

Πρακτικά		3ου Συνεδρίου	Μάϊος 1986
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XX/2	σελ. 259-273	Αθήνα 1988
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΤΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΡΟΔΟΠΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΗΣ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ*

Ε. ΜΠΟΣΚΟΣ**, Π. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ***, Β. ΠΕΡΔΙΚΑΤΣΗΣ***

ΣΥΝΟΨΗ

Η ανατολική Ροδόπη είναι επωθημένη επάνω στη σειρά εναλλαγών γνευσίων-αμφιβολιτών-μαρμάρων της κεντρικής Ροδόπης. Οι κατώτεροι σχηματισμοί της ανατολικής Ροδόπης, οι οποίοι διαπερνούνται από πηγματιτικά σώματα, υπέστησαν μεταμόρφωση τύπου Barrow σε συνθήκες μέσης αμφιβολιτικής φάσης. Η ενότητα που υπέρκειται του σερπεντινικού σώματος Οργάνης-Μυρτίσκης-Χλώης μεταμορφώθηκε στο ΝΑ τμήμα της σε συνθήκες της ζώνης "γρανάτη" και στο ΒΔ τμήμα τη σε συνθήκες της ζώνης "σταυρόλιθος+χλωριτοειδές". Ανάδρομη μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης - "ζώνη βιοτίτη" - επηρέασε, πιθανώς ταυτόχρονα με τη μεταμόρφωση της φυλλιτικής σειράς, όλες τις ενότητες του υποβάθρου.

ABSTRACT

Eastern Rhodope is overthrust upon a series of alternations gneiss-amphibolite-marble of central Rhodope. The lowest unit of east Rhodope which has been intruded by muscovite-pegmatites, has undergone Barrovian type metamorphism under medium amphibolite facies conditions. The SE part of the higher "gneiss-schist" unit which overlies the serpentinite body of Organi-Mirtiski-Chloi exhibits "garnet zone" grade metamorphic conditions whereas the NW part "staurolite-chloritoid" zone grade conditions. Greenschist facies retrograde metamorphism-biotite zone-has affected all these units and quite probably it was coeval with the phyllite series metamorphism.

* THE RHODOPE KRYSTALLINE BASEMENT EAST OF KOMOTINI

** National Technical University, Department of Geological Sciences. *** G.M.R.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τη γεωλογική δομή και την πετρολογία του μεταμορφωμένου υπόβαθρου της δυτικής Ροδόπης του ελληνικού χώρου ασχολήθηκαν οι KRONBERG (1969), KRONBERG et al. (1970), PAPANIKOLAOU and PANAGOPOULOS (1981), ZACHOS and DIMADIS (1983), κ.α. Η στρωματογραφία και η δομή του κρυσταλλικού υπόβαθρου στην κεντρική Ροδόπη αναλύεται από το ΔΥΜΑΔΗ στους γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000 (φύλλα Εχίνος και Ίασμος υπό εκτύπωση) και η πετρολογία του χώρου αυτού αναπτύσσεται από τους ΜΠΟΣΚΟ κ.α. (1986). Σχετικά με τη γεωλογική δομή και την πετρολογία του κρυσταλλικού υποβάθρου που εκτείνεται ανατολικά της Κομοτηνής υπάρχουν ελάχιστα μόνο στοιχεία. Ο ΜΑΡΑΤΟΣ (1960) αναπτύσσει την πετρογραφία των υπερβασικών σωμάτων της Δαδιάς-Σουφλίου και των πετρωμάτων που τα περιβάλλουν και οι ΜΑΡΑΤΟΣ και ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ (1964) αναπτύσσουν τη στρωματογραφία και προσδιορίζουν την ηλικία της φυλλιτικής σειράς.

Στην παρούσα μελέτη δίνονται συνοπτικά τα σπουδαιότερα στοιχεία σχετικά με τη γεωλογική δομή της ανατολικής Ροδόπης, τους πετρολογικούς τύπους που επικρατούν στο κρυσταλλικό υπόβαθρο ανατολικά της Κομοτηνής και τις ορυκτολογικές παραγενέσεις που τεκμηριώνουν φαινόμενα πολυμεταμορφισμού καθώς και τον τύπο και το βαθμό κάθε μεταμόρφωσης.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΡΟΔΟΠΗΣ

Η περιοχή της Ροδόπης ανατολικά της Κομοτηνής δομείται από τις παρακάτω γεωτεκτονικές ενότητες.

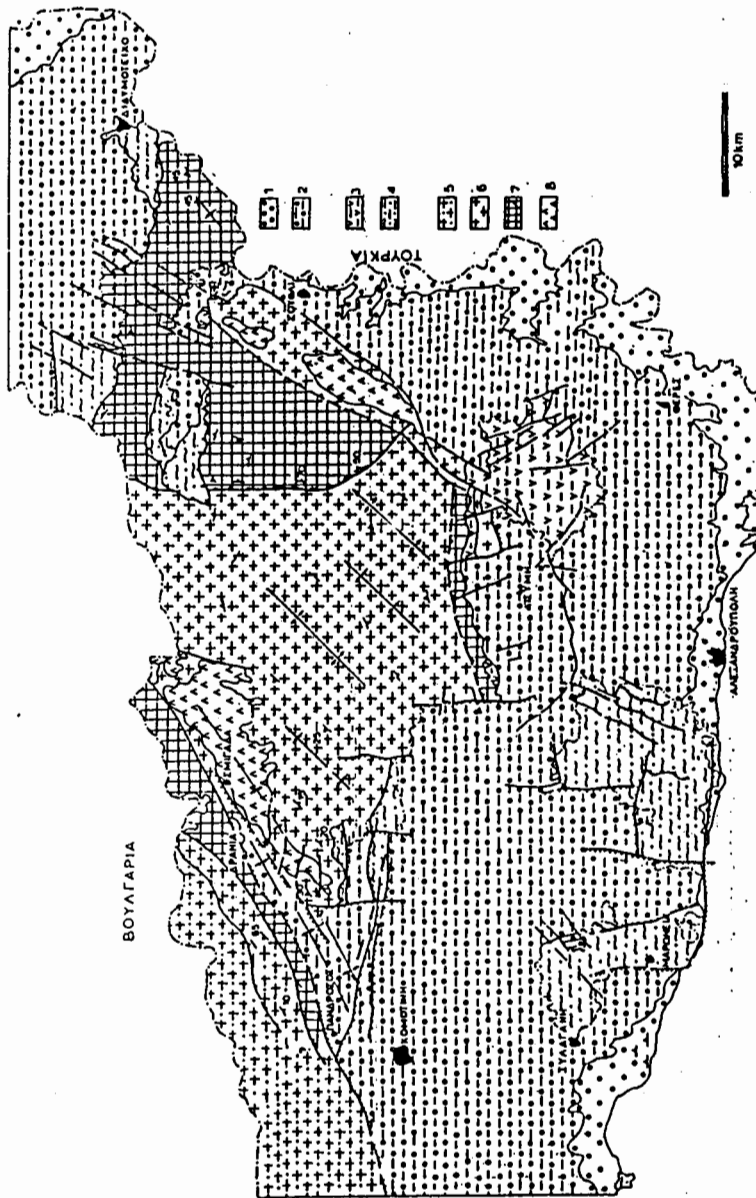
Το προαλπικό υπόβαθρο της Ροδοπικής μάζας, την περιροδοπική ζώνη (ενότητα Μάρης και Δρυμού-Μελίας Μεσοζωϊκής ηλικίας) και τις Τριτογενείς λεκάνες.

Η εξάπλωση των ενοτήτων αυτών δίνεται στο γεωλογικό χάρτη (σχήμα 1).

A: Προαλπικό κρυσταλλικό υπόβαθρο

Οι πετρολογικοί τύποι του κρυσταλλικού υποβάθρου αναπτύσσονται στα επόμενα κεφάλαια.

Η τεκτονική του υποβάθρου διακρίνεται σε πτυχωσιγενή ΒΑ-



Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης της ανατολικής Ρόδου. 1. Τεταρτογενείς ακοθόσευς, 2. Τριτογενείς ακοθόσευς, 3. Ενότητα Δρυμού-Μελιάς, 4. Ενότητα Μάκρης, 5. Ανατολικό τμήμα κεντρικής Ρόδου (γενούσιοι-αμφιβολίτες-μάρμαρα), 6. Υπερκείμενη ενότητα του σερκεντινίτη Μυρτίσκης (γενούσιοι-μάρμαρα-ρυγματοειδή-αμφιβολίτες), 7. Ενότητα Σπυγιάδας-Κύμης (γενούσιοι-αμφιβολίτες-μάρμαρα-κρηματώσεις), 8. Υπερμακρικό τετρώμα. Fig. 1. Geological map of east Rhodes: 1. Quaternary deposits, 2. Tertiary deposits, 3. Unit Drimos-Melia, 4. Unit Makri, 5. Eastern part of Central Rhodes (gneisses, amphibolites-marbles), 6. Upper gneiss unit of east Rhodes (gneisses-micaschists-amphibolites), 7. Unit Spigada-Kimi (gneisses-amphibolites-marbles-permatites), 8. Ultramafic rocks.

ΝΔ διεύθυνσης και σε νεότερη ρηξιγενή τεκτονική.

Την μακροδομή της ευρύτερης περιοχής καθορίζουν κύρια αντικλινικές-συγκλινικές δομές μήκους πολλών χιλιομέτρων με διεύθυνση αξόνων 40 έως 50° και βύθιση προς τα ΒΑ. Οι πτυχές κατά μανόνα είναι όρθιες-συμμετρικές χωρίς κλίση της αξονικής επιφάνειας, με εξαίρεση την ενότητα Σμιγάδας-Κύμης όπου παρατηρήθηκε ΝΑ ροπή της αξονικής επιφάνειας σε αντίθεση με τη βόρεια φορά της επωθητικής κίνησης η οποία είναι χαρακτηριστική για την ανευτολική Ροδόπη (π.χ. ΒΑ της Κομοτηνής, Β-ΒΔ της Αισύμης και στην περιοχή Κοτρωνιάς-Σιδηρώ-Πεσσάνης).

Η νεότερη ρηξιγενής τεκτονική εκφράζεται με ένα διαγώνιο σύστημα ρηγμάτων με διεύθυνση 40 και 130° περίπου, το οποίο χαρακτηρίζει με κάθετες κυρίως αρνητικές-θετικές κινήσεις μεγάλα τμήματα της περιοχής.

Β. Ενότητες Μάρκρης και Δρυμού-Μελίας

Αποτελούν τμήμα ή τεκτονικό υπόλειμμα της περιροδοπικής ζώνης η οποία γεωτεκτονικά ανήκει στο μεσοζωϊκό γεωσύγκλινο της Τηθύος.

Η ενότητα Μάρκρης απαντάται σε τεκτονική επαφή με το κρυσταλλικό υπόβαθρο της Ροδόπης (σχήμα 1). Έχει υποστεί αλπική πτύχωση και καθολική μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Αποτελείται από την υπερκείμενη μεταφαιστειοϊζηματογενή σειρά ή σειρά πρασινοσχιστολίθων και την υποκείμενη μεταϊζηματογενή σειρά η οποία περιλαμβάνει κυρίως μάρμαρα και ασβεστιτικούς φυλλίτες.

Χαρακτηριστική είναι η αποτύπωση πτυχογόνου τεκτονικής με άξονες παλιότερους ($45-60^\circ$) και νεότερους ($90-110^\circ$) καθώς και νεότερη τεκτονική λεπιώσεων με παράταξη Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ, Β-Ν και φορά της επωθητικής κίνησης προς Β, ΒΔ, Δ (π.χ. Πλαγιά-Δαρμένη, κατακεκλιμένες πτυχές Πλάκας-Αξελ/πολης).

Η ενότητα Δρυμού-Μελίας βρίσκεται σε ασυμφωνία, τεκτονική ή επικλυσιογενή με την ενότητα Μάρκρης. Αποτελείται από ιζήματα ενδοηπειρωτικής θάλασσας με τυπικά κυκλοθέματα κλαστικών ιζημάτων, με ορίζοντες φυτικών υπολειμμάτων και υφαλωδών-ωολιθικών ασβεστολίθων. Η ενότητα Δρυμού-Μελίας παρουσιάζεται σχεδόν μη μεταμορφωμένη.

Τις ενότητες Μάρκρης και Δρυμού-Μελίας διαπερνούν διαβάσεις Λνω Κρητιδικής ηλικίας οι οποίοι τοπικά εμφανίζονται και με άλ-
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

λα μέλη της οφειολιθικής σειράς του μεσοζωϊκού (π.χ. με γάββρους, στη Σαμοθράκη και Μαρόνεια).

Η μεταλπική τεκτονική βυθίζει με κανονικά ρήγματα τις ενότητες αυτές προς νότο στο βόρειο Αιγαίο ή τις εμφανίζει τοπικά κάτω από τους Τριτογενείς σχηματισμούς με τεκτονικά κέρατα (π.χ. Μαρόνεια, Συκοράχη, Μάκρη-Αλεξ/πολη, Σαμοθράκη).

Γ. Τριτογενείς λεκάνες

Η δημιουργία των Τριτογενών λεκανών της ΝΑ-Ροδόπης συνδέεται με τη ταφρογενετική τεκτονική του Βόρειου Αιγαίου, η οποία έλαβε χώρα στο Μέσο-Ανώτερο Ηώκαινο και διήρκησε μέχρι το Πλειόκαινο.

ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΡΟΔΟΠΗΣ

Στο κρυσταλλικό υπόβαθρο της κεντρικής Ροδόπης αναπτύσσεται πάνω από τα γρανιτικά σώματα Ωραίου-Εχίνου η γνευσιακή σειρά και η σειρά εναλλαγών ή ποικιλόχρωμη με εναλλαγές διμαρμαρυγιακών γνευσίων-αμφιβολιτών-μαρμάρων.

Το γνευσιακό σύστημα διαμορφώνει στην τομή Σάνθης-Ωραίου-Θερμών ένα ανεστραμμένο αντικλινόριο με πυρήνα το γρανίτη Σκαλωτής-Εχίνου και με άξονα ΔΒΔ διεύθυνσης (ZACHOS and DIMADIS 1983). Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν υποστεί Varroian τύπου μεταμόρφωση κάτω από τις συνθήκες μέσης μέχρι και ανώτερης αμφιβολιτικής φάσης (ΜΠΟΣΚΟΣ κ.α. 1986).

ΒΑ της Κομοτηνής μέχρι τον Κάρδαμο αναπτύσσεται σε κανονική διάταξη και με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ μιά σειρά εναλλαγών μαρμάρων-αμφιβολιτών-γνευσίων η οποία προς τα ΒΔ εξελίσσεται σε μιά υποκείμενη γνευσιακή σειρά.

Τον επικρατέστερο τύπο πετρώματος της γνευσιακής σειράς αποτελούν οι διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι, οι οποίοι σε πολλούς ορίζοντες εξελίσσονται σε γρανατούχους διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους ορισμένοι από τους οποίους περιέχουν επιπλέον κυανίτη ή σταυρόλιθο+κυανίτη.

Βορειοδυτικά της Νυμφαίας αναπτύσσονται σε κατώτερους ορίζοντες λευκοκρατικοί κυρίως γνεύσιοι οι οποίοι σε πολλές θέσεις εξελίσσονται σε οφθαλμογνεύσιους με οφθαλμούς καλιούχων αστρίων μέχρι 5cm. Εναλλαγές διμαρμαρυγιακών γνευσίων-αμφιβολιτών με παρεμβολές μαρμάρων κυρίως προς τους ανώτερους ορίζοντες

παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανάπτυξη στην τομή Δρύμης-Σαρακηνής όπου και εκτείνονται και πέρα από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα.

1. Λευκοκρατικοί γνεύσιλοι (Οφθαλμογνεύσιλοι)

Αναπτύσσονται βόρεια και ΒΔ της Νυμφαίας: Αποτελούνται κυρίως από ορθόκλαστο, πλαγιόκλαστα, χαλαζία, μοσχοβίτη και βιοτίτη. Τα ορθόκλαστα - συχνά σε μορφή οφθαλμών - ορισμένα από τα οποία παρουσιάζουν περθιτιώσεις, έχουν υποστεί εν μέρει μικροκλινιτίωση. Μυρμηκίτες δεν είναι σπάνιοι. Με βάση τα μικροσκοπικά τους χαρακτηριστικά και τον μονότονο χαρακτήρα που διατηρούν σε μεγάλη έκταση χαρακτηρίζονται ως ορθογνεύσιλοι. Η λιθογεωχημική μελέτη των σχηματισμών αυτών αναμένεται να ενισχύσει την άποψη αυτή.

2. Γρανατούχοι διμαρμαρυγιοκοί γνεύσιλοι

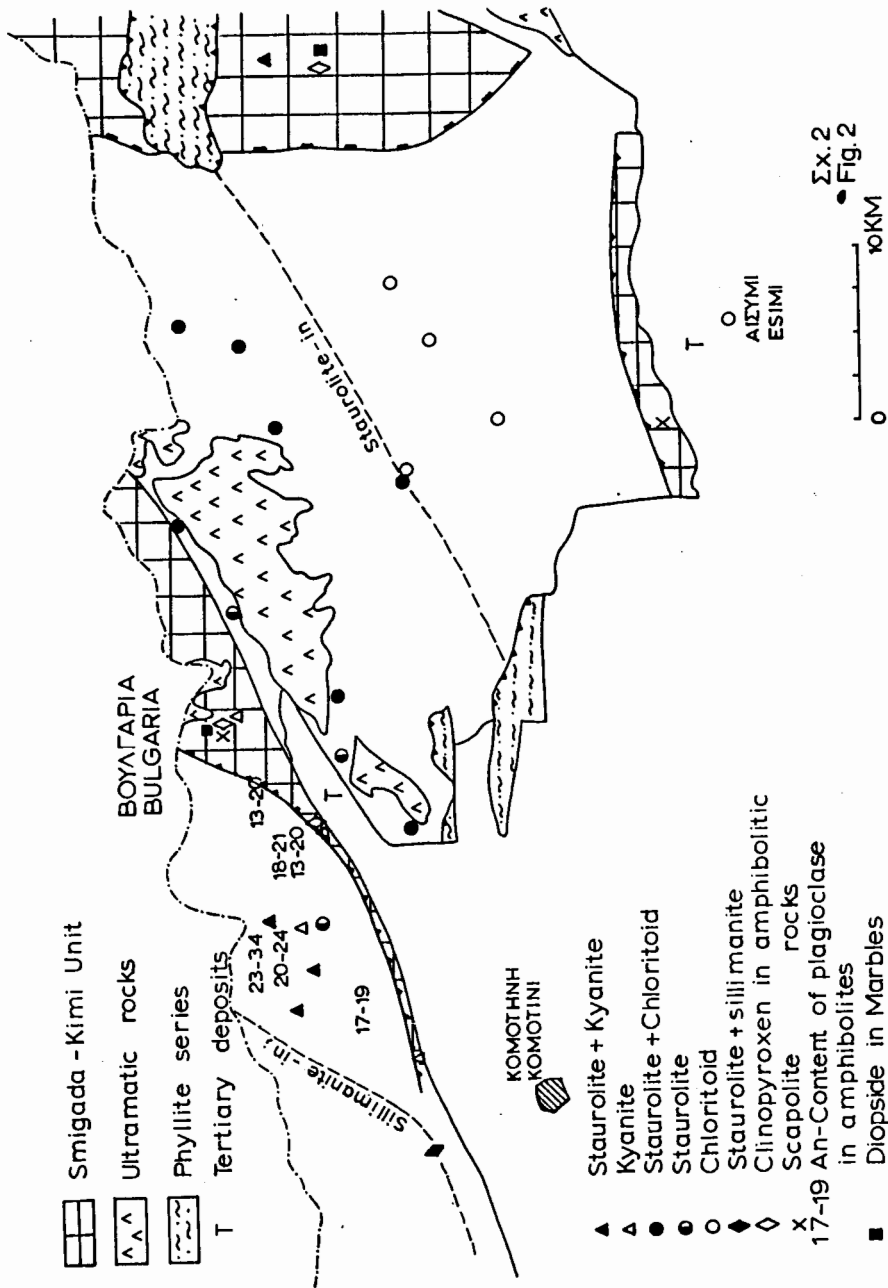
Τα μεταπηλιτικά πετρώματα αναπτύσσονται κυρίως ως γρανατούχοι διμαρμαρυγιοκοί γνεύσιλοι, σπανιότερα δε με σταυρόλιθο, κυανίτη, ή σταυρόλιθο+κυανίτη. Στο σχήμα 2 δίνονται οι θέσεις που εντοπίστηκαν διμαρμαρυγιοκοί γνεύσιλοι με σταυρόλιθο, κυανίτη ή σταυρόλιθο+κυανίτη μέσα στη γνευσιακή σειρά. Η παραγένεση γρανάτης-σταυρόλιθος-κυανίτης-μοσχοβίτης-βιοτίτης-πλαγιόκλαστο-χαλαζίας+χλωρίτης χαρακτηρίζει Βαρρονία τύπο μεταμόρφωσης και βαθμό μέσης αμφιβολιτικής ώσης. Στη σειρά εναλλαγών δεν εντοπίστηκε σταυρόλιθος ούτε κυανίτης σε διμαρμαρυγιοκοί γνεύσιλους.

3. Επίδοτικοί βιοτιτικοί γνεύσιλοι

Εμφανίζονται κυρίως ως μεταβατικοί τύποι μεταξύ διμαρμαρυγιοκών γνευσίων και της σειράς εναλλαγών μαρμάρων-αμφιβολιτών-γνευσίων. Αποτελούνται από βιοτίτη-επίδοτο/κλινοζωϊσίτη-πλαγιόκλαστο-χαλαζία+K-ούχο άστριο. Οι βιοτίτες συχνά είναι χλωριτωμένοι και τα πλαγιόκλαστα σερικιτιωμένα.

4. Αμφιβολίτες

Στη γνευσιακή σειρά οι αμφιβολίτες περιορίζονται σε μεμονωμένες διαστρώσεις μέσα στους διμαρμαρυγιοκοί γνεύσιλους. Παρουσιάζουν όμως μεγάλη εξάπλωση στην υπερκείμενη σειρά εναλλαγών. Αποτελούνται κυρίως από πράσινη κερροσίλβη, πλαγιόκλαστα, Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.



Σχήμα 2. Θέσεις με ορυκτά δείκτες για το βαθμό μεταμόρφωσης στο κρυσταλλικό υπόβαθρο της ανατολικής Ροδόπης.

Fig. 2. Locations of metamorphic index minerals in crystalline basement of east Rhodope.

χαλαζία, επίδοτο και πολύ συχνά βιοτίτη και γρανάτη. Ο χλωρίτης εμφανίζεται μόνο σαν δευτερογενής και σχηματίζεται από την εξαλλοίωση του βιοτίτη. Η περιεκτικότητα σε ανορθίτη στα πλαγιόκλαστα δίνεται στο σχήμα 2. Στη σειρά εναλλαγών η περιεκτικότητα σε ανορθίτη στα πλαγιόκλαστα των αμφιβολιτών κυμαίνεται μεταξύ 13-20%. Στους αμφιβολίτες της υποκείμενης γνευσιακής σειράς κυμαίνεται από 20-34%. Η κερροσίλβη είναι κυρίως τσερμακίτικη κερροσίλβη σπανιότερα μαγνησιούχος κερροσίλβη με 6,365-6,648 άτομα πυριτίου στο δομικό τύπο. Η περιεκτικότητα σε TiO_2 ανέρχεται μέχρι 1,11% και σε K_2O μέχρι 0,32%.

Με βάση τα στοιχεία αυτά συμπεραίνεται ότι στο ανατολικό αυτό τμήμα της κεντρικής Ροδόπης αυξάνει ο βαθμός μεταμόρφωσης από ΝΑ προς ΒΔ από την κατώτερη αμφιβολιτική φάση (ζώνη ολιγόκλαστου) μέχρι τη μέση αμφιβολιτική φάση. Η μέση αμφιβολιτική φάση τεκμηριώνεται από την παραγένεση σταυρόλιθος+κυανίτης στα μεταπηλιτικά πετρώματα (βλέπε σχήμα 2).

5. Μάρμαρα-Κερροσιλβικοί ασβεστιτικοί σχιστολίθοι

Στα μάρμαρα της σειράς εναλλαγών εμφανίζεται ως σταθερή παραγένεση ακτινόλιθος+ασβεστίτης+χαλαζίας. Στους κερροσιλβικούς ασβεστιτικούς σχιστολίθους συναντάται εκτός από κερροσίλβη και ασβεστίτη, επίδοτο, πλαγιόκλαστο, χαλαζίας και πολύ συχνά βιοτίτης.

ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΡΟΔΟΠΗΣ

A. Ενότητα Σμιγάδας-Κύμης

Νοτιοανατολικά της σειράς εναλλαγών μαρμάρων-αμφιβολιτών-γνευσίων του ανατολικού τμήματος της κεντρικής Ροδόπης αναπτύσσεται ως υπερκείμενη σε τεκτονική ασυμφωνία μιά ενότητα γνευσίων-αμφιβολιτών-μαρμάρων με πηγματιτικά σώματα μοσχοβιτικών κυρίως πηγματιτών (σχ.1). Στους σχηματισμούς αυτούς παρεμβάλλονται τεκτονικά και υπερμαφικά σώματα. Η ενότητα αυτή την οποία ονομάζουμε ενότητα Σμιγάδας-Κύμης υπέρκειται τεκτονικά του μεγάλου σερπεντινικού σώματος της Οργάνης-Μυρτίσκης-Χλώης.

1. Γνεύσιοι

Οι γνεύσιοι είναι κυρίως διμαρμαρυγικοί-σπανιότερα βιοτιτικοί γνεύσιοι, γρανατούχοι και σε ορισμένες θέσεις περιέχουν και κυανίτη. Παρουσιάζουν τις ακόλουθες ορυκτολογικές παραγενέσεις:

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

α) γρανάτης+κυανίτης-βιοτίτης-μοσχοβίτης-πλαγιόκλαστο-Κ-ούχος άστριος-χαλαζίας.

β) γρανάτης-βιοτίτης-πλαγιόκλαστο-Κ-ούχος άστριος-χαλαζίας-κλινοζωΐσίτης.

Οι γρανάτες λόγω ανάδρομης μεταμόρφωσης, μετατρέπονται πολύ συχνά σε χλωρίτη ή χλωρίτη+βιοτίτη. Δευτερογενής πράσινος βιοτίτης αντικαθιστά το μοσχοβίτη πάντοτε όμως σε επαφή με γρανάτη. Η περιεκτικότητα σε TiO_2 του δευτερογενή βιοτίτη κυμαίνεται από 0,14-1,35% ενώ του βιοτίτη που σχηματίστηκε κατά την κύρια μεταμόρφωση από 1,90-3,07%.

2. Κεροστιλβικοί γνεύσιλοι-Αμφιβολίτες

Σε κεροστιλβικούς γνεύσιους και αμφιβολίτες διαπιστώθηκαν οι ακόλουθες παραγενέσεις:

α) κεροστήλβη-πλαγιόκλαστο-κλινοζωΐσίτης-γρανάτης-χαλαζίας-ρουτίλιο

β) κεροστήλβη-κλινοπυρόξενος-γρανάτης-πλαγιόκλαστο+βιοτίτης+κλινοζωΐσίτης-χαλαζίας-ρουτίλιο

γ) κεροστήλβη-γρανάτης-πλαγιόκλαστο-σκαπόλιθος-κλινοζωΐσίτης-χαλαζίας.

δ) κεροστήλβη-γρανάτης-κλινοπυρόξενος-κλινοζωΐσίτης-πλαγιόκλαστο-σκαπόλιθος-χαλαζίας-ρουτίλιο.

Στις τελευταίες δύο παραγενέσεις ο σκαπόλιθος συνυπάρχει παραγενετικά με πλαγιόκλαστο. Η κεροστήλβη εμφανίζεται σε ορισμένα δείγματα στη λεπτή τομή καφεπράσινη. Συχνά περιέχει πολυάριθμα προσανατολισμένα εγκλείσματα χαλαζία ή και πλαγιόκλαστων. Διαπιστώθηκαν επίσης αντικαταστάσεις κλινοζωΐσίτη από πλαγιόκλαστο σε μορφή μυρμηκιτών. Επίσης διαπιστώθηκαν προσανατολισμένες συμφύσεις (αντικαταστάσεις;) κλινοζωΐσίτη-κεροστήλβης.

Η καφεπράσινη κεροστήλβη είναι πλούσια σε τιτάνιο (TiO_2 μέχρι 1,83%) καθώς και σε κάλιο (K_2O μέχρι 1,19%). Ο κλινοπυρόξενος είναι σαλίτης με Al_2O_3 κυμαινόμενο μεταξύ 4,49-7,18%. Το μόριο του ιαδεΐτη κυμαίνεται μεταξύ 7-13%. Σημειώνεται ότι οι κλινοπυρόξενοι που εμφανίζονται σε αμφιβολιτικά πετρώματα στη ζώνη καυνίτη-σιλλιμανίτη στην κεντρική Ροδόπη περιέχουν πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα σε Al_2O_3 (0,43-1,51%) το δε μόριο του ιαδεΐτη κυμαίνεται μεταξύ 0,79-3,31% (ΜΠΟΣΚΟΣ κ.α. 1986).

3. Μάρμαρα

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
Στα μάρμαρα εμφανίζεται ως σταθερή φάση ο διοψίδιος.

Η ενότητα Σμιγάδας-Κύμης έχει υποστεί μεταμόρφωση τύπου Barrow (παρουσία κυανίτη) και μεταμορφώθηκε κάτω από συνθήκες ψηλότερων θερμοκρασιών σε σχέση με την υποκείμενη σειρά εναλλαγών μαρμάρων-αμφιβολιτών-γνευσίων του ανατολικού τμήματος της κεντρικής Ροδόπης. Ο ψηλότερος βαθμός μεταμόρφωσης τεκμηριώνεται από τη σύγκριση των ορυκτολογικών παραγενέσεων αντιστοιχών πετρωμάτων στις δύο ενότητες.

Στους αμφιβολίτες της ενότητας Σμιγάδας-Κύμης σχηματίστηκε κλινοπυρόξενος και σκαπόλιθος, ορυκτά τα οποία απουσιάζουν από τα αμφιβολιτικά πετρώματα της υποκείμενης σειράς εναλλαγών ΒΑ της Κομοτηνής. Σημειώνεται ότι κλινοπυρόξενος σε αμφιβολιτικά πετρώματα της κεντρικής Ροδόπης εμφανίζεται στη ζώνη κυανίτη-σιλλιμανίτη (ΜΠΟΣΚΟΣ κ.α. 1986). Η κερροσίλβη σε αμφιβολιτικά πετρώματα της ενότητας Σμιγάδας-Κύμης είναι πλουσιότερη σε TiO_2 και K_2O . Στα μάρμαρα της ενότητας Σμιγάδας-Κύμης ο διοψίδιος αποτελεί τη σταθερή ασβεστοπυριτική φάση, ενώ στα μάρμαρα της υποκείμενης σειράς εναλλαγών επικρατεί η παραγένεση ακτινόλιθος+ασβεστίτης+χαλαζίας.

Επιπρόσθετο στοιχείο για τον μεγαλύτερο βαθμό μεταμόρφωσης στην ενότητα Σμιγάδας-Κύμης αποτελούν και τα πηγματιτικά σώματα τα οποία απουσιάζουν από την υποκείμενη σειρά εναλλαγών. Μοσχοβιτικοί πηγματίτες σύμφωνα με την ταξινόμηση του CERNY (1982) είναι χαρακτηριστικοί σε Barrovian τύπο μεταμόρφωσης σε πετρώματα της υποφάσης κυανίτη-αλμανδίνη (WINKLER 1967) της αλμανδινικής αμφιβολιτικής φάσης (κυρίως πάνω από την ισόθερμη καμπύλη -σταυρόλιθος και κάτω από την +σιλλιμανίτης. Σχηματίζονται είτε από ανάτηξη είτε από περιορισμένη κλασμάτωση λίγο ή πολύ αυτόχθονου γρανιτικού μάγματος.

Η ενότητα Σμιγάδας-Κύμης, (η οποία περιλαμβάνει κατά την άποψή μας τους κατώτερους και ψηλότερα μεταμορφωμένους σχηματισμούς της ανατολικής Ροδόπης) επωθήθηκε επάνω στη σειρά εναλλαγών μαρμάρων-αμφιβολιτών-γνευσίων του ανατολικού τμήματος της κεντρικής Ροδόπης σε μία μεταγενέστερη τεκτονική φάση.

Β. Ενότητα υπερκείμενη του υπερμαφικού σώματος Οργάνης-Μυρτίσκης-Χλώης

Η ενότητα αυτή καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της ανατολικής Ροδόπης. Αποτελείται κατεξοχή από διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, συχνά γρανατούχους με παρεμβολές γρανατούχων σταυρολιθικών σχιστολίθων, γρανατούχων-χλωριτοειδιτικών σχιστολίθων ή χλωριτοειδιτικών-σταυρολιθικών σχιστολίθων. Παρεμβολές αμφιβο-

λιτών είναι σχετικά περιορισμένες. Στα κατώτερα τμήματα της ενότητας αυτής αναπτύσσονται σε διάφορους ορίζοντες λευκοκρατικοί συνήθως γνεύσιοι συχνά ως οφθαλμογνεύσιοι. Οι γνεύσιοι αυτοί αναπτύσσονται σε μεγάλα πάχη βόρεια της Άνω-Δροσίνης κατά μήκος του Σιδηρορέματος. Στην περιοχή του Μεγάλου-Δερείου και βόρεια της Λεπτοκαρύδας αναπτύσσονται επίσης οι λευκοκρατικοί γνεύσιοι οι οποίοι σε αρκετές θέσεις μεταβαίνουν σε οφθαλμογνεύσιους.

1. Λευκοκρατικοί διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι (οφθαλμογνεύσιοι)

Πρόκειται για ορθογνεύσιους με κυρίαρχη συμμετοχή των αστρικών και χαλαζία. Η συμμετοχή των μαρμαρυγιών (μοσχοβίτη και βιοτίτη είναι σχετικά περιορισμένη.

Συχνά οφθαλμοί ορθοκλάστου παρουσιάζονται με περθιτιώσεις. Οι μυρμικίτες δεν είναι σπάνιοι. Σε πολλές περιπτώσεις διαπιστώνεται μετατροπή του ορθοκλάστου σε μικροκλινή.

Δευτερογενής αλβίτης-διαυγής και χωρίς διδυμία-αναπτύσσεται συχνά γύρω από οφθαλμούς ορθοκλάστου καθώς και στην υπόλοιπη μάζα του πετρώματος. Σε ορισμένους λευκοκρατικούς γνεύσιους, όπως σε δείγματα που πάρθηκαν βόρεια της Νέας Σάντας προς Κέχρο, ο δευτερογενής αλβίτης γίνεται κυρίαρχο συστατικό του πετρώματος. Αναπτύσσεται σε διαυγείς κρυστάλλους με απλή διδυμία μεγέθους μέχρι 1mm.

2. Διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι

Διακρίνονται ανάλογα με τη χημική σύσταση του πετρώματος, επιδοτικοί-διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι και γρανατούχοι-διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι. Συχνά κυριαρχεί στα πετρώματα αυτά ο βιοτίτης έναντι του μοσχοβίτη. Δευτερογενής πρασινοπός βιοτίτης αναπτύσσεται, σε ορισμένες περιπτώσεις, είτε σε αντικατάσταση του μοσχοβίτη είτε του πρωτογενή καφέ βιοτίτη. Ο γρανάτης, όχι σπάνια, μετατρέπεται σε χλωρίτη ή χλωρίτη+πράσινο βιοτίτη.

3. Γρανατούχοι-χλωριτοειδιτικοί-σταυρολιθικοί σχιστόλιθοι

Οι θέσεις στις οποίες εντοπίστηκαν χλωριτοειδιτικοί-σταυρολιθικοί σχιστόλιθοι δίνονται στο σχήμα 2. Αποτελούν πλούσια σε αργίλιο μεταπηλιτικά πετρώματα τα οποία παρεμβάλλονται μεταξύ γρανατούχων διμαρμαρυγιακών σχιστολίθων ή διμαρμαρυγιακών γνευσίων. Στις περιοχές Φλάμπουρο-Μυρτίσκη-Βυρσίνη και Άνω Καμπή κάθονται επάνω από το σερπεντινίτη.

Διαπιστώθηκαν οι εξής ορυκτολογικές παραγενέσεις:

- α) γρανάτης-χλωριτοειδές-μοσχοβίτης-χλωρίτης+παραγονίτης-χαλαζίας
- β) γρανάτης-χλωριτοειδές-σταυρόλιθος-μοσχοβίτης-χλωρίτης-βιοτίτης+παραγονίτης-χαλαζίας
- γ) γρανάτης-σταυρόλιθος-μοσχοβίτης-βιοτίτης-χλωρίτης-πλαγιόκλαστο-χαλαζίας.

Οι παραγενέσεις αυτές επέτρεψαν τη χαρτογράφηση της ισόθερμης καμπύλης +σταυρόλιθος (σχήμα 2) και το διαχωρισμό της ζώνης "γρανάτη" από τη ζώνη "σταυρόλιθος+χλωριτοειδές".

Οι γρανάτες αναπτύσσονται στα πετρώματα αυτά κυρίως ως πορφυροβλάστες και παρουσιάζουν συχνά πολυάριθμα εγκλείσματα χαλαζία, ρουτιλίου και όχι σπάνια χλωριτοειδούς. Σιγμοειδής διάταξη εγκλεισμάτων χαλαζία τεκμηριώνει την συντεκτονική βλάστηση του γρανάτη. Ο βιοτίτης σχηματίζεται στα πετρώματα αυτά στη ζώνη του σταυρόλιθου μετά το γρανάτη.

4. Κεροστίλβικοί σχιστόλιθοι-αμφιβολίτες

Τα πετρώματα αυτά είναι σχετικά περιορισμένα. Αποτελούν μεμονομένες διαστρώσεις ή μικρές διεισδύσεις μεταδιαβασικών και μεταγαββροϊκών σωμάτων. Σχετική ανάπτυξη παρουσιάζουν επάνω από το υπερμαφικό σώμα δυτικά της Μυρτίσκης κάτω από γρανατούχους-σταυρολιθικούς-διμαρμαρυγιακούς σχιστολίθους. Στα αμφιβολιτικά αυτά πετρώματα διαπιστώθηκαν και λεπτές διαστρώσεις χαλαζιτών.

Παρουσιάζουν τις εξής ορυκτολογικές παραγενέσεις:

- α) κεροστίλβη-πλαγιόκλαστο-επίδοτο-χλωρίτης-χαλαζίας+γρανάτης+μοσχοβίτης+παραγονίτης
- β) κεροστίλβη-πλαγιόκλαστο-επίδοτο-χαλαζίας+βιοτίτη+γρανάτης
- γ) κεροστίλβη-πλαγιόκλαστο-επίδοτο-χαλαζίας-χλωρίτης-γρανάτης.

Ο χλωρίτης διατηρείται σταθερός στα αμφιβολιτικά πετρώματα της ενότητας αυτής μέχρι και τη ζώνη "σταυρόλιθου-χλωριτοειδούς".

Οι αμφίβολοι στη λεπτή τομή έχουν χρώμα μπλέ-πράσινο. Συχνά παρουσιάζουν ζωνώδη κατασκευή με άχρωμο πυρήνα και μπλέ-πράσινο περιθώριο. Μικροαναλύσεις σε διάφορα δείγματα έδειξαν ότι ο πυρήνας είναι τρεμολίτης ή ακτινόλιθος με γλαυκοφανιτικό μόριο κυμαινόμενο μεταξύ 5-12% και μόριο Fe-Mg-ούχου αμφιβόλου μεταξύ 10-20%. Τα μπλέ-πράσινα περιθώρια είναι μαγνησιούχος κεροστίλβη ή τσερμακιτική κεροστίλβη με γλαυκοφανιτικό μόριο

κυμαινόμενο μεταξύ 11-21% και μόριο Fe-Mg-ούχου αμφιβόλου από 0-4%. Η ζώνωση αυτή δείχνει ότι ο τρεμολιθικός-ακτινολιθικός πυρήνας και η κεροστίλβη δεν βρίσκονται σε αμοιβαία ισορροπία και ότι ο τρεμολίτης-ακτινολίθος αντιπροσωπεύει υπολείμματα προηγούμενης χαμηλότερου βαθμού μεταμόρφωσης (ακτινολιθική-πρασινοςχιστολιθική φάση) στα πλαίσια ενός σταδιακά αυξανόμενου βαθμού μεταμόρφωσης. Στην περιοχή Χαράκωμα στο δρόμο προς Μέγα Δέρειο, μικρό σώμα βιοτιτικού γάββρου μετατράπηκε στον πυρήνα του σε γρανατούχο-τρεμολιθικό πέτρωμα. Ο τρεμολίτης περιέχει στο δομικό του τύπο γλαυκοφανιτικό μόριο μεταξύ 18-29% (Na_{M4} 0,403-0,583). Ο γρανάτης περιέχει 51% αλμανδίνη, 29% πυροπό, 18% γροσσουλάριο και 1,6% σπεςσαρτίνη.

Σε γρανατούχο αμφιβολίτη στη ζώνη "σταυρόλιθου-χλωριτοειδούς" σχηματίστηκε ομφακίτης με ποσοστό ιαδεΐτη κυμαινόμενο μεταξύ 26-30% και ακμίτη μεταξύ 2-10%.

Σε διάφορες θέσεις διαπιστώθηκε μετατροπή του γρανάτη σε δευτερογενές επίδοτο, πράσινο βιοτίτη και χλωρίτη.

Με βάση τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι η ενότητα που υπέρκειται του υπερμαφικού σώματος της Οργάνης-Μυρτίσκης-Χλώης μεταμορφώθηκε στο νοτιοανατολικό της τμήμα κάτω από τις συνθήκες της ζώνης "γρανάτη" και στο βορειοδυτικό της τμήμα στην κατώτερη αμφιβολιτική φάση χωρίς να περάσει τις συνθήκες σταθερότητας του χλωριτοειδούς+χαλαζία. Για πιέσεις μεταξύ 5 και 8 Kb οι θερμοκρασίες ήταν αντίστοιχα μικρότερες των 560 και 580°C (GANGULY 1969), γεγονός που ενισχύεται και από την παρουσία χλωρίτη στα αμφιβολιτικά πετρώματα, η εξαφάνιση του οποίου τοποθετείται από τους MOODY et al. (1983) μεταξύ 560-570°C. Αργιλόπυριτικά ορυκτά που θα μπορούσαν να ληφθούν ως σχετικοί δείκτες πιέσεων δεν βρέθηκαν στην ενότητα αυτή. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τον σχηματισμό σχετικά πλούσιου σε πυροπό γρανάτη σε μεταγαββροϊκό σώμα, την σχετικά αυξημένη περιεκτικότητα του γλαυκοφανιτικού μορίου σε σχέση με το εδενιτικό μόριο σε κλινοαμφιβόλους καθώς και το σχηματισμό ομφακίτη σε αμφιβολιτικό πέτρωμα μπορούμε να δεχθούμε ότι ο τύπος της μεταμόρφωσης ήταν τουλάχιστον μεσαίων πιέσεων.

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΡΟΔΩΠΗΣ

Ανατολικά της εφίπλευσης Μικρού Δερείου-Κοτρωνιάς επανεμφανίζονται τα κατώτερα τμήματα της ανατολικής Ροδῆπης (αντίστοι-

χα με εκείνα της ενότητας Σμιγάδας-Κύμης), σε μεγαλύτερη έκταση και με μεγαλύτερη ποικιλία πετρωμάτων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της ενότητας αυτής αποτελούν τα σώματα των μοσχοβιτικών κυρίως πηγματιτών τα οποία διαπερνούν γνεύσιους-αμφιβολίτες-μάρμαρα καθώς και μιά ποικιλία ορθοπετρωμάτων όπως γρανιτογνεύσιους μεταδιωρίτες (γρανατούχοι-αμφιβολιτικοί γνεύσιοι) κ.α.

Στην περιοχή Σιδηρώ και Μαυροκκλησί διαπιστώθηκαν σε γρανατούχους-αμφιβολίτες παραγένεσεις αντίστοιχες με εκείνες που εμφανίζονται σε ανάλογα πετρώματα της ενότητας Σμιγάδας-Κύμης, δηλαδή γρανάτης-κεροστίλβη-κλινοपुरόξενος-κλινοζωΐσίτη-πλαγιόκλαστο-χαλαζία. Στη Σιδηρώ οι κλινοपुरόξενοι σχηματίζουν συμπλεκτικές υφές με πλαγιόκλαστα. Προσανατολισμένες συμφύσεις μεταξύ κερροστίλβης και κλινοζωΐσίτη είναι επίσης σύνθητες φαινόμενο. Η συμμετοχή του ιαδεΐτη στους κλινοपुरόξενους (9-10%) ταυτίζεται με εκείνη των κλινοपुरόξένων της ενότητας Σμιγάδας-Κύμης.

Μεταξύ Σιδηρώ και Κυριακής εντοπίστηκε σε γρανατούχο-διμαρμαρυγιακό γνεύσιο η παραγένεση σταυρόλιθος+κυανίτης (σχήμα 2). Σε διαστρώσεις μαρμάρων διαπιστώθηκε διοψίδιος+ασβεστίτης.

Τα υπερμαφικά σώματα Δαδιάς-Σουφλίου τα οποία μελετήθηκαν από το ΜΑΡΑΤΟ (1960) περιβάλλονται από μεταγάβρους και μεταβασάλτες. Στην περιοχή Δαδιάς ο σερπεντινίτης καλύπτεται από γνεύσιους-γρανατούχους διμαρμαρυγιακούς σχιστολίθους και αμφιβολίτες. Τα πετρώματα αυτά δεν διαπερνώνται από πηγματιτικά σώματα. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν αντίστοιχους σχηματισμούς με εκείνους που καλύπτουν το μεγάλο σερπεντινικό σώμα της Οργάνης-Μυρτίσκης-Χλώης.

ΦΥΛΛΙΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ, Η ΣΕΙΡΑ ΜΑΚΡΗΣ

Η φυλλιτική σειρά ή σειρά Μάκρης εμφανίζεται σε πολλές περιοχές της ανατολικής Ροδόπης (σχήμα 1) να υπέρκειται τεκτονικά του κρυσταλλικού υποβάθρου με τα ανώτερα μέλη της τα οποία αποτελούν οι πρασινοσχιστόλιθοι ή με τα κατώτερα μέλη της τα οποία αποτελούν τα μάρμαρα και οι ασβεστιτικοί φυλλίτες.

Η ηλικία της φυλλιτικής σειράς αρχίζει σύμφωνα με τους ΜΑΡΑΤΟ και ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟ (1964) από το Τριαδικό.

Ο βαθμός μεταμόρφωσης της φυλλιτικής σειράς χαρακτηρίζεται από τις συνθήκες της κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης (ζώνη χλωρίτη) και τεκμηριώνεται από την παραγένεση χλωρίτης-επίδοτο+ακτινόλιθος-αλβίτης-χαλαζίας σε μεταβασίτες και την απουσία του βιοτίτη στους φυλλίτες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα πετρολογικά και γεωλογικά στοιχεία που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια συμπεραίνονται τα ακόλουθα:

1. Το γεωτεκτονικό όριο της ανατολικής Ροδόπης ορίζεται από την επωθητική γραμμή Κύμης-Καρδάμου-Δρύμης-Παντέρμων-Πανδρόσου (σχήμα 1). Η ανατολική Ροδόπη είναι επωθημένη στη σειρά εναλλαγών μαρμάρων-αμφιβολιτών-γνευσίων του ανατολικού τμήματος της κεντρικής Ροδόπης.
2. Το ανατολικό τμήμα της κεντρικής Ροδόπης που εκτείνεται βορειοανατολικά της Κομοτηνής έχει υποστεί μεταμόρφωση μεσαίων πιέσεων σε συνθήκες κατώτερης αμφιβολιτικής (ζώνη Ολιγοκλάστου) μέχρι μέσης αμφιβολιτικής φάσης (ζώνη σταυρόλιθου-κυανίτη).
3. Στην ανατολική Ροδόπη οι κατώτεροι σχηματισμοί (ενόθητά Σμιγάδας-Κύμης στο δυτικό τμήμα, αντίστοιχοι σχηματισμοί ανατολικά της εφίππευσης Μικρού Δερείου-Κοτρωνιάς καθώς και στο χώρο δυτικά της Λεπτοκαρυάς) υπέστησαν μεταμόρφωση τύπου Barrow σε συνθήκες μέσης αμφιβολιτικής φάσης. Οι σχηματισμοί αυτοί διαπερνώνονται από πηγματιτικά σώματα μοσχοβιτικών κυρίως πηγματιτών των οποίων η γένεση συνδέεται με το βαθμό μεταμόρφωσης των σχηματισμών αυτών.
4. Η υπερκείμενη του υπερμαφικού σώματος Οργάνης-Μυρτίσκης-Χλώης ενότητα μεταμορφώθηκε στο ΝΑ τμήμα της κάτω από της συνθήκες της ζώνης "γρανάτη" και στο ΒΔ τμήμα της κάτω από τις συνθήκες της ζώνης "σταυρόλιθος+χλωριτοειδές".
5. Σε όλες τις ενότητες της ανατολικής Ροδόπης διαπιστώθηκε ανάδρομη μεταμόρφωση η οποία τεκμηριώνεται κατεξοχή με τη μετατροπή του γρανάτη σε πράσινο βιοτίτη σε διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους και αμφιβολίτες και το σχηματισμό του αλβίτη σε λευκοκρατικούς κυρίως γνεύσιους. Ο βαθμός της μεταμόρφωσης αυτής χαρακτηρίζεται από τις συνθήκες της ζώνης "βιοτίτη" της πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Αν δεχθούμε ότι η μεταμόρφωση της φυλλιτικής σειράς ταυτίζεται χρονικά με την ανάδρομη μεταμόρφωση του κρυσταλλικού υποβάθρου, ο βαθμός της μεταμόρφωσης αυτής εξελίσσεται προοδευτικά από την κατώτερη πρασινοσχιστολιθική φάση (ζώνη χλωρίτη) στη φυλλιτική σειρά, μέχρι τη μέση πρασινοσχιστολιθική φάση (ζώνη βιοτίτη) στο υποκείμενο κρυσταλλικό υπόβαθρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CERNY, P., 1982: Anatomy and classification of granitic pegmatites. Mineral.Assoc.Canada Short Course Handbook 8, 1-39.
- ΔΗΜΑΔΗΣ, Ε., 1986: Γεωλογικός χάρτης 1:50.000 φύλλο Εχίνος. Ι.Γ.Μ.Ε. (υπό εκτύπωση).
- ΔΗΜΑΔΗΣ, Ε., 1986: Γεωλογικός χάρτης 1:5.000 φύλλο 'Ιασμος. Ι.Γ.Μ.Ε. (υπό εκτύπωση).
- GANGULY, 1969: Chloritoid stability and related parageneses: Theory, experiments, and applications. Am.J.Sci. 267, 910-944.
- KRONBERG, P., 1966: Petrographie und Tektonik in Rhodopen-Kristallin des Tsal Dag, Simvolon und Pangaeon (Griechisch-Mazedonien). Geot. Forsch. 31-1-49.
- KRONBERG, P., MEYER, W. und PILGER, A., 1970: Geologie der Rila-Rhodope-Masse zwischen Strimon und Nestos (Nord Griechenland). Hanover, Beih. Geol. J.B. 88.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ., 1960: Οι οφειόλιθοι περιοχής Σουφλίου. Γεωλ.Γεωφ. Μελ. Ι.Γ.Ε.Υ. VI, 2, 83-176.
- ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ., ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β., 1964: Συμβολή εις τον προσδιορισμό της ηλικίας ορίζοντος του κρυσταλλοσχιστώδους της Ροδόπης. Δελ.Ελ.Γεωλ.Ετ. VI, 25-35.
- MOODY, J., MEYER, D. and JENKINS, J., 1983: Experimental characterization of the greenschist/amphibolite boundary in mafic systems. Am.J.Sc. 283, 48-92.
- ΜΠΟΣΚΟΣ, Ε., ΔΗΜΑΔΗΣ, Ε. και ΠΕΡΔΙΚΑΤΗΣ, Β., 1986: Γεωλογική δομή και πετρολογία του μεταμορφωμένου συστήματος της Ροδόπης μεταξύ Εάνθης-Ιάσμου και ελληνοβουλγαρικών συνόρων. 3^ο Επ.Συνέδριο Ε.Γ.Ε. (υπό δημοσίευση).
- PAPANIKOLAOU, D. and PANAGOPOULOS, A., 1981: On the structure style of Southern Rhodope, Greece. Geol.Balcanica 11, 3, 13-22.
- WINKLER (1967): Die Genese der Metamorphen Gesteine. Springer-Verlag Berlin-Hedelberg-New York.
- ZACHOS, S., DIMADIS, E., 1983: The geotectonic position of the Skaloti-Echinos granite and its relationship to the metamorphic formations of Greek Western and Central Rhodope. Geol. Balc. 13, 5, 17-24.