

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— **Οί σπιλιτικές παραγενέσεις τών βασαλτικών πετρωμάτων τής "Όθρους, ύπό Εδάγγελίας Σοβατζόγλου-Σκουνάκη***, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Ἀγγέλου Γαλανοπούλου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στὴν περιοχή τῆς Ὀθρους συναντῶνται συμπαγῆ θειοῦχα μεταλλεύματα τοῦ τύπου Cu-Zn ποὺ συνδέονται μὲ τὰ βασικά πετρώματα τῶν ἀνωτέρων τμημάτων τοῦ ὀφιολιθικοῦ συμπλέγματος τῆς περιοχῆς.

Πλῆθος μελετῶν ποὺ ἔχουν πραγματοποιηθεῖ (Μαρῖνος 1974, Hynes 1972, 1974, Menzies 1974, Ferrière 1977, Smith et al. 1975, κ.ά.) ἔχουν δεῖξει ὅτι πρόκειται γιὰ ἓνα τυπικὸ ὀφιολιθικὸ σύμπλεγμα πλήρες μελῶν ἀνταποκρινόμενο ἐπακριβῶς στὸν περὶ ὀφιολίθων ὄρισμὸ (GSA Penrose Field Conference, Anonymous 1972).

Τὰ βασικά αὐτὰ πετρώματα ἐμφανίζονται κατὰ κανόνα ἐξαλλοιωμένα. Παρουσιάζουν τὴ μεγαλύτερή τους ἐξάπλωση στὸ κεντρικὸ καὶ ἀνατολικὸ τμήμα τῆς Ὀθρους ὅπου βρίσκονται καὶ οἱ μεταλλοφόρες ἐμφάνσεις.

Γιὰ τὴ συγκεκριμένη περιοχή ἡ μεταλλοφορία ἀντιπροσωπεύεται ἀπὸ τὴ ζώνη stringer (Franklin et al., 1981) τοῦ τύπου αὐτοῦ τῶν κοιτασμάτων. Ἀποτελεῖται ἀπὸ διάσπαρτο τύπο μεταλλεύματος καὶ μετάλλευμα τύπου πλέγματος φλεβῶν (stockwork).

Στὴ σύσταση τοῦ μεταλλεύματος συμμετέχουν κυρίως σιδηροπυρίτης, χαλκοπυρίτης καὶ λίγος σφαλερίτης. Σὲ διάφορα ποσὰ μικρότερα ὅμως τῶν προηγουμένων συναντῶνται ὁ μαρκασίτης καὶ ὁ βορνίτης. Μαγνητοπυρίτης βρίσκεται σὲ ἴχνη ἀλλὰ σταθερὰ σὲ ὅλες τὶς ἐμφάνσεις, ἐνῶ ὁ γαληνίτης εἶναι σπάνιος. Ἀπὸ τὰ ἰχνοστοιχεῖα ἀπαντᾷ τὸ κοβάλτιο, κυρίως μέσα στὸ σιδηροπυρίτη καὶ σὲ ποσοστὸ ποὺ κυμαίνεται μεταξύ 0.05 - 0.30 %, ἐνῶ σὲ μιὰ ἐμφάνιση παρατηρήθηκε καὶ αὐτοτελὲς ὀρυκτὸ τοῦ κοβαλτίου, ὁ καρρολίτης.

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μεταλλεύματος, ὅπως προκύπτει ἀπὸ ἱστολογικὲς παρατηρήσεις καὶ τὸ κοβάλτιο σὰν γεωλογικὸ θερμόμετρο, ἔλαβε χώρα σὲ χαμηλὲς σχετικὰ θερμοκρασίες (μεσο-ἐπιθερμικὸ στάδιο) (Σοβατζόγλου - Σκουνάκη, 1983).

* EVANG. SOVATZOGLOU-SKOUNAKIS, *The spilitic associations of basaltic rocks of Othris Mountain.*

ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ἡ περιοχή τῆς Ὄθρου ἀνήκει στήν Ὑποπελαγονική ζώνη, ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ἀπό τήν παρουσία μεσοζωϊκῶν ἀσβεστολίθων, τήν σχιστοκερατολιθική διάπλαση μέ ὀφιολίθους καί τήν ἐπικλυσίγενή σειρά ἀνωκρητιδικῶν ἀσβεστολίθων.

Ἡ Ὄθρος ἀποτελεῖται ἀπό σύστημα ἐπωθημένων καλυμμάτων τά ὁποῖα τοποθετήθηκαν κατὰ τὸ Ἰουρασικὸ ἢ κατώτ. Κρητιδικὸ στὸ ἀσβεστολιθικὸ κάλυμμα τῆς Πελαγονικῆς μάζας. Τὰ κατώτερα καλύμματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἰζήματα καί ἐκρηξιγενῆ πετρώματα. Τὰ ἀνώτερα καλύμματα περιλαμβάνουν πετρώματα χαρακτηριστικὰ τῆς ὀφιολιθικῆς ἀκολουθίας χαρτζβουργίτες, λερζόλιθους, γάββρους, διαβάσες καί pillow λάβες (Hynes et al., 1972).

Ἡ ὅλη σειρά θεωρεῖται τμήμα ὠκεάνιου φλοιοῦ δημιουργηθεῖσα σὲ μιὰ ὠκεάνιο λεκάνη πού ὑφίστατο κατὰ τὴν διάρκεια τοῦ Ἰουρασικοῦ στὰ δυτικὰ κράσπεδα τῆς Πελαγονικῆς μάζας (Hynes 1974, Smith 1977, Rocci et al., 1979).

Ἡ τοποθέτηση τῶν ὀφιολίθων στήν Πελαγονική μάζα, ὅπου σήμερα ἀνευρίσκονται — πρόκειται δηλαδή γιὰ ἀλλόχθονες σχηματισμούς — εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς καταβυθίσεως τῆς ἐν λόγω λεκάνης στὸ ἡπειρωτικὸ τῆς κράσπεδο μέ διεύθυνση Β ἢ ΒΔ.

ΑΡΧΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΚΑΙ ΛΕΠΤΩΝ ΤΟΜΩΝ

Τὰ φιλοξενοῦντα τὴ συμπαγὴ θειοῦχο μεταλλοφορία Cu-Zn βασικὰ πετρώματα τῆς Ὄθρου εἶναι διαβάσες στιφροὶ καί συμπαγεῖς.

Στὶς μεταλλοφόρες περιοχὲς οἱ διαβάσες αὐτοὶ συνήθως ἐμφανίζονται μέ τὴ μορφή φλεβῶν ἢ ἀκανονίστων σωμάτων. Ὑπóκεινται κατὰ κανόνα τῶν pillow-λαβῶν, οἱ ὁποῖες σὲ μιὰ μόνο περίπτωση συνδέονται μέ τὴ μεταλλοφορία.

Ἀπὸ τὴ πετρογραφικὴ τους ἐξέταση φαίνεται ὅτι εἶναι λεπτόκοκκοι ἔως μεσόκοκοι καί κατὰ κανόνα ἀφυρικοί. Σπανίως παρατηρήθηκαν πορφυροειδεῖς τύποι.

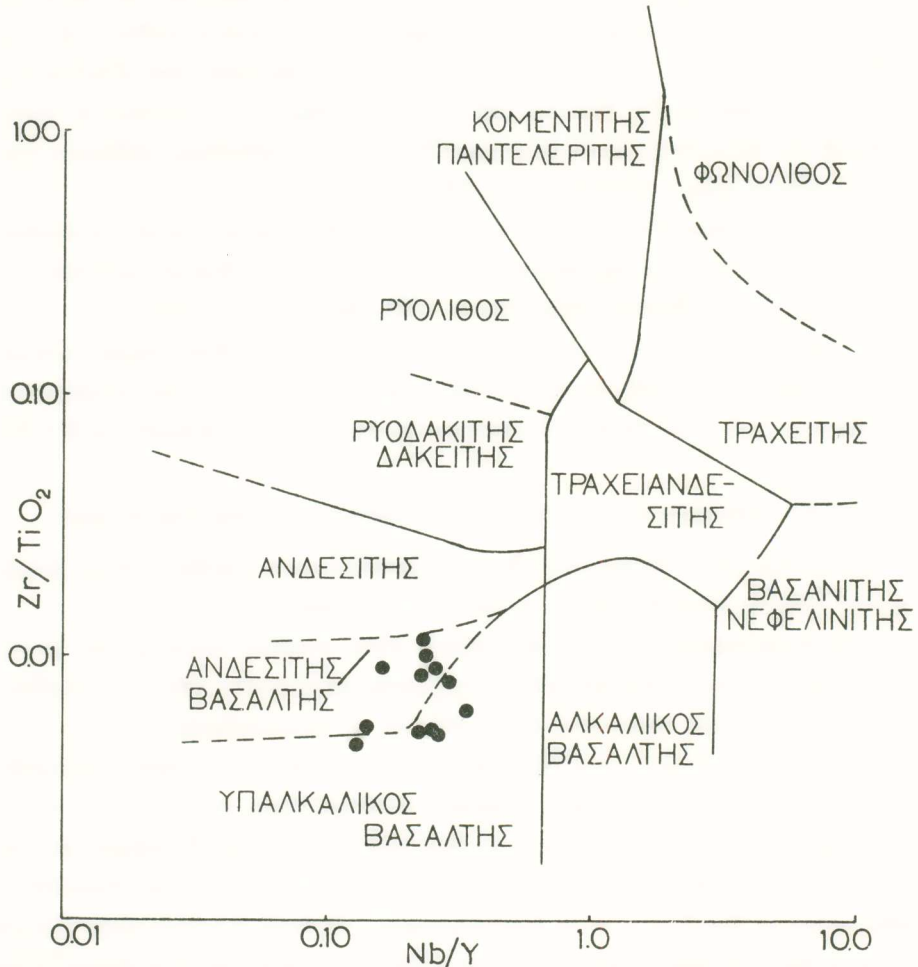
Σὲ μερικὲς μάλιστα ἐμφανίσεις, καί ἰδιαίτερα στήν περιοχή Στύρφακα, μερικὸ ἀπὸ τοὺς διαβάσες αὐτοὺς περιέχουν τεμάχια βασαλτικοῦ ὑλικοῦ μέ διαφορετικὸ μέγεθος κόκκων. Συνήθως σ' αὐτὰ διακρίνει κανεὶς τὸν ἰστό, ὁ ὁποῖος εἶναι πάντοτε ὀφιτικὸς ἢ ὀφιτικὸς-πορφυροειδής. Μερικὲς φορές τὰ ἐν λόγω τεμάχια ἐμφανίζονται περισσότερο λευκοκρατικά. Πιθανὸν ἢ δημιουργία τῶν τεμαχίων αὐτῶν νὰ εἶναι ἀποτέλεσμα ἐνὸς κατακερματισμοῦ (brecciation) ὁ ὁποῖος ἔλαβε χώρα κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ροῆς (Hynes 1972).

Ἐπίσης ἀπὸ τὴ μελέτη τῶν λεπτῶν τομῶν τῶν πετρωμάτων αὐτῶν φαίνεται σαφῶς ἡ σπυλιτικῆς φύσεως ἐξαλλοίωση πού ἔχουν ὑποστῆ.

Ἀπὸ τὴ χρησιμοποίηση τῶν συγκεντρώσεων καί τῶν λόγων ὀρισμένων «μη

κινητοποιουμένων» στοιχείων κατά την εξαλλοίωση στα εξεταζόμενα πετρώματα προκύπτει ότι αρχικά αυτά ήσαν βασαλτικής συστάσεως (Πίνακας 1).

Τοῦτο φαίνεται ἀπὸ τοὺς λόγους Nb/Y τῶν ἐν λόγω πετρωμάτων. Οἱ λόγοι αὐτοὶ εἶναι μικρότεροι τοῦ κρίσιμου λόγου 0.67 (κυμαίνονται μεταξύ 0.2 - 0.4), καὶ ἀντιστοιχοῦν στὸ πεδίο τῶν ὑπαλκαλικῶν βασαλτῶν-βασαλτανδесиτῶν (εἰκ. 1).



Εἰκ. 1. Διάγραμμα Zr/TiO_2 -Nb/Y τῶν σπιλιτικῶν πετρωμάτων τῆς Ὀθρυος (WINCHESTER FLOYD, 1977).

Στοὺς πρώτους, σύμφωνα μὲ τοὺς Winchester καὶ Floyd (1977) περιλαμβάνονται καὶ οἱ θολεΐτες.

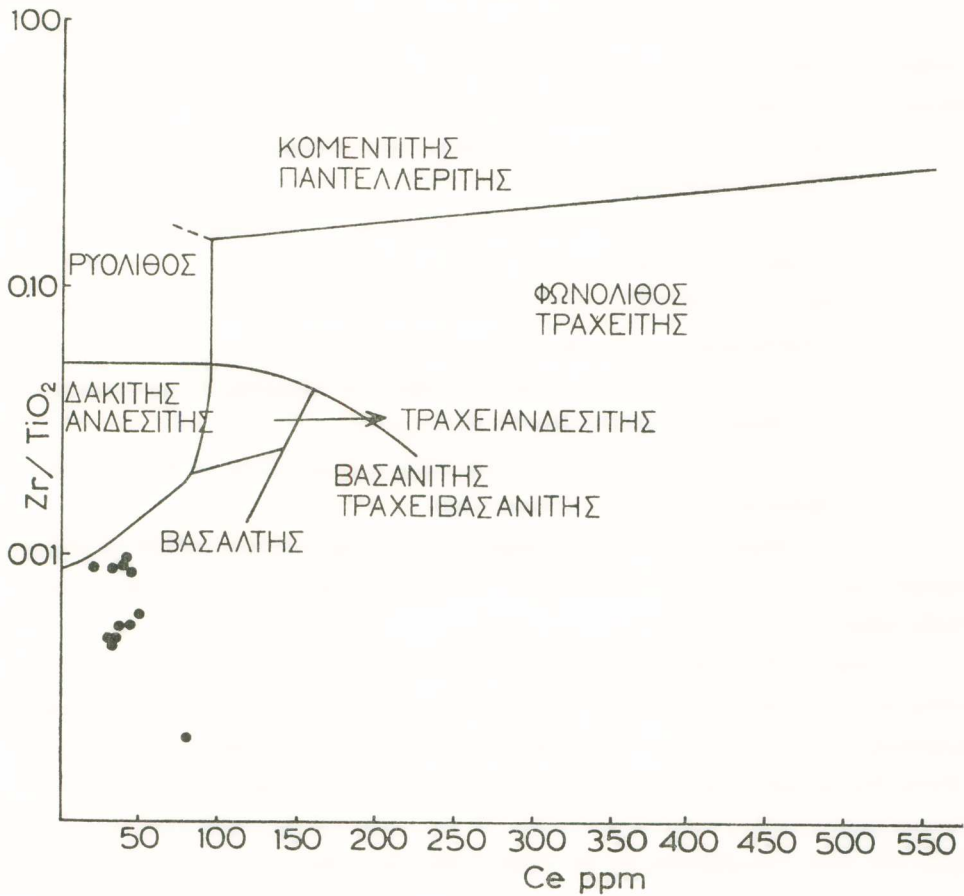
Ἐπίσης οἱ λόγοι Zr/TiO_2 τῶν πετρωμάτων αὐτῶν εἶναι πάντοτε ≤ 0.01 , ἀναλογία πού συμπίπτει μὲ αὐτὴ τῶν βασαλτῶν (Winchester-Floyd, 1978).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Συγκεντρώσεις ίχνοστοιχείων τῶν πετρωμάτων τῆς ᾽Οθρου

Zr _{ppm}	50	112	71	72	108	96	102	75	146	158	71
Nb _{ppm}	4	19	8	9	14	12	12	9	9	12	9
Υ _{ppm}	23	49	35	30	57	49	46	36	74	74	38
Ce _{ppm}	21	51	34	44	36	33	32	35	36	46	80
TiO ₂ %	0.54	1.55	0.79	0.83	1.89	1.76	1.86	0.82	2.99	2.48	0.41

Τὸ ὅτι πρόκειται γιὰ βασαλτικά πετρώματα φαίνεται καὶ ἀπὸ τὸ διάγραμμα Zr/TiO₂-Ce (εἰκ. 2).



Εἰκ. 2. Διάγραμμα Zr/TiO₂-Ce τῶν σπιλιτικῶν πετρωμάτων τῆς ᾽Οθρου (WINCHESTER FLOYD, 1977).

Τὸν θολεΐτικὸ καὶ μάλιστα MORB χαρακτήρα τῶν βασάλτων αὐτῶν ἀποδεικνύουν οἱ ἀναλογίαι ὀρισμένων κυρίων στοιχείων καὶ ἰχνοστοιχείων (Σοβατζόγλου-Σκουνάκη, 1983) καθὼς καὶ ἡ σύσταση τῶν πυροξένων αὐτῶν (Hynes, 1974).

ΣΠΙΛΙΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΕΝΕΣΕΙΣ

Ἀπὸ τοὺς ἀρχικοὺς θολεΐτικοὺς βασάλτες, στὰ σημερινὰ πετρώματα διατηρεῖται κυρίως ὁ ἰστός, ὀφιτικός καὶ σπανιότερα ὀφιτικός-πορφυροειδῆς ὅπως προαναφέρθηκε.

Ἀντίθετα, ἡ ὀρυκτολογικὴ τους σύσταση ἀποτελεῖται ἀπὸ δευτερογενῆ ὀρυκτὰ ἀποτέλεσμα τῆς σπιλιτικῆς ἐξαλλοιώσεως ποὺ ἔχουν ὑποστῆ. Ἡ ἐξαλλοίωση αὐτὴ ἀντιπροσωπεύεται στὶς περιοχὲς ποὺ ἐξετάζονται ἀπὸ τὶς ἀκόλουθες πέντε παραγενέσεις. Σ' αὐτὲς τὰ ὀρυκτὰ ἀναγράφονται μὲ σειρά μειούμενης συμμετοχῆς στὸ πέτρωμα, μὲ ἐξάιρεση τοὺς κλινοπυρόξενους καὶ τὸ μαγνητίτη.

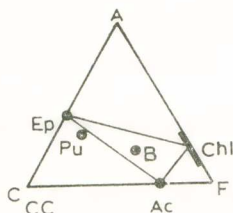
1. Ἀλβίτης + Ὀλιγόκλαστο + Κλινοπυρόξενοι + Χλωρίτης + Ἀσβεστίτης + Ἐπίδοτα + Μαγνητίτης
2. Ἀλβίτης + Ὀλιγόκλαστο + Κλινοπυρόξενοι + Χλωρίτης + Ἐπίδοτα + Ἀσβεστίτης + Μαγνητίτης
3. Ἀλβίτης + Ὀλιγόκλαστο + Κλινοπυρόξενοι + Χλωρίτης + Ἐπίδοτα + Ἀσβεστίτης + Χαλαζία + Τιτανίτης + Μαγνητίτης
4. Ἀλβίτης + Ὀλιγόκλαστο + Κλινοπυρόξενοι + Χλωρίτης + Ἀκτινόλιθος + Ἐπίδοτα + Πουμπελλυίτης + Μαγνητίτης
5. Ἀλβίτης + Ὀλιγόκλαστο + Κλινοπυρόξενοι + Χλωρίτης + Ἀκτινόλιθος + Ἐπίδοτα + Τιτανίτης + Μαγνητίτης

Ἀπὸ τῆ σειρά μὲ τὴν ὁποία ἀναφέρονται οἱ παραγενέσεις μπορεῖ νὰ παρατηρήσει κανεὶς τὴν προοδευτικὴ ἐξέλιξη αὐτῶν πρὸς τὴν τυπικὴ πρασινοσχιστολιθικῆς φάσεως (5).

Πράγματι ἡ προοδευτικὴ αὐτὴ μεταβολὴ φαίνεται ἀπὸ τὴ μείωση τοῦ ἀσβεστίτη σὲ σχέση μὲ τὴν παρουσία ἐπιδότων (παραγενέσεις 1-2) καὶ τὴν ἐν συνεχείᾳ ἐμφάνιση τοῦ τιτανίτη καθὼς καὶ τοῦ χαλαζία μέσα στὴ μάζα τοῦ πετρώματος (παραγένεση 3), μὲ κατάληξη τὴν ἀνάπτυξη τῆς τυπικῆς πρασινοσχιστολιθικῆς παραγένεσεως (παραγενέσεις 4 καὶ ἰδιαίτερα 5). Ἡ παρουσία τοῦ πουμπελλυίτη, ἂν καὶ σὲ ἴχνη, δὲν εἶναι ἀσυμβίβαστη μὲ τὴ παραγένεση αὐτὴ, ὅπως φαίνεται καὶ ἀπὸ τὴν εἰκ. 3.

Ἰδιαίτερο γνῶρισμα τῶν παραγενέσεων αὐτῶν ἀποτελεῖ ἡ παρουσία βασικότερων πλαγιокλάστων τοῦ ἀλβίτη. Μεγάλη συμμετοχὴ ὅπως φαίνεται παρουσιάζει

τὸ ὄξινο ὀλιγόκλαστο (περιεκτικότητα σὲ An % μέχρι 17 %) τὸ ὁποῖο βέβαια στὶς περισσότερες περιπτώσεις συνυπάρχει μὲ τὸν ἀλβίτη. Ἀκόμη διαπιστώθηκαν καὶ



Εἰκ. 3. Πρασινοσχιστολιθικὴ φάσις (Coleman, 1977)

πλαγιόκλαστα τῆς κατηγορίας τοῦ ἀνδρσίτη (An % 25 - 35) κυρίως σὲ φαινοκρυστάλλους. Μέσα σ' αὐτοὺς διαπιστώθηκε ἡ ὑπαρξὴ ζωνῶν ἀλβιτιώσεως.

Ὁ συνδυασμὸς ὄλων αὐτῶν συμπίπτει μὲ τὴν ἀποψη τῆς προοδευτικῆς πορείας ποὺ ἀκολουθεῖ τὸ φαινόμενο τῆς ἀλβιτιώσεως τῶν πλαγιόκλαστων κατὰ τὴ διάρκεια τῆς σπιλιτιώσεως.

Ἡ πορεία τέλος τὴν ὁποία ἀκολουθεῖ ἡ σπιλιτιώση στὰ ἑλληνικὰ σπιλιτικὰ πετρώματα φαίνεται νὰ ἐρμηνεύεται κάλλιστα ἀπὸ τὸν μηχανισμό τῆς μεταμορφώσεως ποὺ προτείνεται ἀπὸ τὸν Παρασκευόπουλο (1975, 1980).

SUMMARY

The mafic rocks of Othris Mountain associated with massive sulphide Cu-Zn mineralization are mainly diabases.

They occur in the usual form of dykes or irregular bodies and are always overlain by pillow-lavas.

These rocks are strongly spilitized; their mineralogical composition is represented by secondary minerals demonstrated in spilitic associations which are shown a progressive development from the:

Albite + Oligoclase + Clinopyroxene + Chlorite + Calcite + Epidote + Magnetite to the typical greenschist one:

Albite + Oligoclase + Clinopyroxene + Chlorite + Actinolite + Epidote + Sphene + Magnetite

Contradictory to this, the original ophitic texture is preserved with remarkable fidelity.

Besides, the primary basaltic character of these rocks becomes obvious from the diagrams used immobile trace element data.

All the above are in agreement to the acceptance of the progressive process of albitization of plagioclases during spilitization which is due to a low-temperature metamorphism.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anonymous, Ophiolites (report by participants of the Penrose Field Conference) *Geotimes*, 17, 12, (1972), 24.
- R. G. Coleman, Ophiolites. Springer Verlag, N. York, (1977), 110.
- J. Ferrière, Fait nouveaux concernant la zone isopique Maliaque (Grèce continentale orientale). VI Coll. of the Aegean region, I, (1977), 197.
- P. A. Floyd & J. A. Winchester, Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements. *Chem. Geol.* 21, (1978), 291.
- J. Franklin, J. Lydon, D. Sangster, Volcanic associated Massive Sulfide Deposits *Econ. Geol.* 75th Anniv. Vol., (1981), 485.
- J. Hynes, The Geology of part of the Western Othris Mountain, Greece. Unpubl. Ph. D. Thesis Univ. of Cambridge (1972).
- J. Hynes, G. Nisbet, A. Smith, M. Welland, D. Rex, Spreading and emplacement ages for some ophiolites in the Othris region (eastern-central Greece). *Zeift. der Deutch. Geol. Gesel. B*, T. 2, (1972), 1,23.
- J. Hynes, Notes on the Petrology of Some Ophiolites Othris Mountain, Greece, *Contr. Min. Petr.* 46, (1974), 233.
- Γ. Μαρῖνος, Γεωλογία τῆς Ὀθρυος καὶ τὰ θέματα τῶν ὀφιολίθων αὐτῆς. *Ann. Géol. Pays Hélien.*, 26, (1974), 118.
- M. A. Menzies, Mineralogy and Partial Melt Textures within an Ultramafic - mafic Body-Greece. *Contr. Min. Petr.*, 42, (1974), 278.
- Γ. Μ. Παρασκευόπουλος, Ἡ μετατροπὴ τῶν διαβασῶν εἰς σπιλιτικά πετρώματα. *Πρακτ. Ἀκαδ. Ἀθ.*, 50, (1975), 297.
- G. M. Paraskevopoulos, Données nouvelles sur le mécanisme de l'albitisation des plagioclases au cours de la formation des spilites des cortèges ophiolitiques de Grèce. Ophiolites, *Proc. Intern. Ophiol. Symp. Cyprus*, (1980), 341.
- G. Rocci, F. Barroz, J. Bebien, A. Desmet, H. Lappiere, D. Ohnenstetter, M. Ohnenstetter, J. Parrot, The Mediterranean ophiolites and their related Mesozoic volcano-sedimentary sequences. In Ophiolites, *Proceed., Intern. Ophiol. Symp. Cyprus*, Proc. Cyprus, Ministry Agriculture Nat. Resources, Geol. Survey Dept., 273 (1979).
- A. Smith & E. Moores, Hellenides. In Spencer (Ed.). Mesozoic-Cenozoic orogenic belts. Data for orogenic studies. *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 4 (1974), 159.
- A. Smith, J. Hynes, A. Menzies, E. Nisbet, J. Price, M. Welland, J. Ferrière, The Stratigraphy of the Othris Mountain, Eastern Central

Greece: a Deformed Mesozoic Continental Margin Sequence. *Ecl. Geol. Helv.*, 68, 3, (1975), 463.

Ε. Σοβατζόγλου - Σκουνάκη, 'Η μεταλλοφορία τοῦ χαλκούχου σιδηροπυρίτη τῶν βασικῶν ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων τῆς Ὀθρυς. Διδακτ. διατρ., Παν. Ἀθηνῶν, (1983).

J. A. Winchester & J. A. Floyd, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol.*, 20, (1977), 325.