

Πολυμεταμορφική και γεωδυναμική εξέλιξη των σχηματισμών της Νήσου Λέρου (Δωδεκάνησος)

Η. ΓΕΡΟΥΜΑΤΟΣ¹, Φ. ΜΑΥΡΙΔΟΥ² και Α. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η νήσος Λέρος, τμήμα της Δωδεκανήσου δομείται, εκτός από τους μη μεταμορφωμένους και σχετικά μεγάλης έκτασης μολασσικούς σχηματισμούς και από μια πολυμορφία λιθοτύπων, οι οποίοι έρχονται σε επαφή με μια σύνθετη καλυμματική δομή. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι βαρίσκιας και αλπικής ηλικίας και ανήκουν στο ενδιάμεσο μεταμορφικό πεδίο των "Ελληνίδων". Έχουν υποστεί δε από κοινού την αλπική μεταμόρφωση του πεδίου αυτού, η οποία διέρχεται από τα στάδια των υψηλών πιέσεων-χαμηλών θερμοκρασιών και πιθανόν φθάνει στο στάδιο μιας ανάδρομης μεταμόρφωσης μέσω μιας barrow-τύπου μεταμόρφωσης. Το τελευταίο στάδιο της μεταμόρφωσης συνδέεται με την έντονη παρουσία υδροθερμικών διαλυμάτων. Τα διαλύματα αυτά επηρεάζουν τόσο τους μεταμορφωμένους, όσο και τους μολασσικούς σχηματισμούς σε χώρους όπου διέρχονται τεκτονικές αουνέχειες εφελκυστικού χαρακτήρα.

Οι βαρίσκιοι σχηματισμοί της νήσου Λέρου έχουν υποστεί επιπρόσθετα μια παλαιότερη μεταμόρφωση, η οποία εκφράζεται κατά κύριο λόγο με χαρακτηρισές μεταμόρφωσης τύπου barrow. Σε αντίθεση με την αλπική μεταμόρφωση, η οποία είναι κοινή τόσο για τους αλπικούς όσο και για τους βαρίσκιους σχηματισμούς, το στάδιο των υψηλών πιέσεων της βαρίσκιας μεταμόρφωσης εμφανίζεται μόνο μέσω μερικών εκλογιτικών λειψάνων.

Η παρουσία μεταφαισιτιτών "δυσδικού" γεωτεκτονικού περιβάλλοντος στη νήσο ερμηνεύεται με τη συνύπαρξη αντίστοιχων μη μεταμορφωμένων αλπικών σχηματισμών και σχηματισμών υποβάθρου, οι οποίοι μεταμορφώθηκαν από κοινού κατά τη διάρκεια του μεταμορφικού κύκλου στο ενδιάμεσο μεταμορφικό πεδίο των "Ελληνίδων". Επιπρόσθετα το γεγονός αυτό ερμηνεύει την παρουσία μεταφαισιτιτών, διαφορετικού γεωτεκτονικού περιβάλλοντος στα μεταμορφικά πεδία όλου του αλπικού τόξου.

ABSTRACT

Leros island -a part of Dodecanese- is consists, in addition to the comparatively extensive non-metamorphic molassic formations, of a multiformity of lithotypes, which come in contact with a complex nape-structure. These formations are of variscian and of alpidic age and belong to the median metamorphic field of Hellenides. They have also both jointly undergone the alpidic metamorphose of this field, which goes through the stages of high pressures-low temperatures and possibly reaches the stage of retrograde metamorphose through a barrow-type metamorphosis.

The last stage of metamorphose is associated with the intense presence of hydrothermal solutions.

* *Polymetamorphic and geodynamic evolution of the formations of the Leros Island (Dodecanese)*

¹ former I.G.M.E., EYDAP, 29 Ilision & Laodikias street, GR15771-Athens

² I.G.M.E., 70 Messoghion street, GR11527-Athens

³ M.I.R.T., 80 Michalakopoulou street, GR10192-Athens

These solutions affect as much the metamorphic as the molassic formations in places where tectonic discontinuities of tensional character pass.

The variscian formations have undergone additionally an older metamorphose, which is expressed mainly by features of barrow-type metamorphose. Contrary to the alpidic metamorphose, which is common both to alpidic and to variscan formations, the high-pressure stage of the variscian metamorphose is occurred as a few eclogitic relicts.

The presence of metavolcanics of "bimodal" geotectonic environment in the island is explained by the coexistence of equivalent non-metamorphosed alpidic formations and basement formations, which have been metamorphosed jointly during the metamorphic cycle in the median metamorphic field of "Hellenides". This fact explains additionally the presence of metavolcanics, of a different geotectonic environment, in the metamorphic fields of the whole alpine-arc.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νήσος Λέρος βρίσκεται στον ανατολικό χώρο του Αιγαίου, οι δε σχηματισμοί της, όσον αφορά τον τύπο και την ηλικία της μεταμόρφωσής τους ανήκουν γεωτεκτονικά στο ενδιάμεσο μεταμορφικό πεδίο των "Ελληνίδων" (median metamorphic belt/PAPANIKOLAOU 1984). Οι σχηματισμοί της νήσου Λέρου παρουσιάζουν μεγάλες ομοιότητες με αυτούς των μικρών γειτονικών νήσων, οι οποίες αποτελούν ένα μικρό σύμπλεγμα με ΒΒΔ-διευθέτηση. Οι νήσοι αυτοί είναι η Θύμεια, οι Φούρνοι, το Αγαθονήσι, οι Αρκοί, οι Λειψοί, η Κάλυμνος και Ψέριμνος. Σε αυτές θα πρέπει να προστεθούν ο Κίναρος και η Λεβίθα, που βρίσκονται δυτικότερα του συμπλέγματος. Ομοιότητες εμφανίζονται επιπρόσθετα και με τις νήσους Σάμος και Ικαρία. Η διαφορά με τις δύο αυτές νήσους οφείλεται στη μεγαλύτερη ένταση της μεταμόρφωσης των σχηματισμών τους, που έχει ως συνέπεια την εξάλειψη των πρωτογενών χαρακτήρων των πετρωμάτων.

Η νήσος Λέρος δομείται από μια πολυμορφία λιθοτύπων, διαφορετικών γεωτεκτονικών κύκλων (βαρίσκιος, αλπικός, νεοαλπικός), των οποίων η λιθοστρωματογραφία και η μεταμόρφωση είναι ανάλογη αυτών της ανατολικής Κρήτης (FRANZ 1991).

Ο βαθμός μεταμόρφωσης του αλπικού ορογενετικού κύκλου των προμολασσοικών σχηματισμών της νήσου Λέρου και των γειτονικών της νήσων είναι χαμηλός (KATAGAS 1975, FRANZ 1991). Τούτο επιτρέπει την προσέγγιση προσδιορισμού και τη διαφοροποίηση των αντίστοι-

χων μεταμορφικών διεργασιών βαρίσκιας και αλπικής ηλικίας.

Η έρευνα αυτή, η οποία έγινε στα πλαίσια της γεωλογικής χαρτογράφησης της νήσου Λέρου σε κλίμακα 1:50000, τα αποτελέσματα της οποίας οδηγούν σε συμπεράσματα, τα οποία δεν έχουν τοπικό χαρακτήρα. Επιπρόσθετα δίνουν λύσεις σε χρονίζοντα γεωλογικά προβλήματα όλου του αλπικού τόξου. Έτσι λοιπόν τα στοιχεία της μελέτης αυτής, συμπεριλαμβανομένων των τεκτονικών, οδηγούν στη δημιουργία μοντέλου ικανού να εξηγήσει την κατά τόπους εμφανιζόμενη "δυσαιδική" ηφαιστειότητα στο αλπικό τόξο και τη συμμεταμορφική σχέση και εξέλιξη βαρίσκιων και αλπικών σχηματισμών στα μεταμορφικά πεδία των "Ελληνίδων" καθώς επίσης και του ευρύτερου αλπικού τόξου.

2. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Οι πρώτες αλλά και λεπτομερείς λιθοστρωματογραφικές μελέτες στη νήσο Λέρο προέρχονται από τους DESIO (1931) και KATAGAS (1975) με τους αντίστοιχους γεωλογικούς χάρτες. Η αναφορά στις υπάρχουσες ονομασίες ή και η εισαγωγή νέων ονομάτων για τις διαφορετικές ενότητες (σχηματισμός "Καμάρες", ενότητες "Τεμένια", "Γούρνας", "Μαρίνας", κρυσταλλοσχιστώδες του "Εμπόριο" και του "Πανόρμου" κ. ά.) της νήσου θα επέφερε επιπλέον σύγχυση στα υπάρχοντα γεωλογικά προβλήματα.

Στη νήσο Λέρο εμφανίζεται μια σύνθετη καλυμματική δομή (DáRR 1975), στην οποία συμμε-

τέχουν εκτός των νεότερων μη μεταμορφωμένων μολασσικών πετρωμάτων του Μειοκαινού και Πλειοκαινού, τρεις κύριες λιθολογικές, συγχρόως και τεκτονικές ενότητες (Εικ. 1). Οι ενότητες αυτές χωρίζονται με βάση στρωματογραφικά, λιθολογικά, τεκτονικά και μεταμορφικά κριτήρια.

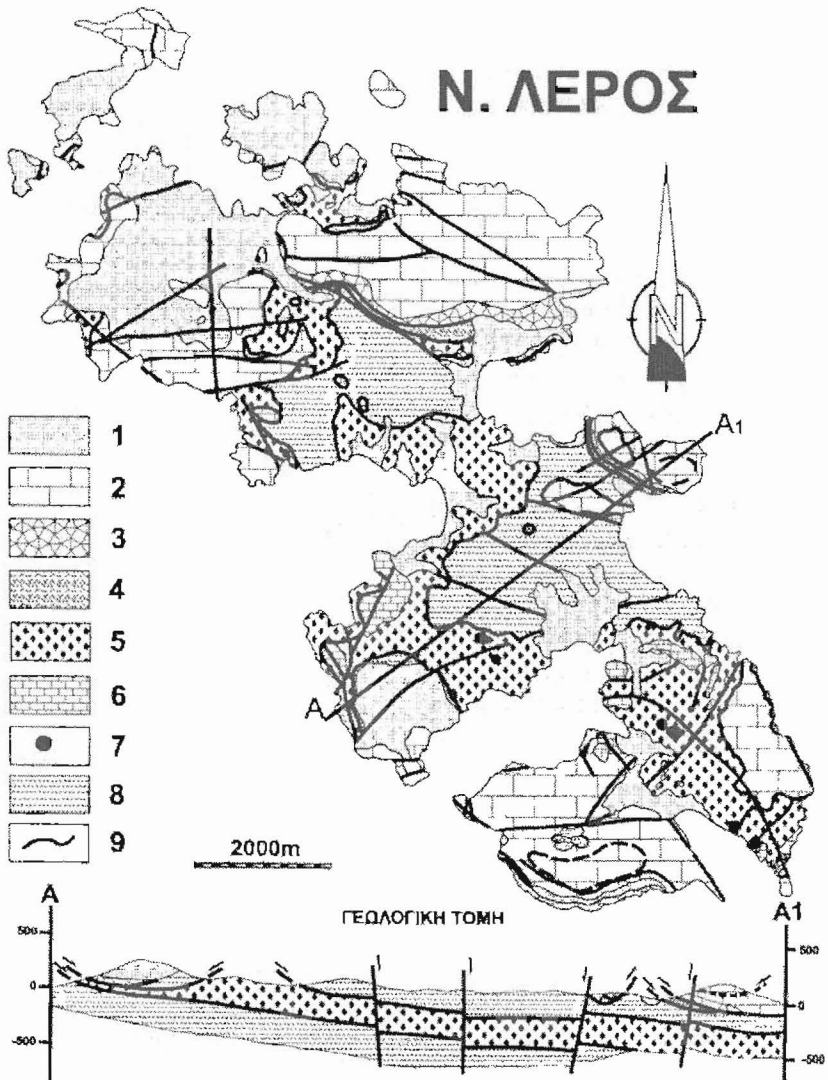
- Η ανώτερη ημιμεταμορφωμένη τεκτονική ενότητα αντιπροσωπεύεται από μεσοϊουρασικά ως μέσο- ανωτριάδικα ανθρακικά πετρώματα, τα οποία μεταβαίνουν προς τους κατώτερους κλαστικούς-ημικλαστικούς σχηματισμούς -τριαδικής ηλικίας- μέσω μιας μεταβατικής ζώνης, που τη χαρακτηρίζουν έντονα παραμορφωτικά φαινόμενα και δευτερογενείς φυσικοχημικές μεταβολές. Οι κυρίως κλαστικοί σχηματισμοί της ενότητας αυτής, αποτελούμενοι από μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες και μετακροκαλοπαγή ομοιάζουν ως προς το χρώμα και τη λιθοφύση με το αλπικό Verrucano (DESIO 1931). Η επαφή των πετρωμάτων της ενότητας αυτής με αυτά της υποκείμενης είναι τεκτονική.
- Η στρωματογραφικά κατώτερη ενότητα αντιπροσωπεύεται από πετρώματα, τα οποία έχουν υποστεί μεταμόρφωση ανώτερης πρασινοσχιστολιθικής - κατώτερης αμφιβολιτικής φάσεως (KATAGAS 1975, 1980, FRANZ 1991, FRANZ et al. 1990), κατά τη διάρκεια του βαρίσκου ορογενετικού κύκλου (SEIDEL et al. in FRANZ 1991). Στην ενότητα αυτή συμμετέχουν εναλλαγές διμαρμαρυγιακών σχιστολίθων, γρανιτικών-μαρμαρυγιακών σχιστολίθων με κυανίτη, μοσχοβιτικών-γρανιτικών σχιστολίθων, γενευσίων, αμφιβολιτικών-χλωριτικών σχιστολίθων, συμπαγών ή σχιστοποιημένων αμφιβολιτικών γενευσίων και ανθρακικών πετρωμάτων με τη μορφή φακών μαρμάρου ή ασβεστοσχιστολίθων. Οι πλέον ενδιαφέρουσες μορφές των αμφιβολιτικών σωματίων είναι οι φακοειδείς, κυρίως μικρού μεγέθους, στις οποίες το πέτρωμα είναι έντονα συμπαγές με ιστό χωρίς ιδιαίτερο προσανατολισμό. Με βάση τη γεωχημική ανάλυση

των αμφιβολιτών του βαρίσκου της νήσου Λέρου, τα πετρώματα αυτά κατατάσσονται στους θολεϊτικούς, υποαλκαλικούς βασάλτες. Το γεωτεκτονικό τους περιβάλλον αντιστοιχεί σε ενδοηπειρωτικό, ιδιαίτερα δε μεσοωκεάνιο χώρο (FRANZ 1991).

- Η τεκτονικά κατώτερη ενότητα (στο δυτικό μέρος της περιοχής, που βρίσκεται μεταξύ των όρμων Λακκίου και Γούρνας, κατέχει δε ενδιάμεση θέση) αποτελείται κατά κανόνα από πυκνές εναλλαγές μεταψαμμιτών,
- μεταπηλιτών, συμπαγών χαλαζιτών, μικρών οριζόντων ή φακών κροκαλοπαγών, χαλαζιακών-μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και κρυσταλλικών ανθρακικών πετρωμάτων. Λιγότερο συχνή είναι η παρουσία μικρών μεταψαισειακών σωματίων ενδιάμεσης βασικότητας. Η χημική ανάλυση των πετρωμάτων αυτών σε ορισμένα ιχνοστοιχεία (Πίν. 1) τα διαφοροποιεί γεωτεκτονικά από τους μεταβασάλτες του βαρίσκου. Με βάση τα διαγράμματα των PEARCE (1982) και SHERVAIS (1982) κατατάσσονται τα πετρώματα αυτά στους βασάλτες νησιωτικού τόξου, ασβεσταλκαλικής σύστασης (Εικ. 2, 3, & 4). Τα πετρώματα αυτά αναφέρονται από τους KATAGAS (1980) και FRANZ (1991) σαν "πρασινίτες".

Τα στοιχεία αυτά επιτρέπουν περισσότερο τον παραλληλισμό των σχηματισμών της νήσου Λέρου με αυτούς της ανατολικής Κρήτης. Αυτό δε σημαίνει ότι οι σχηματισμοί και από τις δύο περιοχές ανήκουν στον ίδιο παλαιογεωγραφικό χώρο.

Η ηλικία των σχηματισμών της ενότητας αυτής δεν είναι πλήρως ορισμένη. Ο REICHEL (in ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1965) προσδιόρισε τα απολιθώματα *Mizzia* και *Tetrataxis sp.* σε ανθρακικά πετρώματα της ενότητας αυτής, οι δε WACHENDORF & GRALLA (1983) αναγνώρισαν στα ίδια πετρώματα ασβεστοφύκη, τα οποία επιτρέπουν την τοποθέτηση των πετρωμάτων αυτών στο Λιθανθρακοπέριμο. Νεότερα παλαιοντολογικά ευρήματα σ'αυτά τα ανθρακικά πετρώματα, όπως



Εικ. 1. Γεωλογικός Χάρτης της νήσου Λέρου και γεωλογική τομή A-A1

1. Προαλπικοί σχηματισμοί (νεογενή και τετορτογενή, 2-7. Αλπικοί σχηματισμοί, συμμετέχουν μεσозωικά ανθρακικά και ανώπαλαιοζωικά πετρώματα με ποικιλία λιθοτύπων (2. Τριαδικά και ιουραϊκά ανθρακικά πετρώματα, 3. Τριαδικοί δολομίτες και δολομιτικοί οοβεστούλιθοι, 4. Σχηματισμός μεταβατικής ζώνης κάτω τριαδικής - άνω περμικής ηλικίας, 5. Ημιμεταμορφωμένα πετρώματα, άνω παλαιοζωικής ηλικίας, τα οποία αποτελούνται από φυλλίτες μεταψαμμίτες, μετακροκαλοπαγή σε εναλλαγές με 6. Οριζόντες και φακούς ονθρακικών πετρωμάτων καθώς δε με 7. Μικρά σώματα μεταψαισιτιτών, ενδιάμεσης βασικότητας), 8. Βαρίσκια μεταμορφωμένα πετρώματα, στα οποία συμμετέχουν σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες και μικροί φακοί μαρμάρων και ασβεστοσχιστολιθών. 9. Τεκτονική επαφή.

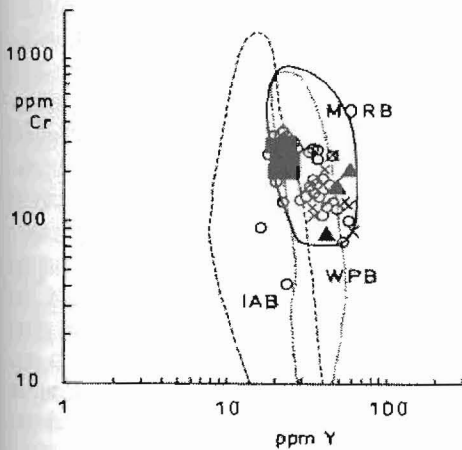
Fig. 1. Geological map of Leros island and geological cross section A-A1

Πίνακας 1. Γεωχημικές ονολύσεις*** μεταφαιοιτιτών της νήσου Λέρου. Οι τρεις πρώτες ονολύσεις οντιστοιχούν σε αμφιβολίτες του βαριοκίου και οι υπόλοιπες σε ηφιστίτες αλπικής ηλικίας.

Table 1. Geochemical analysis of metavolcanics rocks of the Leros island. The three first analyses correspond to the variscian amphibolites and the rest to the volcanics of the alpine age.

Nr	Zr	Nb	Y	Sr	U	Rb	Th	Pb	Ga	Zn	Cu	Ni	Co	Fe ₂ O ₃	Cr	V	TiO ₂	Ba
	*	*	*	*	*	*	*	**	*	**	**	*	*	**	*	*	**	*
128	168	5	55	641	2	1	3	0.0000	12	0.0124	0.0671	98	51	13.7116	197	404	2.1249	110
159	119	3	45	142	1	15	1	0.0024	14	0.0070	0.0047	48	39	12.0400	165	423	1.7233	134
174	197	57	29	487	1	1	5	0.0007	3	0.0058	0.0061	34	23	9.1270	81	132	2.0159	151
176	120	14	20	351	1	46	0	0.0009	18	0.0110	0.0034	66	41	13.6575	249	234	1.0155	431
219	120	13	19	406	3	32	3	0.0017	18	0.0110	0.0029	61	42	13.4330	229	216	0.8977	322
219A	118	14	21	401	1	30	1	0.0013	16	0.0114	0.0031	59	43	13.4050	225	238	0.9060	311
219B	116	13	20	511	1	28	1	0.0018	18	0.0109	0.0035	66	47	13.7743	235	225	0.8718	294
221	125	14	20	511	0	25	1	0.0033	19	0.0124	0.0039	79	50	13.9227	277	233	0.9002	291
221A	121	15	20	524	1	21	2	0.0014	19	0.0150	0.0097	69	42	13.3569	262	238	1.0425	269

* ppm, ** %, ***Οι αναλύσεις έγιναν στο Ι.Γ.Μ.Ε. με φασματόμετρο οκτίνων, τύπου SRS303AS της Siemens, από το Δρ. Β. Πετρίκοτα, τον οποίο θερμά ευχαρισούμε.

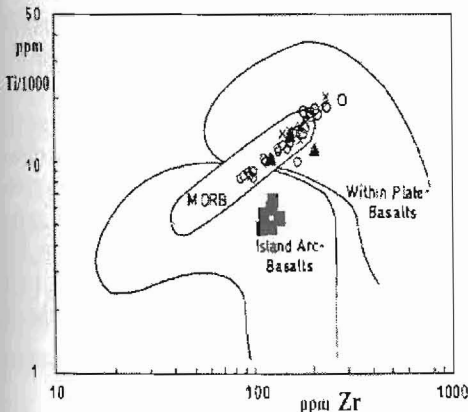


Εικ. 1. Διάγραμμα για τη διαφοροποίηση βασολτών μεσοκεάνιου ράχης (MORB), βασολτών νησιωτικού τόξου (IAB) και βασολτών ενδοπλακών (WPB) κατά PEARCE (1982).

(▲) Αμφιβολίτες βαριοκίου, (■) μεταφαιοιτίτες αλπικής ηλικίας της νήσου Λέρου. Τα υπόλοιπα σύμβολα αντιστοιχούν σε αμφιβολίτες βαριοκίου ηλικίας από τις νήσους Κρήτη, Κάλυμνο, Λέρο και Λειψό από FRANZ (1991).

Fig. 1. Diagram for the differentiation of mid-ocean ridges basalts (MORB), island-arc basalts (IAB) and interplate basalts (WPB) after PEARCE (1982).

(▲) Variscian amphibolites, (■) alpidic meta-volcanics of Leros island. The rest of the symbols correspond to variscian amphibolites from the Crete, Kalymnos, Leros and Lipsi islands after FRANZ (1991).

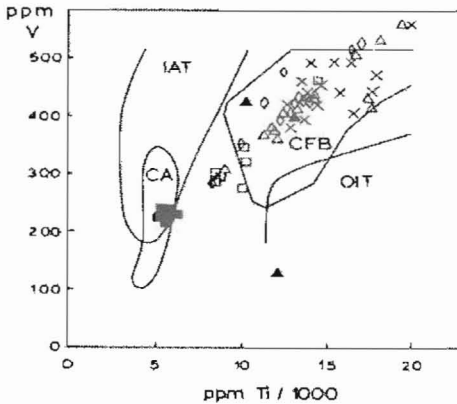


Εικ. 2. Διάγραμμα για τη διαφοροποίηση βασολτών μεσοκεάνιου ράχης (MORB), βασολτών νησιωτικού τόξου (IAB) και βασολτών ενδοπλακών (WPB) κατά PEARCE (1982).

Σύμβολα όπως στην Εικ. 1.

Fig. 2. Diagram for the differentiation of mid-ocean ridges basalts (MORB), island-arc basalts (IAB) and interplate basalts (WPB) after PEARCE (1982).

Symbols are the same as in the Fig. 1.



πετρωμάτων αυτών και έμμεσα των ηφισιτιτών με τους οποίους συνυπάρχουν.

3. ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ

3α. Βαρίσκια μεταμόρφωση

Τα σπουδαιότερα ορυκτά μεταμόρφωσης του βαρίσκιου ορογενετικού κύκλου είναι: γρανάτης, πλούσιος σε αλμανδίνη, μοσχοβίτης, κυανίτης, σταυρόλιθος και κεροστίλβη. Τα ορυκτά τόσο στα μεταιζήματα, όσο και στους μεταβασάλτες (αμφιβολίτες) χαρακτηρίζουν μια μεταμόρφωση τύπου *barrow*, κατώτερης αμφιβολιτικής φάσεως (KATAGAS 1975, 1980, FRANZ 1991, FRANZ et al. 1990). Για τους ίδιους συγγραφείς η αντίστοιχη μέγιστη πίεση δεν ξεπερνά τα 8 kb.

Ο ιδιαίτερος χημισμός των πυρήνων των γρανατών στους συμπαγείς αμφιβολιτικούς φακούς (πλουσιότεροι σε πυρωπό) και η συνύπαρξη ρουτιλίου-πιτανίτη, σε συνδυασμό με τον ιδιαίτερο χημισμό των αμφιβολιτών, είναι χαρακτηρισές εκλογιτικών λειψάνων (HELLMAN & GREEN 1979), που ανεβάζουν την πίεση πάνω από 15 kb. Τούτο σημαίνει ότι η αρχική μεταμόρφωση των σχηματισμών του βαρίσκιου είναι του τύπου των HP/LT. Ύπαρξη κορώνας στην περιφέρεια γρανατών από συμπαγή αμφιβολιτικά σώματα, αποτελούμενη από χαλαζία, αστρίους και κλινοζωισίτη, είναι από τα πλέον σημαντικά στοιχεία της αποδοχής μιας μεταμορφωτικής φάσεως του τύπου των HP/LT (RUBIE 1990) κατά τη διάρκεια του βαρίσκιου ορογενετικού κύκλου.

Εικ. 3. Διόγραμμα για τη διαφοροποίηση θολειτών νηιωτικού τόξου (IAT), ασβεσταλκαλικών βασαλτών (CA), ηπειρωτικών βασαλτών (CFB) και θολειτών ωκεάνιων νήσων (OIT) κατά SHERVAIS (1982).

Σύμβολα όπως στην Εικ. 1.

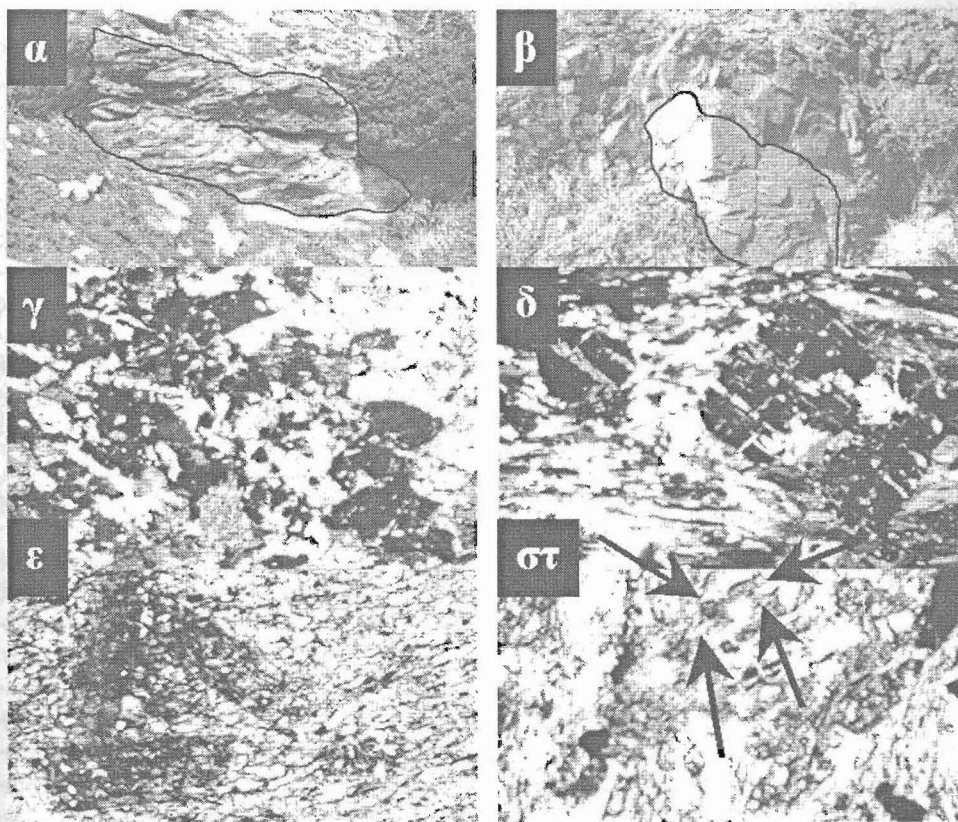
Fig. 3. Diagram for the differentiation of the island-arc tholeiites (IAT), calcalkalic basalts (CA), continental basalts (CFB) and oceanic island tholeiites (OIT) after SHERVAIS (1982).

Symbols are the same as in the Fig. 1.

3β. Αλπική μεταμόρφωση

Η αλπική μεταμόρφωση είναι αποτυπωμένη σε όλους τους μεταμορφωμένους σχηματισμούς της νήσου Λέρου. Τα σπουδαιότερα ορυκτά μεταμόρφωσης στα παραπετρώματα είναι χαλαζίας, πυροφυλλίτης, χλωριτωειδές και λευκός μαρμαρυγίας. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον εντοπίζεται όμως -όσον αφορά στην μεταμόρφωση- στα ορθοπετρώματα της νήσου. Στους ασβεσταλκαλικούς μεταηφαιστίτες απαντούν τα ορυκτά κροσσίτης, Mg-ριμπεκίτης, αλβίτης, λευκός μαρμαρυγίας, αραγονίτης, πουμεπελλυίτης και ορυκτά της ομάδας του επιδότου. Τα ορυκτά αυτά χαρακτηρίζουν την κύρια μεταμορφωτική φάση. Οι μεταηφαιστίτες αυτοί, όταν βρίσκονται μέσα σε τεκτονικές ζώνες αποτελούνται κυρίως από χλωρίτη συνοδευόμενο από χαλαζία, ακτινόλιθο, σερικίτη, ασβεστίτη και Ti-ούχα ορυκτά. Τα ορυκτά αυτά κατατάσσονται σε μια επόμενη φάση της κυρίας μεταμόρφωσης.

Τα στοιχεία της μεταμόρφωσης του αλπικού κύκλου είναι έντονα αποτυπωμένα στους αμφιβολίτες της νήσου και ταυτίζονται με τα ορυκτά μεταμόρφωσης των ασβεσταλκαλικών μεταηφαιστίτων. Η ανάπτυξη των κυανών αμφιβόλων στα αλπικά ορθοπετρώματα γίνεται χωρίς ιδιαίτερο προσανατολισμό. Αντίθετα τα ίδια ορυκτά στους αμφιβολίτες του βαρίσκιου αυξάνουν μμηρικά σε βάρος της κεροστίλβης σε μικρορηγματώσεις τόσο του πετρώματος, όσο και του ίδιου του παλαιού αμφιβόλου.



Φωτ. 1. Μακροσκοπικές (α & β) και μικροσκοπικές (γ, δ, ε & στ) φωτογραφίες από αριθμένους πετρολογικούς τύπους της νήσου Λέρου. α. Μικρό σώμα μεταφαιστίτη, αοβεσταλκαλικής ούστασης σε επαφή με άνω περιμικά ανθρακικά πετρώματα, β. Φακσειδής μορφή, συμπαγούς γρανатоφόρου ομφιβολίτη με λειψανο εκλογιτικής φάσεως, γ. Γρανатоφόρος ομφιβολίτης, στον οποίο εκτός από γρανάτες και ομφιβόλους συνυπάρχει ρουτιλίτου με τιτανίτη, δ. Γρανатоφόρος διμορμαρυγιακός σχιστόλιθος του βαριακίου, ε. Μεταψαμμίτης του νεοπαλαιοζωικού με την ανάπτυξη χλωριτοειδούς, στ. μετοηφαιστίτης του νεοπαλαιοζωικού. Κυανοί αμφιβολοί αναπτύσσονται σε βάρος ποιοτέρου ορυκτού, πιθανόν κερστίλβης ηφαιστειακής προέλευσης.

Phot. 1. Various lithological (α & β) and microscopical details (γ, δ, ε & στ) on Leros island. α. Calc-alkaline metavolcanic body in contact with Upper Permian carbonates. β. Lens-like garnet-bearing amphibolite with eclogitic facies relics. γ. Garnet-bearing amphibolite coexisted with rutile and titanite. δ. Variscan garnet-bearing micaschist. ε. Neo-Palaeozoic metasandstone with chloritoid development. στ. Neo-Palaeozoic metavolcanic rock where blue amphiboles are developed at the expense of volcanic-originated hornblende.

Ο αραγονίτης δεν εμφανίζεται μόνο στη νήσο Αρκοί (FRANZ & OKRUSCH 1992), αλλά και στη νήσο Λέρο. Η παρουσία του αραγονίτη και στους δύο τύπους μεταφαιστίτων της νήσου Λέρου, γίνεται αισθητή μέσα σε μικρές διακλάσεις, όπου εν μέρει αναπτύσσονται οι κυανοί αμφιβολοί.

Κυανούς αμφιβόλους έχουν περιγράψει τόσο ο KATAGAS (1975, 1980), όσο και ο FRANZ (1991) σε αλπικούς σχηματισμούς της νήσου, με βασική σύσταση και χαμηλό βαθμό μεταμόρφωσης. Τα πετρώματα αυτά τα οποία χαρακτηρίζονται ως πρασινοσχιστόλιθοι, διαφοροποιούνται από αυτά του βα-

ρίσκιου υποβάθρου με βάση τα παρατιθέμενα γεωχημικά στοιχεία στην εργασία αυτή, (Εικ. 2, 3, & 4).

Ο Mg-ριμπεκίτης των αμφιβολιτών του βαρισκίου της νήσου Καλύμνου θεωρείται από τον FRANZ (1991) σαν προϊόν κάποιας μετασωματικής διαδικασίας.

Με βάση τα παρατιθέμενα ορυκτά της αλπικής μεταμόρφωσης που απαντούν, τόσο στους βαρισκίους, όσο και στους αλπικούς σχηματισμούς της νήσου Λέρου, οι μεταμορφικές συνθήκες του αλπικού ορογενετικού κύκλου, είναι κατά πολύ υψηλότερες από αυτές που προσδιορίζει ο FRANZ (1991) στην εργασία του. Τα ορυκτά αυτά εκτός του ότι χαρακτηρίζουν συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών – υψηλών πιέσεων (HP/LT), επιτρέπουν αρκετά καλή προσέγγιση των συνθηκών αυτών σε απόλυτες τιμές, οι οποίες για μεν την πίεση ξεπερνούν τα 7 kb, για δε τη θερμοκρασία τους 350° C.

4. ΣΥΝΔΕΣΗ ΒΑΡΙΣΚΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΠΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

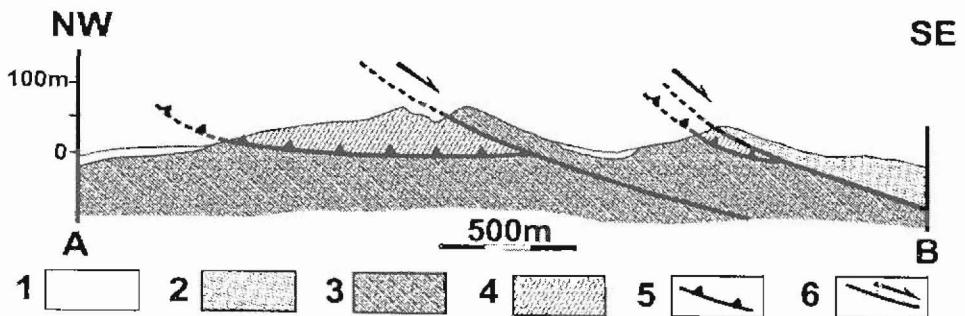
Το βαρίσκιο της νήσου Λειψός περιβάλλεται τεκτονικά, σύμφωνα με το FRANZ (1991) από πετρώματα της κατώτερης ημμεταμορφωμένης ενότητας του νησιωτικού συμπλέγματος των Δωδεκανήσων. Κατά τον ίδιο συγγραφέα το βαρίσκιο

έρχεται σε επαφή με τους υπερκείμενους σχηματισμούς μέσω μιας διατμητικής ζώνης, πλαστικής παραμόρφωσης και με τους υποκείμενους μέσω μιας καλυμματικής επαφής. Σε άλλους χώρους θεωρείται όμως το βαρίσκιο συνπτυχωμένο με το νεοπαλαιοζωικό.

Στην ανατολική Κρήτη ο DORNSIEPEN (1988) θεωρεί ότι το βαρίσκιο είναι συνπτυχωμένο με τους ημμεταμορφωμένους περμουτριάδικους σχηματισμούς της περιοχής. Τεκτονικές παρατηρήσεις στην ανατολική Κρήτη έδειξαν ότι το βαρίσκιο κατέχει ανάλογη θέση με εκείνη της νήσου Λειψός (Εικ. 6 & 7). Τούτο έρχεται σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις του ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ (1990) στο ανατολικό τμήμα της κεντρικής Κρήτης.

Όπως δείχνει η γεωλογική τομή στη νήσο Λέρο (Εικ. 1.), οι σχηματισμοί του βαρισκίου υπέρκεινται και υπόκεινται της κατώτερης ημμεταμορφωμένης τεκτονικής ενότητας του συμπλέγματος των Δωδεκανήσων και στις δύο περιπτώσεις τεκτονικά.

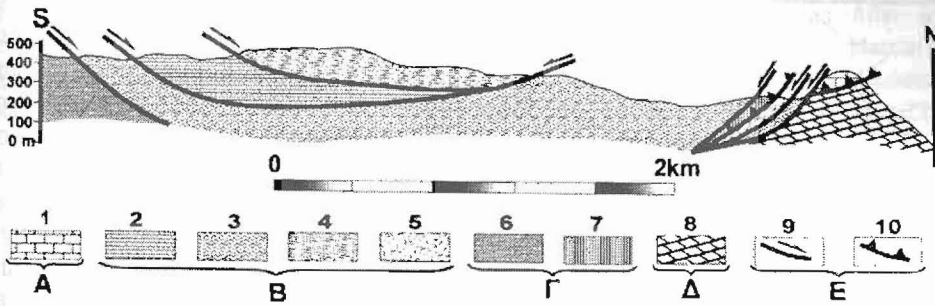
Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι βαρισκίοι και οι αλπικοί σχηματισμοί τόσο στο εξωτερικό, όσο και στο ενδιάμεσο μεταμορφικό πεδίο μπορεί να ερμηνευτεί με το μοντέλο τεκτονομεταμορφικής εξέλιξης των σχηματισμών ενός μετα-



Εικ. 4. Διαφοροποιημένη γεωλογική ταμή στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου Λειψό (Δωδεκάνησος) από FRANZ (1991).

1. Τεταρτογενή, 2. Νεογενή, 3. Ελαφρώς μεταμορφωμένα νεοπαλαιοζωικό (φυλλίτες, χαλαζίτες, ανθρακικά πετρώματα, αοβεστοκαλικοί μεταηφισίτες), 4. Βαρίσκιο (αμφιβολίτες, γνεύσιοι, φυλλονίτες), 5. Καλυμματική ζώνη, 6. Διατμητική ζώνη.

Fig. 4. Differentiated geological cross-section in the northeast part of Lipsi island (Dodecanese) after FRANZ (1991).



Εικ. 5. Διαφοροποιημένη γεωλογική τομή στην ανατολική Κρήτη από DORNSIEPEN (1988).

A: Ζώνη Τριπόλεως (1: Μεσοζωικά ανθρακικά πετρώματα), B: Ημμεταμορφωμένα πετρώματα Τριαδικού-άνω Παλαιοζωικού (2: Δολομίτες, 3: Ανδεσίτες, 4: Εγχρωμοι φυλλίτες, χαλαζίτες, κροκαλοπαγή, 5: Ασβεστοφυλλίτες, Γ: Βαρίσκιο υπόβαθρο (6: Σχιστόλιθοι, γνεύσιαι, χαλαζίτες, 7: Αμφιβολίτες), Δ: Ενότητα Plattenkalk (8: Ανθρακικά πετρώματα), E: Τεκτονικές επισφές (9: Διατμητική ζώνη, 10: Καλυμματική ζώνη.

Fig. 5. Differentiated geological cross-section in the eastern Crete after DORNSIEPEN (1988).

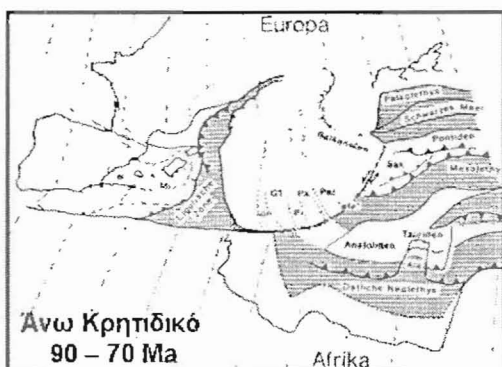
μορφικού πεδίου του PLATT (1986), καθότι και τα βαρίσκια πετρώματα έχουν υποστεί την αλπική μεταμόρφωση τόσο στην Κρήτη, όσο και σε ορισμένα νησιά του ανατολικού Αιγαίου.

Το μεγαλύτερο τμήμα του βαρισκίου υποβάθρου βρίσκεται στη νήσο Λέρο επωθημένο επί των νεοπαλαιοζωικών σχηματισμών με μια διαδικασία καλυμματικής συσσώρευσης. Αυτή ακολουθεί το στάδιο της κύριας μεταμόρφωσης του αλπικού κύκλου (PLATT 1986, GEROLYMATOS 1994) τόσο στη νήσο Λέρο, όσο και στη νήσο Κρήτη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η υπόθεση του VERGELY (1984), την οποία προτείνει και ο FRANZ (1991) δεν έχει θέση.

Οι άνω παλαιοζωικά-κάτω μεσοζωικοί ηφαιστίτες, ασβεσταλκαλικής σύστασης της νήσου Λέρου και κατ'επέκταση όλου του ενδιάμεσου μεταμορφικού πεδίου, θεωρούνται μαζί με τους λεγόμενους γρανίτες του βαρισκίου στη βάρειο Ελλάδα (YARWOOD & AFTALION 1976, MOUNTRAKIS & KILIAS 1987, SCHERMER et al. 1989, KORONEOS & CHRISTOFIDES 1990, SFEIKDS & FRISCH 1992, PE-PIPER et al. 1993) και στις Κυκλάδες (MAAR et al. 1981, HENJESKUNST & KREUZER 1982, ANDRIESSEN et al. 1987, FRANZ et al. 1993) ως προϊόντα της βαρίσκιας τεκτονομεταμορφικής διαδικασίας, ανάλο-

γης με αυτή που παρατηρείται στο αλπικής ηλικίας εσωτερικό και ενδιάμεσο μεταμορφικό πεδίο των "Ελληνίδων" (GEROLYMATOS 1989, GEROLYMATOS κ. άλ. 1994).

Ο FRANZ (1991), βασισμένος στις αλπικής ηλικίας συνθήκες μεταμόρφωσης, που προσδιόρισε στις Δωδεκανήσους, θεώρησε ότι το κρυσταλλοσχιτώδες ήλθε σε τεκτονική επαφή με τους αλπικούς σχηματισμούς του χώρου αυτού μετά τη μεταμόρφωσή τους με την επαναλειτουργία ενός παλαιορήγματος που υπέθεσε ο VERGELY (1984). Κατά την υπόθεση του VERSELY (Εικ. 6) η Απούλιος μικροπλάκα ήταν ήδη από το Τριαδικό διαχωρισμένη από την πλάκα της Ανατολίας μέσω ενός αριστερόστροφου ρήγματος οριζόντιας μετατόπισης. Σε αντίθεση με την πιο πάνω υπόθεση η ηλικία και η λιθοφύση των μολασσικών ιζημάτων της νήσου, χαρακτηρίζουν το «ενδιάμεσο μεταμορφικό πεδίο» των «Ελληνίδων». Επιπρόσθετα η διαπιστωμένη περμική ηλικία των ασβεσταλκαλικής σύστασης ηφαιστιτών της νήσου, εντάσσει τους σχηματισμούς αυτούς σε εσωτερικές ζώνες και όχι και εξωτερικές, των οποίων η ηλικία των ηφαιστειακών μελών είναι μέσο-άνω Τριαδική GEROLYMATOS (1994). Επιπλέον η ανεύρεση πρωτογενών Mn-ούχων ενδιστρώσεων στα α-



Εικ. 6. Γεωτεκτονική κατάσταση στο Αιγαίο κατά τη διάρκεια του ανώτερου Κρητιδικού κατά VERGELY (1984), τροποποιημένα από FRANZ (1992). Με την πρόταση αυτή υποστηρίζεται η μετακίνηση τμημάτων των «Ελληνίδων» σε εσωτερικότερους χώρους, μέσω μιας οριζόντιας αριστεράστροφης μετατόπισης, πριν τη μεταμόρφωση του «ενδιάμεσου μεταμορφωτικού πεδίου»

Fig. 6. Geotectonic situation in the Aegean in the upper Cretaceous.

νώτερα μέλη της μεσοζωικής ακολουθίας, είναι ένα επιπρόσθετο στοιχείο της κατάταξης των πετρωμάτων αυτών στις εσωτερικές «Ελληνίδες». Μετά από όλα αυτό η υπόθεση VERSELY και FRANZ δεν έχει θέση.

5. ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ

Το βαρίσκιο της νήσου Λέρου, (πιθανόν και πολλών άλλων περιοχών της Ελλάδας π.χ. Σερβομακεδονική Μάζα/DIMITRIADIS & GDELITSAS 1991, MANTZOS 1991) όπως αυτό της κεντρικής Ευρώπης, έχει υποστεί μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών (HP/LT), δηλαδή ονάλογη με αυτή του ολκικού κύκλου, αλλά μεγαλύτερης έντασης. Τούτο σημαίνει ανοκρυστάλλωση σε υψηλές πιέσεις και ενδιάμεσες θερμοκρασίες με ποραγενέσεις εκλογιτικής φάσεως. Το στάδιο αυτό ακολουθείται από παρογενέσεις αμφιβολιτικής φάσεως, οι οποίες τελικά μετατρέπονται κατά ένα μέρος σε πορογενέσεις χαμηλών θερμοκρασιών.

Κατά το Τριτογενές και ιδιαίτερα πριν περι-

που 50 Ma, όσον αφορά το ενδιάμεσο μεταμορφωτικό πεδίο, οι ολκικοί σχηματισμοί της νήσου Λέρου μαζί με το βαρίσκιο υπόβαθρό τους μεταμορφώνονται από κοινού σε χαμηλές συνθήκες, αλλά με υψηλές πιέσεις -σε σχέση με τις θερμοκρασίες- μέσω μιας ζώνης υποπροέλασης (subduction) σε ενδοηπειρωτικό χώρο (OKRUSCH 1985). Η παρουσία χαρακτηριστικών ορυκτών μεταμόρφωσης τύπου HP/LT και αλπικής ηλικίας στο βαρίσκιο υπόβαθρο της νήσου απορρίπτει την πρόταση των VERGELY (1984) και FRANZ (1991).

Η διατήρηση ορισμένων χαρακτήρων της βαρίσκιας μεταμόρφωσης οφείλεται στις χαμηλές συνθήκες της αλπικής μεταμόρφωσης, σε αντίθεση με άλλες περιοχές τόσο του ενδιάμεσου (π.χ. νήσοι Ίος, Νάξος), όσο και του εξωτερικού μεταμορφωτικού πεδίου (Πελοπόννησος, δυτική Κρήτη/GEROLYMATOS 1994).

Η τεκτονική σχέση μεταξύ βαρίσκίων και αλπικών σχηματισμών της νήσου Λέρου, όπως και άλλων περιοχών του ελληνικού χώρου, δικαιολογείται με την αποδοχή του μοντέλου της τεκτονομεταμορφικής εξέλιξης σχηματισμών σε ένα μεταμορφωτικό πεδίο των PLATT (1986) και GEROLYMATOS (1994).

Η παρουσία ηφαιστειότητας "δυσδικού" (bimodal) γεωτεκτονικού περιβάλλοντος σε όλα τα μεταμορφωτικά πεδία των Ελληνίδων και κατ'επέκταση σε όλο το αλπικό τόξο, θα μπορούσε να εξηγηθεί με το συµμεταμορφισμό βαρίσκίων και αλπικών σχηματισμών, ή γενικά διαφορετικών ορογενετικών κύκλων με τη σύγχρονη εξάλειψη των χαρακτήρων της βαρίσκιας μεταμόρφωσης, ή ακόμη και πρωτογενών μαγματικών χαρακτήρων (ενότητα "Αμπελακίων") σε πολλά μέρη του τόξου.

Σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζονται στον ίδιο γεωγραφικό χώρο ηφαιστειακά πετρώματα τριπλής γεωτεκτονικής προέλευσης. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η περιοχή της Θεσσαλίας, όπου συνυπάρχουν οι ηφαιστίτες του "Ηνωελληνικού" καλύμματος, οι ηφαιστίτες τριαδι-

κής ηλικίας στη βάση της ανθρακικής πλατφόρμας της Πελαγονικής ζώνης όπως επίσης και τα αμφιβολιτικά ορθοπετρώματα του βαρίουκίου υποβάθρου της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Α. (1990): Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής του τοπογραφικού φύλλου "Μοχός" (Κεντροανατολική Κρήτη).- Διδακτ. Διατρ. Παν. Αθηνών, 640 π., Αθήνα.
- ANDRIESSEN, P.A.M., BANGA, G. & HEBEDA, E.H. (1987): Isotopic age study of pre-alpine rocks in the basal units on Naxos, Sikinos and Ios, Greek, Cyclades.- *Geol. Mijnbouw*, 66: 3-14.
- CHRISTODOULOU, G. (1965): Some remarks on the geology of Kythera island and a micropaleontological analysis of its neogen formation.- *Bull. Geol. Soc. Greece*, (1967) 6, 2: 385-399.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1965): Παρατηρήσεις επί της γεωλογίας των Κυθήρων και μικροπαλαιοντολογική ανάλυσις των νεογενών σχηματισμών της νήσου.- *Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Ετ.*, (1967) 6, 2: 285-399.
- CHRISTODOULOU, G. (1970): Some remarks on the geology of Kalymnos island (Dodecanese) and the age of its formations.- *Ann. geol. Pays helln.*, (I), (1969) 21: 307-319.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1965): Παρατηρήσεις επί της γεωλογίας της νήσου Καλύμνου (Δωδεκανήσου) και της ηλικίας των συνιστώντων ταύτην σχηματισμών.- *Ann. geol. Pays helln.*, (I), (1969) 21: 307-319.
- DESIO, A. (1931): Le isole italiane dell' Egeo (studi geologici e geografico-fisici).- *Mem. descritt. Carta geol. Italia*, 24: 1-347.
- DIMITRIADIS, S. & GODELITSAS, A. (1991): Evidence for high-pressure metamorphism in the Vertiskos group of the Serbomacedonian massif: The eclogite of Nea Roda, Chalkidiki.- *Bull. Geol. Soc. Greece*,
- DORNSIEPEN, U. (1988): Zur Geologie der Phyllit-Decke Kretas und des Peloponnes.- *Habil.-Schr. F.U. Berlin*, 140 p.
- DÜRR, S. (1975): Über das Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolien und seine Äquivalente in der mittleren Ägäis.- *Habil.-Schr. Univ. Marburg*: 106 pp.
- DÜRR, S. (1986): Das Attisch - Kykladische Kristallin.- In: V. JACOBSSHAGEN (Hrsg.): *Geologie von Griechenland, Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde*, 19: 116-167, (Gebr. Borntraeger).
- FRANZ, L. (1991): Geologische, geochemische und petrologische Untersuchungen an präalpidischen Metamorphiten der Insel Kreta und des Dodekanes (Griechenland).- *Diss. Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg*, 388 pp.
- FRANZ, L. & OKRUSCH, M. (1992): Aragonite-bearing blueschists on Arki island, Dodecanese, Greece.- *Eur. J. Mineral.*, 4: 527-537.
- FRANZ, L., OKRUSCH, M. & SEIDEL, E. (1990): Comparison between pre-alpidic basement rocks on Crete and the Dodecanese.- In: M.Y. SAVANSIN & A.H. ERONAT (Eds): *International Earth Sciences Congress on Aegean Region*, 1-6 October 1990, IESCA publication, Vol. I: 198-205.
- GEROLYMATOS, I.K. (1989): Geodynamic evolution of the Rhodope zone in Drama area, Greece.- *Progress report for IGME-EEC Project, MAIM-0049-GR*.
- GEROLYMATOS, I.K. (1994): *Metamorphose und Tektonik der Phyllit-Quarzit-Serie und der Tyros-Schichten auf dem Peloponnes und Kythira*.- *Diss. F.U. Berlin*, 184 pp.
- ΓΕΡΟΛΥΜΑΤΟΣ, Η.Κ. & ΚΟΪΝΑΚΗΣ, Ι. (1994): Δολομίτες και μάρμαρα στα μεταμορφικά πεδία.- *Επιστ. Συνεδρία της Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., Ξάνθη 9.5.91; Υπό εκτύπ. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, 21 σ.
- ΓΕΡΟΛΥΜΑΤΟΣ, Η.Κ., ΚΑΡΑΝΤΑΣΗ, Σ., ΜΑΥΡΙΔΟΥ, Φ. & ΜΩΡΑΪΤΗ, Ε. (1994): Τεκτονομεταμορφική εξέλιξη των σχηματισμών του κυκλαδικού χώρου.- *Π.Ε.Π. Νοτίου Αιγαίου/Ι.Γ.Μ.Ε.*, 42 σ., Αθήνα.

- HELLMAN, P.L & GREEN, T.H. (1979): The role of sphene as an accessory phase in the high-pressure partly melting of hydrous mafic compositions.- *Earth Planet. Sci. Lett.*, 42: 191-201.
- HENJES-KUNST, F. (1980): Alpidische Einförmung des Präalpidischen Kristallins und seiner mesozoischen Hülle auf Ios (Kykladen, Griechenland).- Diss. T.U. Braunschweig, 164 S. Ph.D. Thesis Universität Braunschweig, 164 pp.
- HENJES-KUNST, F. & KREYZER, H (1982): Isotopic dating of pre-Alpidic rocks from the island of Ios (Cyclades, Greece).- *Contrib. Mineral. Petrol.* 80: 245-253.
- KATAGAS, C. (1975): Petrogenesis of Metamorphic rocks of Leros island (Greece).- Ph. D. Thesis Univ. of Manchester.
- KATAGAS, C. (1980): Metamorphic zones and physical conditions of metamorphism in Leros island, Greece.- *Contrib. Miner. Petrol.*, 73: 389-402.
- KATAGAS, C. & SAPOUNTZIS, E. (1977a): Petrochemistry of metasedimentary rocks from Leros island (Greece) and its effects on the appearance of chloritoid staurolite and kyanite.- *N. Jb. Miner. Abh.*, 129: 100-112.
- KATAGAS, C. & SAPOUNTZIS, E. (1977b): Petrochemistry of low and medium grade mafic metamorphic rocks from Leros island, Greece.- *Tschermaks Miner. Petrol. Mitt.*, 24: 39-55.
- KILIAS, A. & MOUNTRAKIS, D. (1987): Zum tektonischen Bau der Zentral-Pelagonischen Zone (Kamvounia-Gebirge, N.-Griechenland).- *Ztschr. dtsh. geol. Ges.*, 38: 211-237.
- KORONEOS, A. & CHRISTOFIOES, D. (1990): Petrology and geochemistry of the Eastern Varnountas plutonite (NW Macedonia).- *Bull. Geol. Soc. Greece*, 22: 97-113.
- MAAR, P.A. VAN DER, FEENSTRA, A.; MANDERS, B. & JANSEN, J.B.H. (1981): The Petrology of the island of Sikinos, Cyclades, Greece, in comparison with that of the adjacent island of Ios.- *N. Jb. Miner. Mh.*, 1981: 459-469.
- MAKRIS, J. (1985): Geophysics and geodynamic implications for the evolution of the Hellenides.- In: D.J. STANLEY & F.- C. WEZEL (Eds): *Geological Evolution of the Mediterranean Basin* (Raimondo Selli Commemorative volume), Springer Verlag, 231-248, New York-Berlin-Heidelberg-Tokyo.
- MANTZOS, L.A. (1991): Rb-Sr whole-rock geochronology of gneisses from Olympias, Chalkidiki.- *Bull. Geol. Soc. Greece*, 25, 1: 147-161.
- MOUNTRAKIS, D. (1984): Structural evolution of the Pelagonian Zone in northwestern Macedonia, Greece.- In DIXON, J.E. & ROBERTSON, A.H.F. (eds.): *Geological evolution of the Eastern Mediterranean*, Geol. Soc. Lond. Spec. publ., 17: 581-590 (Blackwell).
- OKRUSCH, M. (1985): Hochdruckmetamorphose im Kykladenkristallin - Eine Auswirkung kontinentaler Kollision.- *Fortschr. Mineralogie*, 63: 170.
- PAPANIKOLAOU, D.I. (1984): The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation.- In J.E. Dixon & A.H.F. Robertson (eds.): *Geological evolution of the eastern Mediterranean*, Geol. Soc. London Spec. Publ. 17: 551-561 (Blackwell).
- PEARCE, J.A. (1982): Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries.- In R.S. THORPE (ed.): *Andesites*.- 525-548, Wiley & Sons, New York.
- PE-PIPER, G., DOUSOS, T. & MIJARA, A. (1993): Petrology and regional significance of the Hercynian granitoid rocks of the Olympiada area, northern Thessaly, Greece.- *Chem. Erde*, 53: 21-36.
- PLATT, J. (1986): Dynamics of orogenic wedges and the uplift of high-pressure metamorphic rocks.- *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 97: 1037-1053.
- RUBIE, D.C. (1990): Role of kinetics in the formation and preservation of eclogites.- In D.A. CARSWELL (ed.): *Eclogite facies rocks*. 111-140 (Blackie & Son).
- SEIDEL, E. (1978): *Zur Petrologie der Phyllit-Quarzit-Serie Kretas*.- *Habil.-Schrift*, 145 pp.,

Braunschweig.

- SFEIKOS, A. & FRISCH, W. (1992): Implication from rock geochemical analysis and zircon crystal morphology for the origin of Pelagonian basement rocks in the Kamvounia mountain, north Thessaly.- Abstracts, 6th Congress of the Geological Society of Greece, 111.
- SHERVAIS, J.W. (1982): Ti-V-plots and petrogenesis of modern and ophiolitic lavas.- *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59: 101-118.
- VERGELY, P. (1984): Tectonique des ophiolites dans les Hellénides internes (déformation, métamorphismes et phénomènes sédimentaires). Conséquences sur l'évolution des régions téthysiennes occidentales.- Thèse de Doctorat d'Etat Univ. Paris Sud, 649 pp., Orsay.
- WACHENDORF, H.H. & GRALLA, P. (1983): Korrelation der präneogenen Serien im NE-Dodekanes (Griechenland).- *Z. dt. geol. Ges.*, 34: 95-117.
- YARWOOD, G. & AFTALION, M. (1976): Field relations and U-Pb geochronology of a granite from the Pelagonian zone of the Hellenides (High Pieria, Greece).- *Bull. Soc. géol. Fr.*, 18: 259-264.