

Πρακτικά	4ου Συνεδρίου		Μάιος 1988
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	XXIII/1	47-61	1989
	Vol.	pag.	Athens

ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ Β.Α. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ

Δ.Θ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μακροτεκτονικές, μικροτεκτονικές και πετρογραφικές μελέτες στις ενότητες Βερτίσκου και Κερδιλίων της Σερβομακεδονικής Μάζας, στα μεταίζηματα της "σειράς Ξβούλας" και τον γρανίτη της Αρναίας απέδειξαν την ύπαρξη τριών παραμορφωτικών φάσεων, που συνοδεύονται από ισόριθμα μεταμορφικά γεγονότα. Οι δύο πρώτες παραμορφωτικές φάσεις έλαβαν χώρα κατά την προοδευτική και ανόδου φάση της πρώτης μεταμόρφωσης υπό τις συνθήκες της μέσης και κάτω αμβιβολιτικής φάσης αντίστοιχα. Η τρίτη παραμόρφωση συνοδεύτηκε από μεταμόρφωση βαθμού άνω πρασινοσχιστολιθικής φάσης, ενώ κατά την τέταρτη φάση, οι συνθήκες μεταμόρφωσης δεν ήταν υψηλότερες αυτών της κάτω πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Και οι τέσσερες παραμορφωτικές φάσεις έλαβαν χώρα υπό καθεστώς συμπίεσης.

ABSTRACT

Four deformational phases accompanied by equal number of metamorphic stages have been proved during the structural and petrographic analysis of northeastern Chalkidiki area. The studied rocks belong to the Vertiskos and Kerdilia units of Serbomacedonian Massif, the Svoula Group and the Arnaia Granite. The first two deformational phases occurred during the prograde and retrograde stage of the first recognizable metamorphic event, under conditions of middle and lower medium grade. The third and fourth deformational phases took place under conditions of upper and lower low grade respectively. All the deformational events were of compressional type.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Σερβομακεδονική Μάζα αποτελεί μια σύνθετη γεωτεκτονική ενότητα που εκτείνεται από τον Δούναβη ποταμό ανατολικά του Βελιγραδίου μέχρι την χερσόνησο της Χαλκιδικής στο Βόρειο Αιγαίο με διεύθυνση Β - Ν έως ΒΒΔ - ΝΝΑ.

Η πολυπλοκότητα της εσωτερικής δομής της ενότητας αυτής αποτέλεσε ερέθισμα για πολλούς ερευνητές και οι πρώτες πληροφορίες προέρχονται ήδη από τον KOSSMAT (1924) και τον OSSWALD (1938). Μέχρι σήμερα όμως δεν έγινε δυνατό να δώσουν πειστικές λύσεις στο

D.Th.SAKELLARIOU - Deformation and metamorphism of the Serbo-

μακεδονian Massif in NE Chalkidiki (Northern

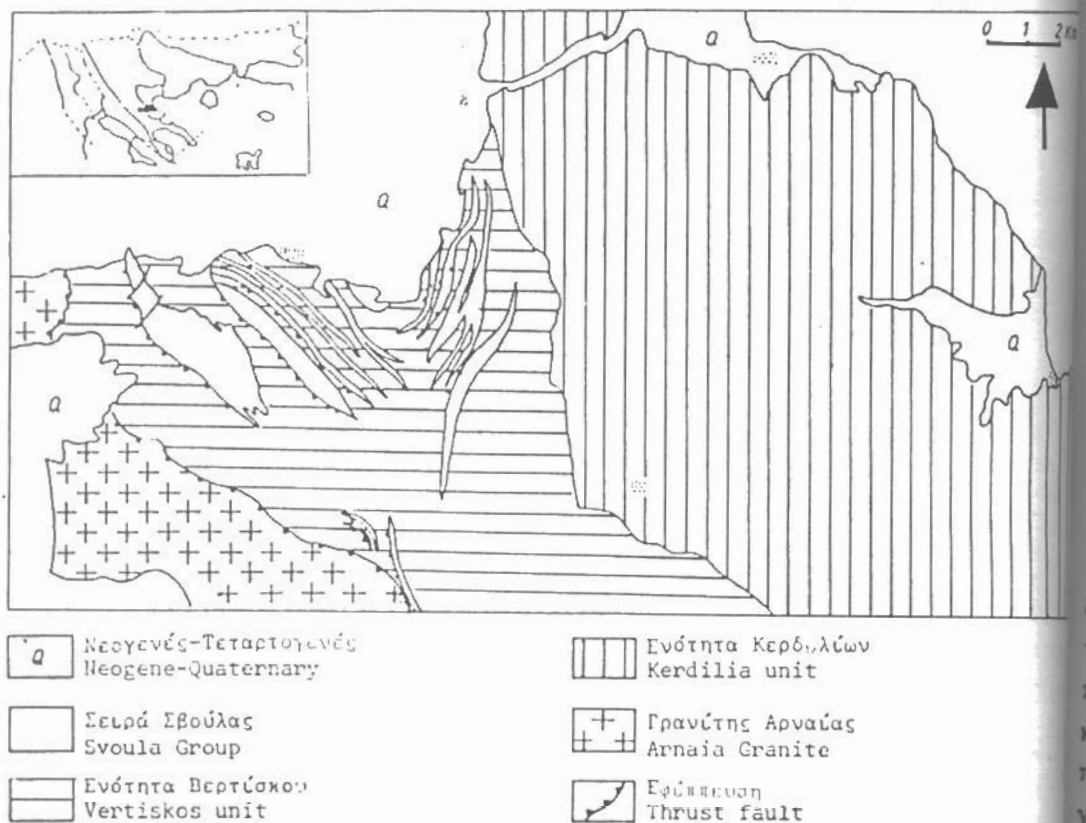
Greece)

* Γεωλογ. Ινστιτούτο Παν/μίου Mainz, Δ. Γερμανία.

πρόβλημα της γεωλογίας της Μάζας αυτής. Έτσι ερωτήσεις, όπως από πόσες και ποιές επί μέρους ενότητες αποτελείται η Σερβομακεδονική, ποιά η ηλικία τους και ποιός ο ρόλος της κάθε μίας αλλά και ολόκληρης της Μάζας συνολικά στην γεωτεκτονική εξέλιξη της Βαλκανικής χερσονήσου και γενικότερα της Τηθύος, μένουν ακόμα χωρίς απάντηση.

Στον Ελληνικό χώρο η Σερβομακεδονική Μάζα διαχωρίζεται σε δύο ενότητες: την ενότητα Βερτίσκου στα δυτικά και την ενότητα Κερδιλίων στα ανατολικά (KOCKEL, MOLLAT, WALTHER 1977).

Η μελετηθείσα περιοχή (Εικ. 1) βρίσκεται στο ΒΑ άκρο της Χαλκιδικής νότια της λίμνης Βόλβης. Το δυτικό τμήμα της δομείται από γνεύσιους και αμφιβολίτες της ενότητας Βερτίσκου. Ανάμεσα στα πετρώματα της ενότητας αυτής εμφανίζονται με μορφή τεκτονισμένων (imbricate structure) μεταϊζημάτων - γρανατικών σχιστόλιθων και μάρμαρα -, που οι KOCKEL et al (1977) θεωρούν αντίστοιχα



Εικ.1: Χάρτης των γεωτεκτονικών ενότητων της μελετηθείσας περιοχής κατά KOCKEL, MOLLAT and WALTHER (1977).

Fig.1: Map of the geotectonic units of the studied area after KOCKEL, MOLLAT and WALTHER (1977).

χα των πετρωμάτων της σειράς Σβούλας της Περιοδοπικής ενότητας, ηλικίας Ανωτ. Τριαδικού - Κατ. Ιουρασικού.

Το νοτιοδυτικό άκρο της περιοχής καταλαμβάνει ο γρανίτης της Αρναίας, που βρίσκεται τεκτονικά πάνω στους γνεύσιους του Βερτίσκου κατά μήκος μιας "επιφάνειας" μεγάλης κλίσης με ανάστροφη κίνηση και είναι έντονα σχιστοποιημένος.

Το ανατολικό τμήμα δομείται από γνεύσιους, μάρμαρα και αμφιβολίτες της ενότητας Κερδιλίων.

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η περιγραφή, ο διαχωρισμός και η χρονική ακολουθία των διαφόρων παραμορφωτικών φάσεων, καθώς και ο συσχετισμός τους με αντίστοιχες φάσεις μεταμόρφωσης, που επέδρασαν στα πετρώματα της περιοχής.

ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η πρώτη συστηματική μελέτη των πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής Μάζας στον ελληνικό χώρο έγινε από τους KOCKEL, MOLLAT, WALTHER (1977), οι οποίοι έδωσαν λεπτομερή μακροσκοπική περιγραφή των πετρωμάτων της Χαλκιδικής και των γειτονικών περιοχών και χάρτη σε κλίμακα 1:100.000. Οι ίδιοι, με βάση ορισμένες ομοιότητες με αντίστοιχα πετρώματα της Σερβομακεδονικής Μάζας στην Γιουγκοσλαβία, θεωρούν, πως οι ενότητες Βερτίσκου και Κερδιλίων είναι ηλικίας Προκάμβριου έως Κατ. Παλαιοζωϊκού.

Ο ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ (1974) δέχεται για τα πετρώματα της ενότητας Κερδιλίων βαθμό μεταμόρφωσης μέσης έως ανώτερης αμφιβολιτικής φάσης. Ίδιο έως λίγο χαμηλότερο βαθμό μεταμόρφωσης δέχεται και η ΚΑΣΩΛΗ-ΦΟΥΡΝΑΡΑΚΗ (1981) για τους αμφιβολίτες και των δύο ενότητων της Σερβομακεδονικής.

Οι ΡΑΡΑΔΟΠΟΥΛΟΣ (1982) και ΡΑΡΑΔΟΠΟΥΛΟΣ and ΚΙΛΙΑΣ (1985) διακρίνουν στα πετρώματα του Βερτίσκου και στα μετατζήματα της "σειράς Σβούλας" βόρεια της λίμνης Βόλβης μία πρώτη φάση παραμόρφωσης προκρητιδικής ηλικίας υπό συνθήκες της αμφιβολιτικής φάσης και μιά δεύτερη φάση στο Κρητιδικό υπό συνθήκες της πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Τέλος δέχονται ακόμη ένα θερμικό γεγονός μικρότερης έντασης και νεώτερης ηλικίας.

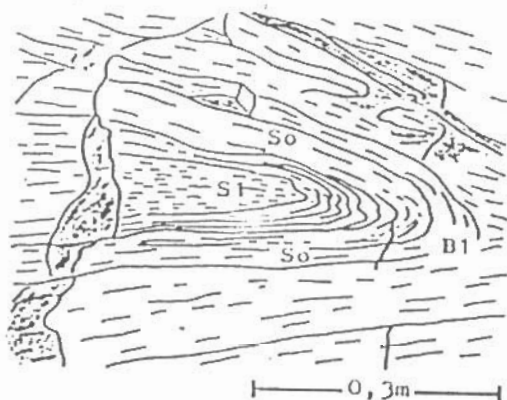
Οι DIXON and DIMITRIADIS (1987) διακρίνουν τρία μεταμορφωτικά επεισόδια στα πετρώματα της Σερβομακεδονικής από μελέτη τους κατά μήκος μιας τομής που είναι το νοτιοδυτικό άκρο της περιοχής προς τα βορειοανατολικά τμήματα της Μάζας. Το πρώτο επεισόδιο μαρτυρείται στα ΝΔ και έλαβε χώρα υπό συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας της κυανιτικής έως σιλιμανιτικής φά-

σης με σύγχρονη παραμόρφωση και μιγματιτίωση. Για το επεισόδιο αυτό πιθανολογείται ηλικία Ανωτ. Παλαιοζωϊκού (-300Ma). Το δεύτερο επεισόδιο μαρτυρείται κυρίως στα ΒΑ και χαρακτηρίζεται από συνθήκες υψηλής πίεσης/υψηλής θερμοκρασίας, ενώ το τρίτο που μαρτυρείται επίσης στα ΒΑ είναι χαμηλών πιέσεων και υψηλών θερμοκρασιών με ανάπτυξη κορδιερίτη και ανδαλουσίτη. Για τις δύο τελευταίες φάσεις οι συγγραφείς πιστεύουν, ότι συνδεόνται με καθεστώς έντονης εκτατικής παραμόρφωσης του φλοιού κατά το Κατ. Μεσοζωϊκό και το Τριτογενές αντίστοιχα.

Από τις παρατηρήσεις του γράφοντος στην περιοχή της ΒΑ Χαλκιδικής, αναγνωρίστηκε με βεβαιότητα η επίδραση τεσσάρων (4) φάσεων παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης της περιοχής, ενώ θεωρείται πολύ πιθανή η ύπαρξη μίας ακόμη φάσης αρχαιότερης από τις προηγούμενες.

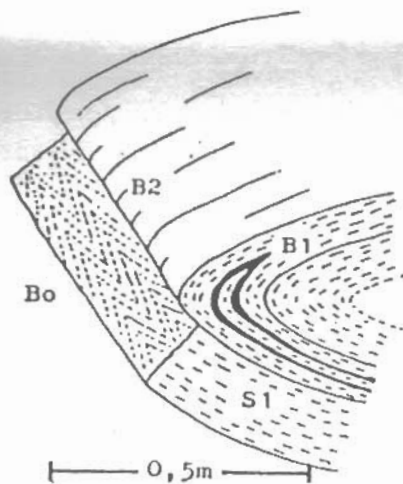
ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ

Η πρώτη παραμορφωτική φάση συνδέεται με την προοδευτική άνοδο των τιμών πίεσης και θερμοκρασίας της πρώτης φάσης μεταμόρφωσης και παρατηρήθηκε στα πετρώματα των ενοτήτων Βερτίσκου, Κερδιλίων και Σβούλας. Οι πτυχές που δημιουργούνται είναι ισοκλινείς (Εικ. 2α) με μέση διεύθυνση αξόνων $B120^{\circ}$ (B_1) και πτυχώνουν μια ήδη προϋπάρχουσα σχιστότητα s_0 ή μεταμορφική στρωμάτωση (differentiated layering), που είτε σχηματίστηκε κατά τα πρώτα στάδια της ίδιας φάσης, είτε πιθανότατα προέρχεται από κάποια προηγούμενη φάση, για την οποία προς το παρόν δεν υπάρχουν περισσότερα στοιχεία. Σε μία μόνο περίπτωση στο ύπαιθρο παρατηρήθηκε πτύχωση B_0 αρχαιότερη της B_1 (Εικ. 2β), ενώ κατά την μικροσκοπική μελέτη παρατηρήθηκαν σε ελάχιστες περιπτώσεις υπολείμματα της σχιστότητας s_0 .



Εικ.2α: Ισοκλινής πτυχή B_1 με σχιστότητα s_1 κατ'αξονικό επίπεδο, που πτυχώνει αρχαιότερη μεταμορφική στρωμάτωση s_0 σε γνεύσιους της ενότητας Βερτίσκου.

Fig.2a: Isoclinal fold B_1 with axial plane foliation s_1 , folding an older metamorphic layering s_0 in Vertiskos gneisses.



Εικ.2β: Τρεις φάσεις πτύχωσης: B_0 αρχαιότερη, άγνωστης διεύθυνσης αξόνων. B_1 με διεύθυνση B_{120° ισοκλινή σε φλεβίδιο χαλαζία. B_2 με διεύθυνση B_{150° ομοειδής, που πτυχώνει τα αξονικά επίπεδα των δύο προηγούμενων πτυχών. (Μοσχοβιτικός γνεύσιος, ενότητα Βερτίσκου).

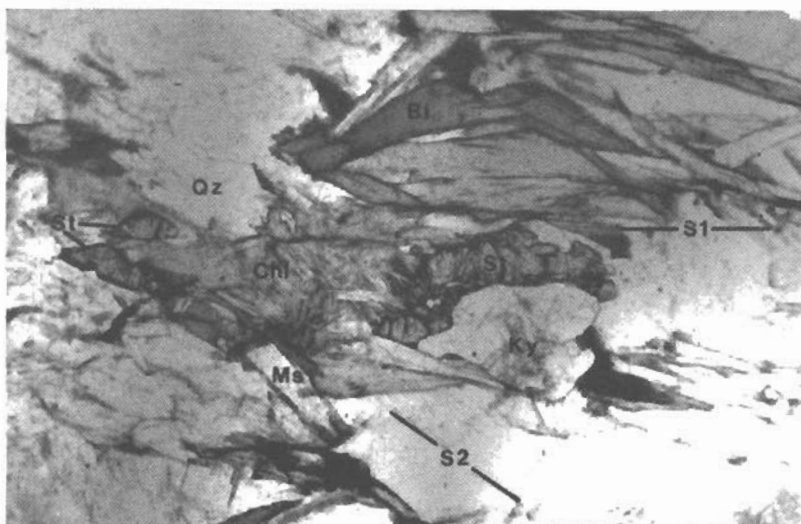
Fig.2b: Three folding faces: B_0 the oldest one of unknown strike. B_1 isoclinal folding of quartz vein striking N_{120° . B_2 similar fold striking N_{150° folding the axial planes of the first two folds. (Muscovite gneisses, Vertiskos unit).

Η B_1 είναι η μοναδική πτύχωση που παρατηρήθηκε σε φλεβίδια κινητοποιημένου χαλαζία (Quartz-Lagen, quartz layers/veins) και ποτέ σε φλέβες πηγματιτικού υλικού. Σύμφωνα με τον Voll (1969) οι φλέβες χαλαζία δημιουργούνται πολύ νωρίς κατά την προοδευτική φάση της πρώτης μεταμόρφωσης παράλληλα στη σχιστότητα και διατηρούνται μέχρι σχεδόν την ολική ανάτηξη του πετρώματος.

Η γράμμωση L_1 , που συνοδεύει την πτύχωση αυτή, όπου διατηρείται, έχει διεύθυνση παράλληλη με τους άξονες των πτυχών και οφείλεται στον προσανατολισμό των μαρμαρυγιών και της κεροστήλβης. Το ίδιο ισχύει και για την σχιστότητα s_1 , που αναπτύσσεται παράλληλα στο αξονικό επίπεδο των πτυχών.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η παραμορφωτική αυτή φάση συνδέεται με την προοδευτική πορεία της πρώτης φάσης μεταμόρφωσης. Το υψηλότερο στάδιο χαρακτηρίζεται από την παραγένεση χαλαζίας + μοσχοβίτης + κωανάτης + βισμίτης + σταυρίτης + σκουαρίτης + ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. + (?) μαγνησιούχος χλωρίτης, η οποία είναι αντιπροσωπευτική του βαθμού μεταμόρφωσης της μέσης αμφιβολιτικής φάσης (WINKLER,

1974) (Εικ. 3). οι γρανάτες αναπτύσσονται συντεκτονικά δημιουργώντας χαρακτηριστικές μορφές περιστροφής, ή μετατεκτονικά, ενώ οι μοσχοβίτης, βιοτίτης και μαγνησιούχος χλωρίτης κρυσταλώνονται παράλληλα στην s_1 .



Εικ.3: Παραγένεση σταυρόλιθος (St) + κυανίτης (ky) + βιοτίτης (Bi) της πρώτης φάσης μεταμόρφωσης. Μεταβολή του St προς μαγνησιούχο χλωρίτη (Chl) κατά την δεύτερη φάση. Βιοτίτης παράλληλα προς την s_1 . Ανακρυστάλλωση χαλαζία (Qz) και ανάπτυξη μοσχοβίτη (Ms) παράλληλα προς την s_2 . Παράλληλα Nicols, $\times 128$ (γρανατικός γνεύσιος, ενοτ. Βερτίσκου).

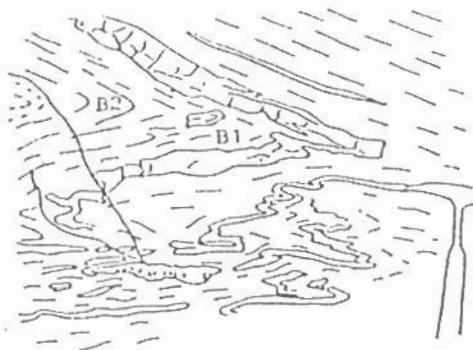
Fig.3: Paragenesis: staurolite (I) + kyanite + biotite (I) (st + ky + bi) of the first metamorphic stage. Alteration of St to Mg-rich chlorite (Chl) during the second stage. Biotite parallel to s_1 , recrystallization of quartz (Qz) and new development of muscovite (Ms) parallel to s_2 . Without crossed nicols, $\times 128$ (Garnet-gneiss, Vertiskos unit).

Υπολείματα της παραγένεσης αυτής διατηρούνται στους γρανατικούς γραφιτικούς σχιστόλιθους της σειράς Σβούλας" (συνάμασια κατά KOCKEL, et al, 1977) και στους γρανατικούς γνεύσιους της ενότητας Βερτίσκου, έντονα αλλοιωμένα και παραμορφωμένα από τις νεώτερες φάσεις.

ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ

Η δεύτερη παραμορφωτική φάση αποτελεί συνέχεια της πρώτης υπό την έννοια της προοδευτικής παραμόρφωσης με μικρό

αλλαγή του προσανατολισμού του εντατικού πεδίου. Χαρακτηρίζεται από πτυχές ισοκλινείς έως κλειστές ομοειδείς με μέση διεύθυνση αξόνων B_{150}° (B_2), που πτυχώνουν την s_1 και L_1 (Εικ.4), που παρατηρήθηκαν στα πετρώματα όλων των ενοτήτων της περιοχής. Η B_2 είναι η αρχαιότερη πτύχωση που παρατηρείται σε φλέβες πηγματιτικού υλικού και στον σχιστοποιημένο γρανίτη της Αρναίας.



Εικ.4: Πτυχή B_2 με άξονα B_{150}° πτυχώνει την s_1 και παράλληλο προς αυτή πηγματίτη. Προηγούμενη πτύχωση B_1 ισοκλινής σε φλεβίδιο χαλαζία παρατηρείται στα σκέλη της πρώτης πτυχής. (Βιοτιτικός γνεύσιος, ενότ. Κερδίλιων).

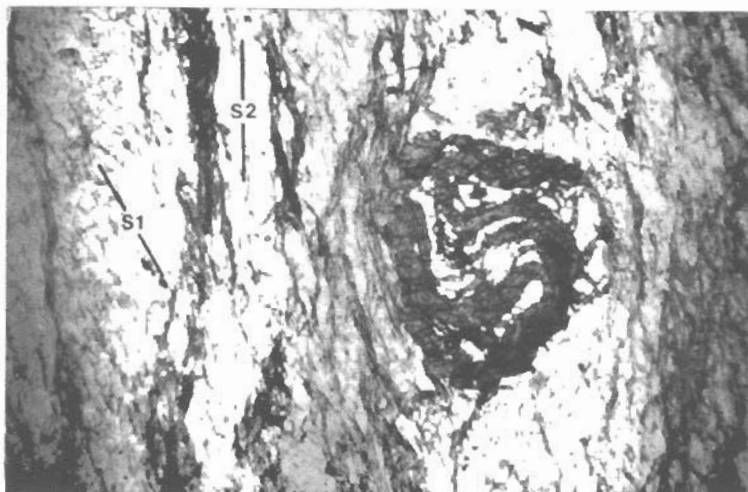
Fig.4: Similar folding B_2 of s_1 and of pegmatite parallel to it. Earlier isoclinal folding B_1 of quartz veins in the limbs of first fold can be observed. (Biotite gneiss, Kerdilia unit).

Η γράμμωση L_2 οφείλεται στον προσανατολισμό των φυλλοπυριτικών ορυκτών και της κεροσίλβης και είναι παράλληλη, ή μερικές φορές στους αμφιβολίτες, κάθετη στους άξονες των πτυχών.

Η σχιστότητα s_2 αναπτύσσεται κατ'αρχήν σαν πτυχοσχιστότητα (crenulation cleavage) ως προς την s_1 και παίρνει τη μορφή σχιστότητας του τύπου των αδροκρυσταλλικών μεταμορφιτών (=schistosity κατά HOBBS, MEANS and WILLIAMS 1976), όπου η s_1 εξαλείφεται πλήρως.

Η σχιστότητα s_2 και η γράμμωση L_2 είναι έντονα ανεπτυγμένες και στον γρανίτη της Αρναίας, στον οποίο δεν υπάρχουν ίχνη παλαιότερης παραμορφωτικής φάσης. Από το γεγονός αυτό συμπεραίνεται ότι ο γρανίτης αυτός κρυσταλλώθηκε προτεκτονικά ή ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

Η φάση αυτή συνδέεται με την ανάδρομη πορεία της πρώτης φάσης μεταμόρφωσης προς λίγο χαμηλότερες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Χαρακτηριστική είναι η παραγένεση χαλαζίας + μωσχοβίτης + σταυρόλιθος (II) + βιοτίτης (II) + μαγνησιούχος χλωρίτης ± γρανάτης (II), η οποία κατά τον WINKLER (1974) ανήκει στην κατώτερη αμφιβολιτική φάση (Εικ.5). Οι βιοτίτης, μωσχοβίτης και μαγνησιούχος χλωρίτης αναπτύσσονται παράλληλα



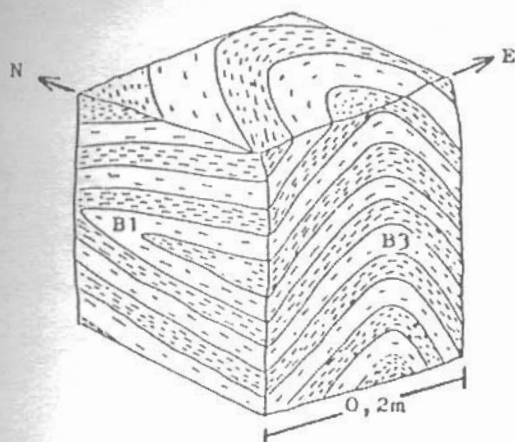
Εικ.5:Γρανάτης της δεύτερης φάσης μεταμόρφωσης, συνκίνηματικός ως προς την s_2 , και αρχαιότερη σχιστότητα s_1 . Γρανατικός σχιστόλιθος σειράς Εβούλας. Παράλληλα Nicols, x30.

Fig.5;Garnet of the second metamorphic stage synkinematic to s_2 . Older schistosity s_1 can be observed too. Garnet-schist, Svoula group. Without crossed nicols, x30.

στην s_2 και οι γρανάτες προτεκτονικά ή συντεκτονικά. Τα ορυκτά που σχηματίστηκαν κατά το προοδευτικό στάδιο παραμορφώνονται ή αποικοδομούνται.

ΤΡΙΤΗ ΦΑΣΗ

Οι πτυχές που δημιουργούνται κατά την τρίτη παραμορφωτική φάση είναι ως επί το πλείστον ομοειδείς κλειστές ή ανοιχτές με μέση διεύθυνση αξόνων B_{190}^0 (B_3) (Εικ.6). Συνοδεύονται από γράμμωση I_3 , που είτε οφείλεται στον προσανατολισμό των συγχρόνων προς αυτή τη φάση φυλλοπυριτικών ορυκτών, είτε έχει τη μορφή ραβδώσης κλίμακας cm έως mm, λόγω μικρο-



Εικ.6: Ισοκλιής πτυχή B_1 που πτυχώνει αρχαιότερη μεταμορφική στρωμάτωση σε ταινιωτό αμφιβολίτη και νεώτερη ανοιχτή ομοιοδής πτυχή B_3 , που πτυχώνει την ίδια στρωμάτωση, όπως επίσης τον άξονα και το αξονικό επίπεδο της πρώτης πτυχής (Ενός. Βερτίσκου).

Fig.6: Isoclinal B_1 fold, folding an older metamorphic layering in striped amphibolite. A younger similar fold B_3 refolds the old layering and folds the axis and the axial plane of B_1 . (Vertiskos unit).

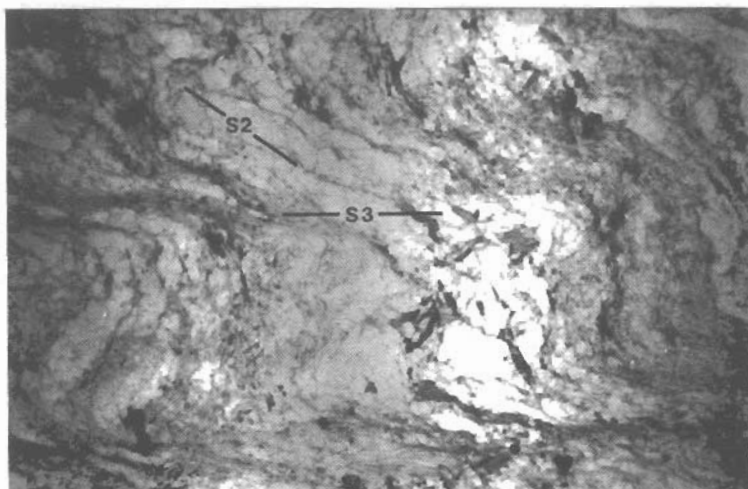
πτύχωσης της αρχαιότερης σχιστότητας. Η L_3 συνδέεται άμεσα με την σχιστότητα s_3 , που έχει τη μορφή πτυχοσχιστότητας (crenulation cleavage) με παράλληλη ανάπτυξη φυλλοπυριτικών ορυκτών (Εικ.7).

Ειδικότερα αναπτύσσεται σιδηρούχος χλωρίτης, μοσχοβίτης και βιοτίτης παράλληλα στην s_3 , ενώ συγχρόνως παρατηρείται μετατροπή των γρανάτων των προηγούμενων φάσεων προς σιδηρούχο χλωρίτη, του σταυρόλιθου προς μοσχοβίτη και σερικήτη (?) και παραμόρφωση των ορυκτών, που δεν ανακρυσταλλώνονται, όπως κυματοειδής κατάσβεση και δημιουργία μικρο-kink bands σε μοσχοβίτες, βιοτίτες, μαγνησιούχους χλωρίτες και πλαγιόκλαστα. Αναγνωρίστηκαν οι εξής δύο παραγενέσεις:

- α) χλωριτοειδές + σιδηρούχος χλωρίτης + μοσχοβίτης + χαλαζίας
- β) βιοτίτης(III) + γρανάτης(III) + σιδηρούχος χλωρίτης + μοσχοβίτης + χαλαζίας

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

Σύμφωνα με τον WINKLER (1974) η πρώτη είναι σταθερή σε όλο το φάσμα συνθηκών της πρασινοσχιστολιθικής φάσης, ενώ



Εικ.7: Αρχαιότερη σχιστότητα s_2 και νεώτερη πτυχοσχιστότητα s_3 (crenulation cleavage) με παράλληλη ανάπτυξη μοσχοβίτη. Μοσχοβιτικός γνεύσιος, ενότ. Βερτύσκου. Παράλληλα Nicols, x30.

Fig.7: Older schistosity s_2 and younger crenulation cleavage s_3 accompanied by muscovite growth parallel to it. Without crossed nicols, x30. Muscovite-gneiss, Vertiskos unit.

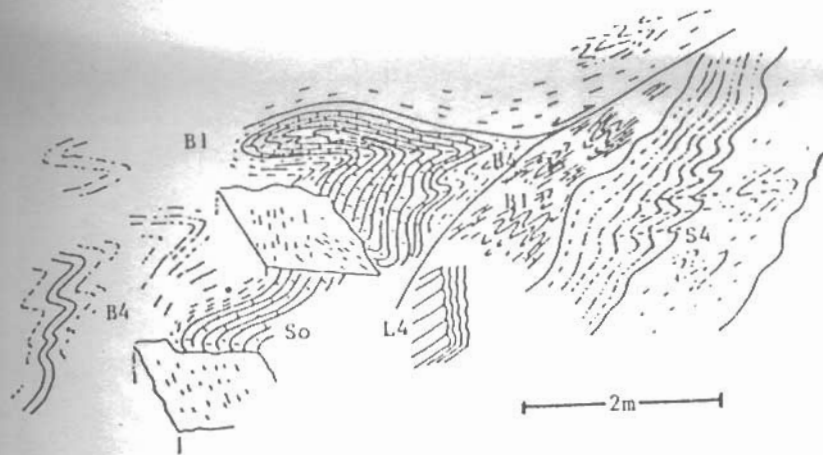
η δεύτερη περιορίζεται στην ανώτερη πρoασινοσχιστολιθική φάση (=αλμανδινική υπόφαση) και χαρακτηρίζει τις συνθήκες μεταμόρφωσης, υπό τις οποίες έλαβε χώρα η τρίτη παραμορφωτική φάση.

ΤΕΤΑΡΤΗ ΦΑΣΗ

Η τέταρτη φάση είναι η νεώτερη στην χρονική ακολουθία των φάσεων παραμόρφωσης, που επέδρασαν στα πετρώματα της περιοχής και συνδέεται με την τελευταία και αοθενέστερη φάση μεταμόρφωσης.

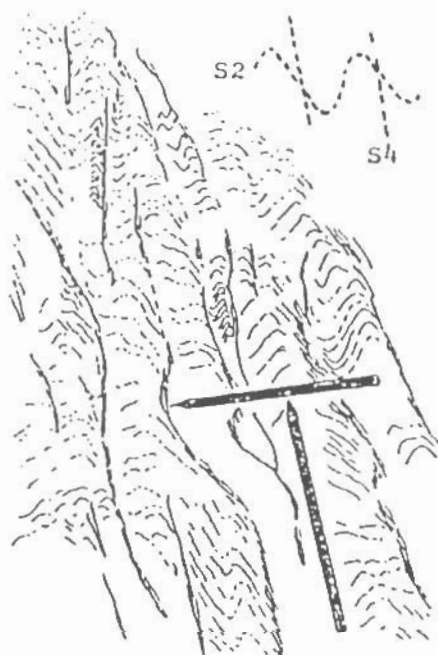
Πτυχές ομοειδείς, ανοιχτές ή κλειστές (Εικ.8), με διεύθυνση αξόνων B_{270}^0 (B_4), που μπορεί να αποκλίνει μέχρι 40^0 από την μέση τιμή, συνδέονται με παράλληλη ράβδωση L_4 , που δημιουργείται από συγχρονη μικροπύκωση σε κλίμακα mm της παλαιότερης σχιστότητας. Σπανιώτερα παρατηρείται γράμμωση, που οφείλεται στον μικρής έκτασης και τοπικού χαρακτήρα αναπροσανατολισμό των φυλλοπυριτικών ορυκτών.

Η σχιστότητα s_3 έχει μορφή πτυχοσχιστότητας ή πτυχοσχισμού (crenulation cleavage), δηλαδή με ή χωρίς σύγχρονη ανάπτυξη νέων ορυκτών (Εικ.9,10), ή ρηξισχιστότητας (ρηξισχισμού, fracture



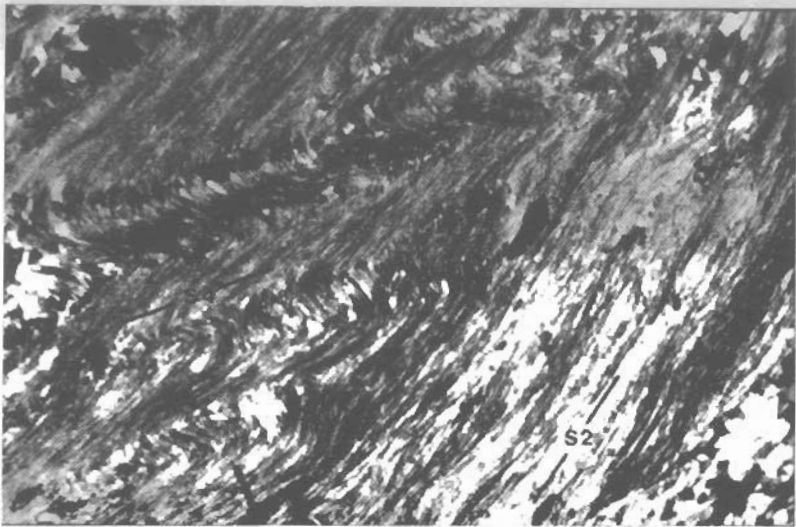
Εικ.8: Ισοκλινής πτύχωση B_1 σε μάρμαρα και "σχιστόλιθους" της σειράς Σβούλας και νεώτερη πτύχωση B_4 με σύγχρονη σχιστότητα s_4 και ράβδωση L_4 λόγω μικροπτύχωσης της αρχαιότερης σχιστότητας.

Fig.8: Isoclinal folds B_1 in marbles and schists of Svoula group refolded by a younger folding B_4 . Axial plane slaty cleavage s_4 and lineation L_4 , defined by microfolding of the older foliation, accompany the B_4 folds.



Εικ.9: Πτυχοσχιστότητα s_4 σε κλίμακα cm και αρχαιότερη σχιστότητα s_2 σε γνεύσιους της ενότητας Βερτίσκου.

Fig.9: Crenulation cleavage s_4 of cm scale and older foliation s_2 in Vertiskos gneisses.



Εικ.10: Αρχαιότερη σχιστότητα s_2 και νεώτερος πτυχοσχισμοός s_4 χωρίς ανάπτυξη νέων ορυκτών. Σταυρωμένα Nicols, x80. Γρανατικός σχιστόλιθος, σειράς Σβούλας.

Fig.10: Older foliation s_2 and younger crenulation cleavage s_4 without development of new minerals. Crossed nicols, x80. Garnet schist, Svoula group.

cleavage κατά HOBBS, MEANS and WILLIAMS 1976). Τοπικά μόνο παίρνει τη μορφή σχιστότητας τύπου αργιλλικών σχιστολίθων (slaty cleavage).

Μερική ανακρυστάλλωση χαλαζία, ανάπτυξη τοπικά μοσχοβίτη (φενγκίτη;) και σιδηρούχου χλωρίτη παράλληλα στην s_4 και μεταβολή των βιοτιτών προς σιδηρούχο χλωρίτη χαρακτηρίζουν την τελευταία φάση μεταμόρφωσης, ενώ συγχρόνως λαμβάνει χώρα παραμόρφωση των παλαιότερων ορυκτών. Η μόνη παραγένεση που αναγνωρίστηκε, είναι χαλαζίας + σιδηρούχος χλωρίτης + μοσχοβίτης (φενγκίτης;), που εμφανίζεται τοπικά και είναι σταθερή υπό τις συνθήκες της πολύ χαμηλού βαθμού φάσης μεταμόρφωσης και της κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης (WINKLER 1974).

Στην τέταρτη παραμορφωτική φάση οφείλεται και η γένεση ζωνών διάτμησης μακροσκοπικής έως μικροσκοπικής κλίμακας με έντονη κατάκλαση έως δημιουργία ψευδοταχυλίτη ή ακόμη και ανάπτυξη πρωτομυλονίτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

Κατά την μάκρο-, μικροτεκτονική και πετρογραφική μελέτη των πετρωμάτων της ΒΑ Χαλκιδικής αναγνωρίστηκε η επίδραση τεσσάρων

ρων συνολικά παραμορφωτικών φάσεων και αντίστοιχων φάσεων μεταμόρφωσης στα πετρώματα των γεωτεκτονικών ενοτήτων που εμφανίζονται στην περιοχή, δηλαδή των ενοτήτων Βερτίσκου και Κερδιλίων, που αποτελούν την Μάζα της Σερβομακεδονικής, της "σειράς της Σβούλας" και του γρανίτη της Αρναίας.

Από τις φάσεις αυτές η πρώτη και η αρχαιότερη επιρρέασε τα πετρώματα των τριών πρώτων ενοτήτων, ενώ η κρυστάλλωση του γρανίτη της Αρναίας έλαβε χώρα συντεκτονικά ως προς τη δεύτερη φάση. Πιθανή αρχαιότερη φάση, η οποία και να περιορίζεται μόνο στα πετρώματα της Σερβομακεδονικής, χωρίς να έχει επιρρέασει τα μεταϊζηήματα της "σειράς Σβούλας" δεν έγινε δυνατό να αναγνωρισθεί με βεβαιότητα, στην μελετηθείσα περιοχή.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός, ότι η πρώτη και η δεύτερη παραμορφωτική φάση είναι σύγχρονες με το στάδιο της προοδευτικής και ανάδρομης πορείας αντίστοιχα των συνθηκών της πρώτης φάσης μεταμόρφωσης, γίνεται αντιληπτό, ότι αποτελούν δύο διαφορετικά στάδια της ίδιας ορογένεσης. Η ηλικία της ορογένεσης αυτής αντιπροσωπεύεται από την ηλικία του γρανίτη της Αρναίας, για τον οποίο οι DE WET and MILLER (1987), με βάση ραδιοχρονολογήσεις σε φλογοπίτες με τη μέθοδο $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$, δέχονται ελάχιστη ηλικία διεύθυνσης 136 Ma.

Οι δύο νεώτερες φάσεις παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης πρέπει να θεωρούνται ανεξάρτητες μεταξύ τους και συνδέονται με δύο διαφορετικά στάδια της εξέλιξης του αλπικού συστήματος.

Κατά την γνώμη του γράφοντος, οι τρεις σύνθετες φάσεις που διακρίθηκαν στα πετρώματα της περιοχής, είναι Μεσοζωϊκής και Καινοζωϊκής ηλικίας και αντιπροσωπεύουν η μεν πρώτη την έντονη επίδραση της Κιμμερικής Ορογένεσης του Μέσου Ιουρασικού στην Μάζα της Σερβομακεδονικής, η δεύτερη την Παλαιοελληνική φάση του Ανωτ. Ιουρασικού - Κατ.Κρητιδικού και η τρίτη φάση την επίδραση της Μεσοελληνικής φάσης του Ηώκαινου της Αλπικής Ορογένεσης.

Κατά τα επόμενα στάδια της μελέτης και κυρίως με την βοήθεια ραδιοχρονολογικών αναλύσεων σε συγκεκριμένα ορυκτά των διαφόρων φάσεων, θα αποδειχθεί κατά πόσον η υπόθεση αυτή ανταποκρίνεται στην πραγματική εξέλιξη των γεολογικών γεγονότων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ: Θερμές ευχαριστίες οφείλω να εκφράσω στον καθηγητή κ. St.Dürr και τον δρ. κ. Uwe Altenberger του Παν/μίου του Mainz Δ.Γερμανίας, για την φιλοξενία και τη βοήθεια που μου προσέφεραν στο Γεωλογικό Τμήμα του Παν/μίου της Αθήνας για τις πολυπληθείς και επικοδομητικές συζητήσεις που είχα μαζί τους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- DE WET, A.P., MILLER, J.A. 1987: $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ data from some of the granitoids of the Chalkidiki peninsula, Northern Greece. *Terra cognita*, 7, Nr. 2 - 3, 107. 4th EUG Meeting, Strasbourg.
- ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ, Σ. 1974: Πετρολογική μελέτη των μγματιτικών γνευσίων και αμφιβολιτών των περιοχών Ρεντίνας - Ασπροβάλλιας - Σταυρού - Ολυμπιάδος. Διδακτ. Διατρ. Παν/μίου Θεσ/νίκης, 278 σελ.
- DIMITRIEVIĆ, M. 1974: Sur l'âge du métamorphisme et des plissements dans la masse serbomacédoine. *Bull. VI Congr. Assoc. Géol. Carpato-Balkanique* 1, (3), 339 - 347, Warschau.
- DIMITRIEVIĆ, M., ČIRIĆ, B. 1966: Der tektonische Bau des Serbo-Mazedonischen Massivs. *Geotektonika*, 5, 32 - 41, Moskau.
- DIXON, J.E., DIMITRIADIS, S. 1987: The metamorphic evolution of the Serbo-Macedonian Massif in Greece. 4th EUG Meeting, Strasbourg, *Terra cognita*, 7, Nr.2 - 3, 107.
- HOBBS, B.E., MEANS, W.D., WILLIAMS, P.F. 1976: An outline of structural Geology. J. Wiley and Sons, Inc., 571p., New York.
- ΚΑΣΩΛΗ-ΦΟΥΡΝΑΡΑΚΗ, Α. 1981: Συμβολή στην ορυκτολογική και πετρολογική μελέτη των αμφιβολιτικών πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής Μάζας. Διδακτ. Διατρ. Παν/μίου Θεσ/νίκης, 231 σελ.
- _____, SKLAVOUNOS, S., MICHAELIDIS, K. 1986: Garnet composition as a possible indication of retrograde metamorphism, Dorkas - Ossa area, Serbo - Macedonian Massif, Greece. *Geol. Balcanica*, 16, 2, 79 - 84, Sofia.
- KAUFFMANN, G. KOCKEL, F., MOLLAT, H. 1976: Note on the stratigraphic and palaeogeographic position of the Svoula Formation in the innermost zones of the Hellenides (Northern Greece). *Bull. Soc. Géol. France* (7), 18, 2:225 - 230, Paris.
- KOCKEL, F. MOLLAT, H., WALTHER, H.W. 1971: Geologie des Serbo-Mazedonischen Massivs und seines mesozoischen Rahmens (Nordgriechenland). *Geol. Jb.* 89, 529 - 551, Hannover.
- _____, _____, _____ 1977: Erläuterungen zur geologischen Karte der Chalkidiki und angrenzender Gebiete 1:100.000 (Nord-Griechenland). Bundesanst. f. Geowiss.u. Rohst. 119p. Hannover.
- KOSSMAT, F. 1924: Geologie der zentralen Balkanhalkbinsel, mit einer Übersicht des dinarischen Gebirgsbaues. Die Kriegsschauplätze 1914 - 1918 geologisch dargestellt. 111p., Berlin.
- OSSWALD, K. 1938: Geologische Geschichte von Griechisch-Nordmazedonien. *Denkschr. geol. Landesanst. Griechenland*, 3, 141p., Athen.

- PAPADOPOULOS, Ch. 1982: Geologie des Serbomazedonischen Massivs nördlich des Volvi - Sees (Nord - Griechenland). Dissertation, Univ. Wien, 176p.
- _____, KILIAS, A. 1985: Altersbeziehungen zwischen Metamorphose und Deformation im zentralen Teil des Serbomazedonischen Massivs (Vertiskos Gebirge, Nord - Griechenland). Geol. Rdsch., 74/1, 77 - 85, Stuttgart.
- SENGOR, A.M.C., YILMAZ, Y., SUNGURLU, O. 1984: Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 17, : 77 - 112.
- SPRY, A. 1969: Metamorphic textures. Pergamon Press, 350p.
- VOLL, G. 1969: Klastische Mineralien aus den Sedimentserien der Schottischen Highlands und ihr Schicksal bei aufsteigender Regional- und Kontaktmetamorphose. Habilitationsschrift, 358p., Berlin.
- WINKLER, H.G.F. 1979: Petrogenesis of Metamorphic rocks. Springer Verlag, 5th Edition, 348p.