

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΒΑΣΑΛΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΗ MELANGE ΤΩΝ ΒΑΤΕΡΩΝ (Ν. ΛΕΣΒΟΣ, Β. ΑΙΓΑΙΟ)

Β. Τσικούρας, Π. Μπελιάς και Κ. Χατζηπαναγιώτου*

ABSTRACT

A chaotic volcanosedimentary formation with a wide range of lithologies, including clasts of mafic volcanic rocks, occurs in the Vatera area of Lesbos island. These basaltic rocks display low-grade metamorphic assemblages however they retain palimpsests of primary volcanic textures.

Their geochemistry discriminates them into two groups: the first displays MORB transitional to WPB affinities, similar to other Triassic volcanic rocks of the East Tethys while the second group exhibits MORB towards IAT affinities, similar to this found in the volcanic members of Jurassic ophiolitic sequences.

ΣΥΝΩΗ

Στην περιοχή των Βατερών στη νότια Λέσβο, συναντάται ένας χαοτικός, ηφαιστειοϊζηματογενής σχηματισμός, με ένα ευρύ φάσμα λιθολογιών, ο οποίος μπορεί να χαρακτηριστεί ως οφιολιθική melange. Τα βασαλτικά πετρώματα που μελετήθηκαν μέσα από αυτόν το σχηματισμό αναπτύσσουν μια σειρά χαμηλού βαθμού μεταμορφικά ορυκτά, διατηρώντας όμως, στα περισσότερα δείγματα, τον αρχικό ηφαιστειακό χαρακτήρα τους.

Με βάση τη γεωχημική τους ανάλυση διακρίθηκαν δυο ομάδες. Η πρώτη από αυτές παρουσιάζει τάσεις MORB έως WPB χημισμού και μπορεί να συγκριθεί με αντίστοιχα παράγωγα Τριαδικής ηφαιστειότητας από τον ευρύτερο χώρο της ανατολικής Τηθύος. Η δεύτερη ομάδα παρουσιάζει χημισμό MORB έως IAT και συσχετίζεται με τις ηφαιστειακές σειρές των Ιουρασικών οφιολιθικών συμπλεγμάτων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - INTRODUCTION

Ετερογενείς, χαοτικοί σχηματισμοί, ηφαιστειοϊζηματογενούς κυρίως προέλευσης, εμφανίζονται συχνά στη βάση οφιολιθικών συμπλεγμάτων και είναι γνωστοί την τελευταία δεκαετία ως οφιολιθικές melange. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των σχηματισμών αυτών είναι ότι συμμετέχουν σε αυτούς πετρώματα από ένα ευρύ φάσμα λιθολογιών και ηλικιών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η επιμέρους μελέτη των λιθολογιών αυτών, πολλές από τις οποίες σχετίζονται τόσο με τις υπερκείμενες οφιολιθικές ενότητες όσο και με προοφιολιθικές δραστηριότητες.

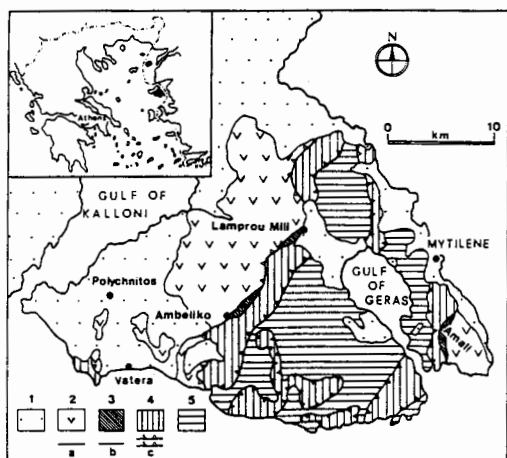
Η παρούσα εργασία ασχολείται με την πετρογραφική και γεωχημική μελέτη βασαλτικών πετρωμάτων, τα οποία βρέθηκαν μέσα στην οφιολιθική melange των Βατερών στη νότια Λέσβο. Σκοπό έχει αφενός τον καθορισμό του γεωχημικού τους χαρακτήρα και τη διερεύνηση του γεωτεκτονικού περιβάλλοντος εξέλιξης τους και αφετέρου το συσχετισμό τους με παρόμοιους σχηματισμούς από το χώρο της Α. Μεσογείου.

* University of Patras, Department of Geology, 261 10 Patra, Greece

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ - GEOLOGICAL SETTING

Η νήσος Λέσβος δομείται κυρίως από αλπικούς και προαλπικούς μεταμορφωμένους σχηματισμούς καθώς και από κλαστικά και ηφαιστειακά πετρώματα Τεταρτογενούς και Νεογενούς ηλικίας (Σχ. 1).

Ο HECHT (1972, 1974) διαχωρίζει τους αλπικούς και προαλπικούς σχηματισμούς



Σχ. 1: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της νήσου Λέσβου (ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ κ.α. 1982): 1. Τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις, 2. Περιδοτίτες και σερπεντινίτες, 3. Αμφιβολίτες και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι, 4. Ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί, 5. Κρυσταλλικό υπόβαθρο, α. Γεωλογικό όριο, β. Τεκτονική επαφή, γ. Επώθηση.

Fig. 1: Simplified geological map of Lesbos island (KATSIKATSOS et al 1982): 1. Quaternary and neogene deposits, 2. Peridotites and serpentinites, 3. Amphibolites and amphibolite schists, 4. Volcanosedimentary formation, 5. Crystalline basement, a. Geological boundary, b. Tectonic contact, c. Thrust.

καλυμματική ενότητα των ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών, η οποία αποτελείται κυρίως από μεταϊζήματα (σχιστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, μεταψαμμίτες, μετακροκαλολατυποπαγή) και μεταβασίτες. Η ηλικία της ενότητας αυτής οριοθετείται, με βάση χαρακτηριστικά απολιθώματα που βρέθηκαν στα ανθρακικά μέλη της, στο Τριαδικό. β) στην ανώτερη καλυμματική ενότητα των οφιολίθων η οποία βρίσκεται επωημένη επάνω στα πετρώματα της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς, στη βάση της οποίας οι ΓΚΑΡΤΖΟΣ κ.α. (1992), περιγράφουν μια ενότητα αμφιβολιτών.

Τεταρτογενείς και νεογενείς σχηματισμοί από κλαστικά και ηφαιστειακά πετρώματα ολοκληρώνουν την γεωλογική δομή της Λέσβου (PE-PIPER 1980a, 1980b, 1984, PE-PIPER & PIPER 1980, 1992, 1993).

από τα κατώτερα προς τα ανώτερα μέλη, σε τρεις ενότητες. Στην πρώτη επικρατούν σχιστόλιθοι και μάρμαρα Λιθανθρακοφόρου ηλικίας, στην επόμενη εμφανίζονται κυρίως σχιστόλιθοι, φυλλίτες και μάρμαρα Λιθανθρακοφόρου-Τριαδικής ηλικίας, ενώ η τρίτη δομείται από υπερβασικά πετρώματα. Οι τρεις αυτές ενότητες βρίσκονται σε τεκτονική σχέση μεταξύ τους.

Οι ΚΑΤΑΓΑΣ & ΠΑΝΑΓΟΣ (1979) περιγράφουν από το νότιο τμήμα της Λέσβου, όπου απαντώνται Ανωπαλαιοζωικά-Τριαδικά μάρμαρα και φυλλίτες με παρεμβολές βασικών μεταψαμισιτών, ορυκτολογικές παραγενέσεις χαρακτηριστικές της πρασινοσχιστολιθικής φάσης, η θερμοκρασία σχηματισμού των οποίων καθορίζεται στους 270-360°C και η πίεση σε λιγότερο από 5 kb.

Σύμφωνα με τις εκτεταμένες υπαίθριες εργασίες των ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΥ κ.α. (1982) και ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ et al. (1986), στη γεωλογική δομή της Λέσβου συμμετέχουν από κάτω προς τα επάνω οι ακόλουθες ενότητες (Σχ. 1):

1. Αυτόχθονη σειρά αλπικών και προαλπικών σχηματισμών. Χαρακτηρίζεται κυρίως από ποικιλίες σχιστολίθων και φυλλιτών, μεταψαμμιτών καθώς και από την παρουσία φακών και ενστρώσεων κρυσταλλικών ασβεστολίθων και δολομιτών. Η σειρά αυτή παρουσιάζει χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση και η ηλικία της οριοθετείται στο Λιθανθρακοφόρο-Τριαδικό (HECHT 1972, 1974, ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ κ.α. 1982).

2. Αλλόχθονη σειρά αλπικών σχηματισμών. Η σειρά αυτή διαχωρίζεται σε δυο επιμέρους ενότητες: α) στην κατώτερη

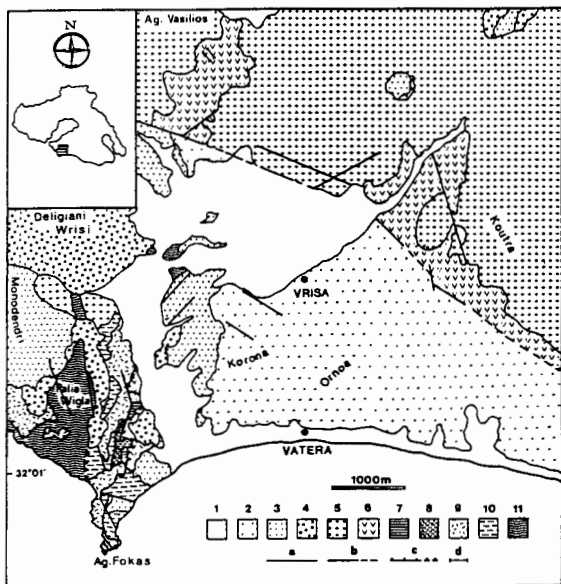
Οι KATSIKATSOS et al. (1986) κατατάσσουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς της Λέσβου στην Πελαγονική ζώνη, ενώ αντίθετα ο ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1986) θεωρεί την Λέσβο ανεξάρτητη ενότητα και αναφέρει ότι πολλά από τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της είναι παραπλήσια με αυτά της Περιροδοπικής ζώνης.

Η ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΗ MELANGE ΤΩΝ ΒΑΤΕΡΩΝ - THE VATERA OPHIOLITIC MELANGE

Για την πληρέστερη μελέτη της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς της κατώτερης καλυμματικής ενότητας επιλέχθηκε η περιοχή των Βατερών στο νότιο τμήμα της Λέσβου (Σχ. 2). Στην περιοχή αυτή αν και η εμφάνιση του σχηματισμού αυτού καταλαμβάνει σχετικά μικρή έκταση, δίδεται η ευκαιρία να διακρίνει κανείς καθαρά την εσωτερική διάρθρωσή του αλλά και την τεκτονοστρωματογραφική θέση του σε σχέση με το υποκείμενο αυτόχθονο υπόβαθρο και την υπερκείμενη ανώτερη καλυμματική ενότητα του οφιολιθικού συμπλέγματος. Επίσης η εμφάνιση αυτή παρουσιάζει μια ευρεία λιθολογική εξάπλωση με διαφορετικούς τύπους πετρωμάτων η χαρακτηριστικότερη των οποίων είναι ίσως αυτή των βασικών ηφαιστειακών.

Κατά τη διαδρομή από την Παλαιά Βίγλα προς το ακρωτήριο του Αγ. Φωκά (Σχ. 2) εμφανίζεται αρχικά το αυτόχθονο νεοπαλαιοζωικό υπόβαθρο με μορφή αντικλίνου. Αποτελείται από μια κλαστική σειρά μεσόκοκκων έως λεπτόκοκκων ψαμμιτών καθώς και από χαλαζιακούς - ασβεστιτικούς σχιστόλιθους με ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστολίθων ποικίλου πάχους.

Επάνω στους σχηματισμούς αυτούς βρίσκεται επωθημένη, με σαφή τεκτονικά όρια, η ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά της κατώτερης καλυμματικής ενότητας. Αυτή παρουσιάζει γενικά μια ετερογενή, χαοτική και ποικιλόχρωμη ακολουθία πετρωμάτων, με μορφή τεκτονικών τεμαχίων ποικίλου μεγέθους και βαθμού τεκτονικής καταπόνησης. Η κύρια λιθολογική τους ανάπτυξη, ιδιαίτερα κοντά στο ακρωτήριο του Αγ. Φωκά, περιλαμβάνει συμπαγείς, υποπράσινους έως βαθυπράσινους βασάλτες, οι οποίοι ενίοτε περικλείουν ερυθρούς αργιλλικούς σχιστόλιθους, καθώς και συμπαγείς κερατόλιθους. Συνεχίζοντας τη διαδρομή από το ακρωτήριο του Αγ.



Σχ. 2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής των Βατερών, νότια Λέσβου.: 1. Τεταρτογενή, 2. Κροκαλοπαγή των Βατερών, 3. Μάργες, 4. Αλουβιακές αποθέσεις, 5. Ιγνιμβρίτες, 6. Σερπεντινιωμένοι περιδοτίτες, 7. Αμφιβολίτες, 8. Αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι, 9. Βασάλτες, 10. Επιδοτιτικοί - μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, κρυσταλλικά ανθρακικά πετρώματα, 11. Ασβεστιτικοί - πυριτικοί σχιστόλιθοι, ψαμμίτες (Νεοπαλαιοζωικό), α. Γεωλογικό όριο, β. Τεκτονική επαφή, γ. Επώθηση, δ. φλέβες (ροδιγγίτες).

Fig. 2: Geological map of the Vatera area, Southern Lesvos.: 1. Quaternary, 2. Conglomerate of Vatera, 3. Marls, 4. Fluvial deposits, 5. Ignimbrites, 6. Serpentinized peridotites, 7. Amphibolites, 8. Amphibolite schists, 9. Basalts, 10. Epidote - mica schists, Crystalline carbonate rocks, 11. Calc, siliceous schists, a. Geological boundary, b. Tectonic contact, c. Thrust, d. = dike (rodingites).

Epidote - mica schists, Crystalline carbonate rocks, 11. Calc, siliceous schists, a. Geological boundary, b. Tectonic contact, c. Thrust, d. = dike (rodingites).

Φωκά προς τις παρυφές του λόφου Προφ. Ηλίας, τους βασάλτες διαδέχονται μερικές δεκάδες μέτρα τεκτονισμένοι, σκούρου χρώματος μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, ενώ στη συνέχεια επανεμφανίζονται βασικής σύστασης ηφαιστίτες, με έντονα τα σημάδια της επίδρασης του τεκτονισμού και της αποσάθρωσης. Σε στενή τεκτονική σχέση με αυτούς βρίσκονται επίσης ορισμένες εμφανίσεις από σχιστόλιθους και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους. Στο ευρύ αυτό φάσμα λιθοτύπων συμμετέχουν ακόμη τεμάχια επιδοιτιτικών και μαρμαρυγικών - γρανατικών σχιστόλιθων, μεγέθους λίγων δεκάδων μέτρων. Επίσης, στην κορυφή του λόφου Προφ. Ηλίας εμφανίζονται μέσα σε υποπράσινα, συμπαγή, βασικής σύστασης, ηφαιστειακά πετρώματα, κρυσταλλικοί ανθρακικοί σχηματισμοί Τριαδικής ηλικίας, κυρίως με τη μορφή φακοειδών παρεμβολών. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό γνώρισμα του σχηματισμού αυτού των Βατερών είναι η παρουσία ακανόνιστου σχήματος και μεγέθους τεμαχίων από σερπεντινιωμένους περιδοίτες καθώς και από αμφιβολίτες και αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους. Η κύρια ανάπτυξη αυτών εμφανίζεται στην ανώτερη καλυμματική ενότητα για την οποία λεπτομερής πετρολογική και ραδιοχρονολογική περιγραφή δίδεται από τους HATZIPANAGIOTOU & PE-PIPER (1994). Η ανώτερη αυτή ενότητα βρίσκεται επωημένη επάνω στην ετερογενή σειρά, η οποία περιγράφηκε προηγουμένως. Στα όρια των δυο αυτών καλυμμάτων παρατηρείται μια εντονότερη σχιστοποίηση των πετρωμάτων. Τέλος νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα καλύπτουν κατά θέσεις όλες τις προηγούμενες σειρές.

Εμφανίσεις τέτοιων ετερογενών, χαοτικών σχηματισμών οι οποίες συντίθενται από ηφαιστειοϊζηματογενείς αλλά και μεταμορφωμένους σχηματισμούς, έχουν συχνά παρατηρηθεί στη βάση οφιολιθικών συμπλεγμάτων σε παγκόσμια κλίμακα. Η σημαντική συμμετοχή οφιολιθικού υλικού στους σχηματισμούς αυτούς οδήγησε τον GANSSER (1974) στην εισαγωγή του όρου "οφιολιθική melange", διαχωρίζοντας παράλληλα τον τρόπο εμφάνισης και δημιουργίας της από μια άλλη η οποία οφείλει τη γένεση της είτε αποκλειστικά σε τεκτονικά αίτια (τεκτονική melange) είτε αποκλειστικά σε ιζηματογενείς διεργασίες ολισθοστρωματικής φύσεως.

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ - PETROGRAPHY

Από την πετρογραφική εξέταση των δειγμάτων των βασαλτών που συλλέχθηκαν, διαπιστώθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις αυτοί διατηρούν τα αρχικά μαγματικά, ιστολογικά χαρακτηριστικά τους αν και μεταμορφικοί ή εξαλλοιωτικοί παράγοντες έχουν επιδράσει σημαντικά, με αποτέλεσμα τα πετρώματα αυτά να ταξινομούνται ως μεταβασάλτες. Σε πολλά δείγματα παρατηρείται έντονη τεκτονική καταπόνηση των συστατικών τους, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται συχνά κυματοειδείς κατασβέσεις και θραύσεις.

Η παρουσία υπολειμματικών κρυστάλλων πλαγιόκλαστου και κλινοφυρόξενου, οι οποίοι σχηματίζουν μια ποικιλία ιστών, όπως υποφειτικός, ενδιάμεσος, πορφυριτικός και μικρολιθικός, υποδηλώνει την αρχική ηφαιστειακή προέλευση των πετρωμάτων αυτών. Τα πλαγιόκλαστα σχηματίζουν σε πολλές περιπτώσεις σκελετικές μορφές ή εμφανίζονται ως πορφυροκρυστάλλοι στα πορφυριτικά μέλη. Την κύρια αυτή ορυκτολογική παραγένεση συμπληρώνουν επίσης κρυστάλλοι τιτανίτη και αδιαφανών ορυκτών. Οι βασαλτικοί τύποι, στους οποίους παρατηρήθηκαν φακοειδείς ενστρώσεις κρυσταλλικών ανθρακικών Τριαδικής ηλικίας, είναι γενικά πιο λεπτοκρυσταλλικοί, παρουσιάζοντας μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις μικροκρυσταλλική έως κρυστοκρυσταλλική ανάπτυξη.

Αποτέλεσμα των μεταμορφικών διεργασιών που υπέστη η σειρά των βασικών ηφαιστειακών πετρωμάτων είναι η ανάπτυξη μιας σειράς μεταμορφικών ορυκτών όπως αλβίτης, χαλαζίας, επίδοτο, χλωρίτης, ακτινόλιθος, πρενίτης, πουμπελλυίτης, ασβεσίτης, λευκοί μαρμαρυγίες, λευκόξενος, ζεόλιθοι, αργιλικά ορυκτά καθώς και οξειδία και υδροξειδία Fe. Μερικά από αυτά τα δευτερογενή ορυκτά παρατη-

ρήθηκαν να πληρώνουν τόσο μικρορωγμές όσο και βακουόλες ορισμένων δειγμάτων με ορυκταμυδαλοσιδηρή υφή.

Συμπερασματικά, θα μπορούσε κανείς να δεχθεί ότι τα πετρώματα που εξετάστηκαν παρουσιάζουν μια ακολουθία παραγενέσεων, ο σχηματισμός των οποίων επιτεύχθηκε κάτω από συνθήκες αντίστοιχες με αυτές που επικρατούν στα πλαίσια της πρενιτικής-πουμελλυιτικής έως κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ - GEOCHEMISTRY

Η γεωχημική μελέτη των βασαλτικών πετρωμάτων από την οφιολιθική melange των Βατερών, στηρίχθηκε στη χημική ανάλυση 6 δειγμάτων από τα αντιπροσωπευτικότερα και λιγότερο εξαλλοιωμένα πετρώματα (Πιν. 1). Οι αναλύσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν στο Πανεπιστήμιο του Leeds της Μ. Βρετανίας με τη μέθοδο XRF σε φθορισόμετρο τύπου PHILLIPS PW 1400, εφοδιασμένο με γεννήτρια PW 1730 και ανοδική λυχνία Rh, PW 2182. Ο προσδιορισμός του H₂O έγινε με τη μέθοδο Penfield ενώ το CO₂ προσδιορίστηκε μανομετρικά.

Πιν. 1: Γεωχημικές αναλύσεις βασαλτών από την οφιολιθική melange των Βατερών (Ν. Λέσβος).

Table 1: Geochemical analyses of basalts from the Vatera ophiolitic melange (S. Lesbos).

Αρ. Δειγ.	134	302	67	225	35	36
SiO ₂	45,91	46,28	45,30	44,68	48,45	44,75
TiO ₂	1,13	1,49	1,39	1,94	1,86	1,99
Al ₂ O ₃	16,99	15,20	16,35	15,53	15,11	12,92
Fe ₂ O ₃	5,71	6,52	6,25	6,25	7,42	8,00
MnO	0,12	0,16	0,13	0,16	0,18	0,15
MgO	7,33	8,14	6,00	6,93	6,29	8,41
CaO	10,00	10,59	10,56	10,68	8,78	10,59
Na ₂ O	3,06	3,32	3,02	3,14	3,57	3,59
K ₂ O	0,03	0,03	0,35	0,06	1,20	0,30
P ₂ O ₅	0,15	0,19	0,17	0,24	0,19	0,25
H ₂ O	4,39	2,66	4,99	4,08	3,10	4,40
CO ₂	2,00	1,50	2,50	1,00	0,85	2,10
Σύνολο	99,42	99,05	99,85	98,06	100,64	100,69
Cr	298	296	313	145	122	505
Co	44	46	42	53	-	-
Ni	133	62	81	69	68	293
Cu	85	92	62	93	103	110
Zn	69	78	65	87	92	88
Rb	-	-	8	2	28	5
Sr	97	147	101	51	71	108
Y	22	31	24	36	33	19
Zr	75	95	88	131	135	140
Nb	3	2	4	7	15	29
Ba	32	134	114	64	158	521

Στα πετρώματα που αναλύθηκαν παρατηρείται γενικά μια διακύμανση των τιμών σε LIL ιχνοστοιχεία, γεγονός που πρέπει να οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στις διεργασίες μεταμόρφωσης οι οποίες τα έχουν επηρεάσει. Για παράδειγμα, οι πολύ χαμηλές τιμές K και Rb, μπορούν να αποδοθούν σε υδροθερμικές εξαλλοιώσεις κατά την αντίδραση των βασαλτών με το θαλάσσιο νερό (BISCHOFF & DICKSON 1975, WOLERY & SLEEP 1976). Αντίθετα τα σχετικά δυσκίνητα στοιχεία θεωρούνται ως πιο αξιόπιστοι δείκτες για την ταυτοποίηση του χημικού τους χαρακτήρα.

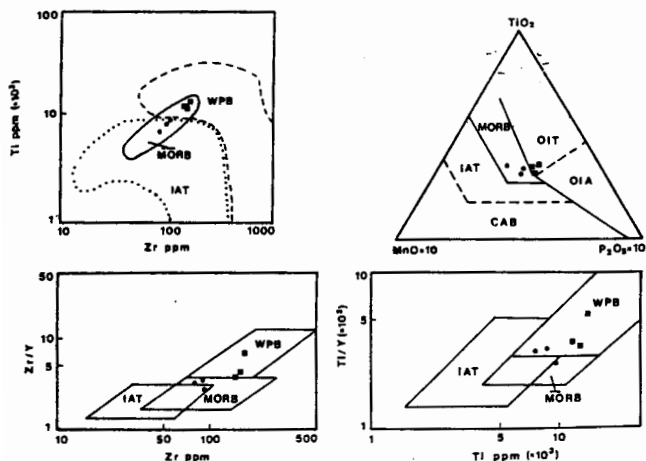
Λαμβάνοντας υπόψη την περιεκτικότητα των αναλυμένων δειγμάτων σε Ti μπορεί να διακριθεί μια ομαδοποίηση τους σε υψηλοτιτανιούχους (TiO₂ = 1.86-1.99%) και σε χαμηλοτιτανιούχους (TiO₂ =

(-) κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας

(-) below detection limit

1.13-1.49%) βασάλτες. Η ομαδοποίηση αυτή διαφαίνεται και στα διακριτικά διαγράμματα του Σχήματος 3. Σε αυτά διαπιστώνεται ότι τρεις αναλύσεις (225, 35, 36) παρουσιάζουν γεωχημικούς χαρακτήρες MORB έως WPB ενώ οι υπόλοιπες

τρεις (134, 302, 67) αντίθετα έχουν τάσεις προς MORB έως IAT χημισμό. Η γεωχημική αυτή ομαδοποίηση ενισχύεται και από την πετρογραφική εξέταση κατά την οποία παρατηρήθηκε ότι η υψηλοτιτανιούχου ομάδα παρουσιάζει πιο λεπτο-κρυσταλλική δομή.



Σχ. 3: Προβολή των βασαλιτών της οφιολιθικής melange των Βατερών σε επιλεγμένα διακριτικά διαγράμματα (κύκλοι: χαμηλοτιτανιούχοι βασάλτες, τετράγωνα: υψηλοτιτανιούχοι βασάλτες, PEARCE 1982, MULLEN 1983 και PEARCE & NORRY 1979).

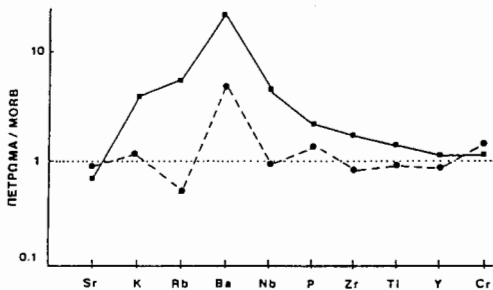
Fig. 3: Plot of basalts from the Vatera ophiolitic melange in selected discrimination diagrams (circles: low-Ti basalts, squares: high-Ti basalts, after PEARCE 1982, MULLEN 1983 and PEARCE & NORRY 1979).

υψηλοτιτανιούχους οι οποίοι παρουσιάζουν τιμές Nb>15 ppm (με εξαίρεση η ένα δείγμα με Nb=7 ppm). Υψηλές τιμές Nb δεν είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των MORB ή IAT σχηματισμών αλλά μάλλον προσομοιάζουν με νησιωτικούς ωκεάνειους βασάλτες (OIB). Συνεχίζοντας τη σύγκριση μεταξύ των δυο ομάδων, διαπιστώνεται ότι η περιεκτικότητα σε Y και P είναι αισθητά υψηλότερη στους υψηλοτιτανιούχους παρά στους χαμηλοτιτανιούχους βασάλτες. Τέλος η πρώτη ομάδα παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές Cr (με εξαίρεση το δείγμα 36 με Cr=503 ppm) και υψηλότερες σε Zr και Zn.

Με τη γεωχημική αυτή διερεύνηση των βασαλιτικών δειγμάτων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στην οφιολιθική melange των Βατερών συνυπάρχουν βασικά ηφαιστειακά πετρώματα τα οποία οφείλουν τη γένεση τους πιθανότατα σε διαφορετικά γεωτεκτονικά περιβάλλοντα. Οι εναλλακτικές λύσεις που προβάλλουν ως πιθανότερες για τη δημιουργία των πιο εμπλουτισμένων βασαλιτικών τύπων μπορεί να είναι είτε μια ωκεάνεια θραυσιγενής ζώνη (rift), πολύ κοντά στο όριο με την ηπειρωτική λιθόσφαιρα είτε το περιβάλλον των ωκεάνειων νησιών μέσα στον ωκεάνειο φλοιό μιας περιθωριακής λεκάνης ή ενός προϋπάρχοντος ωκεανού. Αντίθετα οι χαμηλοτιτανιούχοι βασάλτες μπορούν να συσχετιστούν με το καθεστώς διάνοιξης μιας περιθωριακής λεκάνης, επάνω από καταβυθιζόμενη ωκεάνεια λιθόσφαιρα.

Επιπλέον η διαφοροποίηση αυτή διακρίνεται και στα κανονικοποιημένα ως προς MORB αραχνογραφήματα (Σχ. 4, PEARCE 1982), όπου παρατηρείται ότι τα δείγματα της υψηλοτιτανιούχου ομάδας παρουσιάζονται πιο εμπλουτισμένα στα LIL και HFS στοιχεία σε σχέση με την χαμηλοτιτανιούχο ομάδα. Εξαίρεση από τα LIL στοιχεία αποτελεί η περιεκτικότητα σε Sr, στοιχείο το οποίο όμως είναι ιδιαίτερα ευκίνητο κατά τις μεταμορφικές διεργασίες (GARISON 1981). Σε αυτό το κανονικοποιημένο ως προς MORB διάγραμμα η υψηλοτιτανιούχου ομάδα παρουσιάζει χαρακτηριστικές εντονότερου χημικού εμπλουτισμού, ανάλογα με τους WP βασάλτες. Αντίθετα η χαμηλοτιτανιούχου ομάδα φαίνεται να προσεγγίζει περισσότερο MORB προς IAT χαρακτηριστικές (PEARCE 1982).

Η πιο πάνω ομαδοποίηση των βασαλιτών γίνεται φανερή και στο ποσοστό συμμετοχής του Nb, όπου οι χαμηλοτιτανιούχοι έχουν τιμές Nb<4 ppm σε αντίθεση με τους



Σχ. 4: Κανονικοποιημένα ως προς MORB διαγράμματα (PEARCE 1982) των δυο ομάδων βασαλτών από την οφιολιθική melange των Βατερών νότια Λέσβος (κύκλοι: χαμηλοτιτανιούχοι βασάλτες, n=3, τετράγωνα: υψηλοτιτανιούχοι βασάλτες, n=3).

Fig. 4: MORB-normalized patterns of the two basaltic groups of the Vatera ophiolitic melange, Southern Lesvos (circles: low-Ti basalts, n=3, squares: high-Ti basalts, n=3).

νης του ωκεάνειου πυθμένα, η οποία προηγήθηκε της διεργασίας γένεσης των Ιουρασικών οφιολιθικών ενοτήτων. Αντίθετα η ομάδα των βασαλτικών πετρωμάτων με MORB έως IAT χαρακτήρες μπορεί να συγκριθεί με τις ηφαιστειακές εκχύσεις των Ιουρασικών οφιολιθικών, υπερβασικά τμήματα των οποίων υπέρκεινται του σχηματισμού αυτού. Οι υπερβασικοί αυτοί τεκτονίτες, οι οποίοι είναι κυρίως χαρτσβουργιτικού τύπου, παρουσιάζουν χημισμό με έντονα υπολειμματικούς χαρακτήρες, επηρεασμένο από γεωτεκτονικό περιβάλλον αποκλίνοσας ζώνης διάνοιξης επάνω από καταβυθιζόμενη ωκεάνεια λιθόσφαιρα (SSZ) (HATZIPANAGIOTOU & PE-PIPER 1994). Επίσης οφιολιθικές σειρές Ιουρασικής ηλικίας, η γένεση των οποίων αποδίδεται σε καθεστώς περιθωριακής λεκάνης, έχουν περιγραφεί και από γειτονικές περιοχές της ΒΑ Ελλάδας (Σαμοθράκη: ΤΣΙΚΟΥΡΑΣ 1992, ΤΣΙΚΟΥΡΑΣ & HATZIPANAGIOTOU 1994, Σουφλί: ΜΑΓΚΑΝΑΣ 1988, MAGGANAS et al. 1991, Χαλκιδική: JUNG & MUSSALLAM 1985, HAENEL-REMY & BEBIEN 1985, BEBIEN et al. 1987, Γευγελή: BEBIEN 1982).

Παρόμοιοι ετερογενείς σχηματισμοί στη βάση οφιολιθικών συμπλεγμάτων, όπως αυτοί της περιοχής έρευνας, αποτελούμενοι μεταξύ άλλων τόσο από Τριαδικές ακολουθίες με ΟΙΒ χημισμό όσο και από οφιολιθικές εκχύσεις Ιουρασικής ηλικίας, έχουν περιγραφεί από την ενότητα της Λουμνίτσας και τη melange της Αβδέλλας στην Πίνδο (JONES & ROBERTSON 1991), την Εύβοια (SIMANTOV & BERTRAND 1987) όσο και από την περιοχή Κερασιές-Μηλιά στη ζώνη Παρνασσού (PE-PIPER & HATZIPANAGIOTOU 1993). Επίσης ηφαιστειακές σειρές με WPB χαρακτήρα μαζί με οφιολιθικά βασαλτικά πετρώματα με MORB έως IAT χημισμό είναι γνωστές τόσο από τον σχηματισμό της Ankara melange στην Τουρκία (CAPAN & FLOYD 1985) όσο και από το σύμπλεγμα Semail στις οροσειρές του Ομάν (ROBERTSON 1986).

Είναι εμφανές ότι περισσότερες γεωχημικές αναλύσεις αλλά και μικροαναλύσεις ορυκτών, θα εμπλουτίσουν αυτήν την πρώτη προσέγγιση στη μελέτη των βασαλτικών πετρωμάτων από την οφιολιθική melange των Βατερών, καθώς είναι πιθανό οι δυο αυτές υποομάδες να διακρίνονται γεωχημικά όχι μόνο λόγω διαφορετικού γεωτεκτονικού περιβάλλοντος αλλά και λόγω διαφορετικών προγενετικών διεργασιών, όπως διαφορά στο βαθμό μερικής τήξης, συνεισφορά ενός τήγματος από ένα εμπλουτισμένο λιθοσφαιρικό μανδύα είτε παρουσία ένυδρων συνθηκών κατά την τήξη.

ΕΥΖΗΤΗΕΡ - DISCUSSION

Ενα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν από τη γεωχημική διερεύνηση των βασαλτικών πετρωμάτων της οφιολιθικής melange των Βατερών είναι η προσέγγιση του γεωτεκτονικού περιβάλλοντος εξέλιξης τους. Οι γεωχημικοί χαρακτήρες των βασαλτών με WPB τάσεις είναι συγκρίσιμοι με εκείνους των Τριαδικών λαβών της Α. Τηθύος. Οι βασάλτες αυτοί βρίσκονται σε άμεση σχέση με τις Τριαδικές ιζηματογενείς εμφανίσεις του ηφαιστειοϊζηματογενούς αυτού σχηματισμού της Λέσβου και μπορούν να θεωρηθούν ως παράγωγα μιας Τριαδικής θραυσιγενούς ζώ-

ΕΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - CONCLUSIONS

Στην περιοχή των Βατερών στη νότια Λέσβο, απαντά ένας ηφαιστειοϊζηματογενής σχηματισμός, η ανάπτυξη του οποίου απεικονίζεται στο γεωλογικό χάρτη που συντάχθηκε (Σχ. 2). Ο σχηματισμός αυτός χαρακτηρίζεται, με βάση τις υπαίθριες παρατηρήσεις, ως οφιολιθική melange λόγω της ύπαρξης μιας ποικιλίας οφιολιθικών αλλά και μη οφιολιθικών λιθοτύπων, οι οποίοι παρουσιάζουν χαοτική και ετερογενή ανάπτυξη.

Κατά την πετρογραφική μελέτη βασαλτικών δειγμάτων από το σχηματισμό αυτό παρατηρήθηκε παράλληλα με τον υπολειμματικό, ηφαιστειακό χαρακτήρα τους και η ανάπτυξη μιας σειράς μεταμορφικών ορυκτών. Η δημιουργία αυτών καθορίζει την επίδραση μεταμορφικών συνθηκών αντίστοιχων με αυτές που επικρατούν στα πλαίσια της πρενιτικής-πυμπελλυιτικής έως κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

Η γεωχημική μελέτη των βασαλτικών αυτών πετρωμάτων οδήγησε στο διαχωρισμό τους σε δυο ομάδες: μια υψηλοτιτανίουχο με χαρακτήρες MORB έως WPB και μια χαμηλοτιτανίουχο με MORB έως IAT τάσεις. Η πρώτη από αυτές μπορεί να συσχετιστεί με γεωτεκτονικό περιβάλλον μιας ωκεάνειας θραυσιγενούς ζώνης (rift), ως παράγωγο Τριαδικής ηφαιστειότητας, κοντά στο όριο με την ηπειρωτική λιθόσφαιρα. Η δεύτερη ομάδα παρουσιάζει χημικά χαρακτηριστικά ανάλογα με γνωστές Ιουρασικές οφιολιθικές ενότητες της ΒΑ Ελλάδας, το γεωτεκτονικό καθεστώς σχηματισμού των οποίων θεωρείται ότι είναι το περιβάλλον μιας περιθωριακής λεκάνης.

Ανάλογοι σχηματισμοί με διττή προέλευση ηφαιστειακών πετρωμάτων έχουν περιγραφεί τόσο από εμφανίσεις στον Ελλαδικό χώρο όσο και από την ευρύτερη περιοχή της Α. Μεσογείου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- BEBIEN, J. (1982). L' association ignee de Guengueli (Macedoine Greque). Expression d' un magmatisme ophiolitique dans une dechirure continentale. *These d' Etat, Univ, Nancy, 467.*
- BEBIEN, J., BAROZ, F., CAPEDEI, S. and VENTURELLI, G. (1987). Magmatismes basiques associes a l' ouverture d' un bassin marginal dans les Hellenides internes au Jurassique. *Ofioliti, 12 (1), 53-70.*
- BISCHOFF, J.L. and DICKSON, F.W. (1975). Seawater-basalt interaction at 200° C and 500 bars: Implication for the origin of sea-floor heavy-metal deposits and regulations of seawater chemistry. *Earth Planet. Sci. Lett., 25, 387-397.*
- ΓΚΑΡΤΖΟΣ, Ε., ΣΕΡΕΛΗΣ, Κ. και ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. (1992). Συγκριτική γεωχημική μελέτη της ενότητας αμφιβολιτικών πετρωμάτων της νήσου Λέσβου. *Ann. Geol. Pays Hellen., υπό έκδοση.*
- GARISON, J.R. (1981). Metabasalts and metagabbros from the Liako uplift, Texas: petrologic and geochemical characterization with emphasis on tectonic setting. *Contr. Mineral. Petrol., 459-475.*
- CAPAN, U.Z. and FLOYD, P.A. (1985). Geochemical and petrographic features of metabasalts within units of the Ankara melange, Turkey. *Ofioliti, 10 (1), 3-18.*
- GANSSEER, A. (1974). The ophiolitic melange, a world-wide problem on Tethyan examples. *Eclog. geol. Helv., 67, 479-507.*
- HAENEL-REMY, S. and BEBIEN, J. (1985). The Oreokastro ophiolite (Greek Macedonia): An important component of the Innermost Hellenic Ophiolite Belt. *Ofioliti, 10 (2/3), 279-296.*

- HATZIPANAGIOTOU, K. and PE-PIPER, G. (1994). Ophiolitic and sub- ophiolitic metamorphic rocks of the Vatera area, southern Lesbos (Greece): petrology and geochronology. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. (in press)*.
- HECHT, J. (1972). Zur Geologie von Sudost-Lesbos. *Z. Deutsch. Geol. Gesel., 123, 423-492*.
- HECHT, J. (1974). Γεωλογικός χάρτης, φύλλο "Πολύχνιτος", κλ.: 1:50000 *I.G.M.E.*
- JUNG, D. and MUSSALLAM, K. (1985). The Sithonia ophiolite: A fossil oceanic crust. *Ofioliti, 10 (2/3), 329-342*.
- JONES, G. and ROBERTSON A.H.F. (1991). Tectonostratigraphy and evolution of the Mesozoic Pindos ophiolite and related units, northwestern Greece. *J. Geol. Soc. London, 148, 267-288*.
- KATAGAS, C. and PANAGOS, A. (1979). Pumpellyite-Actinolite and Greenschist Facies Metamorphism in Lesbos island (Greece). *TMPM, 261, 235-254*.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ. ΜΑΤΑΡΑΓΚΑΣ, Δ., ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. και ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, Ε. (1982). Γεωλογική μελέτη Νήσου Λέσβου. *Εκθεση I.G.M.E., 93*.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G., TRIANTAPHYLLIS, M. and METTOS, A. (1986) Geological structure of internal Hellenides (E. Thessaly-SW Macedonia-Euboea-Attica-Northern Cyclades and Lesbos). *I.G.M.E., Geol. and Geoph. Res., sp. issue, 191-212*.
- ΜΑΓΓΑΝΑΣ, Α (1988). Μελέτη της ορυκτολογίας, πετρολογίας, γεωχημείας και των φαινομένων μεταμορφώσεως βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων της Περιοδοπικής ζώνης στην περιοχή της Θράκης. *Διδ. Διατρ., Παν. Αθηνών, 332*.
- MAGGANAS, A., SIDERIS, C. and KOKKINAKIS, A. (1991). Marginal basin- volcanic arc origin of the metabasic rocks of the Circum-Rhodope belt, Thrace, Greece. *Mineral. Petrol., 44, 235-252*.
- MULLEN, E.D. (1983). MnO-TiO₂-P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth Planet. Sci. Lett., 62, 53-62*.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986). Γεωλογία της Ελλάδος. *Εκδ. Επιτάλοφος, 240*
- PE-PIPER, G. (1980a). Geochemistry of Miocene shoshonites, Lesbos, Greece. *Contrib. Mineral. Petrol., 72, 387-396*.
- PE-PIPER, G. (1980b). The Cenozoic volcanic sequence of Lesbos, Greece. *Z. Deutsch. geol. Gesel., 131, 889-901*.
- PE-PIPER (1984). Zoned pyroxenes from shoshonite lavas of Lesbos, Greece: inferences concerning shoshonite petrogenesis. *J. Petrol., 25, 453-473*.
- PE-PIPER, G. and HATZIPANAGIOTOU, K. (1993). Ophiolitic rocks of the Kerasies-Milia belt, continental Greece. *Ofioliti, 18/2 157-169*.
- PE-PIPER, G. and PIPER, D.J.W. (1980). Paleomagnetic stratigraphy of the Miocene volcanic rocks of Lesbos. *VI Colloquium on Geology of the Aegean Region, Izmir, Turkey, 511-516*.
- PE-PIPER, G. and PIPER, D.J.W. (1992). Geochemical variation with time in the Cenozoic high-K volcanic rocks of the island of Lesbos, Greece: significance for shoshonite petrogenesis. *J. Volcanol. Geotherm. Res. (in press)*.
- PE-PIPER, G. and PIPER, D.J.W. (1993). Revised stratigraphy of the Miocene volcanic rocks of Lesbos, Greece. *N. Jb. Geol. Palaont. Mitt. H2, 97-110*.
- PEARCE, J.A. (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: THORPE R.S. (ed) *Andesites: Orogenic andesites and related rocks, Wiley Interscience, N.Y., 525-548*.

- PEARCE, J.A. and NORRY, M.J. (1979). Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 69, 33-47.
- ROBERTSON, A.H.F. (1986). Geochemical evidence for the origin of Triassic melange units in the Oman Mountains as a small ocean basin formed by continental rifting. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 77, 318-332.
- SIMANTOV, J. and BERTRAND, J. (1987). Major and trace element geochemistry of the Central Euboea basaltic rocks (Greece). Possible geotectonic implications. *Ofioliti*, 12 (1), 201-218.
- ΤΣΙΚΟΥΡΑΣ, Β. (1992). Οι οφιόλιθοι της νήσου Σαμοθράκης: Διερεύνηση των Γεωλογικών, Πετρολογικών και Γεωχημικών χαρακτηριστικών των οφιολίθων και των γειτονικών τους εμφανίσεων. *Διδ. Διατρ., Παν. Πατρών*, 435.
- TSIKOURAS, B. and HATZIPANAGIOTOU, K. (1994). Petrology and Geochemistry of the ophiolitic rocks of Samothraki island (N. Aegean, Greece): Implications for the evolution of a marginal basin. *Mineral. Petrol.* (in press).
- WILSON, A.D. (1955). A new method for the determination of ferrous iron in rocks and minerals. *Bull. Geol. Surv. G.B.*, 9, 56-58.
- WOLERY, T.J. and SLEEP, N.W. (1976). Hydrothermal circulation and geochemical flux at mid-ocean ridges. *J. Geol.*, 84, 249-275.