

Η ΠΟΡΦΥΡΙΚΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΜΟΛΥΒΔΑΙΝΙΤΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ «ΠΑΓΩΝΗ ΡΑΧΗ» (ΒΑ. ΚΙΡΚΗΣ) ΚΑΙ Η ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΕΩΝ ΥΠΟΦΑΙΣΤΙΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΙΡΚΗΣ-ΑΙΣΥΜΗΣ (Ν. ΕΒΡΟΥ)

Κ. Αρίκας**

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την ορυκτολογία και ορυκτοχημεία των υδροθερμικών εξαλλοιώσεων των δακτιοανδευσιτικών υποφαισιτιτών της περιοχής Κίρκης-Αισύμης, και ιδιαίτερα εκείνων που σχετίζονται με την διάσπαρτη μεταλλοφορία Μολυβδαίνιτη στην Παγώνη Ράχη (ΒΑ Κίρκης). Η ζωνώδης γεωμετρία και οι ορυκτολογικές παραγενέσεις των εξαλλοιώσεων στην Παγώνη Ράχη ταυτίζονται με μοντέλο μεταλλοφορίας μολυβδαίνιτη πορφυρικού τύπου. Εξάιρεται η κοιτασματολογική σημασία της εμφάνισης "Παγώνη Ράχη" επιπλέον σαν αντικείμενο συσχέτισης με παρόμοιες εξαλλοιώσεις γειτονικών περιοχών στη Θράκη.

ABSTRACT

The present elaboration deals with the mineral chemistry of the hydrothermal alterations of the area of Kirki-Esymi, and especially the disseminated molybdenite mineralisation of Pagoni Rachi (NE-Kirki). The zone geometric features and the mineral paragenesis of the alteration occurrences in Pagoni Rachi are striking similar to those of the porphyry-molybdenum model. The economic significance of this occurrence and the comparable alterations within Thrace are pronounced.

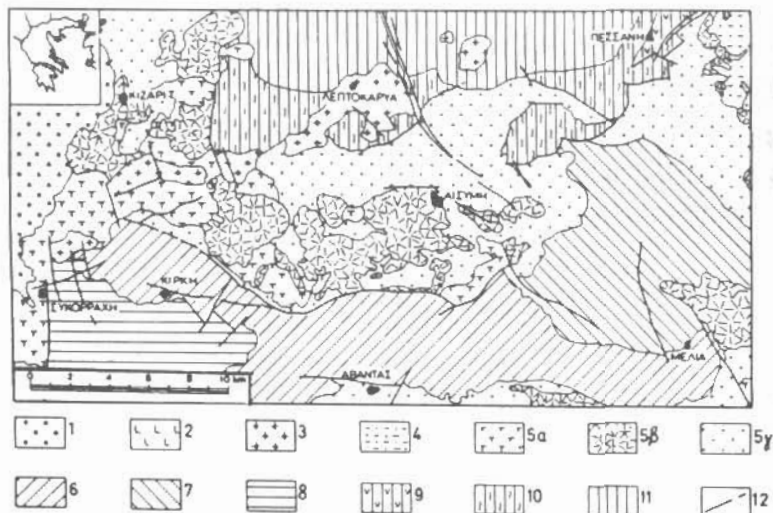
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε δύο δημοσιεύσεις (ARIKAS 1979b και 1981) έγινε γνωστή η εμφάνιση διάσπαρτης μεταλλοφορίας μολυβδαίνιτη πορφυρικού τύπου μέσα στο σώμα δακτιτικού ανδευσιτή, ο οποίος καταλαμβάνει την περιοχή ΒΑ Κίρκης, μεταξύ μεταλλείου Αγίου Φιλίππου, Μαυρόπετρας και του λόφου "Παγώνη Ράχη". Σε προηγούμενη γεωλογική και πετρογραφική μελέτη της περιοχής Κίρκης, (ARIKAS, 1979a), έγινε περιγραφή του υποφαισιτίτη αυτού και των εξαλλοιώσεών του.

Υποφαισιτειακά σώματα του ίδιου δακτιοανδευσιτή εμφανίζονται και ανατολικά της Μαυρόπετρας και κυριαρχούν στην περιοχή Αισύμης (ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, 1978, 1979, 1986). Σε μελέτη από ΑΡΙΚΑ (1985) διαπιστώθηκε η ταυτόσημη ορυκτολογική-πετρογραφική και χημική σύσταση των υποφαισιτιτών και των εξαλλοιώσεών τους στις περιοχές "Μύλοι" Αισύμης και ΒΑ Κίρκης. Το σχήμα 1 παρουσιάζει το γεωλογικό περιβάλλον της

* Η παρούσα μελέτη βασίζεται σε 109 χημικές αναλύσεις πετρωμάτων που αφορούν τους υποφαισιτίτες και τις εξαλλοιώσεις τους στις περιοχές ΒΑ Κίρκης (69) και Αισύμης (40), καθώς επίσης σε 125 μικροαναλύσεις διαφόρων ορυκτών και σε περίπου 100 μικροαναλύσεις ειδικά του μολυβδαίνιτη της "Παγώνη Ράχης".

**Mineralogisch-Petrographisches Institut, Universität Hamburg, Grindelallee 48, D-2000 Hamburg 13.



Σχ. 1. Γεωλογικός χάρτης περιοχής Κίρκης-Αισύμης (από ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, 1986, σχ. 8, σ. 32)

1. Τεταρτογενείς αποθέσεις
2. Φλέβες "ρυσολιθικής" σύστασης
3. Γρανодиρίτες, μονζονίτες, μονζοδιόριτες
4. Όξινοι τόφφοι και ρυόλιθοι (Πεσάνη)
5. Ηφαιστιακή σειρά ενδιάμεσης σύστασης και ιζήματα Πριαμνίου-Ολιγόκαινου
(α) τόφφοι με παρεμβολές εκχύσεων
(β) υποηφαιστίτες (Κίρκη-Αισύμη) και εκχύσεις
(γ) ψαμμίτες/πηλίτες και τοφφίτες
6. Βαθμίδα Λουθησιου
7. Ενότητα Δρυμού-Μελιάς
8. Ενότητα Μάκρης
9. Υπερβασικά σώματα
10. Χλωριτοσφιβολιτική σειρά
11. Γνευσιακή σειρά
12. Ρήγμα

Ολιγόκαινο-
Αν. Ηώκαινο

Μεσοζωικό

Παλιοκρυσταλλική
μάζα της Ροδόπης

Fig. 1. Geological map of the area Kirki - Esymi (after ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, 1986, Fig. 8, p. 32)

1. Quarternary deposits
2. Rhyolitic dikes
3. Granodiorites, monzonites, monzodiorites
4. Rhyolites and rhyolitic tuffs
5. Volcanic rocks, tuffs and sediments
(a) tuffs and lavas
(b) subvolcanic rocks (Kirki-Esymi) and lavas
(c) psammities/pelite and tuffs
6. Lutetian
7. Drymos-Melia-Unit
8. Makri-Unit
9. Ultrabasites
10. Amphibolites
11. Gneisses
12. Faults

Oligocene to
Upper Eocene

Mesozoic

Paleocrystalline
of the
Rhodope - Massif

ηφαιστειακής περιοχής Κίρκης-Αισύμης και το σχ. 2 την εμφάνιση "Παγώνη Ράχη" ΒΑ Κίρκης.

Η παρούσα εργασία αφορά την ορυκτοχημεία των εξαλλοιώσεων των δακτιοανδεδιτικών υποηφαιστίτων Κίρκης-Αισύμης. Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον όμως συγκεντρώνεται στις ορυκτολογικές παραγενέσεις των εξαλλοιώσεων που σχετίζονται με την πορφυρική εμφάνιση μολυβδαινίτη "Παγώνη Ράχη" και εξαιρείται η κοιτασματολογική σημασία αυτών, επιπλέον σαν αντικείμενο συσχέτισης με παρόμοιες εμφανίσεις γειτονικών περιοχών στη Θράκη.

Ο δακτιοανδεδίτης στην περιοχή μεταξύ "Αγίου Φιλίππου", "Μαυρόπετρας" και "Παγώνη Ράχη" έχει σταθερή (ενιαία) ορυκτολογική και χημική σύσταση. Ο πορφυρικός του ιστός χαρακτηρίζεται από φαινοκρυστάλλους πλαγιοκλάστου (ανδεδιίνης-λαβραδόριο), αμφιβόλου (κοινή κερσοσίλβη), βιοτίτη (μεροξενος) και μαγνητίτη. Φαινοκρυσταλλοί χαλαζία είναι σπάνιοι. Στην μικροκρυσταλλική κυρία μάζα υπερέχουν ο χαλαζίας και ο καλιούχος άστριος του πλαγιοκλάστου.

Τα σχετικά υνή δείγματα περιέχουν 59-62% SiO₂. Με βάση το σύνολο στοιχείων σε 100%, χωρίς την απώλεια πυρώσεως, οι τιμές SiO₂ ανέρχονται στο 60-63%. Έτσι σύμφωνα με την ταξινόμηση των ηφαιστίτων ασβεσταλκαλικών σειρών από ΡΕCCE-RILLO & TAYLOR (1976), οι υποηφαιστίτες ΒΑ Κίρκης (και της Αισύμης) τοποθετούνται στα όρια ανδεδιίτη-δακίτη και γι αυτό στη συνέχεια χρησιμοποιείται η ονομασία "δακτινικός ανδεδιίτης" και συχνά πιο απλοποιημένα "δακτιοανδεδιίτης".

Ο δακτιοανδεδιίτης παρουσιάζει διάφορα στάδια προπυλιτίωσης. Εντονότερες εξαλλοιώσεις (πυριτίωση, σερικιτίωση, αλβιτίωση και κατά τόπους κασολιτιτίωση) προκάλεσαν στο πέτρωμα ένα "λευκό" χρώμα (ξεθώριασμα). Αυτές οι εξαλλοιώσεις συνοδεύονται από άφθονο σιδηροπυρίτη και έχουν ιδιαίτερη κοιτασματολογική σημασία γιατί μπορούν να οδηγήσουν σε ζώνες απόθεσης σπανίων μεταλλικών ορυκτών και στοιχείων. Καταλαμβάνουν δε κατά τόπους μεγάλη επιφάνεια (Άγιος Φίλιππος, Παγώνη Ράχη, Μύλοι Αισύμης) ή περιορίζονται κατά μήκος τεκτονικών γραμμών (ανατολικά Μαυρόπετρας, Μύλοι Αισύμης).

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΑΡΤΗ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ "ΠΑΓΩΝΗ ΡΑΧΗ".

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ζωνώδης κατανομή των εξαλλοιώσεων του δακτιοανδεδιίτη στην "Παγώνη Ράχη", η οποία από έξω προς τα μέσα έχει ως εξής:

1. Προπυλιτίωση: χαρακτηρίζεται από ολική αντικατάσταση της κερσοσίλβης από χλωρίτη, επίδοτο, ασβεστίτη-αγκεριτή και του βιοτίτη από χλωρίτη, επίδοτο (+ρουτίλιο) και μερικές φορές από πρενίτη. Σε αυτό το στάδιο διατηρείται πάντοτε η αρ-



Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης περιοχής ΒΑ Κίρκης (από ΑΡΙΚΑΣ, 1979α, σ. 78)

Υδροθερμικές εξαλλοιώσεις του δακίτοανδεσίτη

1. "υγής"-προπυλιτωμένος
2. Ζώνη σερικιτιώσεως
3. Κεντρική ζώνη
4. Ρηγματωειδείς εξαλλοιώσεις
5. Διάφορες εξαλλοιώσεις (σερικιτιώση, πυριτιώση)

Γεωλογικό περιβάλλον

6. Αλκαλικός ρυλιθός (φλέβες)
7. Αυγίτικος-κεροσιτιβλικός "δακίτης"
8. Πυροξενικός ανδεσίτης
9. "Ιζήματα", υδροθερμικά επηρεασμένα
10. Τάφροι, τuffites
11. Βαθμίδα Λουτησίου: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, νουμουλιτικοί ασβεστόλιθοι

Fig. 2. Geological map of the area NE Kirki (after ΑΡΙΚΑΣ, 1979a, p. 78)

Hydrothermal alterations of the dacitic andesite

1. "fresh" - propylitized
2. Sericite zone
3. Central zone
4. Veined alterations
5. Various alterations (sericitization, silification)

Rock framework

6. Alkali rhyolite
7. Augite - "hornblende" dacite
8. Two - pyroxene andesite
9. "Sediments", hydrothermal influenced
10. Tuffs, tuffites
11. Lutetian: conglomerates, psammites, nummulitic limestones

χική ιδιομορφία του βιοτίτη και της κερσιτίλης. Τα πλαγιόκλαστα εμφανίζουν μερική εξαλλοίωση σε αλβίτη, ασβετίτη και σερικίτη, η δε εξαλλοίωση του μαγνητίτη προσφέρει αιματίτη και μαγκεμίτη.

Παρ'όλες αυτές τις εξαλλοιώσεις ο χημισμός του δακίτοανδεσίτη δεν παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές στο στάδιο προπυλιτωσης (ισορροπία χημισμού).

2. Ζώνη σερικιτιώσεως: Καλύπτει επιφάνεια κάπως κυκλικού σχήματος, άνω των 2 km². Αποτέλεσμα της ισχυρής εξαλλοίωσης είναι (όπως αναφέρθηκε προηγούμενα) το ξεθώριασμα ή λευκό χρώμα του πετρώματος, ώστε να ξεχωρίζει σαφώς από την περιβάλλουσα ζώνη προπυλιτωσης. Όλα τα πρωτογενή ορυκτά είναι τελείως εξαλλοιωμένα και μόνο σε λίγες περιπτώσεις διακρίνονται ακόμη τα ίχνη της αρχικής μορφολογίας τους. Στο στάδιο αυτό επικρατούν ο σερικίτης και ο χαλαζίας και ακολουθούν σε εναλλασσόμενες περιεκτικότητες ασβεσίτης/αγκερίτης και σιδηροπυρίτης. Ότι αφορά την εξέλιξη της ορυκτολογικής παραγένεσης πρέπει να αναφερθεί η εξής παρατήρηση: Περιφερειακά της ζώνης αυτής ο σερικίτης συνοδεύεται κατά θέσεις από καολινίτη, ενώ προς το εσωτερικό εναλλάσσεται με αλβίτη.

Αποτέλεσμα αυτών των εξαλλοιώσεων είναι η ανάλογα έντονη αλλαγή στο χημισμό του δακίτοανδεσίτη (λεπτομέρειες ΑΡΙΚΑΣ, 1981).

3. Κεντρική ζώνη: Εμφανίζεται στην επιφάνεια με διάμετρο περίπου 700 m. Το ενδιαφέρον της δειγματοληψίας και της ορυκτολογικής μελέτης συγκεντρώνεται ιδιαίτερα σε ένα ρέμα που διασχίζει σε βόρεια-νότια κατεύθυνση την κεντρική ζώνη και βοηθάει την παρατήρηση σε βαθύτερα, μη διαβρωμένα σημεία του πετρώματος. Εδώ λοιπόν παρατηρούνται μακροσκοπικά τα εξής:

- Το πέτρωμα είναι ιδιαίτερα σκληρό (απόρροια του συμφορτικού ιστού των ορυκτών εξαλλοίωσης, βλ. παρακάτω) και δίνει την εντύπωση χαλαζίτη ή κερατίτη. Τεμαχίζεται όμως εύκολα κατά μήκος επιφανειών κατάκλασης.

- Είναι χαρακτηριστική η πληθώρα χαλαζιακών φλεβιδίων, τα οποία είναι πιο εντυπωσιακά με το ανάγλυφό τους στο διαβρωμένο πέτρωμα που επικρατεί στα ψηλότερα σημεία των εκατέρωθεν του ρέματος πλευρών.

Η κατανομή του μολυβδαινίτη στο πέτρωμα είναι πολύ ανομοιογενής. Ορισμένες επιφάνειες κατάκλασης εμφανίζουν π.χ. έναν "φλοιό" με εντυπωσιακή συγκέντρωση κρυστάλλων/ελασμάτων μολυβδαινίτη μεγέθους πάνω από 1 mm, ενώ άλλες στην ίδια θέση είναι στείρες ή περιέχουν κυρίως σιδηροπυρίτη μαζί με λίγους κόκκους χαλκοπυρίτη. Ο μολυβδαινίτης (πιο μικροκρυσταλλικός) είναι επίσης σε ορισμένα σημεία έμφυτος μέσα στο πέτρωμα. Απόρροια της ανομοιογένειας είναι και η διακύμανση τιμών Mo που προέκυψαν από την ανάλυση μιας σειράς δειγμάτων (ΑΡΙΚΑΣ, 1979b): 30 έως 1360 ppm (0.01 έως 0.23% MoS₂). Οι περιεκτικότητες χαλκού δεν είναι υψηλές, είναι όμως πολλαπλάσιες εκείνων της περιφερειακής ζώνης σερικιτιώσεως. Οι τιμές Cu είναι γενικά πιο σταθερές και κυμαίνονται μεταξύ 250 και 560 ppm.

Στην κεντρική ζώνη συνίσταται ολοκληρωτικά από δευτερογενή

ορυκτά, τα οποία διαφοροποίησαν τελείως και τον αρχικό ιστό του δακτιοανδσείτη. Η πυριτίωση παίζει (όπως στην περιβάλλουσα ζώνη σερικιτίωσης) βασικό ρόλο, επικρατεί όμως αλβίτης/καλιούχος άστριος έναντι του σερικήτη. Ακολουθούν βιοτίτης/φλογοπίτης με συγγενή φυλλοπυριτικά ορυκτά, ακτινολίθος, χλωρίτης, μαγνητίτης και φθορίτης (λεπτομέρειες στο επόμενο κεφάλαιο).

Παρατηρείται γενικά ότι η κατανομή και η ποσοτική σχέση των υδροθερμικών ορυκτών (όπως και του μολυβδαινίτη) είναι πολύ ανομοιογενής και διαφέρει ακόμα και στο περιθώριο λίγων μέτρων. Ανεξάρτητα όμως από αυτό διαπιστώνεται ισχυρή σύμφυση στην σύνδεση των ορυκτών μεταξύ τους. Πολλές φορές εμφανίζεται ένα είδος γρανοβλαστικού ιστού, ιδιαίτερα στις συγκεντρώσεις νεοσχηματισθέντων άστριων.

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ-ΟΡΥΚΤΟΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ "ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ"

Η πιο ενδιαφέρουσα από τις μέχρι τώρα γνωστές εξαλλοιώσεις των δακτιοανδσεϊτικών υποφαισιτιτών Κίρκης-Αισύμης είναι αυτή της παραπάνω αναφερόμενης "κεντρικής ζώνης" στην Παγώνη Ράχη. Γι αυτό γίνεται στην συνέχεια μια λεπτομερής ορυκτολογική/ορυκτοχημική περιγραφή και ταξινόμηση των προϊόντων εξαλλοίωσης της ζώνης αυτής, ιδιαίτερα αυτών που παρεβλήθησαν ή δεν προσδιορίστηκαν επαρκώς στις προηγούμενες μελέτες.

Με την ευκαιρία αυτή ανακοινώνονται και αξιοποιούνται μικροαναλύσεις και των ορυκτών του υγιή, προπυλιτιωμένου και του σερικιτιωμένου δακτιοανδσείτη, αποσκοπώντας την απ'ευθείας σύγκριση προκειμένου να διασαφηνισθεί καλύτερα ο ιδιάζοντας χαρακτήρας χημισμού των ορυκτών εξαλλοίωσης της "κεντρικής ζώνης".

Μολυβδαινίτης

Για τη μορφολογία, μέγεθος και κατανομή του μολυβδαινίτη έγινε λόγος στο προηγούμενο κεφάλαιο (συμπληρωματικά στοιχεία και μικροφωτογραφίες, ARIKAS 1979b/1981).

Μεγάλη σημασία έχουν οι ιδιαίτερα υψηλές περιεκτικότητες Ρενίου στον μολυβδαινίτη. Από ανακοίνωση ARIKAS (1979b) βρέθηκαν τιμές Re 1,5 έως 2,3%. Σε επαναλήψεις πολλαπλών μικροαναλύσεων μολυβδαινίτη διαπιστώθηκε ότι η κατανομή Ρενίου στους κρυστάλλους μολυβδαινίτη είναι πολύ ανομοιογενής και μετρήθηκαν μεταβλητές περιεκτικότητες από 0,4 έως 3,4% Re, επικρατούν όμως οι τιμές 1,5-2%.

Για το σπάνιο και περιζήτητο αυτό χημικό στοιχείο (η παραγωγή του συνδέεται με την εκμετάλλευση μολυβδαινίτη) αναφέρονται συγκριτικά μερικά βιβλιογραφικά δεδομένα: FLEISCHER (1959) σε αναλύσεις από 82 εμφανίσεις δίνει σαν ανώτερη

τιμή 0,32% και SUTULOV (1973) από 27 γνωστά πορφυρικά κοιτάσματα 0,06 έως 0,2% Re στον μολυβδαινίτη.

Οι παραπάνω αναφερόμενες τιμές Ρενίου στην "Παγώνη Ράχη" είναι λοιπόν εντυπωσιακές και συνιστάται συστηματική μελέτη του θέματος αυτού με περισσότερες επαναλήψεις αναλύσεων*.

Σιδηροπυρίτης-Χαλκοπυρίτης

Για τα διάσπαρτα αυτά μεταλλικά ορυκτά στην κεντρική ζώνη (σιδηροπυρίτης επίσης στην ζώνη σερικιτίωσης) έγινε λόγος στο προηγούμενο κεφάλαιο (συμπληρωματικά στοιχεία βλ. ARIKAS 1979b/1981).

Χαλαζίας-πυριτίωση

Για την πυριτίωση και τα χαλαζιακά φλεβίδια έγινε λόγος στο προηγούμενο κεφάλαιο, συμπληρωματικά στοιχεία βλ. ARIKAS, 1979b/1981.

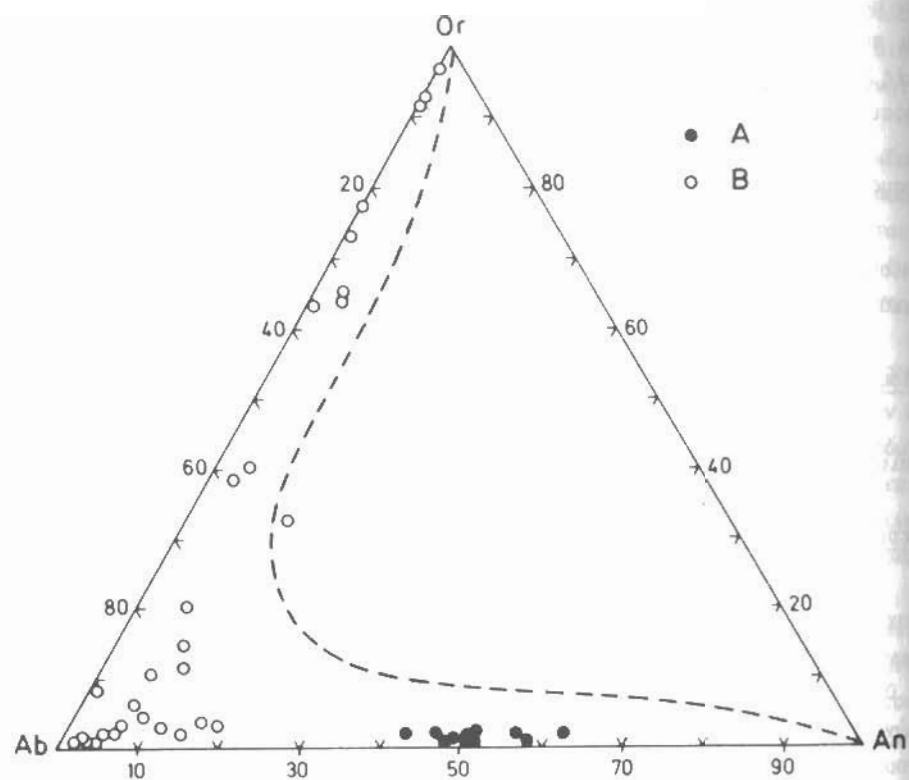
Υδροθερμικοί άστριοι

Η αλβιτίωση είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της κεντρικής ζώνης. Ο νεοσχηματισμένος αλβίτης δίνει στο μικροσκόπιο την εικόνα σχετικά μεγάλων κρυστάλλων σε ένα είδος γρανοβλαστικής σύμφυσης, χωρίς όμως σαφή συνόρευση μεταξύ τους. Οι κρύσταλλοι αυτοί παρουσιάζουν ανομοιογένεια στον χημισμό τους, η οποία εκδηλώνεται οπτικά με διακυμάνσεις στην κατάσβεση και διπλοθλαστικότητα. Η χημική ανομοιογένεια και τα πολλαπλά υπομικροσκοπικά εγκλείσματα υποβιβάζουν την διαύγεια των κρυστάλλων και δυσκολεύουν την μικροανάλυσή τους.

Σε πρόσφατες παρατηρήσεις διαπιστώθηκαν μέσα στους "κρυστάλλους" και τις συσσωματώσεις του "αλβίτη" τμήματα με ασαφή συνόρευση, τα οποία όμως είναι πιο διαυγή από το περιβάλλον τους. Οι μικροαναλύσεις έδωσαν εδώ χημισμό καθαρού καλιούχου άστριου. Σε άλλα σχετικά διαυγή τμήματα διαπιστώνεται καλιούχος άστριος με υψηλές τιμές νάτριου. Μια άλλη διαπίστωση που προκύπτει από την ορυκτοχημική ανάλυση είναι οι διακυμάνσεις των περιεκτικότητων ασβέστιου στον αλβίτη. Από μερικές αναλύσεις προκύπτει μάλιστα ο χημισμός ολιγοκλάστου.

Στο σχήμα 3 δίνεται παραστατικά το φάσμα και η ταξινόμηση των υδροθερμικών αλκαλικών αστρίων σύμφωνα με τις αναλογίες ορθοκλάστου (Or), αλβίτη (Ab), και ανορθίτη (An), που υπολογίστηκαν από τις μικροαναλύσεις. Συμπληρωματικά δίνονται στο ίδιο τρίγωνο και οι θέσεις των αναλυθέντων πλαγιοκλάστων (ανδσεϊνης-λαβραδόριο) του υγιή δακτιοανδσείτη.

* Μέχρι τώρα έγιναν πάνω από 100 μικροαναλύσεις του μολυβδαινίτη στη θέση "Παγώνη Ράχη" (στο Ινστιτούτο Ορυκτολογίας Πανεπιστημίου Αμβούργου). Οι εκπληκτικές τιμές Re δημιουργούν φυσικά και αμφιβολίες. Γι αυτό ενδείκνυται επανάληψη αναλύσεων και με άλλες μεθόδους σε διαφορετικά Ινστιτούτα.



Σχ. 3. Ταξινόμηση των αστρίων σύμφωνα με τη σχέση ορθόκλαστο (Or)/αλβίτη (Ab)/ανορθίτη (An).

A: Πλαγιόκλαστα του υγρή δακτιοανδεσίτη (ολιγόκλαστο/ανδεσίτης)
 B: Υδροθερμικοί άστριοι της κεντρικής ζώνης: αλβίτης (έως ολιγόκλαστο), καλιούχοι άστριοι και "ενδιάμεσοι τύποι".

Fig. 3: Characterization of feldspars, according to the ratio orthoclase (Or)/albite (Ab)/anorthite (An)

A: Plagioclases of the fresh dacitic andesites (oligoclase/andesine)
 B: Hydrothermal feldspars of the central zone: albite (up to oligoclase), K-feldspars and intermediate types

Υδροθερμικοί βιοτίτες και άλλα συγγενή καλιούχα φυλλοπυριτικά ορυκτά

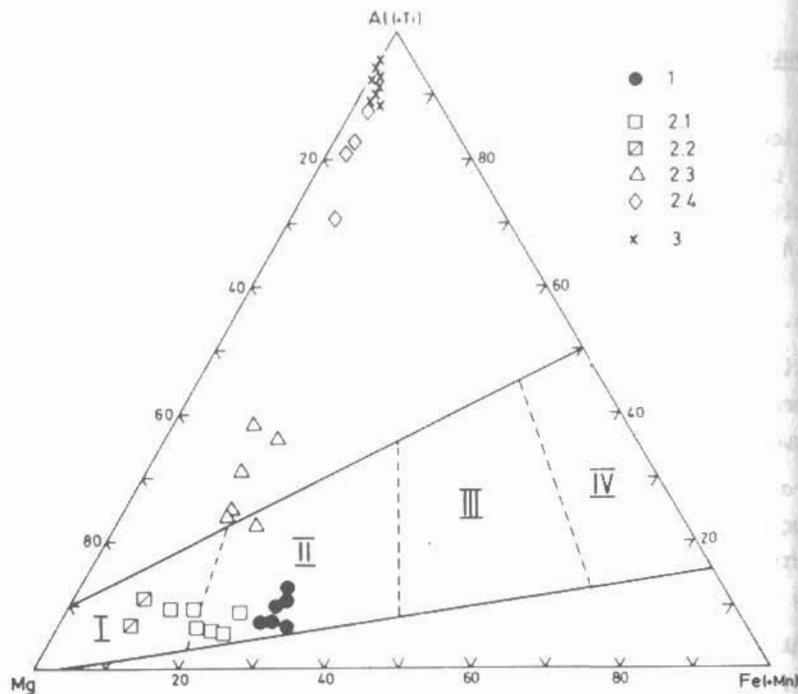
Στο τρίγωνο του σχήματος 4 δίνεται παραστατικά η θέση όλων των καλιούχων φυλλοπυριτικών ορυκτών σύμφωνα με τη σχέση $(Al+Ti)/Fe/Mg$ που προκύπτουν στους από τις μικροαναλύσεις υπολογισθέντες χημικούς τύπους. Για σύγκριση δίνονται στο ίδιο τρίγωνο και οι θέσεις των αναλυθέντων κρυστάλλων από τον πρωτογενή βιοτίτη του υγρή δακτιοανδεσίτη.

Στην κεντρική ζώνη προσδιορίσθηκαν τα εξής καλιούχα φυλλοπυριτικά ορυκτά (βλ. ταξινόμηση στο σχήμα 4).

1. Βιοτίτες/φλογοπίτες με κοκκίνοκαφέ χρώμα και έντονο πλεοχρωισμό. Οι βιοτίτες αυτοί αποτελούν συγκεντρώσεις/συσσωματώσεις από μικρά αλλά καλά κρυσταλλοποιημένα ελάσματα και "πλακίδια" με σαφή συνόρευση μεταξύ τους.
2. Δύο αναλύσεις αντιπροσωπεύουν συνειπάρχοντα φυλλοπυριτικά προϊόντα όμοιας μορφολογίας. Έχουν όμως χρώμα λαδί-πράσινο και ασθενέστερο πλεοχρωισμό. Αυτό οφείλεται στην σαφώς μικρότερη περιεκτικότητα σιδήρου και τιτανίου. Αντίστοιχα περιέχουν περισσότερο MgO και Al_2O_3 . Οι βιοτίτες αυτοί ανήκουν στον φλογοπίτη.
3. Σε άλλα δείγματα εμφανίζονται φυλλοπυριτικά προϊόντα ελαφρού πράσινου χρώματος. Μορφολογικά παρουσιάζουν δέσμες από ελάσματα με ασαφή συνόρευση μεταξύ τους και δίνουν στο μικροσκόπιο την εικόνα σερικίτη. Τα ορυκτά αυτά είναι βέβαια εκτός των ορίων της οικογένειας βιοτίτη και έχουν τάση προς τον χημισμό του σερικίτη (αυξάνονται οι τιμές του Al_2O_3 εις βάρος του MgO , FeO και K_2O). Παρόλα αυτά, τα εν λόγω φυλλοπυριτικά ορυκτά συγγενεύουν στο σύνολο της χημικής τους σύστασης περισσότερο με τους παραπάνω αναφερόμενους βιοτίτες-φλογοπίτες από ότι με "συνηθισμένο" σερικίτη.
4. Μεγαλύτερη οπτική και χημική ομοιότητα με σερικίτη παρουσιάζουν τα φυλλοπυριτικά προϊόντα άλλου δείγματος της κεντρικής ζώνης. Όμως και αυτά περιέχουν συγκριτικά περισσότερο Mg και Fe από ότι οι σερικίτες εκτός της κεντρικής ζώνης.

Τελικά συμπεραίνεται ότι η εξέλιξη χημισμού και η χειροτέρευση κρυστάλλωσης από βιοτίτη/φλογοπίτη μέχρι "σερικίτη" στην κεντρική ζώνη, είναι αποτέλεσμα της βαθμιαίας μείωσης της θερμοκρασίας, η δε ζώνη σερικιτίωσης που περιβάλλει την κεντρική ζώνη χαρακτηρίζεται από "κοινό" σερικίτη, ο οποίος καταλαμβάνει ακραία θέση στην εξέλιξη αυτή (σχ. 4).

Οι περιεκτικότητες μαγνησίου και σιδήρου σε δευτερογενή καλιούχα φυλλοπυριτικά ορυκτά μπορούν λοιπόν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες συσχέτισης θερμοκρασιών και σε άλλες γειτονικές περιοχές υδροθερμικών εξαλλοιώσεων (λαμβάνοντας βέβαια υπόψη και την υπόλοιπη παραγένεση ορυκτών εξαλλοίωσης).



Σχ. 4. Συσχέτιση των μελετηθέντων καλιούχων φυλλοपुरιτικών ορυκτών στο τρίγωνο Al+Ti/Mg/Fe(+Mn). Εντός του τριγώνου ξεχωρίζεται το περιθώριο ταξινόμησης των μελών της οικογένειας βιοτίτη από FOSTER 1960 με τροποποίηση από TROCHIM (TROGER, 1971, σ. 107): I. φλογοπίτης, II. μεροξενος, III. λεπιδομελας, IV. σιδηροφυλλίτης.

- 1: Πρωτογενείς βιοτίτες του υγιή δακτιοανδεσίτη (μεροξενος)
- 2: Καλιούχα φυλλοपुरιτικά ορυκτά της κεντρικής ζώνης
 - 2.1. βιοτίτες (μεροξενος έως φλογοπίτης)
 - 2.2. φλογοπίτες
 - 2.3. μεταβατικοί τύποι από βιοτίτη/φλογοπίτη προς "σερικήτη"
 - 2.4. "σερικήτες"
3. σερικήτες από σερικιτιωμένο δακτιοανδεσίτη ("Phyllitic Zone")

Fig. 4: Comparison of studied K- phyllosilicates in the triangle Al+Ti/ Mg/ Fe(+Mn). Within the triangle, the field of the biotite mineral classification of FOSTER 1960 and TROCHIM (in TROGER, 1971, p. 107) is depicted. I. phlogopite, II. meroxene, III. lepidomelane, IV. siderophyllite.

1. Primary biotites of the fresh dacitic andesite
2. K- phyllosilicates of the central zone
 - 2.1. Biotites (meroxene/phlogopite)
 - 2.2. Phlogopite
 - 2.3. Transitional types of biotite/phlogopite to "sericite"
 - 2.4. "Sericites"
3. Sericite of the sericitized dacitic andesite ("phyllitic zone")

Υδροθερμικοί αμφίβολοι

Οι δευτερογενείς αμφίβολοι εμφανίζονται σε συσσωμάτωση με άλλα υδροθερμικά προϊόντα (βιοτίτη, χλωρίτη, ασβεστίτη/ανκερίτη κ.λ.π.) και πληρούν με αυτά μερικές φορές μικρορήγματώσεις του πετρώματος. Παρουσιάζουν συνήθως ξενόμορφους, πολλές φορές όμως επιμήκεις μέχρι βελονοειδείς κρυστάλλους.

Οι αμφίβολοι αυτοί εμφανίζονται στις λεπτές τομές ασθενές πράσινο χρώμα, είναι πάντα καθαροί, διαυγείς και χημικώς ομοιογενείς. Ο προσδιορισμός του χημισμού τους με τον μικροαναλυτή είναι λοιπόν απροβλημάτιστος. Οι χημικές αναλύσεις 11 κρυστάλλων από δύο δείγματα έδωσαν σχετικά όμοιες τιμές. Παρακάτω δίνεται ο μέσος όρος τιμών ιόντων των χημικών τύπων που υπολογίστηκαν από τις μικροαναλύσεις: Α) υδροθερμικός αμφίβολος της κεντρικής ζώνης (από 11 αναλύσεις), και για άμεση σύγκριση Β) πρωτογενής αμφίβολος (κοινή κερροσίλβη) του υγιή δακτιοανδεσίτη (από 7 μικροαναλύσεις).

	Si	Al	Al	Ti	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K
A)	7,54	0,46	0,08	0,08	1,11	0,03	3,91	1,69	0,35	0,05
B)	6,87	1,11	0,32	0,11	1,58	0,08	3,24	1,75	0,35	0,06

Οι σχέσεις των υπογραμμισθέντων στοιχείων στον παραπάνω πίνακα Mg/Fe και ιδιαίτερα Al/Si χαρακτηρίζουν τη διαφορά χημισμού μεταξύ των υδροθερμικών αμφιβόλων και εκείνων του υγιή δακτιοανδεσίτη. Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, οι εν λόγω υδροθερμικοί αμφίβολοι ανήκουν στην οικογένεια του ακτινόλιθου. Δείχνουν σαφώς υψηλότερες τιμές μαγνησίου απέναντι του σιδήρου και πλησιάζουν έτσι τον χημισμό του γραμματίτη (μαγνησιούχο μέλος της σειράς ακτινόλιθου).

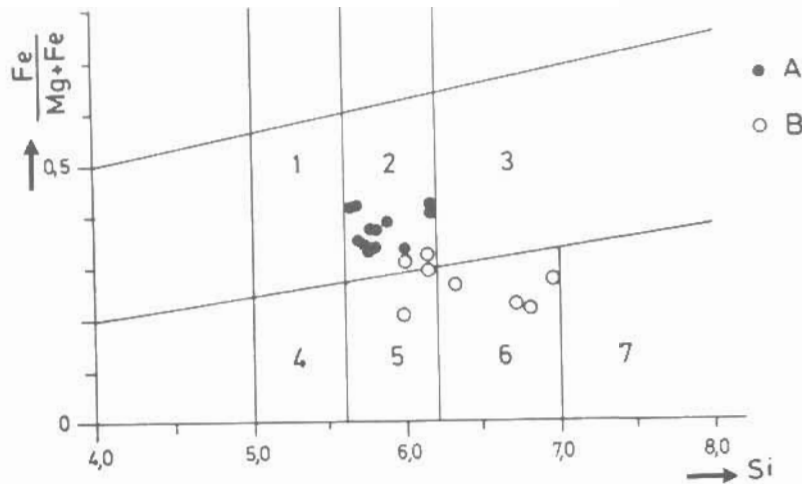
Χλωρίτης

Ο χλωρίτης αποτελεί το κυριότερο υδροθερμικό προϊόν της προπυλιτίωσης και απουσιάζει από ισχυρά σερικιτιωμένα τμήματα της υποκειμένης "ζώνης σερικιτιώσης", εμφανίζεται όμως πάλι (όπως αναφέρθηκε) στην κεντρική ζώνη με σαφώς ασθενέστερο πράσινο χρώμα απ'ότι στην προπυλιτίωση.

Από τη σχέση (Fe/Mg+Fe)/Si που προκύπτει από τους υπολογισθέντες χημικούς τύπους (σχ. 5) διαφαίνεται ότι οι χλωρίτες της κεντρικής ζώνης περιέχουν περισσότερο μαγνήσιο και πυρίτιο. Ανήκουν έτσι εν μέρει στον πεννίτη και ξεχωρίζουν σαφώς από τον χλωρίτη (=πυκνοχλωρίτη) της προπυλιτίωσης.

Ασβεστίτης-Ανκερίτης

Τα ανθρακικά ορυκτά αντιπροσωπεύονται σε εναλλασσόμενες περιεκτικότητες σε όλα τα στάδια εξαλλοίωσης. Από τις χημικές αναλύσεις του πετρώματος συμπεραίνεται ότι τα ανθρακικά ορυκτά περιλαμβάνουν συχνά και ορισμένες ποσότητες Mg και



Σχ. 5: Ταξινόμηση των ορυκτών της οικογένειας χλωρίτη από HEY (1954)
 1. ριπιδόλιθος, 2. πυκνοχλωρίτης, 3. διαμπαντίτης, 4. σερίδανίτης,
 5. κλινόχλωρος, 6. πεννίτης, 7. ταλκικός χλωρίτης
 A: χλωρίτες της προφυλιτιώσης
 B: χλωρίτες της κεντρικής ζώνης

Fig. 5: Classification of the chlorite minerals according to HEY (1954): 1. Ripidolite, 2. psynochlorite, 3. diabantite, 4. seridanite, 5. clinochlorite, 6. penite, 7. talc-chlorite
 A: Chlorites of the propylitization
 B: Chlorites of the central zone

Μαγνητίτης Φθορίτης Επίδοτο

Διάσπαρτος μαγνητίτης συμπληρώνει την παραγένεση υδροθερμικών ορυκτών της κεντρικής ζώνης. Η κατανομή του στο πέτρωμα είναι όμως πολύ ανομοιογενής. Σε μερικά σημεία διακρίνονται και μακροσκοπικά συγκεντρώσεις κόκκων μαγνητίτη.

Ο φθορίτης φαίνεται να αποτελεί συγκολλητικό υλικό μεταξύ των άλλων ορυκτών και να υπάρχει σε μικροεγκλείσματα του χαλαζία και των άστριων. Σίγουρος όμως είναι ο προσδιορισμός του φθορίτη όταν σχηματίζει μικρούς μεν αλλά αυτοφυσείς κρυστάλλους.

Κόκκοι επίδοτου εμφανίζονται σε ορισμένα δείγματα, ιδίως σ'αυτά που περιέχουν σχετικά περισσότερο χλωρίτη. Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι έχουν περίπου τον ίδιο χημισμό με τα επίδοτα της προφυλιτιώσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο πετρολογικός τύπος του υποηφαιστειακού δακτιοανδεσίτη στη θέση "Παγώνη Ράχη", η ζωνώδης γεωμετρία και οι ορυκτολογικές παρατηρήσεις ταυτίζονται με τα μοντέλα μεταλλοφορίας πορφυρικού τύπου των LOWEL & GUILBERT (1970), ROSE (1970), SILLITOE (1973), κ.α.

Η προφυλιτιώση του δακτιοανδεσίτη σαν εξωγενική ζώνη είναι ορυκτολογικά κλασική και περιττεύει κάθε άλλη επεξήγηση.

Η υποκείμενη ζώνη του ισχυρά εξαλλοιωμένου (ξεθωριασμένου) δακτιοανδεσίτη με κύρια υδροθερμικά προϊόντα χαλαζία, σερικήτη, σιδηροπυρίτη, ταυτίζεται με την ονομαζόμενη στη βιβλιογραφία "Phyllic Zone" για την οποία αναφέρονται θερμοκρασίες εξαλλοιώσεων από 30-450°C (HENLEY & Mc NABB, 1978). Η διαπίστωση ότι περιφερειακά της ζώνης αυτής ο σερικήτης συνοδεύεται από καολινίτη ενισχύει την άποψη μοντέλου πορφυρικού τύπου. Η ονομαζόμενη όμως "Argillic Zone" δεν έχει σαφή ή ιδιόζοντα χαρακτήρα στην "Παγώνη Ράχη". Εξ'άλλου όπως διαφαίνεται και στην βιβλιογραφία η ζώνη αυτή κατά το πλείστον δεν είναι μεγάλης σημασίας.

Η κεντρική ζώνη στη "Παγώνη Ράχη" αντιστοιχεί με την ονομαζόμενη "Potassic Zone" κατά LOWEL & GUILBERT 1970, ή "K-Silicate Zone" κατά CREESEY (1959), SILLITOE (1973) κ.α., στην οποία αναφέρονται σαν βασικά υδροθερμικά ορυκτά καλιούχοι άστριοι και βιοτίτης. Στην ίδια ζώνη κυριαρχεί όμως σαν υδροθερμικός άστριος ο αλβίτης και ακολουθεί ο καλιούχος άστριος σε μικρότερη μεν αλλά επαρκή περιεκτικότητα εν σχέση με άλλα ορυκτά εξαλλοίωσης. Η ασαφής σύμφυσή του μέσα στο σύμπλεγμα της αλβιτικής κρυστάλλωσης δυσκολεύουν δυστυχώς τον προσδιορισμό του και μειώνουν έτσι οπτικά την σημασία του. Σχετικά με την υπεροχή του αλβίτη απέναντι του καλιούχου άστριου αναφέρονται και άλλα παραδείγματα (DAVIS & LUHTA, 1978, DOWSETT, 1980, HOLLISTER et al 1975), που η προσφορά νατρίου είναι ισχυρότερη, ή αντικαθιστά την μετασμάτωση κάλιου στη ζώνη μεταλλοφορίας πορφυρικού τύπου. Σε εξαλλοιώσεις που υπερικχύει ο αλβίτης σε παραγένεση με καλιούχο άστριο, χαλαζία, σερικήτη και θειούχα μεταλλικά ορυκτά, αναφέρονται θερμοκρασίες 400-500°C (MEYER & HEMLEY 1967, DOWSETT 1980).

Το επόμενο υδροθερμικό ορυκτό, ο βιοτίτης, που χαρακτηρίζει μια "Potassic Zone", αντιπροσωπεύεται στην κεντρική ζώνη και συγγενεύει χημικά με τον πρωτογενή βιοτίτη του υγιή δακτιοανδεσίτη, πράγμα που ενισχύει την άποψη ότι πρέπει να σχηματίσθηκε σε σχετικά ύψηλες θερμοκρασίες. Οι JACOBS & PARRY (1979) αναφέρουν για το σχηματισμό δευτερογενή βιοτίτη περιθώρια θερμοκρασίας από 530-670°C.

Η μετάβαση χημισμού (και οπτικών ιδιοτήτων) του βιοτίτη προς φλογοπίτη και στη συνέχεια προς "σερικήτη" είναι μάλλον αποτέλεσμα βαθμιαίας πτώσης της θερμοκρασίας. Αλλά ακόμα και οι τελευταίοι έχουν υψηλότερες περιεκτικότητες μαγνησίου και σιδήρου από τους καθ'αυτού σερικήτες της περιβάλλουσας "Phyllic Zone".

Για υψηλές θερμοκρασίες εξαλλοιώσεων στην κεντρική ζώνη συνηγορεί και ο δευτερογενής σχηματισμός αμφιβόλου, ο οποίος συνυπάρχει ή εναλλάσσεται με βιοτίτη, ανάλογα με την προσφορά κάλιου (BEANE, 1982). Ο μαγνητίτης συμπληρώνει την παραγένεση προϊόντων ισχυρής εξαλλοίωσης (BEANE, 1982). Η ύπαρξη φθορίτου, αν και

σε μικρές περιεκτικότητες, ενισχύει την άποψη μιας επίδρασης σχετικά υψηλών θερμοκρασιών.

Τέλος, ο χλωρίτης (και το επίδοτο) είναι μάλλον προϊόντα μειούμενης θερμοκρασίας και μερικής αντικατάστασης του παραπάνω αναφερόμενου αμφιβόλου και βιοτίτη/φλογοπίτη. Εν τούτοις η διαφορά χημισμού από τον χλωρίτη της προφυλιτίωσης τονίζει ακόμα μια φορά τον ιδιάζοντα χαρακτήρα των ορυκτών εξαλλοίωσης στην κεντρική ζώνη.

Σαν αποτέλεσμα της ιδιαίτερα έντονης υδροθερμικής δραστηριότητας θεωρείται επίσης η ισχυρή σύμψη των παραπάνω αναφερόμενων ορυκτών μεταξύ τους, στην οποία οφείλεται η σκληρότητα και ο συμπαγής χαρακτήρας του πετρώματος.

Τέλος, ο διάσπαρτος μολυβδαινίτης στην κεντρική ζώνη και η σχετικά με τις περιβαλλόμενες ζώνες υψηλότερες τιμές χαλκού δεν είναι τυχαίο γεγονός, παρά αποτέλεσμα μιας μεταμαγματικής εξέλιξης που ανταποκρίνεται στους κανόνες μεταλλοφορίας πορφυρικού τύπου. Οι υψηλές περιεκτικότητες Ρένιου στο κρυσταλλικό πλέγμα του μολυβδαινίτη είναι πιθανόν και αυτό αποτέλεσμα υψηλών θερμοκρασιών των διαλυμάτων.

Ότι αφορά την γεωμετρία των εξαλλοιώσεων, έχουμε μέχρι τώρα γνώση των δεδομένων επιφάνειας. Το τμήμα του σερικιτιωμένου (ξεθωριασμένου) δακτιοανδεσίτη (άνω των 2 km²), που εμφανίζεται στην επιφάνεια προδιαγράφει την ογκώδη διάσταση αυτής της ισχυρά εξαλλοιωμένης και κοιτασματολογικά ενδιαφέρουσας ζώνης. Εξ'άλλου θεωρείται σαν βέβαιο ότι οι διαστάσεις της ευρύνονται πλευρικά κάτω από τη ζώνη προφυλιτίωσης. Αυτό το συμπέρασμα ενισχύεται από το γεγονός ότι παρόμοια έντονες εξαλλοιώσεις διασχίζουν κατά μήκος τεκτονικών γραμμών τον περιβάλλοντα προφυλιτιωμένο δακτιοανδεσίτη, π.χ. ανατολικά μέχρι Μαυρόπετρα (σχ. 2). Τα ανερχόμενα διαλύματα που προκάλεσαν αυτές τις ρηγματοειδείς εξαλλοιώσεις πρέπει να προήλθαν από υδροθερμικό πεδίο, ανάλογο εκείνου της ζώνης σερικιτιώσης.

Σύμφωνα με την παραπάνω σκέψη είναι πολύ πιθανή μια αντίστοιχη εύρυση και της κεντρικής ζώνης στο βάθος. Ότι αφορά την μεταλλοφορία, πιθανόν αυξανόμενη ένταση της υδροθερμικής δράσης στο βάθος να συνοδεύεται από αύξηση και από πιο ομοιόμορφη κατανομή της περιεκτικότητας του μολυβδαινίτη. Εάν π.χ. οι υψηλότερες τιμές που μετρήθηκαν στην επιφάνεια (0,2% MoS₂) αποτελέσουν σταθερές μέσες τιμές του ολικού πετρώματος τότε η θέση "Παγώνη Ράχη" αποκτά το αναμενόμενο κοιτασματολογικό ενδιαφέρον, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι μέσες περιεκτικότητες ήδη από 0,15% MoS₂ αποτελούν βάση οικονομικού ενδιαφέροντος προϋποθέτοντας φυσικά και το ανάλογο απαιτούμενο αποθεματικό. Τέλος, δεν πρέπει να παραμελήσει κανείς τις ιδιαίτερα υψηλές περιεκτικότητες Ρένιου, που οπωσδήποτε ανεβάζουν την αξία του μολυβδαινίτη. Η συνεισφορά χαλκού πιθανόν να αποκτήσει σε βαθύτερους ορίζοντες μεγαλύτερο ενδιαφέρον και ενδείκνυται στην συνέχεια της έρευνας η ανάλυση και άλλων σπάνιων στοιχείων.

Οι εμπειρίες που προκύπτουν από τη μελέτη αυτή αποτελούν συνεισφορά στην έρευνα των εξαλλοιώσεων και στην εντόπιση μεταλλοφόρων ζωνών σε υποψαισιετικά σώματα της περιοχής Κίρκης-Αισύμης. Συγκεκριμένα οι υποψαισιετικές περιοχές "Μύλων" Αισύμης και της περιοχής ΒΑ Κίρκης είναι του ίδιου πετρολογικού τύπου, έχουν την ίδια υφή, ορυκτολογική και χημική σύσταση και εντυπωσιάζουν οι ομοιότητες σε όλο το φάσμα των μεσοθερμικών εξαλλοιώσεων της προφυλιτίωσης και σερικιτιώσης-πυριτιώσης (ΑΡΙΚΑΣ 1985). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης όμοιες σερικιτιώσεις βορειοδυτικά του μεταλλείου Άγιου Φιλίππου (π.χ. Θερμό Ρέμα). Οι ζώνες αυτές σερικιτιώσης αποτελούν μάλλον εξαλλοιώσεις σχετικά μικρού βάθους. Το παράδειγμα της εμφάνισης "Παγώνη Ράχη" ενθαρρύνει την προσπάθεια για τον εντοπισμό βαθύτερων ζωνών με καταθερμικές/πνευματολιτικές εξαλλοιώσεις με διάσπαρτη μεταλλοφορία μολυβδαινίτη/χαλκοπυριτή. Πράγματι σε τελευταίες μελέτες από ΒΟΥΔΟΥΡΗ, ΜΙΧΑΗΛ και ΑΡΙΚΑ εντοπίστηκαν σε υποψαισιετική των Κασσίτερων (4km ΒΔ Κίρκης) εντυπωσιακά όμοιες εξαλλοιώσεις με εκείνες της "κεντρικής ζώνης" της "Παγώνη Ράχη" και διαπιστώθηκαν ενθαρρυντικές ανωμαλίες μολυβδαινίου και χαλκού.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ARIKAS, K. (1979a): Geologische und petrographische Untersuchungen in der Umgebung von Kirki (Thrakien Nordgriechenland).- *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg* 49, 1-28.
- ARIKAS, K. (1979b): Ein porphyrisches Mo-Cu-Vorkommen bei Kirki (Thrakien, Nordgriechenland). *N. Jb. Min. Abh.* 137, 74-82.
- ARIKAS, K. (1931): Subvulkanisch-hydrothermale Mo-Cu-Zn-Pb-Vererzungen, S.E. Rhodopen, Nordgriechenland: Petrographie und Geochemie.- *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* 28, 182-205.
- ΑΡΙΚΑΣ, Κ. (1985): Οι υδροθερμικές εξαλλοιώσεις υποψαισιετικών περιοχής "Μύλοι" Αισύμης: Ορυκτολογία και γεωχημεία.- Έκθεση ΙΓΜΕ-Παράρτημα Ξάνθης, Ξάνθη 1985.
- BEANE, R.E. (1982): Hydrothermal alteration in silicate rocks: Southwestern North America.- in TITELY, S.R. (ed.): *Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern North America.- Tucson, Univ. Arizona Press, Chapter 6.*
- CREASSY, S.C. (1959): Some phase relations in hydrothermally altered rocks of porphyry copper deposits.- *Econ. Geol.* 54, 353-373.
- DAVIS, J.F. & LUHTA, L.E. (1978): An archean "porphyry-type" disseminated copper deposit, Timmins, Ontario.- *Econ. Geol.* 73, 383-396.
- DOWSETT, F.R. (1980): Hydrothermal alteration of the Hahns Peak Stock, Routt County, Colorado.- *Econ. Geol.* 75, 30-44.
- FLEISCHER, M. (1959): The geochemistry of rhenium, with special reference to its occurrence in molybdenite.- *Econ. Geol.* 54, 1406-1413.
- FOSTER, M.D. (1969): Interpretation of the composition of trioctahedral micas.- *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 354-B, 48 ο.
- HENLEY, R.W. & Mc NABB, A. (1978): Magmatic vapor plumes and ground-water interaction in porphyry copper emplacement.- *Econ. Geol.* 73, 1-20.
- HEY, M.H. (1954): A new review of the chlorites.- *Min. Mag.* 30, 277-292.
- HOLLISTER, V.F., ANZALONE, S.A. & RICHTER, D.H. (1975): Porphyry copper deposits of Southern Alaska and contiguous Yukon Territory.- *Canadian Mining Metallurgy Bull.*, 68, 104-112.
- JACOBS, D.C. & PARRY, W.T. (1979): Geochemistry of biotite in the Santa Rita porphyry copper deposits, New Mexico.- *Econ. Geol.* 74, 860-887.

- KATIPTZOΓΛΟΥ, Κ. (1978): Γεωλογικός και κοιτασματολογικός χάρτης περιοχής Προφ. Ηλία Αισύμης 1:10000, ΙΓΜΕ, Ξάνθη 1978.
- KATIPTZOΓΛΟΥ, Κ. (1979): Γεωλογικός και κοιτασματολογικός χάρτης περιοχής Αισύμης-Ερυμοχωρίου 1:10000, ΙΓΜΕ, Ξάνθη 1979.
- KATIPTZOΓΛΟΥ, Κ. (1986): Μεταλλογένεση της τριτογενούς θειούχου μεταλλοφορίας περιοχής Αισύμης νομού Έβρου. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- LOWELL, J.D. & GUILBERT, J.M. (1979): Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits.- *Econ. Geol.* 85, 373-408.
- MEYER, C. & HEMLEY, J.J. (1967): Wall rock alteration.- in BARNES, H.L. (ed.): *Geochemistry of hydrothermal ore deposits.*- New York, Holt, Rinehart and Winston, 166-225.
- PECCERILLO, A. & TAYLOR, S.R. (1976): Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamony area, Northern Turkey.-*Contr. Miner. Petrol.* 58, 63-81.
- SILLITOE, R.H. (1973): The tops and bottoms of porphyry copper deposits.- *Econ. Geol.* 68, 799-815.
- SUTULOV, A. (1975): Copper Porphyries-Miller Freeman, California, 206 p.
- TROGER, W.E. (1971): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1: Tabellenbuch.- Schweizerbart'sche Verlagsvuchhandlung, Stuttgart.
- WESTRA, G. & KEITH, S.B. (1981): Classification and genesis of stockwork molybdenum deposits.- *Econ. Geol.* 76, 844-873.