

## ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΙΜΩΛΟΥ

Θ. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ, Γ. ΧΡΙΣΤΙΔΗ

### ΣΥΝΟΨΗ

Πετρώματα της νήσου Κιμώλου που παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον μελετώνται ορυκτολογικά και πετρογενετικά. Προσδιορίστηκαν τα ορυκτά μοντοριλλονίτης, καολινίτης, κλινοπτιλόλιθος, μordenίτης, κ- άστριος και αλουνίτης. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι υδροθερμικό σύστημα που τροφοδοτείτο από θαλασσινό νερό μετέτρεψε τις αρχικές υελίδεις λάβες και τους τόφους ανάλογα με το pH των διαλυμάτων, σε μπεντονίτες με ζεδίλους, αυθιγενή καλιούχο άστριο, καολίνη, και σε αλουνίτη.

### A B S T R A C T

Rocks of economic interest from Kimolos island are studied mineralogically and petrogenetically. The minerals montmorillonite, clinoptilolite, mordenite, K-feldspar, kaolinite and alunite were determined. From this study it is concluded that a hydrothermal system supplied with sea water, altered the original vitric tuffs and lavas, to bentonites with zeolites and authigenic K-feldspar, kaolinite and alunite according to the pH of the acting solution.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πετρώματα της Κιμώλου δεν έχουν μελετηθεί μέχρι τώρα συστηματικά. Έχουν περιγραφεί μόνο οι πετρολογικοί τύποι καθώς και μερικές εμφανίσεις βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων (ΜΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, 1980, 1981).

Η παρούσα μελέτη έχει σα σκοπό την ερμηνεία της γένεσης των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων που εμφανίζονται στο βορειοανατολικό, ανατολικό και νότιο τμήμα του νησιού. Επειδή δεν υπήρχε γεωλογικός χάρτης έγινε και η αντίστοιχη καρτογράφηση στις παραπάνω περιοχές.

### Θέση-έκταση-γεωλογία-εφαρμογές

Η Κίμωλος βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα των Κυκλάδων, βορειοανατολικά της Μήλου. Η έκτασή της είναι 35,71 km<sup>2</sup>. Ανήκει στο ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου που εκτείνεται από τα

T. MARCOPOULOS, G. CHRISTIDIS: The genesis of the industrial minerals and rocks in Kimolos island.

Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Ελευθ.Βενι-  
 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.  
 ζέλου 127, 73133 Χανιά.

ηφαιστεια της Κρομμωνίας, μέχρι τη Μ.Ασία, και περιλαμβάνει την Αίγινα, τα Μέθανα, τον Πόρο, τη Μήλο, την Κίμωλο, τη Σαντορίνη, την Κω και τη Νίσυρο. Η ηφαιστειακή δράση στο τόξο άρχισε πριν από 3 εκ. χρόνια (INNOCENTI ET AL. 1979) και συνεχίζεται μέχρι σήμερα με τη μορφή των ατμίδων σε διάφορες θέσεις (Κρομμωνία, Σαντορίνη, Μήλος, Νίσυρος).

Τα μέχρι τώρα στοιχεία (ΜΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, 1980, 1981) δείχνουν ότι η Κίμωλος καλύπτεται από λάβες, η σύσταση των οποίων κυμαίνεται από ρυοδακτιτική έως ανδσειτική, και πυροκλαστικά υλικά όπως τέφρους και ηφαιστειακή σποδό.

Τα ηφαιστειακά αυτά υλικά έχουν εξαλλοιωθεί σε μεγάλο βαθμό, δημιουργώντας μία ποικιλία δευτερογενών ορυκτών εξαλλοίωσης. Οι εξαλλοιώσεις που παρατηρούνται είναι η μπεντονιτίωση που κατά τόπους συνοδεύεται από ζεολιτίωση, η καολινιτίωση και η αλουνιτίωση. Τα ορυκτά εξαλλοίωσης που παρατηρήθηκαν είναι ο μοντμοριλλονίτης, ο κλινοπιτιλόλιθος, ο μορντενίτης, ο καολινίτης, ο αλουνίτης, ο Κ-άστριος, ο σερικίτης και ο αλίτης.

Δειγματοληψία, ορυκτολογικοί προσδιορισμοί

Στα πλαίσια της δειγματοληψίας χαρτογραφήθηκαν ορισμένα τμήματα του νησιού (σχ. 1α). Οι θέσεις δειγματοληψίας σημειώνονται στο σχήμα 1β. Τα δείγματα Κ4 έως Κ9 ελήφθησαν από κοίτασμα μπεντονίτη με μορφή φλεβοειδούς κοίτης το οποίο εξορύσσεται.

Οι ορυκτολογικοί προσδιορισμοί έγιναν με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ. Χρησιμοποιήθηκαν περιθλασίμετρα τύπου PHILIPS PW 1010 και PHILIPS PW 1041. Για τους προσδιορισμούς χρησιμοποιήθηκε ακτινοβολία Cu $\alpha$  και φίλτρο Ni. Οι συνθήκες ήταν 36kV, 20mA και η ταχύτητα γωνιομέτρου 1 $^{\circ}$ /min για τα απλά δείγματα και 0,5 $^{\circ}$ /min για το κλάσμα 2 $\mu$ .

Από τα δείγματα Κ6, Κ7, Κ8 και Κ9 αποχωρίστηκε το αντίστοιχο κλάσμα 2 $\mu$  που επεξεργάστηκε με αιθυλενογλυκόλη και στη συνέχεια θερμάνθηκε διαδοχικά στους 110, 200, 350 και 550 $^{\circ}$ C με σκοπό τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του κρυσταλικού πλέγματος του μοντμοριλλονίτη, όπως φαίνεται στο σχ. 2.

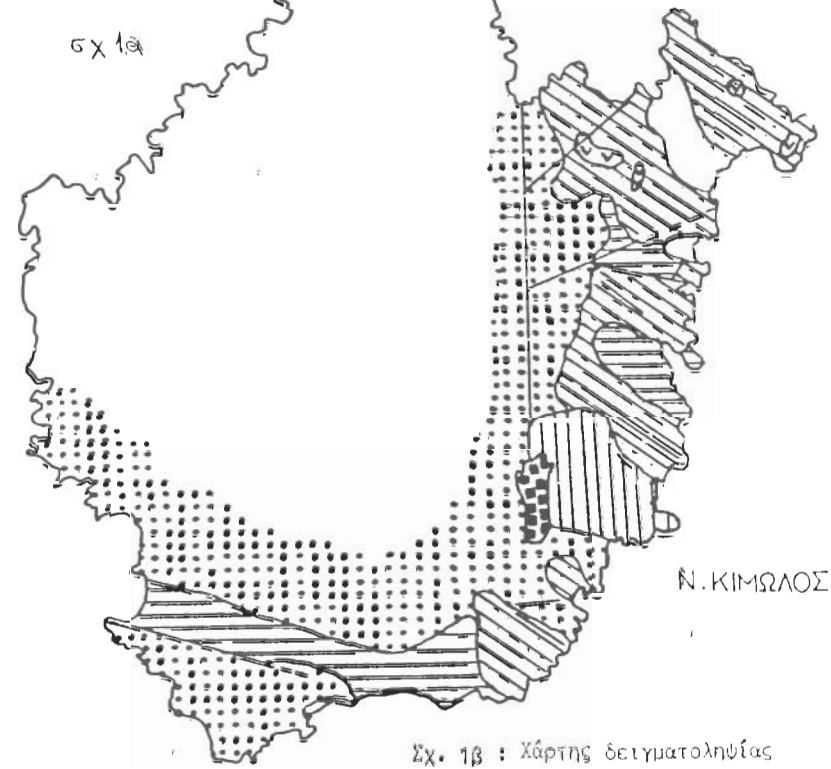
Συζήτηση

Τα ορυκτά που προσδιορίστηκαν είναι ο μοντμοριλλονίτης, ο καολινίτης, ο αλουνίτης καθώς επίσης και οι ζεόλιθοι κλινοπιτιλόλιθος και μορντενίτης. Τα ορυκτά αυτά συνοδεύονται από σπάλιο C-T, οπάλιο-α, χαλαζία, Κ-άστριο, πλαγιόκλαστο, σερικίτη και

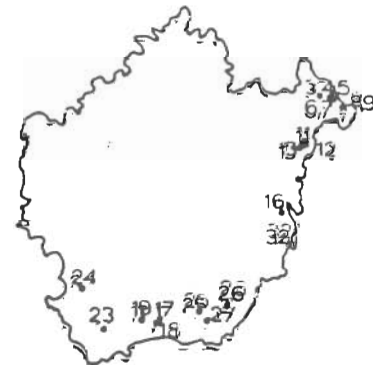
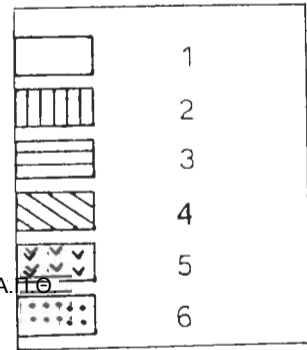
α: Χάρτης εξαλλοιώσεων

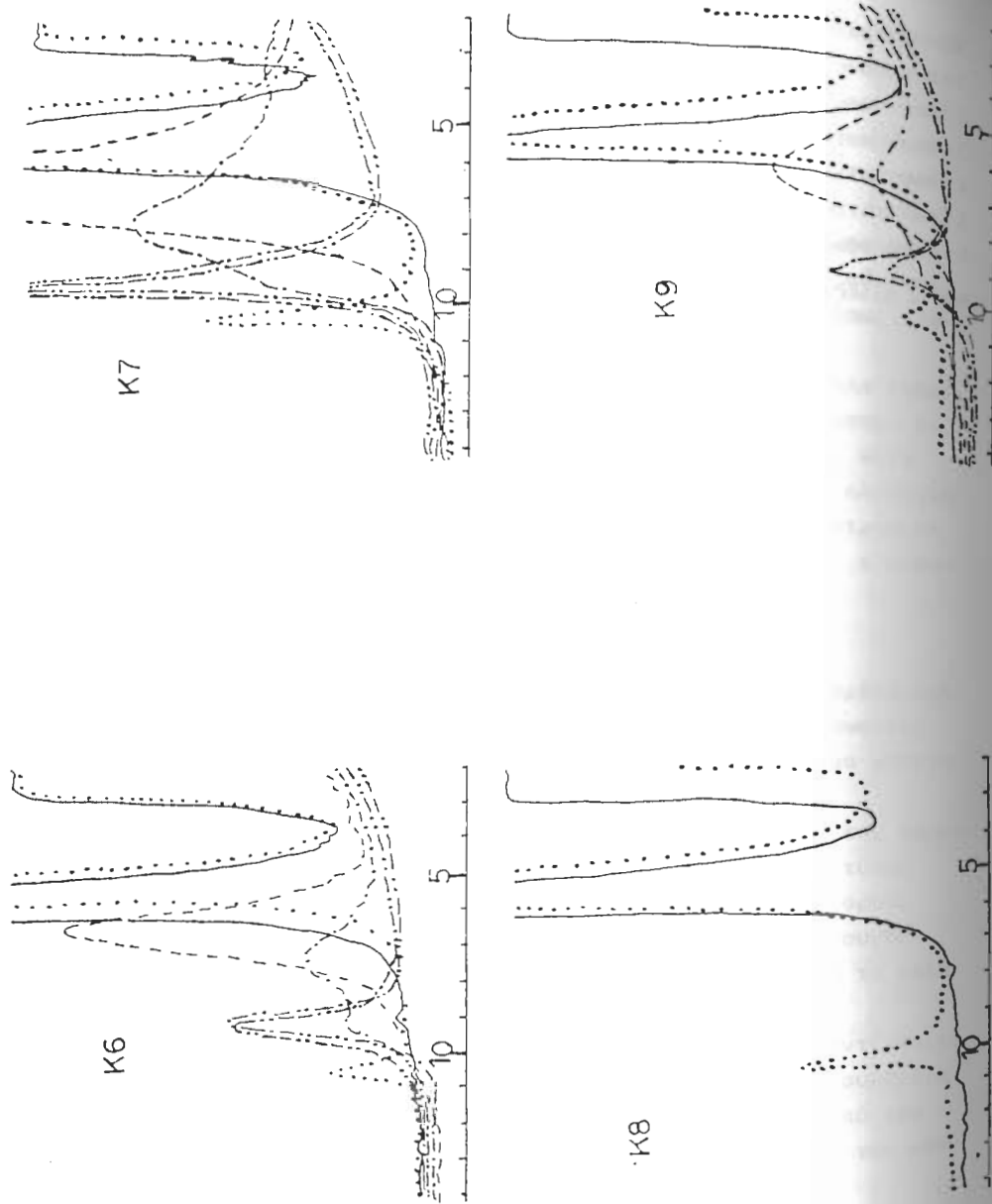
- 1 ούυχρονες αποθέσεις (κορήματα)
- 2 περιλιτωμένες λάβες
- 3 πυροκλαστικά υλικά κατά θέσεις μπεντονιτιωμένα
- 4 ηφαιστειακοί τόφοι κατά τόπους μπεντονιτιωμένοι
- 5 ρυοδακτιτικές-δακτιτικές λάβες με αντίστοιχα αλουνιτιωμένα
- 6 λάβες εξαλλοιωμένες

β: Map of alterations



Σχ. 1β : Χάρτης δειγματοληψίας  
Fig.1β : Sampling map





Σχ. 2 : Ακτινογραφήματα κλάσματος  $< 2\mu$  από μπεντονίτες  
 ——— απλό ακτινογράφημα  
 ..... επίδραση με αιθυλενογλυκόλη  
 - - - - - στους  $110^{\circ}\text{C}$   
 - · - · - · στους  $200^{\circ}\text{C}$   
 · · · · · στους  $350^{\circ}\text{C}$   
 · · · · · στους  $550^{\circ}\text{C}$

Fig.2 : XRD diagrams of  $< 2\mu$  fraction from bentonites

αλίτη, όπως φαίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1

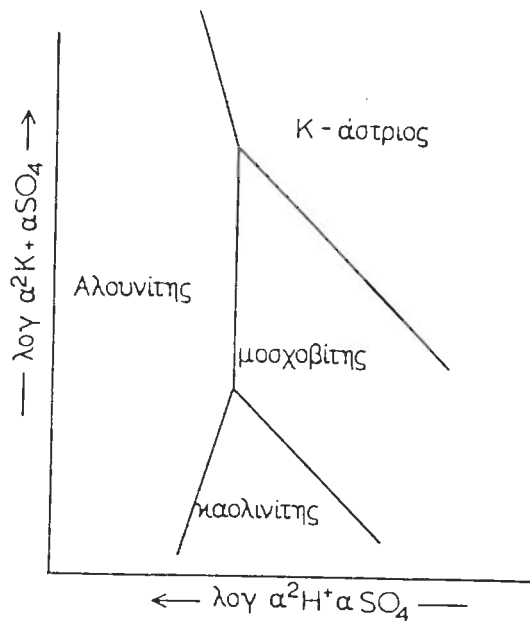
Δείγμα	Ορυκτολογική σύσταση
K3	Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T
K4	Μορντενίτης + μοντμοριλλονίτης
K5	Μορντενίτης + μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T
K6	Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T + K-άστριος
K7	Μοντμοριλλονίτης + K-άστριος
K8	Μοντμοριλλονίτης + K-άστριος + οπάλιος C-T
K9	Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T
K10	Μοντμοριλλονίτης + κλινοπτιλόλιθος+οπάλιος C-T+αλίτης
K11	Μοντμοριλλονίτης+οπάλιος C-T+χαλαζίας
K12	Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T + χαλαζίας
K13	Μοντμοριλλονίτης+κλινοπτιλόλιθος+K-άστριος+πλαγιόκλαστο
K16	Καολινίτης + μοντμοριλλονίτης+οπάλιος C-T+αλίτης
K17	Μοντμοριλλονίτης + οπάλιος C-T
K18	Καολινίτης + χαλαζίας
K19	Μοντμοριλλονίτης+K-άστριος+χαλαζίας+πλαγιόκλαστο
K20	Καολινίτης + χαλαζία
K24	Μοντμοριλλονίτης+χαλαζίας+σερικίτης+ Οπάλιος C-T
K25	Πλαγιόκλαστο+K-άστριος+χαλαζίας+μοντμοριλλονίτης+σερικίτης
K26	Μοντμοριλλονίτης + K-άστριος+χαλαζίας
K27	Αλουνίτης + χαλαζίας + οπάλιος C-T
K32	Αλουνίτης + χαλαζίας + οπάλιος-α

Η δημιουργία των ορυκτών αυτών, οφείλεται στην έντονη εξαλλοίωση των λαβών και των πυροκλαστικών υλικών (κυρίως τόφφων), που απαντούν στο νότιο, το ανατολικό και το ΒΑ τμήμα του νησιού. Κύριος παράγοντας της εξαλλοίωσης είναι το θαλασσινό νερό το οποίο διεισδύει στα ηφαιστειακά υλικά και με τη βοήθεια των επικρατούντων φυσικοχημικών συνθηκών (pH, θερμοκρασία, Eh) αντιδρά με αυτά και τα εξαλλοιώνει. Άμεση απόδειξη της δράσης του θαλασσινού νερού αποτελεί η παρουσία του αλίτη (NaCl) στα δείγματα K10 και K16.

Το πιο διαδεδομένο ορυκτό εξαλλοίωσης είναι ο μοντμοριλλονίτης που αποτελεί το κύριο ορυκτολογικό συστατικό των μπεντονιτών,







Σχ. 4 : Σχέσεις σταθερότητας αλουνίτη σαν συνάρτηση της ενεργότητας του θειϊκού οξέος και του θειϊκού καλίου, παρουσία χαλαζία, και σταθερή πίεση και θερμοκρασία.

Fig. 4 : Illustration of stability relations of alunite as a function of  $H_2SO_4$  and  $K_2SO_4$  activities. Quartz is present and temperature and pressure constant.

#### ΒΙΟΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-REFERENCES

- BATES, 1969 : *Geology of Industrial Rocks and Minerals*, Dover p.407
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. (1980) : *Rock Forming Minerals* Longman p.538.
- DEFFEYES, K.S. (1959): Zeolites in sedimentary rocks. *J.Petrology*, 29.602-609
- GRUNER, J.W. (1940) : Abundance and Significance of cristobalite in bentonite and fuller earth. *Econ. Geology* 35, p.902.
- HAY, R.L., SHEPPARD R.A. (1977): Zeolites in open hydrologic systems. *Miner. and Geol. of Nat. Zeolites*, 232p. Miner. Soc. of America, p.93-102.
- HÖLLER, A., KOLMER, H., WIRSCHING U. (1976): Chemische Untersuchungen der Umwandlung glasiger Tuffe in Montmorillonit und Kaolinit-Mineralen. *N.Jb. Min. Mh.* 10, 456-466.
- HEMLEY, J.J., HOSTETLER, P.B., GUDE A.J., MOUNTJOY W.T. (1969): Some Stability Relations of Alunite. *Econ. Geol.* 64.6, p.599-610
- INNOCENTI, F., MANETTI, P., PECCERILLO, A., FOLI, G., (1979) Inner Arc volcanism in N.W. Aegean Arc : geochemical and geochronological data *N.Jb. Min.* p. 145-158.
- MARCOPOULOS, T., KATERINOPOULOS A. (1986): Die Alunit- Vorkommen von Milos (Griechenland). *Mineralbestand und Genese. Chem. Erde* 45.105-112
- MARCOPOULOS, Th., KRANIOTIS, A. (1982): Klinoptilolith, Mordenit und Analcim im Bentonit von Milos, *Fortschr. Miner.* 60, 136.
- MUMPTON, F.A. (1977) : *Mineralogy and Geology of Natural Zeolites*, 200p. Miner. Soc. of America.
- ΜΗΝΟΠΟΥΛΟΣ, Π.Α., (1980): Μπεντονιτικά κοιτάσματα Ν. Κιμώλου. Ανακάλυψη ιζηματογενούς ζεολίθου τύπου Clinoptilolite . Έκθεση υποβληθείσα στο ΙΓΜΕ.
- ΜΗΝΟΠΟΥΛΟΣ, Π.Α. (1981) : Έκθεση έρευνας βιομηχανικών ορυκτών υψών Πολυαίου και Κιμώλου. Έκθεση υποβληθείσα στο ΙΓΜΕ.
- SURDAM, R.C. (1977): Zeolites in closed hydrologic systems. *Mineralogy and Geol. of Nat. Zeolites* . 232p. Miner. Soc. of America , p.65-92.
- WIRSCHING, U. (1975) : Experimente zum Einfluss des Gesteinsglas-Chemismus auf die Zeolithbildung durch hydrothermale Umwandlung. *Contrib. Mineral. Petrol.* 49, 117-124.

- WIRSCHING, U. (1976): Experiments on hydrothermal alteration processes of rhyolitic glass in closed and "open" system N.Jb. Miner., Mh5, p.203-213.
- WIRSCHING, U. (1977): Experimental studies on hydrothermal alteration of feldspars to montmorillonite and kaolinite minerals. N.Jb. Miner. Mh8, 333-343.
- WETZENSTEIN, -W. (1972) : Die Bentonitlagerstätten im Ostteil der Insel, Milos und Ihre mineralogische Zusammensetzung. Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. Τομ. 6. 144-171