O) και σε οξειδία σιδήρου (FeO , Fe_2O_3). Από τα παραπάνω οξειδία εξαρτάται η θερμοκρασία ψήσιματος, ο βαθμός υαλοποίησης και η μεταβολή των διαστάσεων του κεραμικού προϊόντος (Konta 1973).

Διάφορα τριγωνικά διαγράμματα έχουν προταθεί, με τα οποία είναι δυνατό με βάση τη χημική σύσταση του πηλού να εκτιμηθεί η καταλληλότητά του, προκειμένου να παρασκευαστούν κεραμικά προϊόντα. Για την αξιολόγηση των αντιπροσωπευτικών αργιλικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν το διάγραμμα $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2\text{-(Fe}_2\text{O}_3\text{+K}_2\text{O+Na}_2\text{O+CaO+MgO)-(Al}_2\text{O}_3\text{+TiO}_2)$ και $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t-(CaO+MgO)-(K}_2\text{O+Na}_2\text{O)}$. Το διάγραμμα $\text{SiO}_2\text{-(Fe}_2\text{O}_3\text{+K}_2\text{O+Na}_2\text{O+CaO+MgO)-(Al}_2\text{O}_3\text{+TiO}_2)$ μας επιτρέπει την πιο αντιπροσωπευτική αξιολόγηση της χημικής σύστασης των πηλολιθικών σχηματισμών, γιατί λαμβάνονται υπόψη τα περισσότερα χημικά συστατικά του.

2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται περίπου 25 km νοτιοανατολικά της πόλης της Θεσσαλονίκης. Οι σχηματισμοί που εξετάζονται καλύπτουν τοπικά το Αλπικό υπόβαθρο της μάζας της Παιονίας, που συγκροτείται κυρίως από φυλλίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους, ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγή, καθώς και τμήμα της μαγματικής σειράς του Χορτιάτη (Περιοδοτική ζώνη) που περιλαμβάνει κυρίως δουνίτες, περιδοτίτες, γάββρους και πυροξενίτες (Μουντράκης 1985). Τα ιζημάτα που πλήρωσαν την περιοχή μελέτης αποτελούνται από αποθέσεις του Νεογενούς, του Πλειστόκαινου και του Ολόκαινου (Συρίδης 1990). Το όριο μεταξύ Περιοδοτικής και Παιονίας παραμένει αδιευκρίνιστο. Η λειτουργία της περιοχής ως αποδέκτη ιζημάτων βρίσκεται σε άμεση και στενή σχέση με τη δομή και γεωτεκτονική εξέλιξη του υποβάθρου (Σχ. 1).



Σχήμα 1. Γεωλογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής και θέσεις δειγματοληψίας.

Τα τεκτονικά επεισόδια στην περιοχή μελέτης έλαβαν χώρα στο τέλος του Νεογενούς και στις αρχές του Τεταρτογενούς και είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρηγμάτων με διεύθυνση ANA-ΔΒΔ. Το νεαρό της ηλικίας των συγκεκριμένων ρηγμάτων υποδηλώνεται και από τις αναβλύσεις θερμομεταλλικών νερών που παρατηρούνται σε διάφορες θέσεις κατά μήκος τους (πηγές Αγίας Παρασκευής, Σουρωτής) (Ναγκούλης & Λουπασάκης 2001).

Τα ιζημάτα που εξετάζονται στη εργασία αυτή έχουν ηλικία Α. Μειόκαινο – Κ. Πλειστόκαινο. Οι θέσεις δειγματοληψίας και τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των δειγμάτων που μελετήθηκαν.

Δείγμα	Περιοχή	Χρώμα/Πέτρωμα	Απολιθώματα
M1	N. Ραιδεστός	Ερυθρή άργιλος	
M2	Αγ. Αντώνιος	Σειρά κροκαλοπαγών με ενστρώσεις ερυθρών αργίλων	
M3	Αγ. Αντώνιος	Ερυθρή άργιλος	
M4	Κρήνη	Ερυθρή άργιλος	
M5	Πετράλωνα	Ερυθρή άργιλος	
M6	Φλογητά	Ερυθρή άργιλος	
M7	Σωζόπολη	Ερυθρή άργιλος	Planorbis sp. Paradacna operculum sp.
M8	Αγ. Παύλος	Ψαμμιτομάργα σειρά	

3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Συλλέχθηκαν οκτώ επιφανειακά δείγματα από πρηνή δρόμων και ρέματα. Στα υλικά αυτής της μελέτης, εφαρμόστηκε ήπιος θρυμματισμός, ξήρανση στους 100 °C και κοινοποίηση. Στη συνέχεια, κάθε κοινοποιημένο δείγμα υποβλήθηκε σε χημικές κατεργασίες (κατά Jackson 1974) για την απομάκρυνση των συγκολλητικών ουσιών: Ανθρακικά ορυκτά + Οργανική ύλη + Οξειδία του Fe και υδροξειδία του Fe και Al. Με τη διάλυση και αφαίρεση των ανεπιθύμητων συγκολλητικών υλικών, οι κόκκοι των ορυκτών απελευθερώνονται και αποκτούν την πρωταρχική τους μορφολογία.

Η ορυκτολογική σύσταση των υλικών προσδιορίστηκε ακτινογραφικά μετά τις χημικές κατεργασίες από τα κλάσματα ιλύος και αργίλου με τη βοήθεια των χαρακτηριστικών ανακλάσεων των ορυκτών. Για την ιλύ χρησιμοποιήθηκε το κλάσμα 63-2 μm, για το οποίο πάρθηκαν διαγράμματα περίθλασης από τυχαία και παράλληλα προσανατολισμένα παρασκευάσματα. Για την αναγνώριση των αργιλικών ορυκτών χρησιμοποιήθηκε το κλάσμα <2 μm, για το οποίο πάρθηκαν διαγράμματα από παράλληλα προσανατολισμένα παρασκευάσματα. Για τη διάκριση των ορυκτών με παραπλήσιες σταθερές πλέγματος εφαρμόστηκαν τα παρακάτω:

- κατεργασία των παρασκευασμάτων των κλασμάτων 63-2 μm και <2 μm με ατμούς αιθυλενογλυκόλης για την αναγνώριση των διογκούμενων αργιλικών ορυκτών.
- πύρωση των παρασκευασμάτων του κλάσματος <2 μm στους 550 °C για τη διάκριση του χλωρίτη από το βερμικουλίτη και
- κατεργασία του κλάσματος 63-2 μm με DMSO (διμεθυλοσουλφοξείδιο) προκειμένου να διαπιστωθεί η ύπαρξη του καολινίτη.

Για την ακτινογραφική εξέταση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ακτινοβολία-X με μήκος κύματος $\text{CuK}\alpha = 1,5418 \text{ \AA}$ και φίλτρο $\text{Ni} = 0,0170 \text{ mm}$ για την απομόνωση μονοχρωματικής ακτινοβολίας-X στο περιθλασίμετρο τύπου PHILIPS PW 1710 με συνθήκες λειτουργίας 35 kV, 24 mA, ταχύτητα σάρωσης $1,2^\circ/\text{sec}$, ταχύτητα καταγραφικού $1 \text{ cm}/\text{min}$ και περιοχή σάρωσης $3-43^\circ 2\theta$. Για τον ημιποσοτικό προσδιορισμό των ορυκτών συστατικών χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι των Hower et al. (1976) και Moore & Reynolds (1997).

Για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης εφαρμόστηκε η ανάλυση φασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης (AAS) στον τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. με φασματοφωτόμετρο Perkin Elmer 5000. Πριν τη χημική ανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε η διαδικασία προσδιορισμού της απώλειας πύρωσης, ώστε να διαπιστωθεί το ακριβές βάρος των πτητικών που περιείχε το καθένα από αυτά. Με την παραπάνω μέθοδο ανάλυσης προσδιορίστηκαν τα οξείδια Si, Al, Ca, Mg, Fe, K, Na, Ti και P.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης δίνονται στον πίνακα 2 από τον οποίο προκύπτουν τα παρακάτω:

- Τα δείγματα είναι πλούσια σε χαλαζία (μέση τιμή 40%), ενώ σημαντική είναι η συμμετοχή των αστρίων (μέση τιμή 17%). Η παρουσία χαλαζία σε τέτοια ποσοστά στα ιζήματα, είναι θετική, δεδομένου ότι περιορίζει τη συρρίκνωση κατά το ψήσιμο και εξασφαλίζει τη σταθερότητα και μονιμότητα

του σχήματος των κεραμικών. Οι άστριοι βοηθούν στη δημιουργία υαλώδους φάσης, η οποία δρα ως συγκολλητικό υλικό για τις υπόλοιπες ορυκτολογικές φάσεις (Buhman & Fey 1988).

β. Το ολικό κλάσμα των δειγμάτων περιέχει άφθονα αργιλικά.

γ. Το κλάσμα <2 μm σχεδόν όλων των δειγμάτων είναι πλούσιο σε ιλλίτη (>30%) και σμεκτίτη. Η μικτή φάση ιλλίτης/σμεκτίτης εμφανίζεται στα περισσότερα δείγματα.

δ. Όλα τα εξεταζόμενα δείγματα περιέχουν καολινίτη.

ε. Χλωρίτης βρέθηκε στο δείγμα M1.

στ. Τα δείγματα M1 και M4 έως M8 περιέχουν ασβεστίτη και λίγο δολομίτη σε αντίθεση με τα υπόλοιπα που δεν περιέχουν καθόλου. Η μικρή περιεκτικότητα σε ανθρακικά ορυκτά (<20%) εξασφαλίζει μικρή συστολή κατά το ψήσιμο σε θερμοκρασίες > 750 °C, η οποία οφείλεται στη διάσπαση των ανθρακικών ορυκτών σε CaO ή MgO και CO₂. Επίσης, η ύπαρξη CaCO₃ σε πλούσια σε σίδηρο υλικά συμβάλλει στο βαθύ ερυθρό χρώμα των τελικών κεραμικών προϊόντων (Περράκη & Ορφανουδάκη 1996). Πρώτες ύλες πλούσιες σε ανθρακικά ορυκτά πρέπει πρώτα να αλεστούν, έτσι ώστε οι ανθρακικοί κόκκοι να αποκτήσουν μέγεθος <300 μm. Μεγάλοι ανθρακικοί κόκκοι κατά τη διάρκεια του ψησίματος δημιουργούν λέπια ασβεστίου με αποτέλεσμα τη θραύση και το ράγισμα των κεραμικών προϊόντων (Hollerl & Sikalidis 1993).

Κατά τον Kromer (1981), αργιλοχώματα με τέτοια ορυκτολογική σύσταση θα μπορούσαν να θεωρηθούν κατάλληλα για την κατασκευή των κοινών αδρόκοκκων κεραμικών (τρυπητά τούβλα, κεραμίδια, σωλήνες κ.ά.), ενώ αποκλείονται για την κατασκευή προϊόντων υψηλότερων τεχνολογικών απαιτήσεων.

Πίνακας 2. Ορυκτολογική σύσταση (κ.β.%) των δειγμάτων που αναλύθηκαν.

Δείγμα	Κλάσμα (μm)	Q	PI	Or	Am	Px	C	D	T.Cl	M	S	V
M1	ολικό	55	6		11		5	2	21			
	63-2	28	32	22	9				5			
	<2									70	15	15
M2	ολικό	44	19	13		2			22			
	63-2	15	45	19		4			17			
	<2									50	41	9
M3	ολικό	36	5	2	9			5	43			
	63-2	30	22	11	12				25			
	<2									25	37	38
M4	ολικό	43	9				11	ix.	37			
	63-2	45	28	13					14			
	<2									54	20	26
M5	ολικό	36	4	10		2	8	3	34			
	63-2	38	34	8		4			16			
	<2										41	59
M6	ολικό	46	18	3		2	10	2	19			
	63-2	21	27	20	10	5			17			
	<2									78	17	5
M7	ολικό	30	15	5		3	26		21			
	63-2	25	27	26		4			18			
	<2									74	15	11
M8	ολικό	28	18	13		3	2	3	33			
	63-2	9	36	42		5			8			
	<2									70	16	14

Q = χαλαζίας, PI = πλαγιόκλαστα, Or = ορθόκλαστο, Am = αμφίβολοι, Px = πυρόξενοι, C = ασβεστίτης, D = δολομίτης, T.Cl = σύνολο αργιλικών, M = μοσχοβίτης και ιλλίτης, S = σμεκτίτης και ιλλίτης/σμεκτίτης, V = χλωρίτης (+ βερμικουλίτης + χλωρίτης/βερμικουλίτης + βερμικουλίτης/σμεκτίτης + καολινίτης), ix. = ίχνη (<2%).

Πίνακας 3. Χημική σύσταση (κ.β.%) των δειγμάτων που μελετήθηκαν.

Δείγμα	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O _{3t}	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
M1	52,95	9,07	0,121	6,39	13,54	5,67	0,89	0,61	0,19	0,05	9,51
M2	60,94	13,90	0,08	8,55	2,18	1,08	1,52	2,01	0,35	0,06	8,41
M3	54,27	15,50	0,158	7,08	5,99	4,36	0,76	0,72	0,29	0,06	10,04
M4	54,79	14,29	0,052	5,20	1,98	6,36	1,21	0,65	0,28	0,02	14,21
M5	54,70	15,94	0,122	6,16	1,42	5,62	0,76	1,82	0,36	0,08	12,54
M6	60,73	13,12	0,088	4,45	2,06	4,69	1,61	1,92	0,23	0,07	10,51
M7	48,18	12,19	0,100	4,17	1,95	3,74	1,17	1,72	0,30	0,06	16,26
M8	57,25	15,39	0,126	6,43	3,03	1,89	1,67	2,32	0,38	0,15	9,59

LOI = απώλεια πύρωσης

Από τον πίνακα 3 φαίνεται ότι η χημική σύσταση των δειγμάτων κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με κάποιες εξαιρέσεις. Συγκεκριμένα, διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

α. Το ποσοστό συμμετοχής του SiO₂ κυμαίνεται από 53 έως 61% και μόνο το M7 δείγμα εμφανίζει ποσοστό <50%, γεγονός που συνδέεται με το σχετικά χαμηλότερο ποσοστό συμμετοχής του χαλαζία στο δείγμα όπως διαπιστώθηκε από την ορυκτολογική εξέταση.

β. Το Al₂O₃ έχει μέση τιμή 15% στα δείγματα M2, M3, M4, M5 και M8, ενώ κυμαίνεται από 9% έως 13% στα δείγματα M1, M6 και M7.

γ. Το Fe₂O_{3t} αντιπροσωπεύει το σύνολο Fe₂O₃ και FeO. Αυτό βρίσκεται μερικώς με τη μορφή ελεύθερων άμορφων ή κρυσταλλικών οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου και μερικώς είναι δεσμευμένο στα αργιλοπυριτικά ορυκτά (χλωρίτη), στις αμφίβλους και στους πυροξένους.

δ. Η συμμετοχή του CaO κυμαίνεται από 1,08% έως 6,36% σε όλα τα δείγματα εκτός του M7, όπου εμφανίζει πολύ υψηλό ποσοστό συμμετοχής (13,47%). Το υψηλό ποσοστό του CaO οφείλεται στην υψηλή συμμετοχή του ασβεστίτη στο αρχικό υλικό. Μέρος του CaO οφείλεται και στη συμμετοχή των πλαγιόκλαστων στο αρχικό υλικό.

ε. Το Na₂O προέρχεται από τα πλαγιόκλαστα, ενώ το MgO όπως και ο Fe₂O_{3t} χαρακτηρίζουν κυρίως τη σύσταση του χλωρίτη, του βερμικουλίτη, των αμφιβόλων και των πυροξένων που συμμετέχουν στα εξεταζόμενα υλικά.

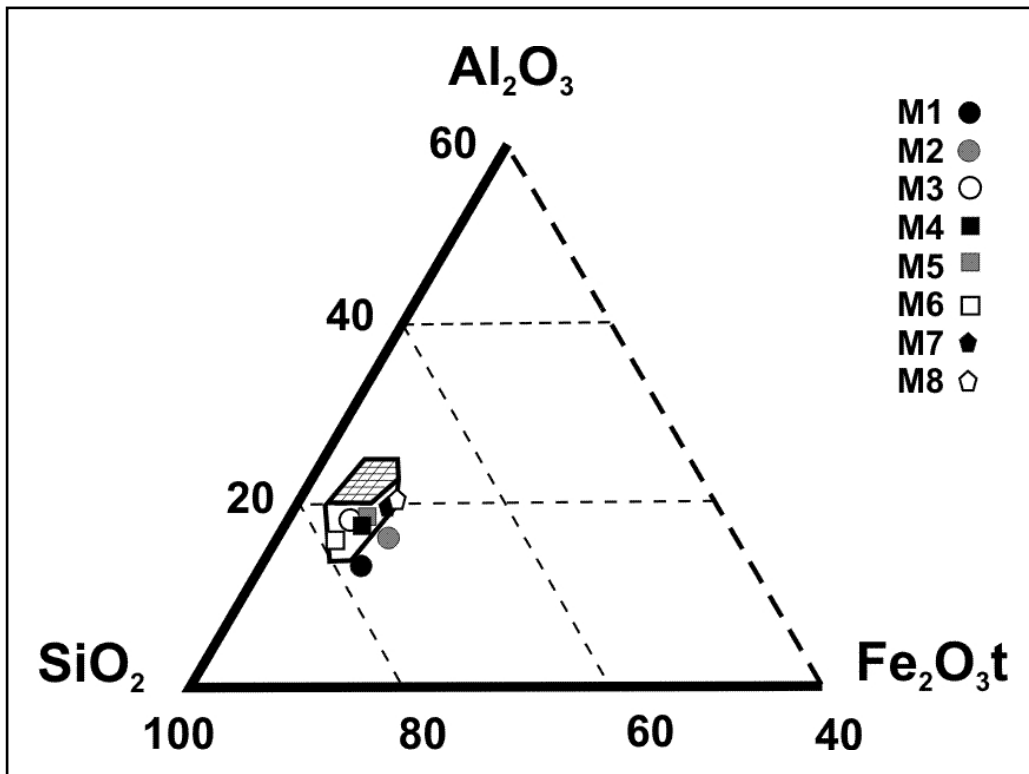
στ. Το K₂O κυμαίνεται από 0,61% έως 0,72% στα δείγματα M1, M3 και M4 και από 1,72 ως 2,32% στα υπόλοιπα δείγματα. Η ύπαρξη του οφείλεται στην παρουσία των K-αστρίων (ορθόκλαστα), ενώ μέρος του K₂O πρέπει να θεωρηθεί ότι ανήκει στο μοσχοβίτη και ιλλίτη.

Η απώλεια πύρωσης συνδέεται με την αφυδροξυλίωση του πλέγματος των φυλλόμορφων ορυκτών και την απομάκρυνση του CO₂ που παράγεται από την διάσπαση των ανθρακικών ενώσεων. Οι τιμές της απώλειας πύρωσης επηρεάζεται περισσότερο από την αφθονία των αργιλικών φάσεων, απλών ή μικτών.

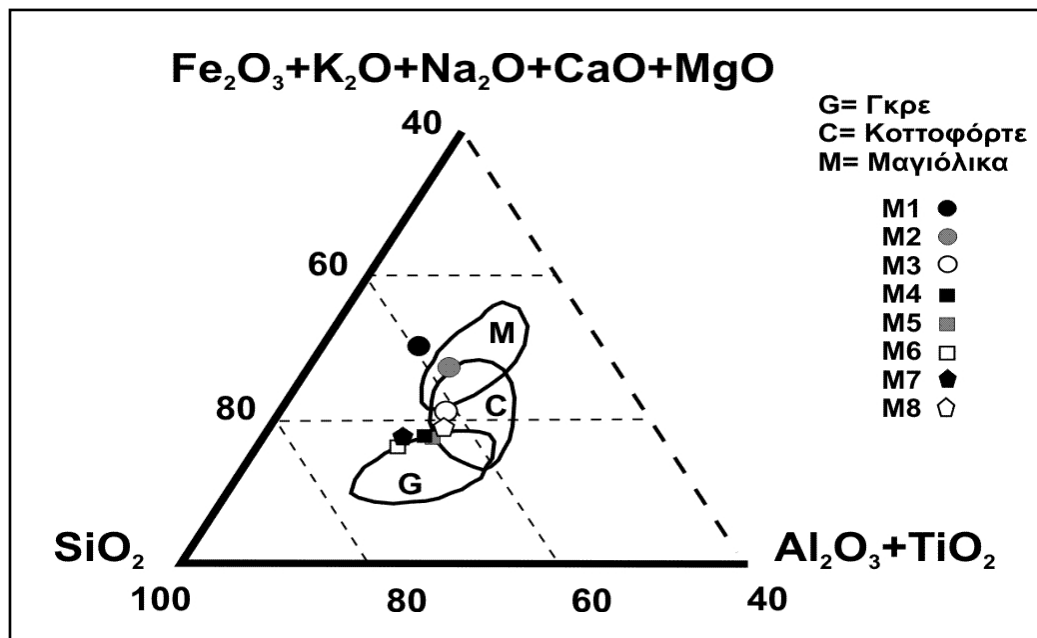
Για την αξιολόγηση των οκτώ αντιπροσωπευτικών αργιλικών δειγμάτων, χρησιμοποιήθηκαν το διάγραμμα Sandrolini & Palmonari (1974) (Σχ. 2) και τα διαγράμματα Vincenzini & Fiori (1977) (Σχ. 3,4). Στο διάγραμμα SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O_{3t} (Σχ. 2), με την εξωτερική γραμμή οριοθετείται η περιοχή στην οποία εμπίπτουν τα δείγματα που θεωρούνται κατάλληλα για είδη πλινθοποιίας. Τα δείγματα που θεωρούνται κατάλληλα για είδη έγχρωμων πλακιδίων, είναι εκείνα που εμπίπτουν στο γραμμωσκόπιο τμήμα της παραπάνω περιοχής.

Το διάγραμμα SiO₂-(Fe₂O_{3t}+K₂O+Na₂O+CaO+MgO)-(Al₂O₃+TiO₂) (Σχ. 3), μας επιτρέπει να κάνουμε την πιο αντιπροσωπευτική αξιολόγηση της χημικής σύστασης των δειγμάτων, γιατί λαμβάνονται υπόψη τα περισσότερα χημικά συστατικά τους. Από το διάγραμμα αυτό γίνεται φανερό ότι, προκειμένου να κατασκευαστούν κεραμικά προϊόντα τύπου "γκρε" η περιεκτικότητα της αργιλικής πρώτης ύλης σε SiO₂ πρέπει να είναι υψηλότερη απ' ό,τι για να κατασκευαστούν οι δύο άλλοι τύποι κεραμικών προϊόντων, ενώ η περιεκτικότητα σε υαλοποιητές πρέπει να είναι αντίστοιχα μικρότερη.

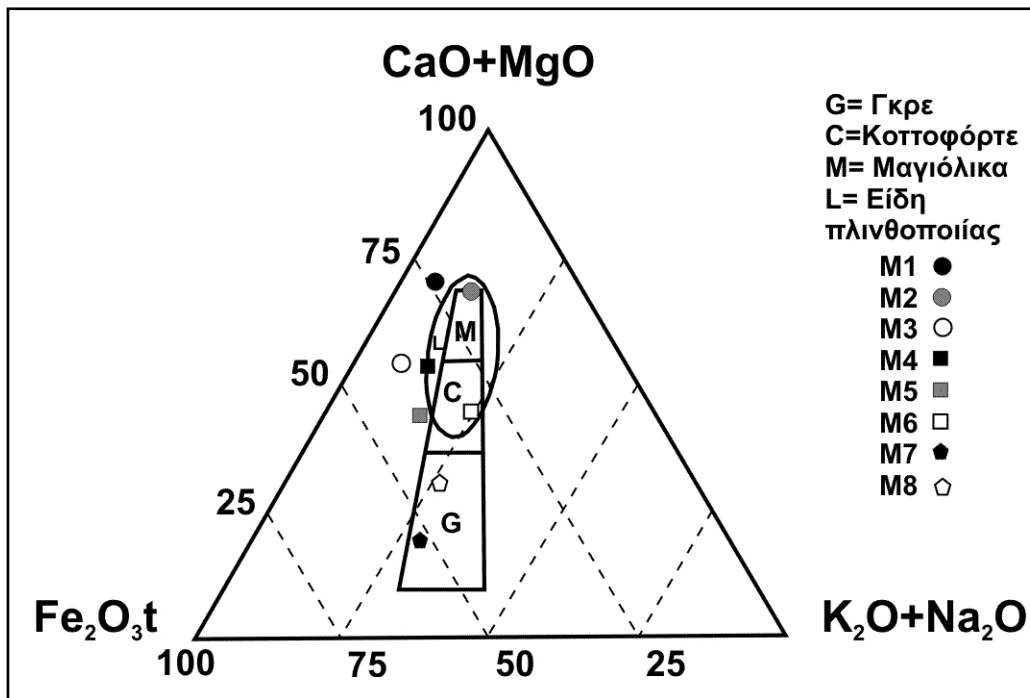
Από το διάγραμμα Fe₂O_{3t}-(CaO+MgO)-(K₂O+Na₂O) (Σχ. 4) γίνεται φανερό ότι, το είδος του κεραμικού προϊόντος εξαρτάται από το λόγο αλκαλικές γαίες / αλκάλια και λιγότερο από την περιεκτικότητα του πηλού σε Fe₂O_{3t}.



Σχ 2. Προβολή της χημικής σύστασης των οκτώ δειγμάτων στο τριγωνικό διάγραμμα $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{t}$.



Σχ 3. Προβολή της χημικής σύστασης των οκτώ δειγμάτων στο τριγωνικό διάγραμμα $\text{SiO}_2\text{-(Fe}_2\text{O}_3\text{+K}_2\text{O+Na}_2\text{O+CaO+MgO)-(Al}_2\text{O}_3\text{+TiO}_2\text{)}$.



Σχ 4. Προβολή της χημικής σύστασης των οκτώ δειγμάτων στο τριγωνικό διάγραμμα Fe_2O_3t -($CaO+MgO$)-(K₂O+Na₂O).

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στους συγκεκριμένους πηλολιθικούς σχηματισμούς από την ορυκτολογική εξέταση προέκυψαν τα εξής:

Η μέση περιεκτικότητα των εξεταζόμενων ιζημάτων σε χαλαζία είναι ~40%. Η περιεκτικότητα αυτή είναι θετική, γιατί περιορίζει τη συρρίκνωση του κεραμικού κατά το ψήσιμο και εξασφαλίζει τη σταθερότητα του σχήματος (Buhman & Fey 1988).

Η μέση περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε αστρίους είναι ~17%. Για την παρασκευή προϊόντων τύπου "κοττοφόρτε" και "γκρε" πρέπει να ανέρχεται στο 15-20%. Αντίθετα, για την παρασκευή προϊόντων τύπου "μαγιόλικα" (φαγιεντιανά), κυμαίνεται από 5% έως 10% (Vincenzini & Fiori 1977). Γενικά, οι άστριοι συμβάλλουν στη δημιουργία υαλώδους φάσης, η οποία δρα ως συγκολλητικό υλικό.

Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε αργιλικά ορυκτά είναι ~26%. Τα ορυκτά αυτά και οι μικτές φάσεις τους προσφέρουν πλαστικότητα και αντοχή μετά από ξήρανση και συγκολλούν καλύτερα τους κόκκους της ιλύος και της άμμου. Έχει διαπιστωθεί όμως, ότι σχηματίζουν συσσωματώματα με την επίδραση της υγρασίας, επηρεάζοντας τις ιδιότητες των κεραμικών προϊόντων. Έτσι, σε υλικά πλούσια σε σμεκτίτη, χλωρίτη και μικτό ιλλίτη/σμεκτίτη πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή (Austin 1994).

Το ποσοστό του ασβεστίτη στα δείγματα είναι ~8% και του δολομίτη ~2%. Η περιεκτικότητα σε ανθρακικά ορυκτά είναι καθοριστική για το είδος του κεραμικού προϊόντος που θα κατασκευαστεί. Για την παρασκευή τύπου "γκρε" η περιεκτικότητα σε ανθρακικά δεν υπερβαίνει το 5%. Αντίθετα, για την παρασκευή κεραμικών τύπου "κοττοφόρτε" μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 5% και 15% και για τα "μαγιόλικα" (φαγιεντιανά) από 15% έως 25%.

Από τα αποτελέσματα της εργαστηριακής μελέτης συμπεραίνεται, ότι το υλικό των εξεταζόμενων δειγμάτων θα μπορούσε να θεωρηθεί κατάλληλο για την κατασκευή αδρόκοκκων κεραμικών προϊόντων και ειδών πλινθοποιίας.

Με βάση την προβολή της χημικής σύστασης των οκτώ αντιπροσωπευτικών δειγμάτων στα τριγωνικά διαγράμματα (Σχ. 2, 3, 4), προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Οι πηλόλιθοι M8 και M2 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν, για την παρασκευή κεραμικών προϊόντων τύπου "γκρε".

Οι πηλόλιθοι M6 και M7 θεωρούνται κατάλληλοι για την κατασκευή προϊόντων τύπου "μαγιόλικα" (φαγιεντιανά) και για υλικά πλινθοποιίας.

Οι πηλόλιθοι M3 και M4 μπορεί να χρησιμοποιηθούν για υλικά πλινθοποιίας, με μικρή βελτιστοποίηση της περιεκτικότητάς τους σε αλκάλια.

Ο πηλόλιθος M5, με μικρή βελτιστοποίηση στα αλκάλια, είναι κατάλληλος για την παρασκευή κεραμικών προϊόντων τύπου "κοττοφόρτε".

Ο πηλόλιθος M1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή προϊόντων πλινθοποιίας με βελτιστοποίηση, στα οξειδία Fe.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι, οι πηλοί των Νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής θα μπορούσαν να δοκιμαστούν ως έχουν ή με κατάλληλες βελτιστοποιήσεις για την κατασκευή ορισμένων τύπων κεραμικών προϊόντων όπως τα είδη "πλινθοποιίας", "μαγιόλικα", "κοττοφόρτε" και "γκρε".

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Κατερινόπουλος Α. & Σταματάκης Μ. 1995. Εφαρμοσμένη Ορυκτολογία – Πετρολογία. Τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα και οι χρήσεις τους. Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 311σ.
- Μουντράκης Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207σ.
- Ναγκούλης Θ. & Λουπασάκης Κ. 2001. Υδρολογικό καθεστώς της πεδινής ζώνης της λεκάνης του Ανθεμούνα. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 34/5, 1859-1868.
- Περράκη Θ. & Ορφανουδάκη Α. 1996. Αξιολόγηση πηλών, ως προς την καταλληλότητά τους για την κατασκευή κεραμικών προϊόντων, με βάση τη χημική τους σύσταση. Ορυκτός Πλούτος, 100, 15-24.
- Συρίδης Γ. 1990. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΒΙΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΝΕΟΓΕΝΩΝ-ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 281σ.
- Austin G. 1994. Adobe and Similar Materials. In: Industrial Minerals and Rocks, 6th ed., D. D. Carr, (ed.) Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 279-286.
- Buhman M. & Fey V. 1988. The mineralogy of four heaving clays. Applied Clay Science. Vol. 3, No. 3, 219-236.
- Hollerl N. & Sikalidis C. 1993. Dry Technology – A plant Solution for Calcium Carbonate inclusions and for fast-firing Clays for Bricks. Proc. 9th CERP, Int. Ceramic Congr. Research for Production, ICS, Rimini.
- Hower J., Eslinger E.V., Hower M.E. & Perry E.A. 1976. The mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediments. Geol. Soc. Amer. Bull., 87, 727-757.
- Jackson M.L. 1974. Soil chemical analysis. Advanced course, 2nd ed. Madison, Wisconsin, 690p.
- Konta J. 1973. Rheological properties of Czechoslovak clays. A.I.P.E.A.
- Kromer H. 1981. Mineralogical and technological characteristics of ceramic clays. Staal. Forschungsinstitut für Angewandte Mineralogie, W. Germany, 323p.
- Moore D.M. & Reynolds R.C.Jr. 1997. X – Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, 2nd ed. Oxford Univ. Press, New York, 378p.
- Sandrolini F. & Palmonari C. 1974. Variazioni strutturali e dimensionali durante la cottura di argille italiane per materiali da costruzione. La Ceramica, 17, 6-11.
- Vincenzini P. & Fiori C. 1977. Caratteristiche naturali di argille italiane e correlazione con le proprietà tecnologiche dei prodotti da esse ottenibili. Ceramurgia, 7, 119-134.

ABSTRACT

EVALUATION OF MUDSTONE FORMATIONS AND THEIR SUITABILITY FOR CERAMICS PRODUCTION

Kastrinaki A., Tsirambides A., Michailidis K., & Trontsios G.

Department of Mineralogy-Petrology-Economic Geology, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 546 21, Thessaloniki, katkas@geo.auth.gr, anantias@geo.auth.gr, trontzos@geo.auth.gr

Mudstone formations samples from the Thessaloniki and Chalkidiki prefectures are investigated, in respect to their suitability as raw materials for the ceramic industry.

In particular, the investigation concerned the determination of the mineralogical and chemical composition of the studied sample. Quartz and feldspars are the major mineralogical constituents, whereas micas, clay minerals and carbonates were detected in various amounts, follow. The samples are evaluated, concerning their suitability for ceramics production, namely majolica, cottoforte, gre and bricks, on the basis of their chemical composition and in accordance to $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{t}$, $\text{SiO}_2\text{-(Fe}_2\text{O}_3\text{t+K}_2\text{O+Na}_2\text{O+CaO+MgO)-(Al}_2\text{O}_3\text{+TiO}_2)$ and $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t-(CaO+MgO)-(K}_2\text{O+Na}_2\text{O)}$ triangular diagrams.

The general conclusion is that, most of the studied materials are unsuitable for high quality ceramics products. By contrast, some of them could be tested for the production of bricks and roofing tiles.