

ΜΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΟΦΕΙΟΛΙΘΩΝ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Brunn J.H.¹, Argyriadis I.², Braud J.³

¹ 60, Route des Gardes, 92190 Meudon, France

² Cabinet Argyriadis, 975 ch. Du Pré de Caune, 83740 La Cadière d'Azur, France
ion@argyriadis.net

³ Université Paris 11, Sciences de la Terre, 91405 Orsay, France
jean.braud@do.cso.u-psud.fr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία παρουσιάστηκε στο 10 Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας. Πραγματεύεται τον τρόπο τοποθέτησης των οφειολίθων της Βορειοδυτικής Ελλάδας επάνω στο υπόβαθρο τους με βάση παλιότερες αλλά και απόλυτα πρόσφατες παρατηρήσεις υπαίθρου. Η επαφή των εν λόγω οφειολίθων με το υπόβαθρο τους είναι απόλυτα ομαλή, με στρωματογραφική προοδευτική μετάβαση από την ασβεστολιθική υφαλοκρηπίδα (πελαγονική πλατφόρμα) σε ηφαιστειογενές περιβάλλον και τελικά στην οφειολιθική μάζα. Η επαφή αυτής της τελευταίας με το υποκείμενο (σχιστολίθους με "pillow lavas") χαρακτηρίζεται από ορίζοντες τυπικούς μιάς θερμικής μεταμόρφωσης. Το συμπέρασμα που συνάγεται από τις παρατηρήσεις αυτές είναι ότι δεν πρέπει να ταυτίζονται με δογματικό τρόπο όλοι οι οφειόλιθοι των ορογενετικών ζωνών με κομμάτια του ωκεάνειου βυθού που προωθήθηκαν με "obduction" επάνω από τα πτυχωμένα ιζήματα. Η ερμηνεία που προτείνεται στην περίπτωση της ΒΔ Ελλάδας είναι μία ταφρογένεση ("rifting") που σχημάτιζε γωνία με την κύρια διεύθυνση συνθλίψεως και που είχε σαν αποτέλεσμα την έκχυση στην επιφάνεια υλικού από τον μανδύα.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συχνά, και θα μπορούσε κανείς να πει συστηματικά, οι πιο σημαντικές πτυχωμένες οροσειρές του πλανήτη περιέχουν ζώνες με οφειολιθικό υλικό. Το γεγονός αυτό είναι γνωστό από πολύ παλιά, και στους πρώτους καιρούς της νεώτερης γεωλογίας ερμηνευόταν συνήθως σαν διεισδύσεις μαγματικού υλικού (βλ. για συνοπτική αντίληψη Suess 1902, Daly 1906, Haug 1921, Bowen 1927, Dubertret 1953). Αυτό αφορά φυσικά και τις μεσογειακές αλπικές οροσειρές, μέσα στις οποίες οι Ελληνίδες κατέχουν ιδιαίτερη θέση γιατί, μελετημένες σχετικά νωρίς, αποτέλεσαν γρήγορα "κλασσικά" θεωρητικά παραδείγματα. Φυσικά και εδώ, η ερμηνεία της τοποθέτησης και του ρόλου των οφειολιθικών συμπλεγμάτων ακολουθούσε τον ίδιο δρόμο: μαγματικές διεισδύσεις (βλ. Becke 1878, Davi 1950, Deprat 1903, Hammer 1923, Hiessleitner 1951-52, Kossmat 1924, 1937, Lacroix 1898, Nopsca 1928, Petrascheck 1942, Philippson 1890, 1895, Steinmann 1926, Voreadis 1932, Wenck 1949 κτλ.). Πρέπει να πούμε ότι από νωρίς ωρισμένοι επεσήμαναν το ότι οι μάζες των οφειολίθων είναι επωθημένες (Reinhard 1911, Kober 1914, 1929, 1952, Renz 1940, Steinmann 1926) ενώ άλλοι υπογράμμιζαν το ότι οι οφειολιθικές αυτές μάζες προκαλούν ενίοτε φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής θερμικού τύπου (Lacroix 1895, Sossman, 1938). Τέλος, σημειώθηκε από νωρίς ο υποθαλάσσιος χαρακτήρας των οφειολίθων και η συνάφεια τους με την απόθεση ραδιολαριτών και κερατολίθων (Brunn 1950, 1952, 1956, Hess 1938, Lemoine 1955, Paraskevoroulos 1948, Routhier 1945, 1946, 1954, Vuagnat 1952).

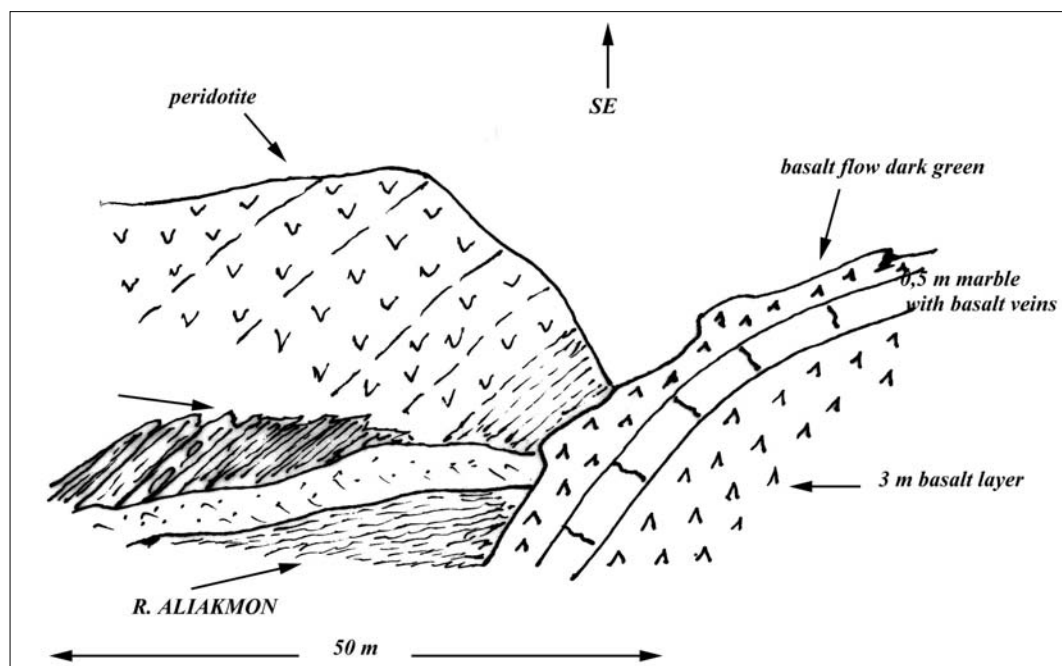
Ο ένας από τους συγγραφείς της παρούσας διαμόρφωσε από καιρό (Brunn, 1950, 1952, 1956) την θεωρία της έκδυσης ή έκχυσης μαγματικού υλικού από τον μανδύα επάνω στο ηπειρωτικό προ-ορογενετικό κράσπεδο και, σε συνέχεια, την διαφορική αποκρυστάλλωση του μαγματικού υλικού με αποτέλεσμα την δημιουργία των οφειολιθικών "μασίφ" όπως τα βλέπουμε σήμερα. Ο καθηγητής Brunn εστίασε τότε την μελέτη του στους οφειολίθους του Βούρινου, σημαντική οφειολιθική μάζα

πάχους – εκτιμωμένοι – ως 10 χλμ με εξάπλωση σε όλη την Δυτική Μακεδονία καθώς και στην Βόρεια Πίνδο όπου οι οφειόλιθοι σχηματίζουν μεγάλα τεκτονικά καλύμματα. Έκτοτε, μεσολάβησε η μεγάλη και επιταχυνόμενη μελέτη των ωκεάνειων βυθών, η διαπίστωση του "ανοίγματος" του Ατλαντικού, η διαπίστωση της ύπαρξης ζωνών "subduction" και η διαμόρφωση ενός θεωρητικού πλαισίου για την θεωρία της κινήσεως των λιθοσφαιρικών πλακών. Ένα από τα αποτελέσματα αυτής της εξέλιξης ήταν και η εμφάνιση της λεγόμενης "σφαιρικής τεκτονικής" (global tectonics). Όπως ήταν επόμενο, οι οφειόλιθοι των ορογενετικών ζωνών ακολούθησαν αυτόματα το νέο ρεύμα και η τοποθέτησή τους χαρακτηρίστηκε με – σχεδόν – παμπηφία των ερευνητών σαν επώθηση τεμαχίων του ωκεάνειου πυθμένα επάνω από τους πτυχωμένους ή και μεταμορφωμένους σχηματισμούς των οροσειρών (βλ. Boccaletti et al. 1971, Bortolotti et al. 1969, Dewey et al. 1973, Jackson et al. 1975, Jones et al. 1990, Moores 1969, Smith 1971, Vergely 1977, Zimmermann 1969...). Βέβαια, όπως κάθε φαινόμενο "μόδας" η εν λόγω θεωρία διαμορφώθηκε κάπως αβασάνιστα και, όπως συχνά συμβαίνει, στη θέση μιας απαραίτητης ανάλυσης των ενδεχόμενων μηχανισμών – που κατά την θεωρία της "global tectonics" πρέπει να ισχύουν πάντοτε και παντού – τοποθετήθηκε μία σκέτη λέξη: "obduction" (Coleman 1971).

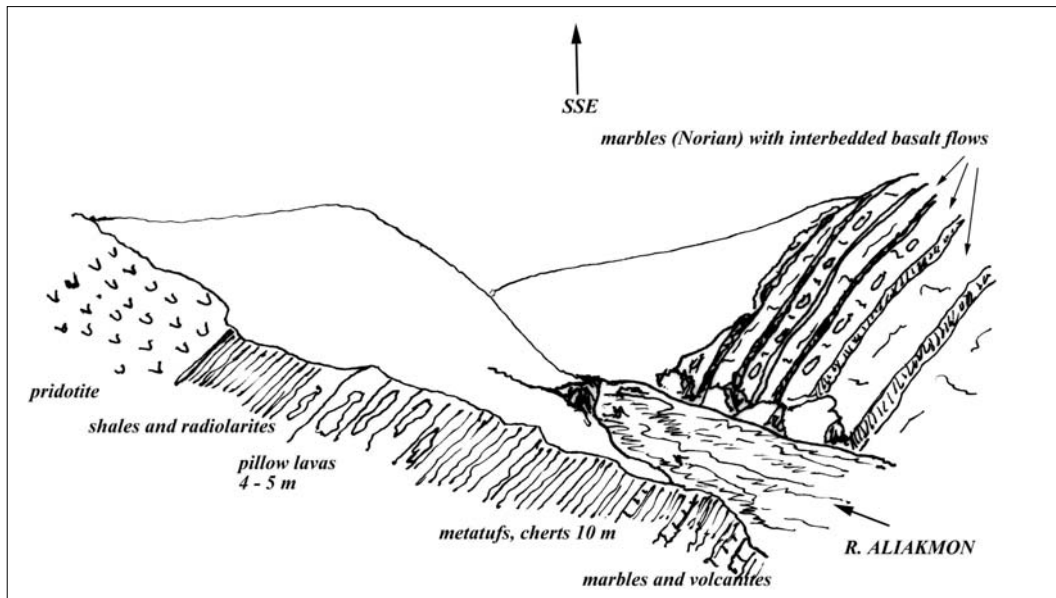
Οι συγγραφείς, θέλοντας να αναλύσουν το πρόβλημα αλλά και να ξαναδοούν τις τομές του καθηγητή Βρυνη στο φως των νεώτερων δεδομένων, οργάνωσαν δύο αποστολές υπαίθρου (2001 και 2002) κατά τις οποίες μελετήθηκαν λεπτομερειακά οι σχέσεις των οφειολίθων του Βούρινου αλλά και του Βερμίου και της Βόρειας Πίνδου με το υπόβαθρό τους. Η μελέτη αυτή είχε ενδιαφέροντα αποτελέσματα που θα δούμε αμέσως παρακάτω.

2 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

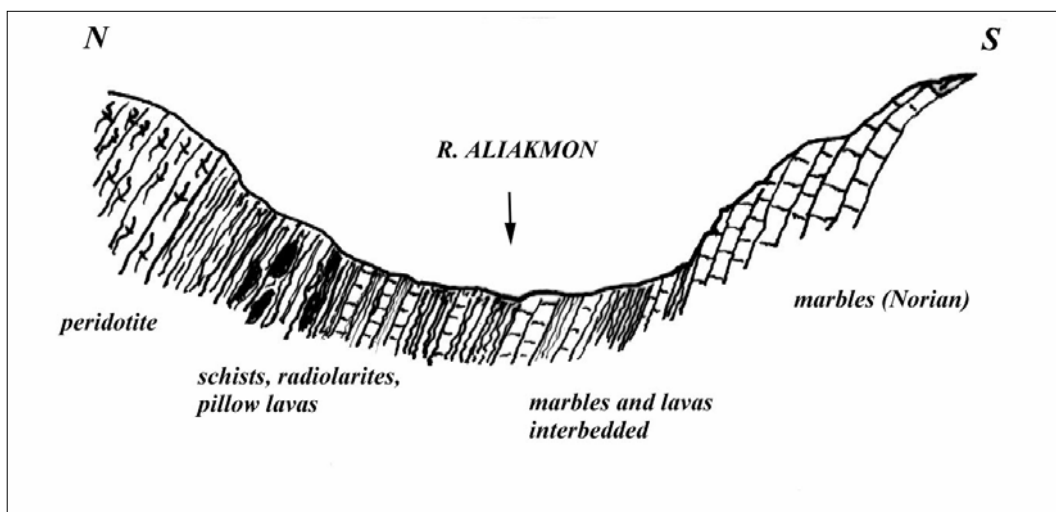
2.1 Το υπόβαθρο των οφειολίθων του Βούρινου



Σχήμα 1. Σκαρίφημα των σχηματισμών, δεξιά όχθη του Αλιάκμονος, 2 χλμ ανάντι της Μονής Ζαμπόρντα σε ευθεία γραμμή. Schedule of geological section, right shore of Aliakmon valley, 2 km ubside of Zabordas monastery.



Σχήμα 2. Σκαρίφημα στην αριστερή όχθη του Αλιάκμονος, ίδια τοποθεσία με την προηγούμενη. The same, left shore.



Σχήμα 3. Γεωλογική τομή δυτικά και ανάντι της Μονής Ζαμπόρντα. Geological section to the west and upside of Zabordas monastery.

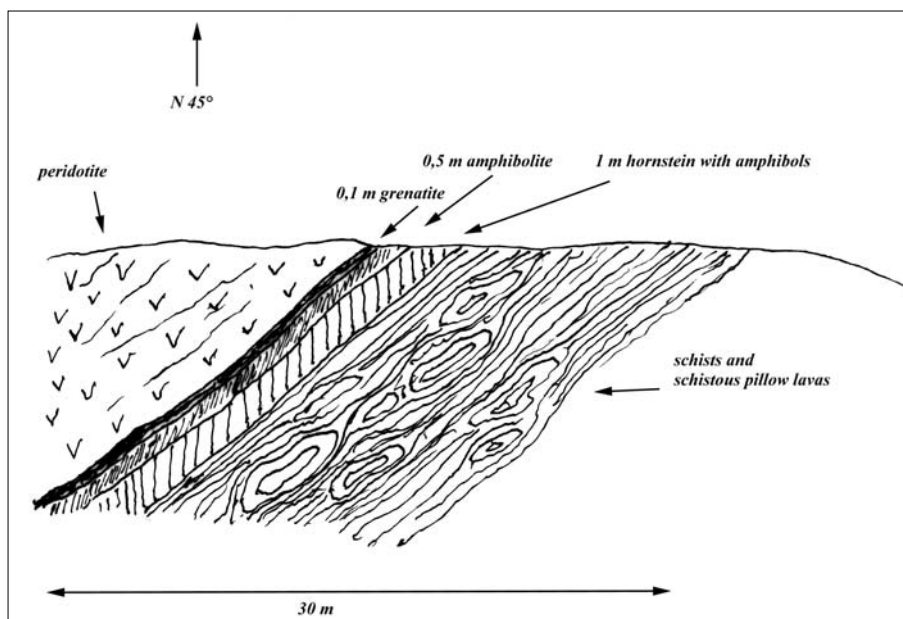
Η μελέτη των σχέσεων ανάμεσα στους οφειολίθους του Βούρινου και το υπόβαθρο τους είναι ιδιαίτερα παραδειγματική στο νότιο τμήμα, εκεί που η κοιλάδα του Αλιάκμονα μας παρέχει μία πρώτης τάξεως τομή. Το γεωλογικό πλαίσιο έχει εδώ ως εξής :

- Στα νότια, ο ορεινός όγκος της Βουνάσας αποτελούμενος από μάρμαρα των οποίων η ηλικία (Norian) διαπιστώθηκε με κωνόδοντα. Τα εν λόγω μάρμαρα βυθίζονται με απότομη κλίση (70° περίπου προς τα βόρεια) στη δεξιά όχθη του Αλιάκμονα.
- Στην κορυφή της σειράς τους, τα μάρμαρα αρχίζουν να περιέχουν ενστρώσεις από δολερικό βασάλτη, σε οριζόντες απολύτως παράλληλους με τη στρώση των μαρμάρων, ενώ κατά τόπους διακρίνονται οι φλέβες και τα φλεβίδια που τροφοδοτούν τους οριζόντες της λάβας.

- Προοδευτικά, οι οριζόντες των μαρμάρων χάνουν πάχος έως ότου πάρουν πια την μορφή ασβεστιτικών σχιστών, σε γρήγορες (εκατοστομετρικές) εναλλαγές με λάβες και μεταφοφίτες. Αυτόν τον οριζόντα ακολουθεί εδώ και η κοίτη του ποταμού. Αξιοσημείωτη είναι η κατά τόπους παρουσία μέσα στους τόφους φακοειδών ενστρώσεων κροκαλοπαγούς με κροκάλες κυρίως από λάβες αλλά και πιο σπάνια από ραδιολαρίτες.
- Στην αριστερή όχθη, στην κορυφή αυτής της σειράς, οι ασβεστιτικοί σχίστες αντικαθίστανται προοδευτικά από ραδιολαρίτες, ενώ οι λάβες μεταβάλλονται σε "pillow lavas".
- Πιο ψηλά, συναντούμε σε ομαλή – όχι τεκτονική – επαφή αμφιβολίτες (1 ως 2 μέτρα) για να περάσουμε τελικά στην περιδοιτική μάζα.

Η επαφή ανάμεσα στη σειρά των σχιστολίθων με pillow lavas και τον περιδοιτή μπορεί να μελετηθεί λεπτομερώς στον καινούργιο δρόμο που πηγαίνει από την Παλιουριά (Τουρνίκι) στο μοναστήρι του Ζαμπόρντα, λίγα χιλιόμετρα πριν από αυτό το τελευταίο. Βλέπουμε, στο βόρειο κράσπεδο του δρόμου, από δεξιά προς αριστερά, δηλαδή από κάτω προς επάνω της σειράς :

- Σχιστόλιθοι με pillow lavas
- 1 μ κερατόλιθοι με αμφιβόλους
- 0,5 μ αμφιβολίτης
- 0,1 μ γρανατίτης
- η περιδοιτική μάζα με την ίδια σχιστότητα όπως και το υποκείμενο



Σχήμα 4. Η επαφή του περιδοιτή με το υποκείμενο στον δρόμο της Μονής Ζαμπόρντα. Contact between peridotite and underlying formations at the road of Zabordas monastery.

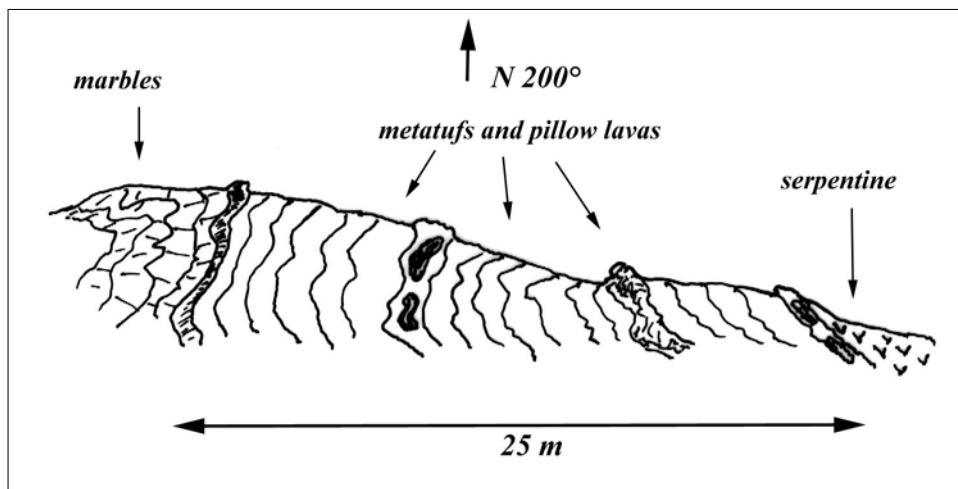
Η αξιοσημείωτη αυτή τομή της κοιλάδας του Αλιάκμονα λίγο δυτικά από το μοναστήρι του Ζαμπόρντα, μας παρέχει την δυνατότητα να κάνουμε τις εξής σημαντικές διαπιστώσεις :

- κατά πρώτον λόγον, η επαφή του περιδοιτή επάνω στους υποκείμενους σχηματισμούς είναι απόλυτα ομαλή χωρίς κανένα ίχνος τεκτονικής ασυνέχειας
- η επαφή όχι μόνο δεν ενέχει τεκτονική ασυνέχεια, αλλά επι πλέον έχει όλα τα χαρακτηριστικά της με θερμική μεταμόρφωση επαφής (skarn !)

- η σημαντικότερη όμως διαπίστωση αφορά την εξέλιξη του ίδιου του υποκειμένου : πράγματι, βλέπουμε καθαρά ότι της "αφίξεως" του περιδοτήτη προηγείται μία προοδευτική και συστηματική μετάβαση από ένα περιβάλλον ασβεστολιθικού υφαλοκρηπιδώματος προς ένα όλο και πιο έντονα ηφαιστιακό και μαγματικό υποθαλάσσιο περιβάλλον το οποίο βρίσκει την κατάληξη του με την τοποθέτηση της υπερβασικής μάζας !

2.2. Το υπόβαθρο των οφειολίθων στο Βέρμιο

Η περίπτωση που περιγράψαμε δεν είναι τοπική. Βόρεια από την προηγούμενη τοποθεσία, στις δυτικές παρυφές του Βερμίου, η περιοχή Αγίου Δημητρίου (ανατολικά από τα κοιτάσματα της Πτολεμαΐδος) δίνει την δυνατότητα παρόμοιων διαπιστώσεων. Ανάντι από το χωριό Αγ. Δημήτριος, η γνωστή "πτυχή του Αγ. Δημητρίου" αποτελείται από σερπεντινίτες και μάρμαρα. Μία κατ' ελάχιστον προσεκτική παρατήρηση θα μας δείξει ότι πρόκειται για ένα σύνκλινο, ανοιχτό προς τα νοτιοδυτικά : τα μάρμαρα, πτυχωμένα, σχηματίζουν ένα θύλακα εκτομετρικής έως χιλιομετρικής κλίμακος και μεταβαίνουν προς τα άνω – προς το κέντρο του θύλακος - σε σχιστολίθους . με ενστρώσεις από pillow lavas, πάχους περίπου 25 μέτρων, επάνω στους οποίους επικάθεται ομαλά ο σερπεντινωμένος περιδοτήτης : πρόκειται ακριβώς για την ίδια περίπτωση με αυτήν του Βούρινου.



Σχήμα 5. Η επαφή των οφειολίθων ανάντι του Αγ. Δημητρίου. The contact between ophiolites and underlying, upside of Aghios Dimitrios

2.3. Οι οφειόλιθοι Βόρειας Πίνδου

Εδώ, οι οφειόλιθοι αποτελούν τεκτονικό κάλυμμα μεγάλων διαστάσεων, με κύριες εμφανίσεις στην περιοχή ανάμεσα στην Κατάρτα και την Κόνιτσα, συμπεριλαμβανομένου του ορεινού όγκου του Σμόλικα. Παρ'όλη όμως την επώθηση και την τεκτονική διατάραξη των σχηματισμών, παρατηρούμε σε ωρισμένες από τις επι μέρους ενότητες στις οποίες υποδιαιρείται το κάλυμμα ότι έχει συμπαρασυρθεί και το φυσικό, πρωτογενές υπόβαθρο των οφειολίθων : π.χ. στο χωριό Μηλιά Μετσόβου, στα όρια ανάμεσα στο οφειολιθικό κάλυμμα και τον υποκείμενο φλύσχη της Πίνδου, ΝΔ του οικισμού, επάνω από τον φλύσχη και εκ των κάτω προς τα άνω :

- κόκκινοι αργιλικόι σχιστόλιθοι και ραδιολαρίτες, 3 μ
- κόκκινοι σχιστόλιθοι με pillow lavas, 3 μ
- εναλλαγές σχιστολίθων και πλακωδών ασβεστολίθων με filaments και *Daonella styriaca* (Τριαδικό), 2 μ
- αμφιβολίτες, 3 μ
- περιδοτήτης

Βλέπουμε ότι και εδώ, το τεκτονικά κατακερματισμένο υπόβαθρο, όπου και αν έχει διατηρηθεί, υποδεικνύει μία σαφή εξέλιξη προς ένα ηφαιστιακό υποθαλάσσιο περιβάλλον. Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι ίδιες οφειολιθικές ενότητες έχουν, σ'αυτή την περιοχή, διατηρήσει τμήματα μίας ανωκρητι-

δικής επικλύσεως που εκάλυψε το σύνολο πριν από την επώθηση (βλ. Argyriadis, 2004, στο ίδιο συνέδριο).

3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι φανερό ότι οι ως άνω παρατηρήσεις διόλου δεν συμφωνούν με τις τρέχουσες θεωρίες που αφορούν τους εν λόγω οφειολίθους. Μία βασική αρχή της επιστήμης είναι το ότι όταν οι παρατηρήσεις της πραγματικότητας δεν συμφωνούν με την θεωρία, πρέπει να προσπαθήσουμε να αλλάξουμε θεωρία προσαρμόζοντας την, ποτέ το αντίθετο ! εδώ λοιπόν, πρέπει να ξεχάσουμε την οποιαδήποτε "obduction" και τεκτονική τοποθέτηση ενός τμήματος του ωκεάνειου βυθού επάνω στο ηπειρωτικό υπόβαθρο. Αντίθετα, έχουμε μία ομαλή και προοδευτική εξέλιξη του υποθαλάσσιου περιβάλλοντος προς ένα μαγματικό – ηφαιστειακό πόλο και υπερβασικές υποθαλάσσιες εκχύσεις, αμέσως πριν την εμφάνιση στην επιφάνεια της υπερβασικής μάζας. Επι πλέον, η μάζα αυτή δημιουργεί φαινόμενα θερμικής μεταμόρφωσης επαφής στο άμεσο υπόβαθρο της.

Η εικόνα που μας παρέχεται είναι αυτή μιάς υπερβασικής μάζας με υψηλή θερμοκρασία, που κατά κάποιο τρόπο εναποτίθεται επί ενός υποθαλάσσιου δαπέδου που έχει ήδη έντονες ηφαιστειακές εκδηλώσεις. Η εικόνα αυτή πρέπει να ομολογήσουμε ότι πλησιάζει περισσότερο προς αυτήν της υποθαλάσσιας έκχυσης (Brunn 1956) με διαφορική μαγματική κρυστάλλωση παρά προς μιά – αγνώστου μηχανισμού – "obduction".

Αυτό δεν σημαίνει ότι πρέπει να επανέλθουμε σε αυτούσια παλαιά σχήματα, αγνοώντας τα δεδομένα (τα πραγματικά, όχι τις απλές υποθέσεις που μπορεί να παρουσιάζονται σαν αναμφισβήτητες αλήθειες) της σύγχρονης ή πρόσφατης επιστημονικής έρευνας. Η απλή σωφροσύνη στη σκέψη μας συμβουλεύει την αποφυγή δογματικών παραδοχών και "μοντέλων". Η φύση – ευτυχώς ! – είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Μας φαίνεται λογικό να αποφύγουμε την ταύτιση όλων των οφειολίθων των ορογενετικών ζωνών του κόσμου με "obduction" τμημάτων ωκεανείων δαπέδων. Είναι μάλιστα πιθανώτατο, οι εν λόγω οφειόλιθοι – των ορογενετικών ζωνών – να έχουν διαφορετική ιστορία απ'αυτούς των σημερινών ωκεανείων δαπέδων. Αν κρίνουμε από την περίπτωση που περιγράψαμε, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι στις ζώνες ορογένεσης δημιουργούνται σε μιά πρώιμη φάση ρήγματα διαστολής ("rifts") με διεύθυνση πλάγια σε σχέση με την διεύθυνση της κυρίας συνθλίψεως. Στα πρώτα στάδια, η ρηγματογένεσις εκφράζεται με την προοδευτική εγκατάσταση του ηφαιστειακού περιβάλλοντος στον υποθαλάσσιο χώρο της ηπειρωτικής κρηπίδος που μέχρι τότε χαρακτηριζόταν από απλή ασβεστιτική ιζηματογένεση. Αργότερα, από τις τάφρους αυτές διέρχεται προς την επιφάνεια το υπερβασικό μαγματικό υλικό, και εναποτίθεται στην επιφάνεια του βυθού όπου υφίσταται διαφορική αποκρυστάλλωση. Φυσικά, τέτοιες τάφροι (rifts) δεν έχουν σε καμία περίπτωση τις διαστάσεις αλλά ούτε και τη φύση ωκεανού. Εκτός από το ότι η ιστορία των δύο γεωλογικών φαινομένων είναι διαφορετική, υπάρχει και η γνωστή στις φυσικές επιστήμες "επίδραση κλίματος" : ένα ρήγμα διαστολής έχει διαστάσεις – ιδίως σε ότι αφορά το πλάτος – κατά πολλές τάξεις μεγέθους μικρότερες από αυτές ενός ωκεανού και αντιδρά διαφορετικά στις γεωλογικές "παροτρύνσεις", είτε αυτές είναι πιέσεις είτε ότι άλλο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Argyriadis I., 2004. (Upper Cretaceous transgression in the ophiolites of Northern Pindos). In greek, this volume. Becke F., 1878. Gesteine aus Griechenland. Tscherms Min. Mitt. I, p. 142, 459-464, 469-493. II, p. 17-77.
- Boccaletti J.C., Elter P., Guazzone G., 1971. Plate Tectonic Models for the development of the Western Alps and Northern Apennines. Nature, Phys. Sci., 234, p. 108-111.
- Boccaletti M., Guazzone G., Manetti P., 1976. Evoluzione paleogeografica e geodinamica del Mediterraneo i bacini marginali. Mem. Soc. Geol. Ital., 13, n° 2, p. 1-39.
- Bortolotti V., Dalpiaz G.V. & Passerini P. 1969. Ricerche sulle ofioliti delle catene alpine 5. Nuove osservazioni sul massiccio del Vourinos (Grecia). Bol. Soc. Geol. Ital. 88 (1969), p. 35 – 45, 5 fig.
- Bowen N.L., 1927. The origin of ultra-basic and related rocks. Amer. Journal of Sc., n° 14, p. 89-148.
- Brunn J.H., 1950. Ségrégation stratifiée dans une péridotite du Pinde et conditions de mise en place des ophiolites (Roches vertes). C. R. Acad. Sc. Paris; 230; p. 988.
- Brunn J.H., 1952. Les éruptions ophiolitiques dans le NW de la Grèce et leurs rapports avec l'orogénèse. 18^{ème} Congrès géol. Intern.; Section XV, fasc. XVII, p. 191/27.

- Brunn J.H., 1956. Contribution à l'étude géologique du Pinde septentrional et d'une partie de la Macédoine occidentale. *Annales géol. pays hellén.*, 1^{re} série, t. 7, 358 p., 20 pl.
- Coleman R.G., 1971. Plate tectonic emplacement of upper mantle peridotites along continental edges. *J. Geophys. Res.* 76:1212-1222.
- Daly R.A., 1906. Abyssal igneous injections. *Amer. Journal Sc.* 4th ser. 22, p. 195-216.
- Davi E.N., 1950. Les péridotites de l'Eubée méridionale. *Ann. géol. des pays hellén.* 3, p. 52-64.
- Deprat J., 1903. Note préliminaire sur la géologie de l'île d'Eubée: *Bull. Soc. G.F.* (4), 3, p. 247-250.
- Dercourt J., 1970. L'expansion océanique actuelle et fossile : ses implications géotectoniques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), 12, p. 261-317.
- Dewey J.F., Pitman W.C., Ryan W.B.F., Bonnin J., 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 84, p. 31-37.
- Dubertret L., 1953. Géologie des Roches vertes de la Syrie et du Hatay (Turquie). Notes et mémoires sur le Moyen Orient. T. IV.
- Hammer W., 1923. Die basischen Intrusivmassen Westserbiens. *Denkschr. Ak. D. Wiss. Wien, M.N. Kl.* 98, s. 11-45.
- Haug E., 1921. *Traité de Géologie*: Armand Colin, Paris.
- Hess H.H., 1938. A primary peridotite magma. *Amer. Journ. of Sc.* 35, p. 321-344.
- Hiessleitner G., 1951-1952. Serpentin und Chromerz Geologie der Balkanhalbinsel und eines Teiles von Kleinasien. *Jb. Geol. Bundesanstalt, Sonderband 1* (In zwei Teilen), Wien.
- Jones G., Robertson A., Cann J., 1990. Genesis and emplacement of the supra-subduction zone Pindos ophiolite, northwestern Greece. In : Tj. Peters et al., eds., *Ophiolite genesis and evolution of the oceanic lithosphere*. Ministry of Petroleum and Minerals, Oman, p. 771-799.
- Jackson, E., Green, H., Moores, E., 1975. The Vourinos ophiolite, Greece : Cyclic units of lineated cumulates overlying harzburgite tectonite. *Geol. Soc. America Bull.* 86, p. 390 – 398.
- Kober L., 1914. Alpen und Dinariden. *Geol. Rundsch.* 5, p. 175-204.
- Kober L., 1929. Die Grossgliederung der Dinariden. *Centralbl. F. Min. etc. Abt. B*, p. 425-437.
- Kober L., 1952. Leitlinien der Tektonik Jugoslaviens. *Serbische Akad. D. Wiss. Sonderausgabe*, 189, *Geol. Institut*, n. 3.
- Kossmat F., 1937. Der Ophiolitische Magmagürtel in den Kettengebirgen des mediterranen Systems. *Sitzung. Preuss. Akad. Wiss.* 23, p. 308-325.
- Kossmat F., 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Mit einer Uebersicht des dinarischen Gebirgsbaus. Die Kriegsschauplaetze 1914-1918 geologisch dargestellt. Heft 12. Berlin, Borntraeger.
- Lacroix A., 1895. Sur les phénomènes de contact de la lherzolite des Pyrénées. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 120, 11 Février.
- Lacroix A., 1898. Sur l'existence aux environs de Corinthe de Lherzolites identiques à celles des Pyrénées. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 127, p. 1248-1250.
- Laubscher H.P., Bernoulli D., 1977. Mediterranean and Tethys. In : Nairn et al. Eds., *The Ocean basins and margins*. IV, Mediterranean Plenum Publ., New York.
- Lemoine M., 1955. Note préliminaire sur le mode de gisement de certaines ophiolithes des schistes lustrés du Queyras (Hautes Alpes). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*; p. 94-96.
- Moores E., 1969. Petrology and structure of the Vourinos ophiolite complex of northern Greece. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper* 118, 65 p.
- Nopsca F., 1928. Zur Tektonik des Dinariden. *Centralbl. f. Min. etc. Abt. B* p. 434-438.
- Paraskevopoulos G., 1948. Sur les phénomènes de différenciation magmatique observés sur les roches ophiolitiques des versants sud-ouest du Smolika (Pinde épirote). *Prakt. Akad. Ath.* 23, (1948), p. 309-322.
- Petrascheck W.E., 1942. Gebirgsbildung, Vulkanismus und Metallogenese in den Balkaniden und Südkarpathen. *Fortschritte der Geologie und Pal.* 14, Heft 47.
- Philippson A., 1890. Bericht über eine Reise durch Nord- und Mittel-Griechenland. *Zeitschr. D. Ges. F. Erdk.* 25, p. 331-416.
- Philippson A., 1895. Reisen und Forschungen in Nord-Griechenland. *Zeitschr. D. Ges. F. Erdk.* 30, p. 135-226, p. 417-498.
- Reinhard M., 1911. Sur l'existence de la nappe des roches ophiolitiques en Macédoine. *C.R. de Séances de l'Inst. géol. de Roumanie. Bucarest*, p. 19.
- Renz C., 1940. Die Tektonik der griechischen Gebirge. *Mém. Acad. Ath.* 8, p. 1-171.
- Routhier P., 1945. Sur l'origine des Roches Vertes. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 101-103.
- Routhier P., 1946. L'association Radiolarites – Roches vertes dans les chaînes géosynclinales. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 26-28.
- Routhier, P. 1954. Volcanicité et embryotectonique paléogènes en Nouvelle Calédonie. *C.R. XIXe Congr. géol. intern. Section XV, fasc. 18*, p. 43-53.

- Smith A.G., 1971. Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic. Bull. Soc. Geol. Amer., Boulder, 82, p. 2039-2070.
- Sossman H.B., 1938. Evidence on the intrusion temperature of peridotites. Am. Journ. Of Sc. 35, p. 353-359.
- Steinmann G., 1913. Ueber die Tiefseeabsätze des Oberjura im Apennin. Geol. Rundsch. 4, p. 572-575.
- Steinmann G., 1926. Die ophiolitische Zonen in den mediterranen Kettengebirgen. XIV Congr. géol. Intern. f. 2, p. 636-638.
- Suess E., 1902. Das Antlitz der Erde.(La face de la Terre). Ed. française, ab p. 432
- Vergely P., 1977. Discussion of the paleogeographic significance of rocks beneath the Vourinos ophiolite, northern Greece. J: geol. Soc. London 133, p. 505-507
- Voreadis G.D., 1932. Sur la formation des "Schiefer-Hornstein" et sur les éruptions basiques et supra-basiques de l'île de Salamis. Publ. Serv. Geol. Gr., 1932, N° 19. p 1-14.
- Vuagnat M., 1952. Le rôle des coulées volcaniques sous-marines dans les anciennes chaînes de montagne. XIXème Congr. Géol. Intern. Sect. XV, t. 17, p. 53-59.
- Wenck E., 1949. Die Asoziation von Radiolarithornsteinen mit ophiolitischen Erstarrungsgesteinen als petrogenetisches Problem. Experientia. 5, p. 226-232.
- Zimmerman, J. 1969. The Vourinos Complex-an allocthonous alpine ophiolite in Northern Greece. Abstr. Geol. Soc. Am. Ann. Mtg., 132, p. 225-239.

ABSTRACT

MAGMATIC EMPLACEMENT OF OPHIOLITES IN NORTHERN GREECE

Brunn J.H.¹, Argyriadis I.², and Braud J.³

¹ 60, Route des Gardes, 92190 Meudon, France

² Cabinet Argyriadis, 975 ch. Du Pré de Caune, 83740 La Cadière d'Azur, France
ion@argyriadis.net

³ Université Paris 11, Sciences de la Terre, 91405 Orsay, France jean.braud@do.cso.u-psud.fr

Most of the folded mountain ranges of our planet include masses of ophiolites. In accordance with the today 's predominant theory this is explained by obduction of ocean floor masses. Since 1956 Professor Brunn formulated the theory of undersea extrusion of mantel material. Our recent research in the areas of Vourinos, Vermion and Pindos have lead us to the conclusion that:

The ophiolites are in normal, no tectonic contact with their supporting layers.

This contact shows a typical thermal transformation with layers of hornstein, amphibolites and granatites.

The directly beneath underlying series shows progressive and clear evolution from a carbonate platform into a subsea environment with increasing volcanic influences including pillow lava flows.

As a conclusion of these observations we can state that we should not automatically interpret ophiolitic findings of the folded ranges to obduction of oceanic floor material. Probably an early compression of the future orogenic areas leads to the creation of rifts with oblique direction to the main axe of compression. Through these rifts hot ultrabasic magma flowed over the sea floor which crystalises in a differential process.