

Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	XXII	139 - 158	1990
	Vol.	pag.	Athens

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ
ΣΙΔΗΡΟΥΧΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΪΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΑΥΡΟΥ ΒΡΑΧΟΥ ΝΟΜΟΥ
ΚΙΛΚΙΣ

Π. ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ* και Π. ΧΩΡΙΑΝΟΠΟΥΛΟΥ**

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Στρωμένοι σιδηρούχοι σχηματισμοί, τύπου Alogona, φιλοξενούνται στην Περμοτριάδικη ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά Ακρίτα-Μεταλλικού-Δουμιά. Ο δυαδικός μαγματικός χαρακτήρας και οι διαφορετικές ασβεστικάλικές και αβυσσικές θολειτικές συγγένειες, των περιβαλλόντων δεινών και βασικών μεταηφαιστειωτών, αντίστοιχα, εκφράζουν το, Ανδρικού τύπου, γεωτεκτονικό περιβάλλον πετρογένεσης. Η K-μετασμάτωση που παρατηρείται στα ηφαιστειακά πετρώματα είναι αποτέλεσμα σύνδρομης υδροθερμικής εξαλλοίωσης, του υποθαλάσσιου συστήματος που απόθεσε χημικά πυριτολιθικές και σιδηροξειδίες στρώσεις. Η παρουσία σχετικά υψηλών συγκεντρώσεων βασικών μετάλλων και θειούχων ορυκτών βαρύτη, φθορίτη και σεελίτη στο στρωμένο θ-ούχο σχηματισμό ενισχύουν την πιθανότητα ύπαρξης συμπαγούς θειούχου μεταλλοφορίας.

A B S T R A C T

Alogona type Banded Iron Formations (BIF) occur in the Permotriassic Akrita-Metalliko-Dcubia volcanosedimentary series. The obtained bimodal magmatism and, the calcalkaline and abyssal tholeiitic affinities of the acid and basic metavolcanic host-rocks, respectively, suggest an Andean type petrotectonic environment of rock formation. The K-metasomatic characteristics showed by the associated, volcanic rocks, are products of premetamorphic hydrothermal alteration, related to hydrothermal fluids debouching on the sea floor and chemically precipitating cherty and iron oxide beds. The presence of base metal sulfides, baryte, fluorite and scheelite in the BIF may be indicative for associated massive sulfide deposits.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια της βασικής κοιτασματολογικής έρευνας του ΙΓΜΕ για εντοπισμό μεταλλικών συγκεντρώσεων οικονομικής σημασίας περιλαμβάνεται και η μελέτη της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς Ακρίτα-Μεταλλικό Δουμιάς, Ν.Κιλκίς-Θεσ/νίκης. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα μεταηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα της περιοχής Μαύρου

* ΙΓΜΕ, Παρ/μα Θεσ/νίκης, Φράγκων 1-Μοσκάφ 10

** ΙΓΜΕ, Αθήνα Δ/ση Ορυκτολογίας Πετρογραφίας

Βράχου, που είναι τα βόρεια όρια της υποθαλάσσιας μεταφ/νούς σειράς Ακρίτα-Μεταλλικού Δουμπιάς (Α. Πέρμιο-Τριαδικό), μέσα στην οποία παρεμβάλλεται στρωματομορφή μεταλλοφορία σιδήρου. Η σειρά είναι γνωστή ως Περιοδοπική ζώνη (KOCKEL-MOLLAT 1977). Λόγω της παρουσίας θειούχων και οξαδιοσιδηρούχων μεταλλικών συγκεντρώσεων στην περιοχή Μαύρου Βράχου.

Η περιοχή του Μαύρου Βράχου περιλαμβάνεται στο τοπογραφικό φ.χ. "ΧΕΡΣΟ" σε κλίμακα 1:50.000 και βρίσκεται Νότια της ομώνυμης λίμνης Δοϊράνης και Βόρεια του χωριού ΧΕΡΣΟ (Σχ. 1).

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ

Η περιοχή του Μαύρου Βράχου δομείται κυρίως από ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα της σειράς Ακρίτα-Μεταλλικού Δουμπιάς στα οποία φιλοξενούνται σιδηρούχοι σχηματισμοί.

2.1. Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά

Η ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά με ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση (ΙΩ-ΑΝΝΙΔΗΣ και ΚΕΛΕΠΕΡΤΖΗΣ, 1985) εντοπίζεται σ' όλο το μήκος και πλάτος της περιοχής Μ.Βράχου (Σχ. 1). Στο ανατολικό τμήμα τα μεταφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα βρίσκονται σε συμφωνία με τους σχηματισμούς της σειράς Βερτίσκου, ενώ στο δυτικό τμήμα φαίνεται να επικάθονται στη σειρά Ντεβέ Κοράν (ανάστροφη τοποθέτηση).

Δεδομένα για την ηλικία των πετρωμάτων της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς αναφέρονται κατά KOCKEL et.al. 1977 Άνω Πέρμιο έως Σκύθιο (κατ. Τριαδικό). Κατά τους ΚΕΛΕΠΕΡΤΖΗ Α.-ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ Χ., (1984) είναι Τριτογενούς ηλικίας. Στην περιοχή όμως Καμπάνη εντοπίστηκαν εντός των σχηματισμών του πιθανού μέσου Ιουρασικού (Δογγέριο) καθοδηγητικά απολιθώματα όπως Heterostratiiden και τρηματοφόρα, με *Lingulella Tenera Carinata*, *Nodosaria*, cf. *Lenticulina Varian Fornatecta*, *Lenticulina*, *Ruthesis* (MERCIER 1965), ^{Ενώ η σειρά} του Ντεβέ Κοράν τοποθετείται στο Ανίσιο-Λαδίνιο-Κάρνιο (ΠΑΠΑΣΤΑΥΡΟΥ Σ.-ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ 1980-1981).

2.2. Στρωματογραφία σιδηρούχων σχηματισμών

Ο μεγαλύτερος όγκος του Fe-ούχου σχηματισμού, εντοπίζεται κύρια στην κορυφή του Μαύρου Βράχου (ύψος 280μ.) και εκτείνεται προς Βόρεια σε όλο το μήκος περίπου 700μ. Όλος ο χώρος βρίσκεται μεταξύ της παλαιάς δημόσιας οδού Χέρσο-Ακρίτα ανατολικά

απόσπασμα από τους ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ

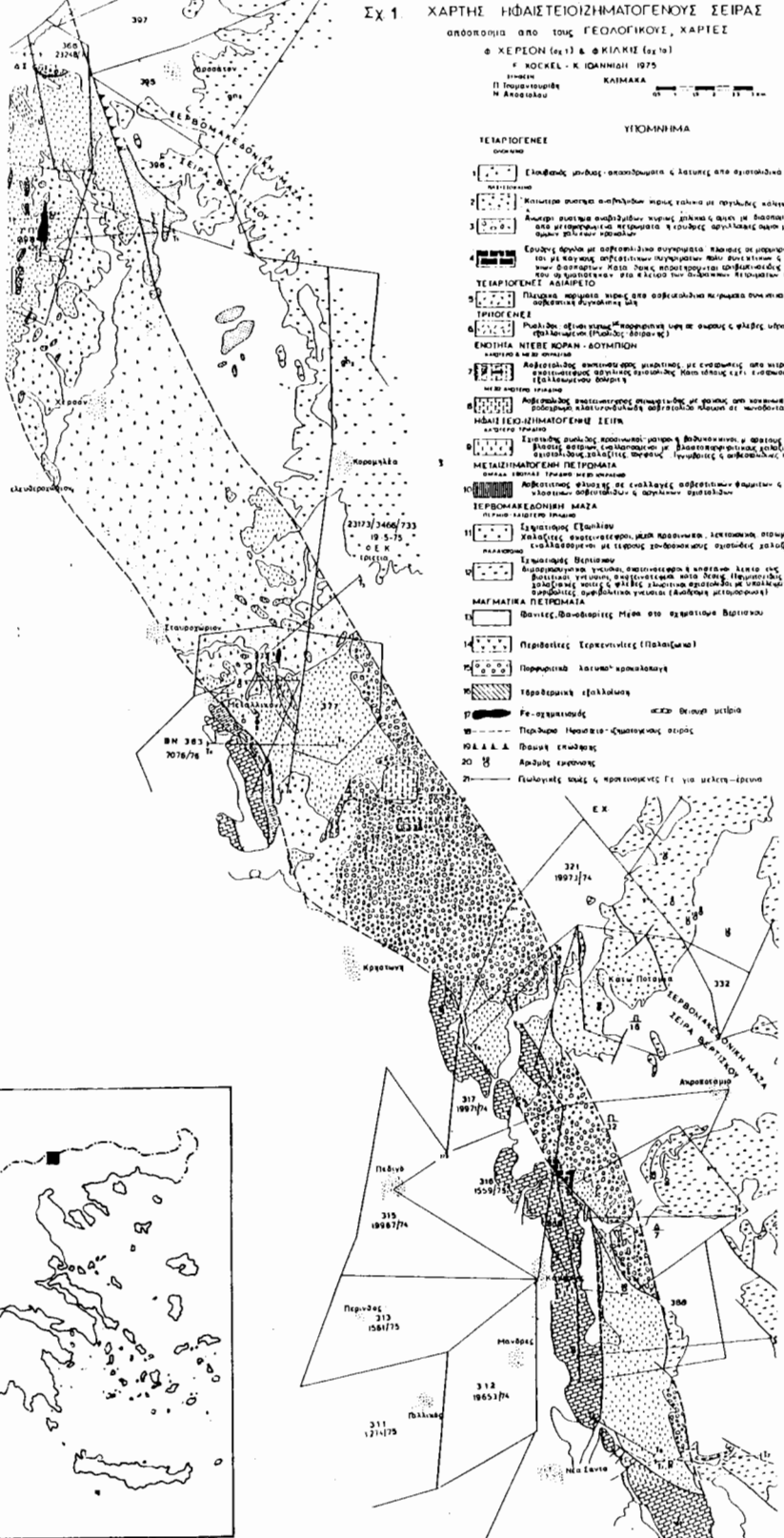
Φ ΧΕΡΣΙΩΝ (εξ 1) & ΚΙΑΚΙΣ (εξ 10)

Γ ΚΟΣΚΕΛ - Κ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ 1975

ΜΕΚΕΛ
Π Γεωγεωγραφική
Η Αποστολή

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ**
- 1. Επικρατές μη-βασ. αποκαρσώσιμα & άστια στα θησαυρικά πετρώματα
 - 2. Κιτινικά σκελετά αμφιβόλων χωρίς γάντια με περιβόλις κελύφη
 - 3. Άσπρη άστια αμφιβόλων χωρίς γάντια & άστια με διασπαστικά σκελετά στα μεταρροφικά πετρώματα ή τριβόλις αμφιβόλων χωρίς γάντια
 - 4. Έκτατα άστια με αβριβόλινα σκελετά. Άσπρες με μεταρροφικά σκελετά με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
- ΥΕΛΙΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ**
- 5. Πλάκα με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη
- ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ**
- 6. Ρυθμικά όφια κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη (Ρυθμικά όφια)
- ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΕΕΣ ΚΟΡΑΙ - ΔΟΤΗΤΩΝ**
- 7. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
- ΗΦΑΙΣΤΟΓΕΙΝΜΑΤΟΓΕΝΗ ΣΕΙΡΑ**
- 8. Επικρατές αβριβόλινα-πυρροφίτη ή θησαυρικά & άστια με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
- ΜΕΤΑΪΣΤΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ**
- 9. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
- ΣΕΡΡΟΜΑΚΕΔΟΝΗ ΜΑΖΑ**
- 10. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
- ΜΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ**
- 11. Σχηματισμός Εφιαίου
 - 12. Χαλκίτες αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Χαλκίτες αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Χαλκίτες αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
 - 13. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
 - 14. Περρωτικές Σερρενιτικές (Εφιαίου)
 - 15. Περρωτικές άστια-αβριβόλινα
 - 16. Τερατοφυτικά εφιαίου
 - 17. Fe-αβριβόλινα
 - 18. Περρωτική άστια-αβριβόλινα
 - 19. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
 - 20. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη. Άσπρη ή με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη με κίτρινη αβριβόλινα-πυρροφίτη ή άσπρη αβριβόλινα-πυρροφίτη.
 - 21. Γεωλογικός κώδικας & προσημασμός Γε για μέλη-έξω



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

και του αγροτικού δρόμου Χέρσο-Ακρίτα δυτικά. Όλες οι εμφανίσεις σιδηρούχων σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή έρευνας φιλοξενούνται στα μεταφαιστειακά πετρώματα.

Από το συσχετισμό των τεσσάρων τομών της περιοχής Μαύρος Βράχος (Σχ. 2) διαπιστώθηκε η ύπαρξη ενός κύριου οριζοντα σιδηρούχου σχηματισμού του οποίου προς Βορρά μειώνεται (T1) το πάχος του, αλλά λίγα μέτρα δυτικότερα εμφανίζεται και άλλος οριζοντας. Στην T2 ανατολικά διαπιστώνεται ένας δεύτερος οριζοντας σιδηρούχου σχηματισμού που παρουσιάζει τις ίδιες παραγενέσεις προς την T3 και T4. Προς τα νότια ο οριζοντας αυτός καλύπτεται από αλουβιακές αποθέσεις και κορήματα πρανών και πιθανόν κάτω από αυτά να συνεχίζεται ο σιδηρούχος σχηματισμός.

3. ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

3.1 Περιβάλλοντα πετρώματα

Από την ορυκτολογική πετρογραφική μελέτη, με βάση κυρίως το μικροσκόπιο και ανάλυση X-R-D 60 περίπου δειγμάτων από τα πετρώματα που αποτελούν την ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά της περιοχής του Μαύρου Βράχου διαπιστώθηκαν :

1. Όξινα μεταφαιστειακά (μεταρυθλιθοί, μεταρυσδακίτες) πετρώματα με υπολειμματικό πορφυριτικό ιστό.
2. Όξινοι μετατόφφοι (σερικιτικοί σχιστόλιθοι), αποτελούν κλαστικά μεταϊζηματα από υλικά κύρια ηφαιστειακής προέλευσης (Τσαμαντούρβης και Χωριανοπούλου υπόδημοσίευση).
3. Ανθρακικοί σχιστόλιθοι κλαστικά μεταϊζηματα.
4. Πρασινίτες (μεταβασίτες, βασικοί μετατόφφοι), είναι βασικά εκρηξιγενή πετρώματα και τόφφοι.
5. Χαλαζίτες και σιδηρούχοι σχηματισμοί σε εναλλαγές συνθέτου κύρια χημικά μεταϊζηματα .

Από τις μακροσκοπικές επίσης παρατηρήσεις και ορυκτολογικές παραγενέσεις (νεοβλάστες)βιοτίτη στους δεινούς μεταφαιστίτες μετατόφφους και χαλαζίτες, ακτινόλιθο-χλωρίτη-επίδοτο-αλβίτη, στους πρασινίτες), προκύπτει ότι τα παραπάνω πετρώματα έχουν υποστεί χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση στα πλαίσια της πρασινοσχιστολιθικής φάσης και τεκτονική καταπόνηση, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μηχανικές πα-

ραμορφώσεις, κατακερματισμό και έντονα προσανατολισμένη συχνά σχιστώδη υφή.

Παρατηρείται ακόμα μέτρια έως έντονη εξαλλοίωση, σερικιτίωση χλωριτίωση και δευτερογενή πυριτίωση από επίδραση υδροθερμικών διαλυμάτων, με αποτέλεσμα την παρουσία σερικίτη κυρίως στους δεινούς μεταφαισιτίτες και μετατόφφους, χλωρίτη στους δεινούς μεταφαισιτίτες και μετατόφφους, χλωρίτη στους ανθρακικούς σχιστολίθους, πρασινίτες και χαλαζίτες, καθώς και άφθωνων χαλαζιακών φλεβιδίων, που διασχίζουν κυρίως τους δεινούς μεταφαισιτίτες και μετατόφφους.

3.2 Πετρογραφία μεταλλοφόρων σχηματισμών

Οι χαλαζίτες είναι μεταμορφωμένα πυριτικά και σιδηρούχα χημικά ιζημάτα (chert) υδροθερμικής προέλευσης, με μικρή σχετική συμμετοχή κλαστικών υλικών.

Τα πετρώματα έχουν χρώμα ανοικτό έως σκοτεινό γκρι, είναι συμπαγή μικροκρυσταλλικά με υφή προσανατολισμένη ταινιωτή, ελαφρώς πτυχωμένη (φωτ. 1). Αποτελούνται κυρίως από μικροκρυσταλλική μάζα χαλαζία, σε πολυγωνικούς σχεδόν ισομεγέθεις και ελαφρώς επιμηκυσμένους παράλληλα προς την υφή κόκκους, που αναπτύσσονται μεταξύ τους τριπλό σημείο επαφής. Το μέγεθος των χαλαζιακών κόκκων είναι της τάξης κλάσματος του χιλιοστού και συνήθως δεν ξεπερνά το 0,30 χιλμ. Στους χαλαζιακούς κόκκους παρατηρούμε συχνά εγκλεισματα, πλήθος από λεπτόκοκκα κρυσταλλίδια αιματίτη και στα περιθώρια των κόκκων, την ανάπτυξη λεπτότατων ωλιθικών σχηματισμών από οξειδία σιδήρου (δείγμα Β14).

Μέσα στη χαλαζιακή μάζα παρεμβάλλονται σε λεπτά στρωσιγενή ελαφρώς πτυχωμένα επίπεδα, συγκεντρώσεις χλωρίτη, βιοτίτη μερικώς εξαλλοιωμένο σε χλωρίτη, με χαρακτηριστικές πράσινες αποχρώσεις πλεοχρωϊσμού και λιγότερο σερικίτη. Σπάνια βρίσκουμε μικρές συγκεντρώσεις ασβεστίτη. Απαντώνται ακόμα σε διάφορες αναλογίες, που πολλές φορές φτάνουν και το 20% περίπου, κρύσταλλοι μαγνητίτη, αιματίτη και υδροξειδία σιδήρου που κατά ζώνες παρουσιάζουν πυκνότερη κατανομή. Η εναλλαγή ζωνών πλουσιώτερων σε οξειδία σιδήρου και οι ενστρώσεις των φυλλοπυριτικών ορυκτών, αποτελούν υπόλοιπο της ιζηματογενούς υφής του αρχικού πετρώματος. Ο μαγνητίτης αναπτύσσει ιδιόμορφους, υπιδιόμορφους και ξενόμορφους κρυστάλλους μεγέθους από κλάσμα του χιλιοστού έως και 2 χιλ. που συνήθως είναι μεμονωμέ-

νοι διάσπαρτοι ή σχηματίζουν μικρά συσσωματώματα. Ο μαγνητίτης επίσης έχει υποστεί ελαφρά έως αρκετά έντονη εξαλλοίωση σε αιματίτη (μαρτιτίωση) και ακόμα εξαλλοίωση σε υδροξειδία σιδήρου, καθώς και έντονη κατάκλαση. Σπάνια παρατηρούμε λεπτόκοκκα κρυσταλλίδια σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη, βορνίτη, χαλκοσύνη, κοβελίνη κυρίως ως εγκλείσματα στο μαγνητίτη. Εκτός από το δευτερογενή αιματίτη που προέρχεται από την μαρτιτίωση του μαγνητίτη, υπάρχει και αυτογενής αιματίτης που σχηματίστηκε απ'ευθείας, σε ιδιόμορφους πρισματικούς υγιείς κρυστάλλους, παράλληλα προσανατολισμένους και συμπυκνωμένους με το πέτρωμα. Λεπτότατα διάσπαρτα κρυσταλλίδια αιματίτη και κολλοειδή υδροξειδία σιδήρου με προσανατολισμό παράλληλο προς την υφή του πετρώματος αποτελούν υπολείμματα αρχικού ιζηματογενούς ιστού.

Στους χαλαζίτες απαντάται σε σημαντική συχνά αναλογία ο βαρύτης κυρίως στις ζώνες που είναι πλουσιώτερες σε οξειδία σιδήρου. Σπανιότερα παρατηρούμε την παρουσία του φθορίτη, σε διάσπαρτους κόκκους ή με τη μορφή φλεβιδίων μαζί με δευτερογενή χαλαζία. Σποραδικά βρίσκουμε κρυστάλλους ζirkονίου καθώς και μικρές συγκεντρώσεις ρουτίλιου ψευδομορφες κατά τιτανίτη.

Οι σιδηρούχοι σχηματισμοί είναι χημικά κυρίως μεταϊζηήματα και αποτελούν σχηματισμούς παρόμοιους με τους χαλαζίτες. Διαφέρουν όμως από αυτούς λόγω της μεγάλης συμμετοχής των οξειδίων σιδήρου, που συχνά ξεπερνούν και το 60%. Είναι πετρώματα με χρώμα σκοτεινό καστανό, μικροκρυσταλλικά συμπαγή με προσανατολισμένη ταινιωτή υφή (Φωτ. 2). Ο χαλαζίας σ'αυτά, συμμετέχει σε μικρότερη απ' ότι στους χαλαζίτες αναλογία, ενώ ο βαρύτης σε μεγαλύτερη και συνδέεται στενότερα με τα υδροξειδία σιδήρου. Σπάνια παρατηρούμε λεπτοενστρώσεις χλωρίτη, βιοτίτη, σερικίτη, καθώς και μικρές συγκεντρώσεις ασβεσίτη, μαλαχίτη, αζουρίτη. Ο μαγνητίτης έχει υποστεί έντονη μαρτιτίωση, συχνά καθολική, καθώς και εξαλλοίωση σε υδροξειδία σιδήρου. Παρατηρούμε συγκεντρώσεις υδροξειδίων σιδήρου ψευδομορφες κατά μαγνητίτη, που διατηρούν όμως μικρά υπολείμματα του αρχικού κρυστάλλου. Σπάνια βρίσκουμε κόκκους σιδηροπυρίτη, χαλκοπυρίτη, χαλκοσύνη, κυρίως ως εγκλείσματα στο μαγνητίτη. Όπως και στους χαλαζίτες, εκτός από τον δευτερογενή μαρτίτη, ο αιματίτης απαντάται και σε λεπτά ιδιόμορφα αυτογενή κρυσταλλίδια.



Φωτ. 1: Χαλαστίης πλούσιος σε πρασινοβιοτίτη, μαγνητίτη, αιματίτη και βαρότη με πτυχωμένη υφή N //, X 35 (δείγμα B16).



Φωτ. 2: Fe-όχος σχηματιστός. Συγκεντρώσεις μαγνητίτη με στρωσιγενή υφή και αυτογενή λεπτοφυλλάρια αιματίτη, σε ανακλώμενο φωτισμό N//, X 35 (δείγμα B 34).

4. ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

4.1. Περιβάλλοντα πετρώματα

Τα χημικά χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων πετρωμάτων παρουσιάζονται στους Πιν. 1-3. Τα μεταφαισειακά πετρώματα του Μαύρου Βράχου είναι κυρίως αβυσσινί (ρυθλιθοί και ρυοδακίτες) και βασικής σύστασης που με την σχετική απουσία ενδιάμεσων μελών διαγράφουν μία χαρακτηριστική ασβεσταλκαλική τάση δυαδικής ηφαιστειότητας (Σχ. 3), με υποαλκαλικές συγγένεις (Σχ. 4). Τα μεταβασικά πετρώματα, σε διαφορά με το κυρίαρχο ασβεσταλκαλικό χαρακτήρα των αβυσσινίων μεταφαισειακών, παρουσιάζουν αβυσσινικό θολοειτικό περιβάλλον πετρογενετικής προέλευσης (Σχ. 5). Ο δυαδικός μαγματισμός και ο διαφορετικός πετροχημικός χαρακτήρας των αβυσσινίων και βασικών μελών αποτελούν ενδεικτικά στοιχεία για την παράλληλη (στο χώρο και τον χρόνο) εξέλιξη βασαλτικής και αβυσσινί ηφαιστειότητας διαφορετικής γενετικής προέλευσης, σε εφελκυστικό περιβάλλον (VIVALLO, 1984). Το επακόλουθο περιβάλλον συμπύεσης δημιουργεί "ανάμικτο" μάγμα και σχηματισμό ενδιάμεσης σύστασης ηφαισειακών προϊόντων. Ο συνδυασμός μίας ενδοηπειρωτικής τεκτονικής δομής με εναλλαγές εφελκυστικών και συμπιεστικών τάσεων είναι χαρακτηριστικός γεωτεκτονικού περιβάλλοντος τύπου "Ανδεων, με σύνθετη διαδοχική εξέλιξη καταβύθισης-εφελκυσμού-κατάπτωση (subduction-coupled spreading-subsidence), στο περιθώριο της ηπειρωτικής πλάκας.

Hughes

Σύμφωνα με το δείκτη εξαλλοίωσης^v (Σχ. 6) τα μεταφαισειακά πετρώματα τοποθετούνται στο πεδίο της καλιούχου μετασώματωσης που είναι χαρακτηριστικό φαινόμενο χαμηλής θερμοκρασίας ($T < 150^{\circ}\text{C}$) υποθαλάσσιας υδροθερμικής εξαλλοίωσης (ARVANITIDIS & RICKARD, 1986).

Από τις χημικές αναλύσεις των διαφόρων πετρολογικών τύπων (βλ. Πιν. 1-4) οι περιεκτικότητες σε ppm στα βασικά μέταλλα κυμαίνονται στους χαλασίτες chert $\text{Cu}=12-312$, $\text{Pb}=14-13.600$, $\text{Zn}=7-297$, $\text{Fe}=50-150$. Στα αβυσσινία μεταφαισειακά : $\text{Cu}=5-45$, $\text{Pb}=9-74$, $\text{Zn} = 17-134$, $\text{Fe} = 50-130$. Στους μεταιδρύτους : $\text{Cu}=2-379$, $\text{Pb}=6-330$, $\text{Zn}= 33-1950$, $\text{Fe} = 30-110$. Στους πρασινίτες $\text{Cu}=36-52$, $\text{Pb}=6-10$, $\text{Zn} = 44- 133$, $\text{Fe} = 40 - 120$.

4.2 Μεταλλοφόροι σχηματισμοί

Οι Fe -ούχοι σχηματισμοί Μαύρου Βράχου-Μεταλλικού περιέχουν σχετικά υψηλές τιμές σε Cu , Pb , Zn και Ba (Πιν. 5). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πρόσφατες χημικές αναλύσεις στην περιοχή Μαύρου Βράχου

ACID VOLCANICS

=====

TABLE: 1.

Z	B1	B1A	B12	B21	B28	B32	B33	B38	B40	B41	Z
SiO2	68.45	77.00	72.73	77.00	75.94	79.14	79.14	64.17	79.15	77.00	SiO2
TiO2	0.33	0.33	0.17	0.17	0.33	nd	0.17	0.17	nd	nd	TiO2
Al2O3	14.55	9.64	12.47	9.26	10.83	9.37	10.58	15.50	9.22	10.11	Al2O3
Fe2O3	0.72	0.14	1.72	0.36	1.07	0.26	0.04	2.42	1.90	1.55	Fe2O3
FeO	1.80	1.29	1.15	1.22	1.87	0.93	0.86	1.94	0.86	0.79	FeO
MnO	0.01	0.03	0.04	0.03	0.04	0.01	0.01	0.12	0.01	0.04	MnO
MgO	1.01	0.70	0.85	0.61	1.16	0.27	0.30	2.14	0.30	0.13	MgO
CaO	0.36	0.28	0.42	0.17	0.13	0.11	0.14	0.07	0.06	0.07	CaO
Na2O	4.58	2.83	4.45	4.45	0.13	0.27	0.27	0.40	0.13	0.27	Na2O
K2O	3.61	2.65	2.89	1.57	5.90	6.75	7.23	7.11	5.18	6.14	K2O
P2O5	0.04	nd	0.05	0.05	nd	nd	0.05	nd	nd	nd	P2O5
H2O	0.14	0.24	0.26	0.17	0.13	0.08	0.05	0.09	0.14	0.03	H2O
LOI	2.27	1.99	1.86	3.06	1.59	2.20	1.07	3.52	1.24	0.82	LOI
Total	97.87	97.12	99.06	98.12	99.12	99.39	99.91	97.65	98.19	96.95	Total
FeO*	2.45	1.42	2.70	1.54	2.83	1.16	0.90	4.12	2.57	2.18	FeO*
FeO*/MgO	2.42	2.02	3.17	2.53	2.44	4.31	2.99	1.92	8.57	16.81	FeO*/MgO
PPM	B1	B1A	B12	B21	B28	B32	B33	B38	B40	B41	PPM
Cu	8	15	8	4	10	31	45	5	55	24	Cu
Pb	20	23	12	16	74	9	9	28	10	74	Pb
Zn	134	65	116	33	76	20	17	104	31	47	Zn
Ni	0	0	5	0	3	0	0	0	0	4	Ni
Co	34	31	43	37	48	62	58	15	58	69	Co
Ba	120	70	130	60	100	50	50	90	80	80 _γ	Ba
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Cd
Sr	18	5	7	18	4	10	5	12	7	3	Sr
Zr	421			350		217		831	152		Zr
Rb	129			96		139		354	194		Rb
Y	52			56		46		161	55		Y
Nb	6			6		9		12	6		Nb
W	43					46		55	52		W
PPM	B1	B1A	B12	B21	B28	B32	B33	B38	B40	B41	PPM

METATUFFS (SCHISTS)

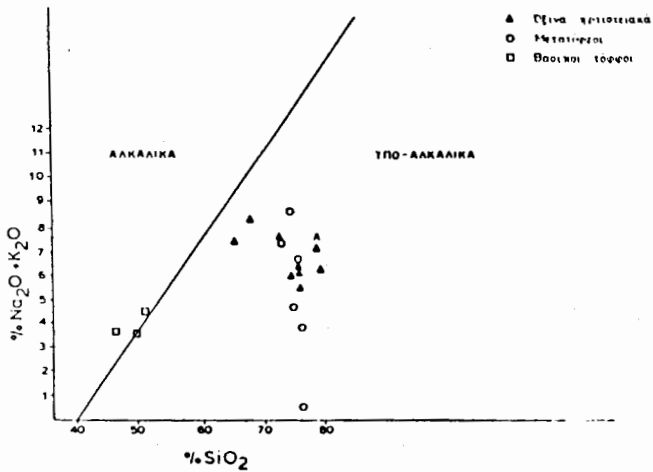
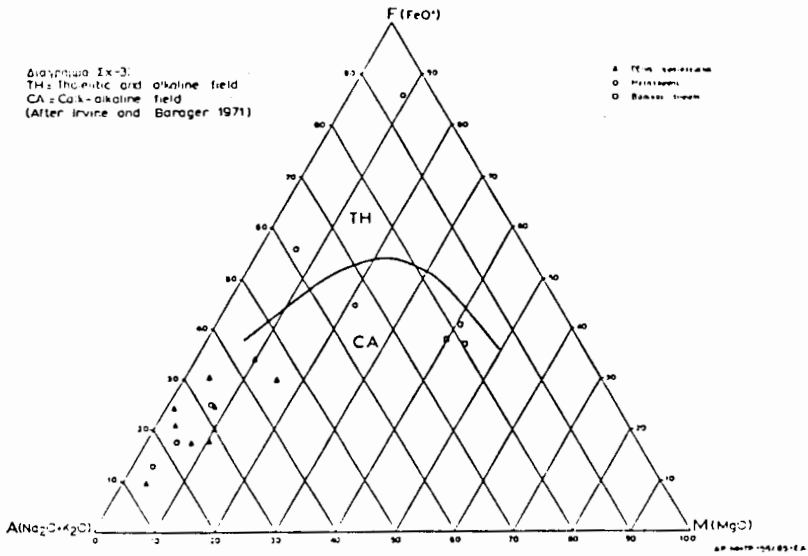
TABLE: 2

Σ	B2	B4	B11	B20	B37	Σ
SiO2	77.00	77.00	72.73	74.87	74.87	SiO2
TiO2	0.30	0.33	0.17	0.17	nd	TiO2
Al2O3	6.24	10.07	12.95	9.26	11.72	Al2O3
Fe2O3	0.75	0.37	1.43	3.45	0.40	Fe2O3
FeO	4.60	1.08	1.37	2.30	0.93	FeO
MnO	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01	MnO
MgO	2.55	4.46	0.78	0.81	0.38	MgO
CaO	0.52	0.21	0.07	0.07	0.07	CaO
Na2O	0.13	0.13	0.13	0.13	0.27	Na2O
K2O	3.61	6.26	7.11	4.22	8.19	K2O
P2O5	nd	0.09	nd	0.04	nd	P2O5
H2O	0.15	0.18	0.13	0.15	0.15	H2O
LOI	1.95	1.34	0.91	2.21	0.94	LOI
Total	97.83	101.53	97.81	97.71	97.93	Total
FeO*	5.27	1.41	2.66	5.40	1.29	FeO*
FeO*/MgO	2.07	0.32	3.41	6.67	3.39	FeO*/MgO
PPM	B2	B4	B11	B20	B37	PPM
Cu	9	5	2	136	30	Cu
Pb	330	20	6	6	310	Pb
Zn	1950	205	145	43	33	Zn
Ni	31	3	0	6	2	Ni
Co	40	32	35	36	32	Co
Ba	30	60	50	60	60	Ba
Cd	7	0	0	0	0	Cd
Sr	2	5	1	22	67	Sr
Zr				260	437	Zr
Rb				226	190	Rb
Y				69	29	Y
Nb				8	99	Nb
W				49	56	W
PPM	B1	B1A	B12	B21	B32	PPM

METABASITES

TABLE: 3

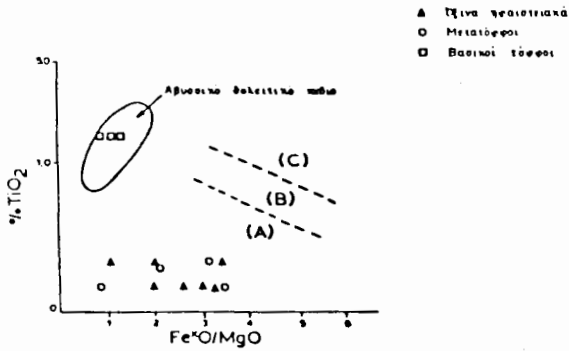
Σ	B29	B22	B23	Σ
SiO2	51.34	49.20	47.06	SiO2
TiO2	1.17	1.17	1.17	TiO2
Al2O3	14.36	14.46	16.16	Al2O3
Fe2O3	1.59	1.85	1.16	Fe2O3
FeO	6.68	6.32	7.19	FeO
MnO	0.18	0.14	0.15	MnO
MgO	8.29	7.88	9.53	MgO
CaO	6.30	8.40	4.90	CaO
Na2O	2.16	1.48	1.89	Na2O
K2O	2.41	2.17	2.65	K2O
P2O5	nd	nd	nd	P2O5
H2O	0.10	0.20	0.24	H2O
LOI	4.27	3.54	4.78	LOI
Total	98.850	96.810	96.880	Total
FeO*	8.110	7.980	8.230	FeO*
FeO*/MgO	0.970	1.010	0.860	FeO*/MgO
PPM	B29	B22	B23	PPM
Cu	43	36	52	Cu
Pb	7	10	6	Pb
Zn	133	44	82	Zn
Ni	62	78	123	Ni
Co	24	28	29	Co
Ba	120	40	70	Ba
Cd	0	0	16	Cd
Sr	168	14	300	Sr
Zr	88		71	Zr
Rb	76			Rb
Y	25			Y
Nb	1			Nb
W	6	Y	11	W
PPM	B29	B22	B23	PPM



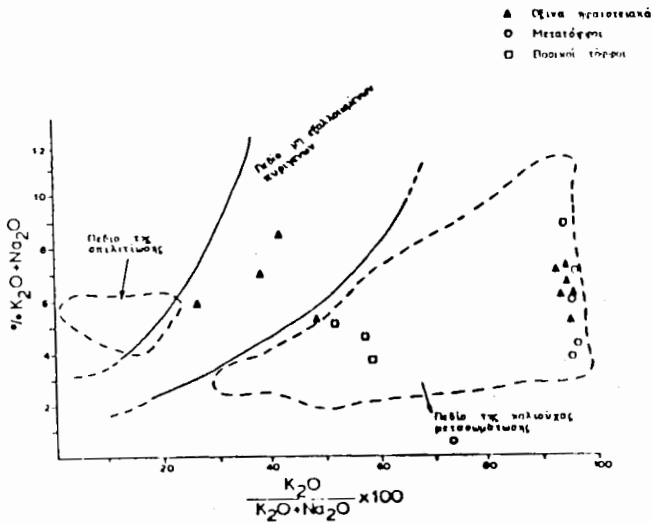
Διαγράμμα Σχ-4: Διαχωρισμόν αλκαλικών και υπο-αλκαλικών λαβών
 (Mac Donald + Katsura 1964)

TABLE: 4

Z	K5	K6	K7	K9	B3	B7	B14	B27	B26	Z
SiO2	94.12	79.15	79.15	77.00	87.70	81.28	83.43	81.28	77.00	SiO2
TiO2	nd	nd	nd	nd	nd	0.17	nd	0.17	0.17	TiO2
Al2O3	0.49	7.28	5.48	5.39	1.64	3.33	5.69	9.53	4.91	Al2O3
Fe2O3	2.70	2.55	1.88	5.99	0.99	9.99	1.35	0.45	4.34	Fe2O3
FeO	0.79	2.59	5.39	3.88	0.43	0.79	0.72	1.01	6.90	FeO
MnO	nd	0.04	0.12	0.06	0.01	0.03	0.01	0.01	0.06	MnO
MgO	0.05	1.21	2.90	1.13	0.17	0.88	0.65	0.83	1.11	MgO
CaO	0.06	0.07	0.07	0.06	3.50	0.11	0.07	0.11	0.08	CaO
Na2O	0.13	0.27	0.13	0.13	nd	0.13	0.13	0.94	0.13	Na2O
K2O	0.24	1.81	0.12	0.84	0.84	0.12	3.37	3.01	0.36	K2O
P2O5	nd	nd	nd	nd	0.07	0.08	0.05	nd	nd	P2O5
H2O	0.05	0.27	0.09	0.33	0.06	0.32	0.14	0.03	0.09	H2O
L01	1.24	2.95	2.57	2.82	3.02	2.19	1.54	2.50	1.99	L01
Total	99.87	98.19	97.90	97.63	97.53	99.22	97.15	99.87		Total
FeO*	3.22	4.88	7.08	9.27	0.51	9.78	1.93	1.41		FeO*
FeO*/MgO	64.39	4.04	2.44	8.20	3.01	14.38	2.98	1.70		FeO*/MgO
PPM	K5	K6	K7	K9	B3	B7	B14	B27	B26	PPM
Cu	55	16	312	36	12	312	125	66	379	Cu
Pb	32	41	82	14	13600	82	54	44	40	Pb
Zn	7	195	110	297	282	110	29	47	270	Zn
Ni	4	0	4	0	0	4	5	0	5	Ni
Co	150	49	65	79	96	65	65	42	50	Co
Ba	0	50	50	150	50	56	100	70	110	Ba
Cd	0	0	0	1	3	0	0	0	0	Cd
Sr	1	1	2	3	4	2	1	2	1	Sr
Zr				144						Zr
Rb				38						Rb
Y				40						Y
Nb				4						Nb
W				36						W
PPM	K5	K6	K7	K9	B3	B7	B14	B27	B26	PPM



Διάγραμμα Σχ.-5: Διόκριση των ηφαιστειακών πετρωμάτων βασισμένη στη σχέση TiO_2 και Fe^*O/MgO (Miyashiro, 1974) C=Θάλειτική σειρά, B=σβηστοαλκαλική και θολειτική σειρά A=σβηστοαλκαλική σειρά



Διάγραμμα Fig-6: Διάγραμμα της χημικής μεταβολής (κατά Hughes 1973) των μεταηφαιστειακών πετρωμάτων

FERROUS ORE

TABLE 5

X	B5	B6	B8	B9	B13	B16	B18	B24	B25	B30	B31	B34	B35	B35a	K7a	K8	MIN.	MAX.	MEAN	S.D.	Z
SiO2	79.95	71.21	17.11	55.62	23.53	44.92	25.67	55.90	57.76	34.23	59.90	14.97	32.09	53.48	40.64	83.43	14.97	83.43	46.90	20.66	SiO2
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.02	0.05	TiO2
Al2O3	0.19	1.89	1.89	4.53	2.46	0.19	1.89	10.20	12.85	10.96	10.96	0.19	0.19	0.38	6.42	6.61	0.19	12.85	3.81	4.18	Al2O3
Fe2O3	15.65	19.00	70.30	33.02	35.10	27.45	47.21	33.20	4.24	24.40	4.61	51.24	54.46	31.19	38.15	3.15	3.15	70.30	30.77	18.49	Fe2O3
FeO	0.72	1.01	0.55	0.79	13.58	7.45	7.19	1.01	1.72	11.50	11.42	5.10	6.97	6.04	0.79	1.15	0.55	13.58	4.81	4.35	FeO
MnO	0.01	0.01	0.11	0.06	0.90	0.08	0.04	0.07	0.03	0.09	0.10	0.01	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.90	0.10	0.21	MnO
MgO	0.32	0.03	0.02	0.05	1.77	2.57	0.03	0.05	0.96	3.01	2.31	1.24	0.07	0.13	1.72	0.58	0.02	3.01	0.93	1.01	MgO
CaO	0.07	0.08	0.07	0.07	8.75	0.13	0.05	0.10	0.07	0.08	0.18	0.08	0.17	0.25	0.24	0.11	0.05	8.75	0.66	2.09	CaO
Na2O	0.76	8.76	9.47	8.90	8.63	9.71	8.90	8.00	8.90	8.76	8.63	0.40	0.27	0.40	0.27	0.40	0.27	9.71	5.70	4.11	Na2O
K2O	0.24	0.24	0.44	0.36	1.08	1.81	0.12	0.20	4.82	4.34	1.66	0.12	0.12	0.12	0.48	3.01	0.12	4.82	1.20	1.50	K2O
P2O5	0.00	0.07	0.04	0.00	0.62	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.05	0.15	P2O5
H2O																					H2O
L01																					L01
Total	97.91	100.80	100.00	100.76	98.49	96.58	89.46	100.42	88.70	99.42	99.93	73.35	94.35	92.01	88.76	98.45			94.95		Total
FeO*	14.90	18.11	63.81	30.50	45.16	32.15	49.67	30.88	5.54	33.46	15.57	51.21	55.97	34.10	35.12	3.98					FeO*
FeO*/MgO	46.26	603.54	3190.30	610.03	25.52	12.51	1655.65	617.67	5.77	11.11	6.74	41.29	799.62	262.34	20.42	6.87					FeO*/MgO
PFM	B5	B6	B8	B9	B13	B16	B18	B24	B25	B30	B31	B34	B35	B35a	K7a	K8	MIN.	MAX.	MEAN	S.D.	PFM
Cu	37	29	76	2000	515	610	38500	6500	87	92	136	437	316	202	1400	21					Cu
Pb	23	59	260	250	2300	142	2500	220	47	34	2	4090	3800	1200	3400	9					Pb
Zn	19	547	109	262	800	4550	600	450	36	450	370	450	700	750	1650	17					Zn
Mi	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4					Mi
Co	115	119	31	98	17	74	23	93	53	22	30	15	52	86	28	45					Co
Mg	2.6	1.1	0.1	3.7	2.7	2.9	60.2	7.7	0.5	2.4	1.3	4.1	6.8	6.2	32.6	6.3					Mg
Ba	30	50	20	600	310	90	110	70	60	70	130	30	30	30	100	90					Ba
Cd	0	0	0	0	1	3	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0					Cd
Sr	9	4	2	14	57	226	0	2	6	2	8	70	245	169	2	1					Sr
Zr											254					360					Zr
Rb	79	142									78					202					Rb
Y											70					104					Y
Mo											6					10					Mo
Nb											48					61					Nb
PFM	B5	B6	B8	B9	B13	B16	B18	B24	B25	B30	B31	B34	B35	B35a	K7a	K8	MIN.	MAX.	MEAN	S.D.	PFM

έδωσαν και Βα που κυμαίνεται από 0,32 έως 8% (ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ Π.-ΧΩΡΙΑΝΟΠΟΥΛΟΥ Π. 1985) που διαπιστώθηκε και μικροσκοπικά. Χαρακτηρίζονται από την υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο Fe με τιμή που κυμαίνεται από 3,95 - 12,57%, μέση τιμή 8,98% και σταθερή απόκλιση 4,49 και SiO₂ από 49,20 - 68,45%, μέση τιμή 62,03% και σταθερή απόκλιση 11,11.

Τα βασικά μέταλλα στον ορίζοντα του BIF (Πιν. 5) έχουν τιμές σε ppm : Cu=21-32.500, Pb=2-4.000, επί 6 δειγμάτων κυμαίνονται από 1200-4000, Zn=17-4.550 επί 12 δειγμάτων από 282-4.550, Ag=0,6-60,2 gr/t και Βα=30-600. Η σχέση του Fe (Σχ. 7) βασικών μετάλλων είναι συμπαθητική αφού με την περιεκτικότητα σε Fe παρατηρείται μία τάση αύξησης των βασικών μετάλλων (Cu, Pb, Zn).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γεωλογικό περιβάλλον

Ο συνδυασμός όλων των παραμέτρων (στοιχεία υπαίθρου, πετρογραφικά, χημικά, γεωχημικά και εργαστηριακά στοιχεία) κατατάσσει την περιοχή Μ.Βράχου σε υποθαλάσσια ηφαιστειότητα. Αναφέρουμε μερικά βασικά στοιχεία για την τεκμηρίωση της άποψης.

- Απουσία παρεμβολών αποθέσεων ήπειρωτικής προέλευσης εντός των μεταφαιστειακών πετρωμάτων.
- Σύγχρονες με την έκχυση των μεταφαιστειακών πετρωμάτων, ανθρακικές παρεμβολές.
- Η σιδηρούχος μεταλλοφορία σε συνδυασμό με την παρουσία βαρύτη και εκείνη του Μεταλλικού σε συνδυασμό με γαληνίτη, βαρύτη και φθορίτη που είναι στρωματόμορφη συγγενετική και απαντά μέσα σε χαλαζίτες, δξίνα μεταφαιστειακά και μετατόφους (πιθανόν να υπάρχει χωρική σχέση των σιδηρούχων με συμπαγή βασικά μέταλλα).
- Η ~~Κ-μεταμόρφωση~~ που οφείλεται στην αντίδραση με θαλασσινό νερό, και τέλος
- Χλωριτίωση που οφείλεται στη μαγνησιούχα μετασώματωση και είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης των μεταφαιστειακών πετρωμάτων με το θαλασσινό νερό, σε ηφαιστειοϊζηματογενές περιβάλλον (FISHER & SCHUNINCKE 1984, ΒΕΡΑΝΗΣ Ν. και ΚΟΥΓΚΟΥΛΗΣ Χ. 1985).

5.2 Μεταλλογενετική ερμηνεία

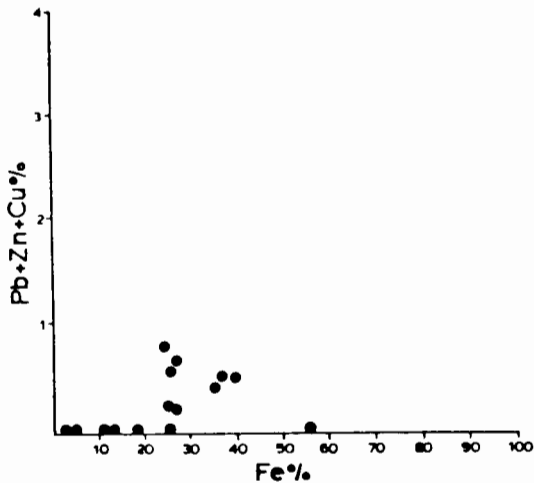
Οι Fe-ούχοι σχηματισμοί ανάλογα αν σχετίζονται ή όχι με μεταλλοφορτία μικτών θειούχων και ανάλογα με την απόσταση από αυτή, παρουσιάζουν αντίστοιχα γεωχημικά χαρακτηριστικά (BROKEN HILL, e.g. STANTON 1972). Κατά τον (JAMES 1954) παρόμοιες περιπτώσεις οφείλονται σε μεταβατική φάση μεταξύ των πυριτικών (silicate facies) και θειούχων ορυκτών.

Στην περιοχή Μαύρου Βράχου η υψηλή περιεκτικότητα του σιδηρούχου σχηματισμού σε βασικά μέταλλα, σε βαρύτητα, φθορίτη, σεελίτη, χαλκοπυρίτη, κοβελλίτη και βορνίτη ενισχύουν την πιθανότητα να σχετίζεται γενετικά και με μεταλλοφορτία συμπαγών θειούχων βασικών μετάλλων, τα οποία πιθανόν βρίσκονται :

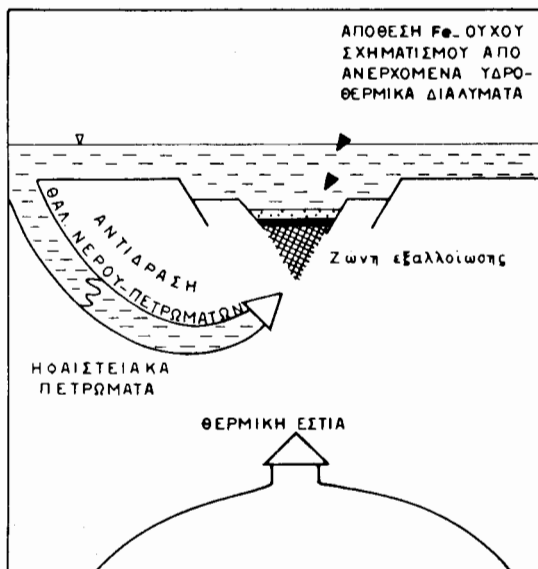
- Επάνω από το σιδηρούχο σχηματισμό που διαβρώθηκε, σημειώνεται ότι η σειρά είναι ανεστραμμένη, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα.
- Κάτω από το σιδηρούχο σχηματισμό με μικρό σχετικό βάθος.
- Πλευρικά του σιδηρούχου σχηματισμού με ισοδύναμο στρωματογραφικό ορίζοντα.

Σε συνδυασμό και με τα παραπάνω, παρουσία του Fe-ούχου σχηματισμού στο συγκεκριμένο ηφαιστειοϊζηματογενές περιβάλλον μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν οδηγός, στην έρευνα για εντοπισμό συγκεντρώσεων συμπαγών θειούχων βασικών μετάλλων.

Στο γεωλογικό περιβάλλον των μεταηφαιστειακών πετρωμάτων ο σχηματισμός του ταινιωτού σιδηρούχου σχηματισμού προήλθε από τη χημική ιζηματογένεση λεπτών εναλλαγών πυριτολιθικών (cherty) και σιδηροοξειδίων στρώσεων (Σχ.8). Σύμφωνα με την ταξινόμηση των Fe-ούχων σχηματισμών (CROSS, 1980) η περίπτωση του Μαύρου Βράχου μπορεί να θεωρηθεί τύπος Algon.



Διάγραμμα Σχ-7: Σχέση της περιεκτικότητας σε Βασικά μέταλλα του Fe οχηματισμού ή του σιδήρου ($Fe_2O_3 + FeO$)



Σχ. Β Πορεία δημιουργίας του σιδηρούχου οχηματισμού των Μ. Βραχου-Μεταλλικού ή και συμπαγών θειούχων των βασικών μετάλλων στην ίδια λεκάνη απόθεσης.

- ARVANITIDIS N.D. and D.T. RICKARD, 1986 : REE geochemistry of an early proterozoic volcanic ore district, Dammbra, Central Sweden : A summary of results Mineral wealth, 43, p 47-57.
- ΒΕΡΑΝΗΣ Ν., ΚΟΥΓΚΟΥΛΗΣ Χ. (1985) : Έκθεση για τη μελέτη του σχηματισμού Εξαμιλλίου και η σχέση του με το γνεύσιο του Βερτίσκου (αδημ. εκθ. ΙΓΜΕ Θεσ/νίκης).
- FISHER R.V., SCHUNINCKE H.U. (1984) : Pyroclastic rocks. Springer Verlag, Berlin. p. 472.
- GROSS A. 1980 : A classification of iron formation based on Depositional Enviroments Canadian Mineralogist. Vol. 18 p. 215-222.
- HUCHER C. (1972) : Spilites, Keratophyres and the igneous spectrum Geol. Mag. 109, pp. 513-527.
- HUTCINSON, R.W. (1981) : Metallogenic evolution and Precambrian tectonics. In : A. Kroner (ed): Precambrian Plate Tectonics, Elsevier, Amsterdam, pp. 733-758.
- IRVINE, T.N., BARAGER, W.R.A. (1971) : A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth. Sci., V.8, pp. 523-548.
- JAMES, H.L. (1954) : Sedimentary facies of iron formation. Econ. Geol., V. 49, pp. 235-293.
- ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΣ Σ., ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ Β., ΗΛΙΑΣ Π. (1984) : Χημισμός και τεκτονικό περιβάλλον των βασικών ηφαιστειακών πετρωμάτων της περιοχής Μολδάων, ΝΑ Πελοπόννησος και η σχέση του με συμπαγή θειούχο μεταλλοφορία, ΙΓΜΕ Αθήνα.
- KAUFMANN: G., KOCKEL, F., MOLLAT, H. (1976) : Note on the stratigraphic and paleogeographic position on the Svoula formation in the innermost zones of the Hellenides (N.Greece). Bull. Soc. Geol. France, V. 18, 2, pp. 225-230, Paris.
- ΚΕΛΕΠΕΡΤΖΗΣ, Α., ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ, Ε. (1984) : Συμβολή στη γνώση της γεωλογίας της Ελλάδας. Εσωτερικές Ελληνίδες ζώνες και συμβολή της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών (No 33) σελ. 41-54.
- ΚΕΛΕΠΕΡΤΖΗΣ, Α., CHATZIDIMITRIADIS, E., ANDRULAKIS, J. (1985) : Geology, geochemistry and tectonic setting of a volcanosedimentary series, Kilkis, Central Macedonia, Greece.
- KOCKEL, F., MOLLAT, H. (1977) : Erläuterungen zur Geologischen Karte der Chalkidhiki und angrenzender Gebiete 1:100.000 (Nord Griechenland). Hannover.
- KOSSMAT, F. (1924) : Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Die Kriegsschauplätze 1914-18 geologisch dargestellt, H. 12, s. 198, Berlin.
- McDONALD, G.A., KATSURA, T. (1964) : Chemical composition of Hawaiian lavas. J. Petr., V.5, pp. 82-133.
- ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ, Ν. (1972) : Το τίξον των νεοηφαιστειακών πετρωμάτων Στρυμονικού-Μεταμόρφωσης (Κ.Μακεδονίας (. ΙΓΕΥ, Μεταλλευτική Έρευνα No 5).

- MERCIER, J. (1965-1973) : Etude geologique des zones internes des des Hellenides en Macedoine Centrale Grèce. V.I. & II.
- MIYASHIRO (1974) : Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. Amer. J. Sci. 274, 321-355.
- OSSWALD, K. (1983) : Geologische Übersichtskarte von Griechisch-Makedonien 1:300.000. Griech. Geol. Landesanstalt, Athen.
- ΠΑΠΑΣΤΑΥΡΟΥ, Σ., ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ, Ε. (1980-81) : Συμβολή στη μελέτη της γεωλογίας της Σεβομακεδονικής μάζας. Δελτίο ΕΓΕ, Τ. XV. σελ. 54-73, Αθήνα.
- STANTON, R.C. (1972) : A preliminary account of chemical relationships between sulfide lode and banded iron formation at Broken Hill, NS Wales. Econ. Geol., V. 67, pp 1128-1145.
- ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ, Π., ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ, Ν. (1982) : Κοιτασματολογική αναγνώριση της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς Ακρίτα-Μεταλλικό - Κριθιάς (υπό σύνταξη).
- ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ, Π., ΚΟΥΓΚΟΥΛΗΣ Χ., ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ Ν. (1985) : Κοιτασματολογική έρευνα σιδηρούχου σχηματισμού ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς. ΙΓΜΕ, Παρ/μα Θεσ/νίκης.
- ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ, Π., ΖΩΓΡΑΦΟΥ, Χ. (1982) : Έκθεση κοιτασματολογικής αναγνώρισης στο ανατολικό τμήμα της ζώνης Αξιού (Ν.Κιλκίς). ΙΓΜΕ, Αθήνα, αδημ. έκθεση Νο 3354.
- ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ Π., ΧΩΡΙΑΝΟΠΟΥΛΟΥ Π. (1987) : Μελέτη μεταηφαιστειογενών σχηματισμών της περιοχής Μ. Βράχου τμήμα μεταηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς Ακρίτα-Μεταλλικό (αδημ. έκθεση ΙΓΜΕ).
- VIVALLO WALDO, 1984 : The geology and origin of the Zn-Pb-Cu sulfide deposit Garpenberg, Central Sweden, Medd. Stockholms Univ. Geol. Inst. N:r. 257.