

Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	XXII	97 - 113	1990
	Vol.	pag.	Athens

## ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΥΤΩΝΙΤΗ ΤΟΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΒΑΡΝΟΥΝΤΑ (ΒΔ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)

(ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ)

Α. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ\* και Γ. ΧΡΙΣΤΟΦΙΔΗΣ\*

### ΣΥΝΟΨΗ

Εξετάζεται ο πλουτωνίτης του Αν. Βαρνούντα πετρολογικά και γεωχημικά. Καθορίζονται οι κυριότεροι πετρογραφικοί τύποι και ταξινομούνται με βάση την ορυκτολογική τους σύσταση. Δίνονται 26 χημικές αναλύσεις πετρωμάτων για κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία και κατασκευάζονται διαγράμματα μεταβολής από τα οποία διαπιστώνεται ότι τα εξεταζόμενα πετρώματα, τα οποία δημιουργήθηκαν κύρια από διαδικασίες κλασματικής κρυστάλλωσης, έχουν ασβεσταλκαλικό χαρακτήρα. Διαπιστώνεται ότι πρόκειται για Ι-τύπου γρανιτικά πετρώματα των οποίων η γένεση συνδέεται με περιβάλλον σύγκλισης λιθσφαιρικών πλακών.

### ABSTRACT

The petrology and geochemistry of the Eastern Varnountas plutonite is studied. The main rock types are defined and classified according to their modal composition. Twenty six rock chemical analyses for major and trace elements are presented and various variation diagrams are constructed from which the calc-alkaline character of the rocks studied is revealed. Fractional crystallization is suggested to be the main mechanism for the genesis of the plutonite. The rocks of the plutonite have characteristics that classify them as I-type granites indicating derivation from igneous source. Mineralogical and chemical evidence support a generation for the studied rocks in a subduction zone environment.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στο να γίνουν γνωστά τα πρώτα αποτελέσματα της διδακτορικής διατριβής του Α.Κ., διατριβή που ασχολείται με την πετρολογία και γεωχημεία του πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα.

Ο πλουτωνίτης του Αν. Βαρνούντα εξετάστηκε γεωλογικά από τον ΚΙΛΙΑ (1980). Με βάση τα γεωλογικά δεδομένα της παραπάνω μελέτης γίνεται προσπάθεια να εξεταστεί η πετρολογία και η γεωχημεία του και η ανακοίνωση αυτή δίνει τα πρώτα στοιχεία προς την κατεύθυνση αυτή. Παρουσιάζονται πετρολογικά στοιχεία και εξετάζεται η γεωχημεία του πλουτωνίτη όσον αφορά τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία. Τα γεωχημικά στοιχεία που έχουμε στη διάθεσή μας μας επιτρέπουν να κάνουμε μια πρώτη συζήτηση για τη φύση του μάγματος και το γεωτεκτονικό περιβάλλον του πλουτωνίτη.

A. KORONEOS & G. CHRISTOFIDES. Petrology and geochemistry of the Eastern Varnountas plutonite (NW. Macedonia). Preliminary presentation.

Aristotle University of Thessaloniki, School of Geology, Dept. of Mineralogy - Petrology - Economic Geology, GR - 540 06 THESSALONIKI, Greece.

Ανακοινώθηκε στη Συνεδρία της Θεσσαλονίκης στις 28/5/87  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

## ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Τα πλουτωνικά πετρώματα που εξετάζονται βρίσκονται στην περιοχή του Αν. Βαρνούντα, στο βορειοδυτικό άκρο του νομού Φλώρινας (ΒΔ. Μακεδονία). Καταλαμβάνουν έκταση περίπου 80km<sup>2</sup> με όρια, προς βορρά τα ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα (ο πλουτωνίτης συνεχίζει στο γιουγκοσλαβικό έδαφος), ανατολικά και νότια ένα σύστημα σχιστολίθων και δυτικά την κορυφογραμμή Κρίβι Κάμεν-Τούμπα-Πισοδέρι (Σχ. 1).

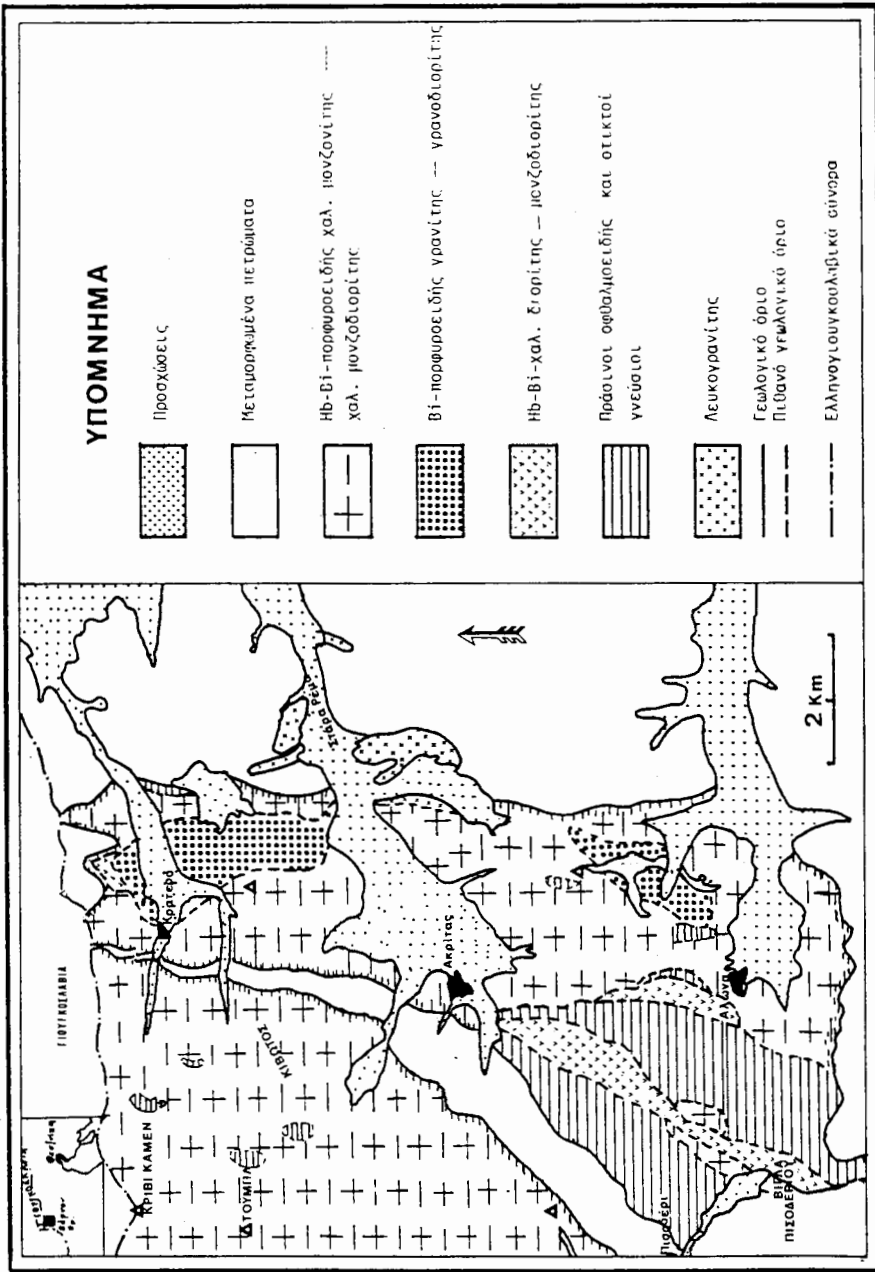
Ο πλουτωνίτης του Αν. Βαρνούντα τοποθετείται στην Πελαγονική ζώνη των εσωτερικών Ελληνίδων όπως αυτή καθορίστηκε από τον BRUNN (1956) και AUBOUIN (1957). Οι πιο πρόσφατες γεωλογικές και πετρολογικές μελέτες στην περιοχή είναι των ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ (1983), ΜOUNTRAKIS et al. (1983), ΚΙΛΙΑ (1980, 1982), ΡΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et ZAMΒΕΤΑΚΙΣ - LEKKAS (1980), και του ΚΑΤΕΡΙΝΟΠΟΥΛΟΥ (1983). Για την ευρύτερη περιοχή του Αν. Βαρνούντα ο ΚΙΛΙΑΣ (1980) δέχεται την ύπαρξη τεσσάρων παραμορφωτικών φάσεων που πτύχωσαν την περιοχή (Π1 έως Π4). Τα πλουτωνικά πετρώματα κατά τον ίδιο ερευνητή αποτελούν τους βαθύτερους ορίζοντες της περιοχής και τη διείδυσή τους την τοποθετεί σε δύο τουλάχιστον χρονικές περιόδους. Η πρώτη διείδυση είναι συντεκτονική ως προς την Π1 τεκτονική (Ανω Ιουρασικό) και θεωρείται ότι δέχθηκε την επίδραση και της Π2 τεκτονικής (Κάτω Κρητιδικό) που τη μεταμόρφωσε. Πετρώματα της διείδυσης αυτής θεωρούνται οι πράσινοι οφθαλμοειδείς γνεύσιοι ή σχιστοποιημένοι πορφύρες κατά τον ΚΑΤΕΡΙΝΟΠΟΥΛΟ (1983). Οι στικτοί γνεύσιοι και τα πλουτωνικά πετρώματα αποτελούν τη δεύτερη και νεώτερη διείδυση συν-μέχρι βραδυορογενετική σε σχέση με την Π2-τεκτονική. Την ύπαρξη δύο κύριων φάσεων διείδυσης δέχεται και ο ΜΑΡΑΚΗΣ (1969), για τον πλουτωνίτη του Βαρνούντα.

Όσον αφορά την ηλικία του πλουτωνίτη του Βαρνούντα υπάρχει κάποια ασυμφωνία. Ο ΜΑΡΑΚΗΣ (1969) αναφέρει ηλικίες 217 έως 268 εκ. χρ. και 461 έως 465 εκ. χρ. που προσδιορίστηκαν με K/Ar σε βιοτίτες. Ο ΚΙΛΙΑΣ (1980) επίσης με K/Ar σε βιοτίτες προσδιόρισε ηλικίες 468 και 528 εκ. χρ.. Παρόμοια ηλικία (461 εκ. χρ. με K/Ar) αναφέρεται και από τον DELON (1969 από ΚΙΛΙΑ, 1980) σε πλουτωνικά πετρώματα της Γιουγκοσλαβίας βόρεια των εξεταζομένων. Ο ίδιος όμως ερευνητής αναφέρει και ηλικίες νεότερες (48-190 εκ. χρ. με Rb/Sr).

Ο ΚΙΛΙΑΣ (1980) για τον πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα δε δέχεται την Κάμβριο ηλικία που δίνουν οι ραδιοχρονολογήσεις και υιοθετεί την ηλικία που εξάγεται από γεωλογικές και τεκτονικές παρατηρήσεις.

## ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Μια γενική εικόνα των πετρογραφικών τύπων της περιοχής δίνει ο OSSWALD



ΣΧ. 1. Πετρογραφικός χάρτης του πλουτωνίτη του ΑΝ. Βαρνούντα

Fig. 1. Petrographic map of Eastern Varnountas plutonite

(1938). Νεότερες μελέτες στα πλουτωνικά πετρώματα έγιναν από τον ΣΤΟJΙΑΝΟΝ (1974) στο γιουγκοσλαβικό τμήμα του πλουτωνίτη και από τους ΚΙΛΙΑ (1980) και ΚΑΤΕΡΙΝΟΠΟΥΛΟ (1983) στο ελληνικό τμήμα. Ειδικά για τον πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα ο ΚΙΛΙΑΣ (1980) αναφέρει ότι αποτελείται από γρανίτες, γρανοδιορίτες, πορφυροειδείς γρανίτες-γρανοδιορίτες και χαλαζιακούς μονζονίτες. Για το Δυτ. Βαρνούντα ο ΚΑΤΕΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ (1983) αναφέρει γρανίτες, γρανοδιορίτες, γρανοδιοριτικούς πορφύρες, χαλαζιακούς μονζονίτες και χαλαζιακούς μονζοδιοριτικούς πορφύρες.

Παρακάτω περιγράφονται σε συντομία οι κυριότεροι πετρογραφικοί τύποι που αναγνωρίστηκαν στον πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα. Ο καθορισμός της ορυκτολογικής σύστασης των διαφόρων πετρογραφικών τύπων έγινε εμβαδομετρικά. Η ορυκτολογική τους σύσταση φαίνεται στον πίνακα 1 όπου αναγράφεται η μέση ορυκτολογική σύσταση κάθε τύπου και το εύρος συμμετοχής κάθε ορυκτού.

Πιν. 1. Μέσες τιμές και εύρη των ορυκτολογικών συστάσεων των πετρογραφικών τύπων του πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα

Tab. 1. Mean values and ranges of modal compositions of rock types of Eastern Varnountas plutonite

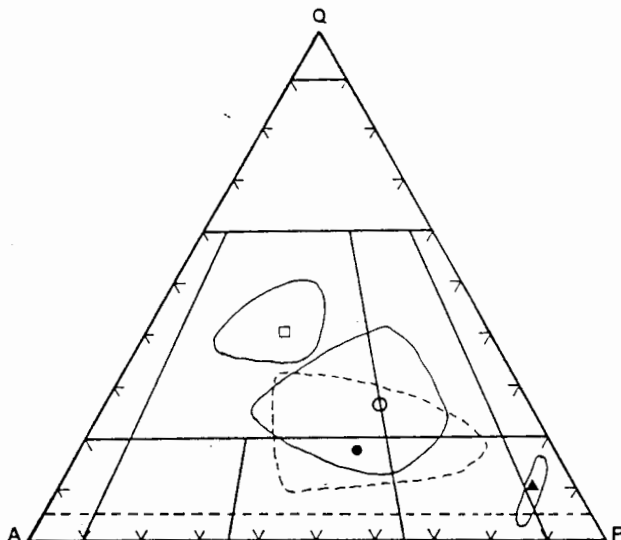
	1*(54)**	2(11)	3(3)	4(8)
Q	14.4 ( 8.9-28.3)	21.3(11.0-33.6)	6.1( 1.3-12.1)	37.5(28.6-43.7)
A	26.9(11.9-44.4)	21.1(11.5-38.5)	4.8( 2.5- 6.6)	32.4(23.4-45.5)
P1	38.5(24.5-53.2)	38.2(29.2-46.1)	49.5(40.5-58.8)	21.3(16.0-27.2)
Bi	10.9( 5.8-17.5)	16.0( 5.8-24.4)	21.2(13.6-31.5)	3.4( 1.3- 4.5)
Hb	6.8( 2.0-14.7)	0.2( 0.0- 1.4)	16.1( 8.2-28.8)	
Λοιπά	2.6( 0.5- 5.8)	3.3( 0.5- 5.8)	2.3( 1.0- 4.3)	5.7( 0.7- 5.7)

\*1=Hb-Bi-πορφυροειδής χαλ. μονζονίτης - χαλ. μονζοδιορίτης, 2=Bi-πορφυροειδής γρανίτης - γρανοδιορίτης, 3=Hb-Bi-χαλ.διορίτης - μονζοδιορίτης, 4=Λευκογρανίτης

\*\*Αριθμός εμβαδομετρήσεων

Η ταξινόμηση των πετρωμάτων (Σχ. 2) γίνεται με το σύστημα IUGS (1973). Στο τρίγωνο QAP απεικονίζονται τα πεδία που καταλαμβάνει ο κάθε πετρογραφικός τύπος και προβάλλεται ο μέσος όρος της ορυκτολογικής τους σύστασης όσον αφορά το χαλαζία τα πλαγιόκλαστα και τους αλκαλικούς αστρίους. Για τον υπολογισμό της ορυκτολογικής σύστασης των πορφυροειδών τύπων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος NESBITT (1964, από HUTCHISON, 1974). Λαμβάνοντας υπόψη τα φεμικά συστατικά καθώς και τον ιστό του πετρώματος οι διάφοροι πετρογραφικοί τύποι του Αν. Βαρνούντα μπορούν να συνοψιστούν στους παρακάτω: Hb-Bi-πορφυροειδής χαλ. μονζονίτης-χαλ. μονζοδιορίτης, Bi-πορφυροειδής γρανίτης-γρανοδιορίτης, λευκογρανίτης, Hb-Bi-χαλ. διορίτης-μονζοδιορίτης, Hb-Bi-μονζοδιοριτικοί ξενόλιθοι (η ταξινόμησή τους έγινε

χημικά με τη μέθοδο STRECKEISEN and LE MAITRE (1979) εξαιτίας της μικρόκοκκης μάζας τους) και απλιτικές φλέβες.



Σχ. 2. Ορυκτολογική σύσταση (μέσοι όροι) των πλουτωνικών πετρωμάτων του Αν. Βαρνούντα. Σχήμα ταξινόμησης κατά IUGS (1973). ●=Hb-Bi-πορφυροειδής χαλ. μονζονίτης-χαλ. μονζοδιορίτης, ⊙=Bi-πορφυροειδής γρανίτης-γρανοδιορίτης, ▲=Hb-Bi-χαλ. διορίτης-χαλ. μονζοδιορίτης, ◻=λευκογρανίτης. Διακεκομμένη γραμμή= Hb-Bi-πορφυροειδής χαλ. μονζονίτης-χαλ. μονζοδιορίτης.

Fig. 2. Averaged modal composition of Eastern Varnountas plutonic rocks. Classification scheme after IUGS (1973). ●=Hb-Bi-quartz monzonite-quartz monzodiorite porphyry, ⊙=Bi-granite-granodiorite porphyry, ▲=Hb-Bi-quartz diorite-quartz monzodiorite, ◻=leucogranite. Dashed line= Hb-Bi-quartz monzonite-quartz monzodiorite porphyry.

Ο Hb-Bi-πορφυροειδής χαλ. μονζονίτης-χαλ. μονζοδιορίτης είναι ο κυριότερος πετρογραφικός τύπος. Εμφανίζεται ως αδρόκοκκο πέτρωμα με πορφυροειδή ιστό που στο δυτικό τμήμα μεταβαίνει σταδιακά σε μη πορφυροειδή τύπο (βόρεια των κορυφών Τούμπα και Κιθωτός). Ερχεται σε επαφή με το σχιστολιθικό σύστημα όπου και έχουμε τη δημιουργία κερατιτών. Στα περιθώρια της μάζας του αλλά και μέσα σ' αυτήν εμφανίζονται συχνά γνευσιωμένα τμήματα. Επίσης συναντώνται μονζοδιοριτικοί ξενόλιθοι. Στις επαφές του με τον χαλ. διορίτη συχνά διεισδύει σ' αυτόν. Το πέτρωμα συνίσταται από χαλαζία, πλαγιόκλαστα, μικροκλινή, βιοτίτη, κερροσίλθη, τιτανίτη, απατίτη, ζirkόνιο, επίδοτο, αλλανίτη και αδιαφανή ορυκτά.

Ο Bi-πορφυροειδής γρανίτης-γρανοδιορίτης μοιάζει μακροσκοπικά πολύ με τον Hb-Bi-πορφυροειδή χαλ. μονζονίτη-χαλ. μονζοδιορίτη στον οποίο και μεταβαίνει χωρίς σαφή όρια. Είναι αδρόκοκκο πέτρωμα με πορφυροειδή ιστό και διαφέρει απ'

τον προηγούμενο τύπο γιατί εδώ απουσιάζει η κεροσίλθη ενώ υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό χαλαζία. Και ο τύπος αυτός έρχεται σε επαφή με το σχιστολιθικό σύστημα όπου δημιουργούνται φαινόμενα επαφής. Γνευσιωμένα τμήματά του εμφανίζονται και εδώ στα περιθώρια της μάζας. Συχνοί είναι και οι ξενόλιθοι. Αρκετές φορές, όπως και ο προηγούμενος τύπος, είναι αλλοιωμένοι και αποσαθρωμένοι, παρατηρήθηκε δε το φαινόμενο της ύπαρξης αναλλοίωτων πυρήνων πετρώματος μέσα στο υλικό αποσάθρωσης. Τα ορυκτά συστατικά που συνιστούν το πέτρωμα είναι χαλαζίας, Κ-ούχος άστριος που είναι περθιτικός μικροκλινης, πλαγιόκλαστα, βιοτιτης, τιτανίτης, επίδοτο, αλλανίτης, απατίτης, ζιρκόνιο και αδιαφανή ορυκτά.

Ο Ηb-Bi-χαλ. διορίτης-μονζοδιορίτης είναι τύπος που απαντάται σε τρεις μικρές εμφανίσεις (βορειοανατολικά της Βίγλας Πισσοδερίου, βόρεια του χωριού Αλωνα και στο βόρειο τμήμα του πλουτωνίτη κοντά στα ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα), με χαρακτηριστικό σκουροπράσινο χρώμα λόγω του αυξημένου ποσοστού των φεμικών συστατικών του. Έρχεται σε επαφή με τους πράσινους οφθαλμοειδείς γνευσίους και με τον Ηb-Bi-πορφυροειδή χαλ. μονζονίτη, ο τελευταίος μάλιστα πολλές φορές τον διεισδύει. Το πέτρωμα είναι λεπτόκοκκο με ορυκτά συστατικά χαλαζία, πλαγιόκλαστα, συχνά ζωνώδη, μικροκλινή, βιοτίτη, κεροσίλθη, απατίτη, αδιαφανή ορυκτά, επίδοτο και ορθίτη. Ο ιστός μερικές φορές γίνεται πορφυροειδής εξαιτίας της παρουσίας φαινοκρυστάλλων Κ-αστρίου των οποίων το μέγεθος ξεπερνά τα 4 εκατοστά. Συνήθως ο τύπος αυτός είναι αλλοιωμένος.

Ο λευκογρανίτης εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του πλουτωνίτη και σχηματίζει είτε φλεβοειδούς μορφής σώματά που διεισδύουν στον Ηb-Bi-πορφυροειδή χαλ. μονζονίτη, στον Βi-πορφυροειδή γρανίτη και στους κερατίτες, είτε μικρές εμφανίσεις βόρεια και νότια του Στάρα ρέματος. Είναι μεσόκοκκα έως αδρόκοκκα πετρώματα λευκωπού μέχρι γκριζόλευκου χρώματος. Η αποσάθρωση στα πετρώματα αυτά είναι αρκετά προχωρημένη, ώστε σε μερικές περιοχές να έχουν μετατραπεί σε χονδρόκοκκη άμμο. Ορυκτολογικά αποτελούνται από χαλαζία, μικροκλινή, πλαγιόκλαστα, βιοτίτη, μοσχobίτη, σερικίτη, επίδοτο, τιτανίτη και αλλανίτη. Στις ρωγμές του πετρώματος παρατηρείται πολλές φορές συγκέντρωση βιοτίτη, σερικίτη, επιδότου και χαλαζία. Γενικά τα πετρώματα αυτά είναι φτωχά σε φεμικά συστατικά γι' αυτό και αναφέρονται σαν λευκογρανίτες.

Οι παραπάνω πετρογραφικοί τύποι διατρέχονται από απλιτικές φλέβες πλούσιες σε χαλαζία, καλιούχο άστριο και πλαγιόκλαστα.

Στους Ηb-Bi-πορφυροειδείς χαλ. μονζονίτες-χαλ. μονζοδιορίτες και Βi-πορφυροειδείς-γρανίτες-γρανοδιορίτες συναντάμε συχνά σκουρόχρωμα ελλειψοειδή εγκλείσματα μονζοδιοριτικής σύστασης, μεγέθους μέχρι 50 εκατοστά, λεπτόκοκκα, με πλαγιόκλαστα, λίγο καλιούχο άστριο, βιοτίτη, κεροσίλθη, απατίτη, επίδοτο, τιτανίτη και αδιαφανή ορυκτά.

Για να συμπληρωθεί η πετρογραφία της περιοχής αναφέρουμε ότι υπάρχουν ακόμη γνευσιώμενα τμήματα στον πλουτωνίτη τα οποία είναι: οι στικτοί γνευσίοι

που κατά τον ΚΙΛΙΑ (1980) αποτελούν ένα σύστημα με τον πλουτωνίτη και οι πράσινοι οφθαλμοειδείς γνεύσιοι που αποτελούν κατά τον ίδιο ερευνητή προηγούμενη διεύθυνση. Τα παραπάνω γνευσιωμένα πετρώματα δεν εξετάζονται στην παρούσα εργασία.

Όπως προαναφέρθηκε ο πλουτωνίτης σχηματίζει φαινόμενα επαφής με τα περιβάλλοντα πετρώματα (μαρμαρυγίακοί σχιστόλιθοι) με ορυκτά όπως σιλλιμανίτη, χλωριτοειδή, χλωρίτη, βιοτίτη κ.ά.

## ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

Για τη μελέτη της γεωχημείας του πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα αναλύθηκαν 26 αντιπροσωπευτικά δείγματα τα οποία επιλέχτηκαν από αυτά που είχαμε στη διάθεσή μας. Οι αναλύσεις έγιναν με τη μέθοδο XRF και τα αποτελέσματά τους δίνονται στους πίνακες 2 και 3 αντίστοιχα για τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία. Στον πίνακα 2 δίνονται επίσης η C.I.P.W Norm και ο δείκτης διαφοροποίησης (Δ.Δ.) κατά THORTON and TUTTLE (1960). Ο τελευταίος χρησιμοποιείται για να εκφραστούν οι χημικές μεταβολές των διαφόρων τύπων πετρωμάτων του πλουτωνίτη (Σχ. 3) και όπως φαίνεται οι τιμές του κυμαίνονται από 46 μέχρι 95 δηλ. το φάσμα τους είναι αρκετά ευρύ. Σε σχέση με τη διαφοροποίηση, που εκφράζεται με το Δ.Δ., το  $K_2O$  και το άθροισμα  $Na_2O+K_2O$  δείχνουν θετική συσχέτιση ενώ το  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $TiO_2$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$  και το άθροισμα  $Fe_2O_3+FeO$  δείχνουν αρνητική συσχέτιση. Αν εξαιρεθεί η χαμηλή τιμή στο απλιτικό δείγμα το  $Na_2O$  δεν εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις γεγονός που δηλώνει ότι με τη διαφοροποίηση το ποσοστό του μένει σχετικά σταθερό. Η μεταβολή του  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $TiO_2$  και του συνολικού σιδήρου ερμηνεύεται με την ορυκτολογική σύσταση και συγκεκριμένα με την ελάττωση των φεμικών. Η ελάττωση του  $CaO$  οφείλεται επίσης και στην ελαττούμενη βασικότητα των πλαγιокλάστων.

Η αναλογία  $Fe/Mg$  που αυξάνεται από τους χαλ. διορίτες-μονζοδιορίτες προς τους απλίτες είναι χαρακτηριστική για την πορεία της διαφοροποίησης και δείχνει μηχανισμό κλασματικής κρυστάλλωσης (KOLBE, 1966; ΙΜΕΟΚΡΑΡΙΑ, 1985). Η μέση τιμή της αναλογίας  $Fe/Mg$  αυξάνεται από 1.75 για τους χαλ. διορίτες μέχρι 3.25 για τους λευκογρανίτες.

Στα διαγράμματα των κυρίων στοιχείων (Σχ. 3) και των ιχνοστοιχείων (Σχ. 4) παρατηρούμε ότι η τάση από τα βασικότερα προς τα οξεινότερα μέλη διακόπτεται από δύο χάσματα στην περιοχή με Δ.Δ. 47-58 και στην περιοχή 69-79. Τα χάσματα αυτά δεν μπορούμε αυτή τη στιγμή να τα δικαιολογήσουμε. Πιθανό να οφείλονται στην ελλειπή δειγματοληψία ή στη σωρευτική φύση κάποιων πετρωμάτων ιδίως στην περιοχή των χαλ. διοριτών-μονζοδιοριτών. Στα διαγράμματα του σχήματος 3 οι μεταβολές των οξειδίων με το Δ.Δ. δείχνουν ασβεσταλκαλικό χαρακτήρα για τα

Πιν. 2. Αναλύσεις κύριων στοιχείων

Tab. 2. Major element analyses

	KP-2*	M-13	E-11	Π-5	ΚΙ-4	E-13	Π-9	KP-22	Π-91	I-28	I-21	I-23	MP-11
SiO <sub>2</sub>	76.59	75.97	72.48	69.56	70.62	67.77	62.82	61.15	61.66	61.97	62.10	62.22	59.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.85	12.77	13.96	14.73	15.27	15.64	15.99	16.37	16.10	16.12	15.88	16.61	16.41
MgO	0.08	0.35	0.75	1.33	0.79	1.48	2.32	2.38	2.45	2.77	2.94	2.72	2.82
CaO	0.50	0.85	1.37	2.19	2.67	2.61	4.44	4.53	4.66	4.19	4.46	4.74	4.91
Na <sub>2</sub> O	2.19	3.62	3.60	3.56	3.57	3.74	3.54	3.56	3.34	3.50	3.68	4.13	3.66
K <sub>2</sub> O	6.85	4.84	4.86	4.76	4.06	4.64	4.28	4.34	4.31	3.86	3.69	3.23	4.27
TiO <sub>2</sub>	0.09	0.17	0.31	0.43	0.28	0.46	0.72	0.71	0.77	0.82	0.73	0.71	0.82
MnO	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06	0.07	0.11	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.07	0.12	0.22	0.11	0.25	0.45	0.52	0.46	0.46	0.44	0.42	0.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.36	0.39	0.97	0.72	0.60	0.61	1.45	2.29	1.93	1.79	1.70	1.25	2.64
FeO	0.30	0.60	0.87	1.69	1.03	1.99	3.09	2.89	3.13	3.29	3.08	3.03	3.14
LOI	0.33	0.50	0.65	0.61	0.88	0.61	0.60	0.78	0.85	0.90	1.00	0.68	0.90
Σύνολο	100.32	100.18	99.99	99.88	99.94	99.87	99.81	99.64	99.78	99.79	99.80	99.84	99.66
Σύσταση CIPW norm (βαρ. %)													
Q	36.227	33.976	29.054	23.695	27.253	20.017	13.418	11.616	12.828	13.663	13.125	11.957	8.539
Co	0.814	0.198	0.574	0.266	0.412	0.318							
Or	40.478	28.601	28.719	28.128	23.992	27.419	25.292	25.646	25.469	22.810	21.805	19.087	25.232
Ab	18.531	30.631	30.462	30.124	30.208	31.647	29.954	30.124	28.262	29.616	31.139	34.947	30.970
An	2.781	3.760	6.013	9.427	12.527	11.315	15.100	15.870	16.209	16.874	15.914	17.244	15.737
Ne													
DWo							1.665	1.339	1.630	0.379	1.394	1.473	2.291
DEn							0.986	0.879	1.016	0.237	0.902	0.910	1.561
DFs							0.596	0.366	0.517	0.118	0.398	0.476	0.550
HEn	0.199	0.872	1.868	3.312	1.968	3.686	4.792	5.049	5.086	6.661	6.420	5.864	5.462
HFs	0.198	0.592	0.377	1.947	1.045	2.521	2.896	2.100	2.588	3.314	2.834	3.069	1.923
Fo													
Fa													
Mt	0.522	0.565	1.406	1.044	0.870	0.884	2.102	3.320	2.798	2.595	2.465	1.812	3.828
Il	0.171	0.323	0.589	0.817	0.532	0.874	1.367	1.348	1.462	1.557	1.386	1.348	1.557
Ap	0.070	0.162	0.278	0.510	0.255	0.579	1.043	1.205	1.066	1.066	1.019	0.973	1.112
Δ.Δ.	95.236	93.208	88.235	81.947	81.453	79.083	68.664	67.386	66.559	66.089	66.069	65.991	64.741



Tab. 2. (Continued)

	M-20	Π-85	Π-11	MP-5	Π-12	KP-15	KP-9	T-29	T-3	T-16	Λ-5	MP-11ε	Π-7
SiO <sub>2</sub>	60.71	60.49	60.43	59.32	60.02	57.63	58.19	57.26	56.20	57.01	57.38	47.77	52.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.86	16.85	16.52	16.49	16.33	16.79	16.35	16.75	16.38	16.63	16.45	16.45	17.60
MgO	2.83	2.25	2.97	2.89	2.91	3.09	3.33	3.28	3.71	3.32	4.21	7.17	5.83
CaO	4.81	4.77	4.84	4.90	5.17	5.36	5.57	5.55	5.58	5.61	5.37	6.77	7.23
Na <sub>2</sub> O	3.54	3.71	3.82	3.42	3.50	3.41	3.14	3.46	3.58	3.25	3.93	3.47	3.64
K <sub>2</sub> O	3.81	3.62	3.76	4.38	3.89	4.16	4.14	4.19	4.02	3.96	3.37	3.88	2.57
TiO <sub>2</sub>	0.89	0.77	0.73	0.85	0.86	0.93	1.00	0.98	1.10	0.95	0.95	1.72	1.42
MnO	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.19	0.17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.52	0.59	0.53	0.64	0.51	0.72	0.74	0.69	1.09	0.80	0.71	0.66	0.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.54	1.94	2.02	2.55	2.44	2.92	2.80	2.39	2.93	3.23	1.97	4.25	2.17
FeO	3.22	3.37	3.14	3.29	3.27	3.64	3.61	4.17	4.05	3.46	4.25	6.30	5.54
LOI	0.85	1.28	0.79	0.91	0.83	0.94	0.60	0.74	0.98	1.37	0.94	1.34	1.43
Σύνολο	99.70	99.76	99.67	99.67	99.67	99.75	99.63	99.72	99.78	99.73	99.67	99.98	100.59
Σύσταση CIPW norm (θαρ. %)													
Q	12.247	11.790	9.904	9.247	11.218	7.226	8.896	5.300	4.811	7.915	4.645		
Ca													
Or	22.514	21.391	22.219	25.883	21.805	24.582	24.466	24.760	23.755	23.401	19.914	22.928	15.187
Ab	29.954	31.393	32.324	28.939	29.616	28.854	26.570	29.278	30.293	27.501	33.255	17.833	30.801
An	16.133	18.632	16.825	16.707	17.949	18.221	18.291	17.798	16.752	19.093	17.292	17.850	24.094
Ne												6.246	
DWo	1.809	0.491	1.555	1.221	1.823	1.531	1.882	2.390	1.590	1.466	1.967	4.770	2.707
DEn	1.224	0.287	1.018	0.816	1.215	1.018	1.273	1.469	1.067	1.040	1.256	3.332	1.755
DFs	0.446	0.181	0.429	0.314	0.474	0.401	0.457	0.784	0.404	0.299	0.583	1.038	0.768
HEn	5.824	5.317	6.379	6.382	6.032	6.678	7.015	6.700	8.173	7.229	9.229		7.205
HFs	2.122	3.356	2.686	2.459	2.355	2.632	2.505	3.578	3.093	2.078	4.285		3.152
Fo												10.178	3.896
Fa												3.494	1.878
Mt	3.683	2.813	2.929	3.697	3.538	4.234	4.060	3.465	4.248	4.683	2.856	6.177	3.146
Il	1.690	1.462	1.386	1.614	1.633	1.766	1.899	1.816	2.089	1.804	1.804	3.267	2.697
Ap	1.205	1.367	1.228	1.493	1.182	1.668	1.715	1.599	2.525	1.854	1.645	1.529	1.877
Δ.Δ.	64.715	64.574	64.447	64.068	62.639	60.663	59.930	59.337	58.859	58.816	57.814	47.007	45.987

\* Τα αναλυθέντα δείγματα κατά σειρά είναι: KP-2=απλίτης, M-13, E-11=λευκογρανίτες, Π-5, KI-4, E-13=Βί-πορφυροειδείς γρανίτες-γρानοδιορίτες, Π-9 μέχρι και T-16=Hb-Bi-πορφυροειδείς χαλ. μονζονίτες-χαλ. μονζοδιορίτες, Λ-5, Π-7=Hb-Bi-χαλ. διορίτες-μονζοδιορίτες και MP-11ε=μονζοδιοριτικός ξενόλιθος

αναλυθέντα πετρώματα. Ο ασβεσταλκαλικός χαρακτήρας φαίνεται και από το διάγραμμα AFM (Σχ. 5) όπου είναι σαφής η ελάττωση του σιδήρου και ο εμπλουτισμός σε αλκάλια κατά τη διαφοροποίηση.

Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα αναλυθέντα δείγματα δίνονται στον πίνακα 3. Στο σχήμα 4 απεικονίζονται οι μεταβολές επιλεγμένων ιχνοστοιχείων σε σχέση με το Δ.Δ.. Ο διαχωρισμός των πετρωμάτων σε διάκριτες ομάδες εξαιτίας των δύο χασμάτων που αναφέρθηκαν για τα κύρια στοιχεία παρουσιάζεται κι εδώ.

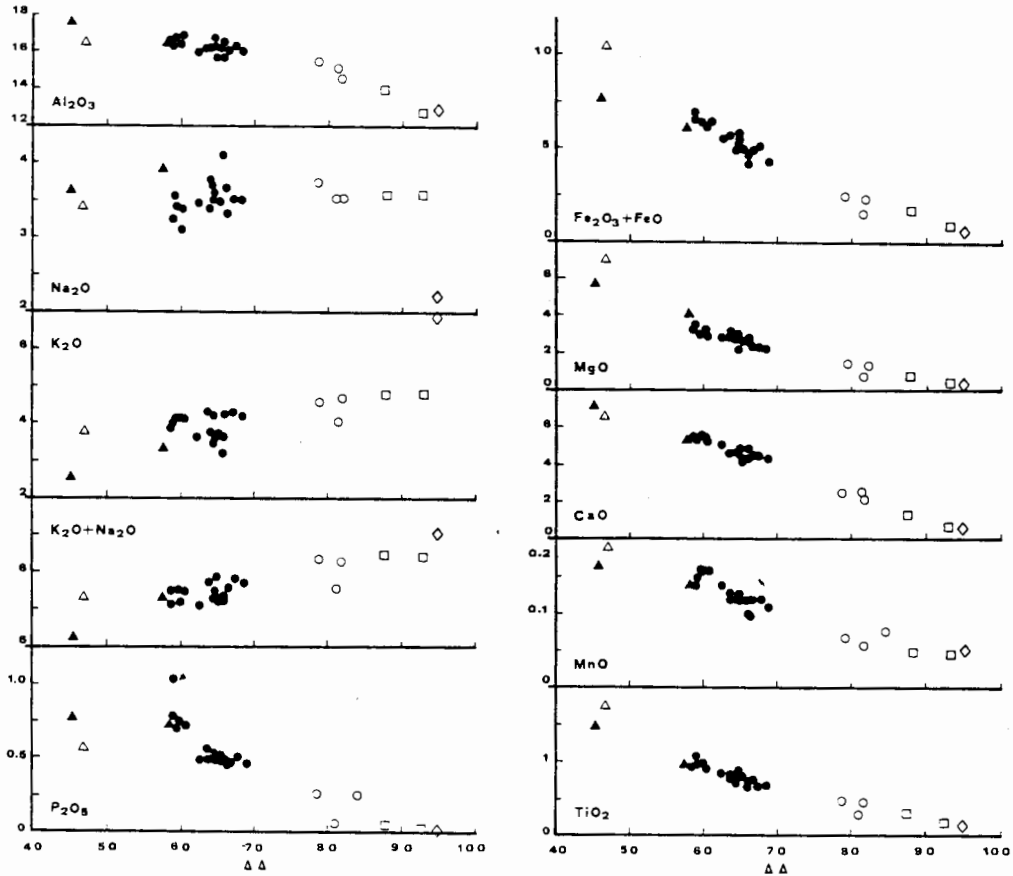
Πιν. 3. Αναλύσεις ιχνοστοιχείων (ppm)

Tab. 3. Trace element analyses (ppm)

	Nb	Zr	Y	Sr	Rb	Zn	Cu	Ni	Cr	Ce	Nd	V	La	Ba	Sc	Rb/Sr
KP-2		84	19	99	135	10	1		22	60	13	2	38	35	4	1.36
M-13	9	154	48	178	124	16		3	18	75	33	5	32	294	2	0.70
E-11	23	204	44	311	208	22	45	10	25	93	30	8	49	475	5	0.67
Π-5	15	233	41	446	160	44	10	20	37	93	35	14	47	891	11	0.36
KI-4	6	187	28	634	119	30	5	4	27	59	21	13	42	794	6	0.19
E-13	16	247	42	620	147	48	3	19	41	89	39	17	54	963	8	0.24
Π-9	25	303	49	712	172	65	6	10	43	99	44	43	54	1209	13	0.24
KP-22	14	299	44	817	167	102	26	13	35	113	50	56	59	1241	14	0.20
Π-91	25	322	52	759	168	72	18	13	44	120	55	52	71	1081	11	0.22
I-28	20	357	53	827	158	82	26	46	77	131	64	42	54	1299	15	0.19
I-21	10	334	44	872	130	74	15	34	70	130	55	44	63	1194	11	0.15
I-23	19	352	45	943	116			1	63	113	52	44	69	1088	12	0.12
MP-11	9	339	46	907	152	69	14	15	39	118	54	60	63	1376	13	0.17
M-20	28	351	56	776	149	75	25	19	45	132	66	56	71	1043	14	0.19
Π-85	24	331	50	752	142	74	19	20	42	121	56	53	56	1150	12	0.19
Π-11	19	298	48	771	149	63	5	25	43	96	48	54	39	1250	16	0.19
MP-5	16	333	49	876	170	74	28	14	38	115	57	63	59	1306	15	0.19
Π-12	26	326	55	772	153	80	21	22	47	118	55	53	64	978	16	0.20
KP-15	10	361	40	974	164	92	17	7	41	101	53	68	49	1431	14	0.17
KP-9	18	352	49	902	152	84	36	16	12	126	62	65	58	1323	21	0.17
T-29	15	357	50	966	146	80	26	19	43	130	62	71	57	1470	14	0.15
T-3	16	386	49	819	163	88	20	12	40	124	59	80	75	1323	19	0.18
T-16	20	361	57	916	142	83	28	16	39	133	64	74	68	1258	16	0.16
A-5	12	388	50	867	126	91	25	75	110	116	62	56	52	1445	20	0.15
MP-11ε	13	328	41	753	270	140	21	34	73	70	33	120	38	452	21	0.36
Π-7	23	340	50	1120	112	99	27	73	112	131	62	99	69	1116	24	0.10

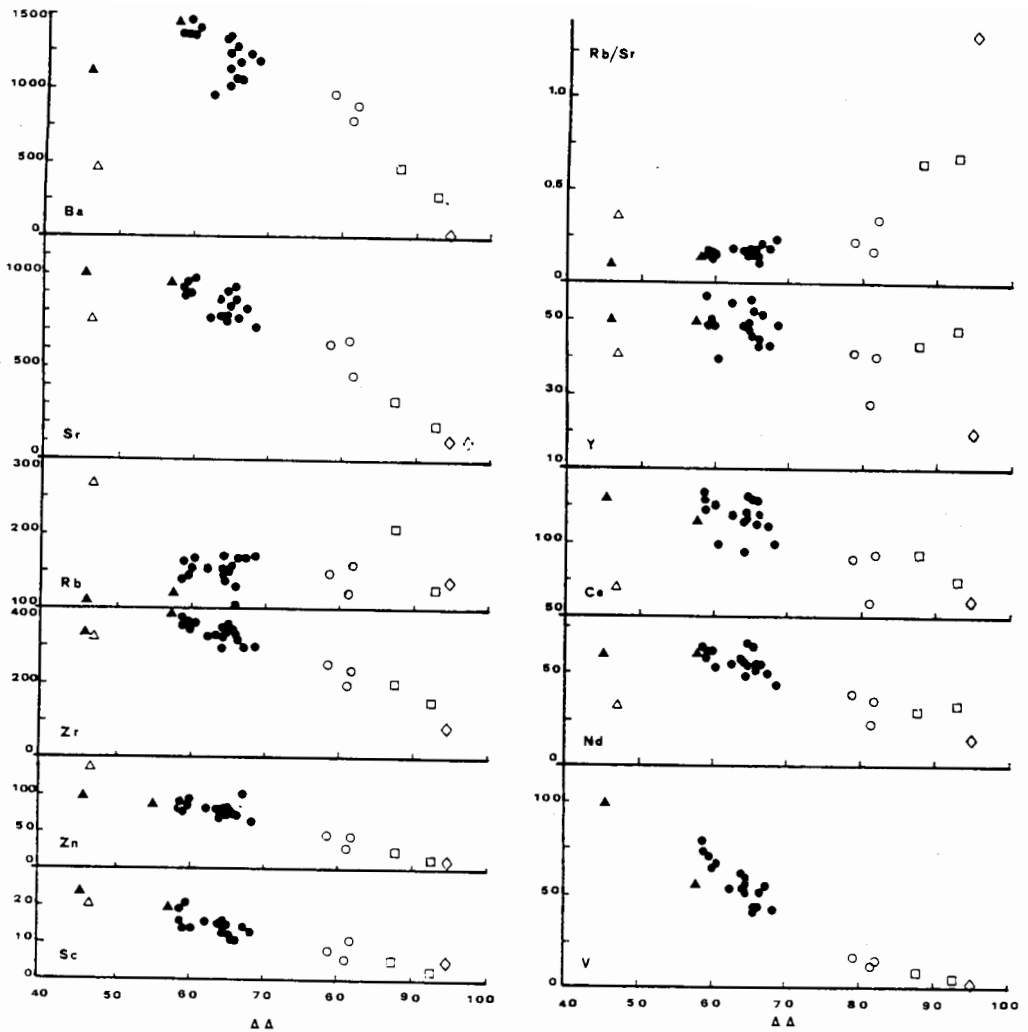
Γενικά τα ιχνοστοιχεία που εξετάζονται δείχνουν μια μείωση με τη διαφοροποίηση με εξαίρεση το Rb. Ιδιαίτερη σημασία στη γεωχημεία των γρανιτικών πετρωμάτων έχει η συμπεριφορά του Ba, Sr και Rb χωρίς φυσικά να μειώνεται η πετρογενετική σημασία και των υπολοίπων ιχνοστοιχείων. Στο σχήμα 4 φαίνεται καθαρά η μείωση τόσο του Ba όσο και του Sr με τη διαφοροποίηση. Κάποια ανωμαλία παρατηρείται στο έγκλεισμα και σε ένα χαλ. διορίτη. Αντίθετα το Rb εμφανίζεται με μια ελαφρά αύξηση. Η συμπεριφορά αυτή των παραπάνω ιχνοστοιχείων και η αρκετά μεγάλες μεταβολές στις συγκεντρώσεις τους (το Ba μεταβάλλεται με παράγοντα μέχρι και 15,

το στρόντιο μέχρι 10) συνηγορούν για μια κλασματική κρυστάλλωση (MITTLEFEHLDT and MILLER, 1983; SAAVEDRA et al., 1985). Υπέρ του παραπάνω μηχανισμού κρυστάλλωσης είναι επίσης η σχέση Rb/Sr-Sr (Σχ. 6). Όσον αφορά το λόγο K/Rb των αναλυθέντων δειγμάτων βρίσκεται στην περιοχή των "κανονικών" γρανιτικών πετρωμάτων (TAYLOR, 1965).



Σχ. 3. Διαγράμματα μεταβολής των κύριων στοιχείων. Συμβολισμός όπως στο σχήμα 2 με επιπλέον  $\Delta$ =μονζοδιοριτικός ξενόλιθος,  $\diamond$ =απλίτης. Στα επόμενα διαγράμματα διατηρείται ο συμβολισμός αυτός

Fig. 3. Major element variation diagrams. Symbols as in fig. 2. Also  $\Delta$ =monzodioritic xenolith,  $\diamond$ =apelite. In the following diagrams the same symbols are kept

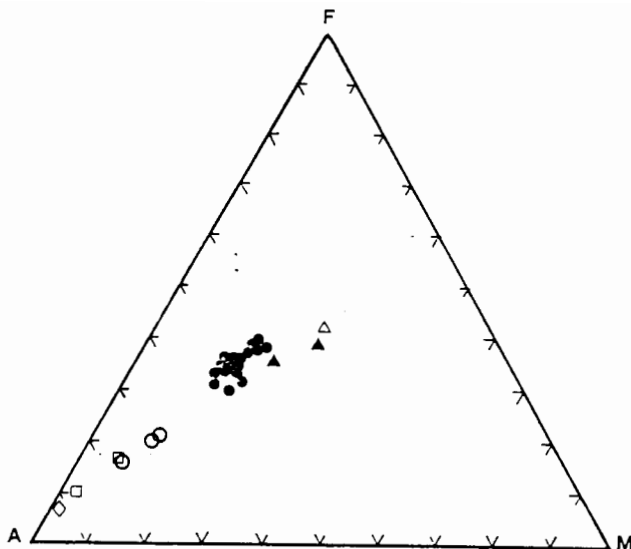


Σχ. 4. Διαγράμματα μεταβολής ιχνοστοιχείων

Fig. 4. Trace element variation diagrams

#### ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (I-ΤΥΠΟΣ)

Οι πλουτωνίτες γρανιτικής σύστασης διακρίνονται ως γνωστό σε δύο τύπους, I και S (CHAPPELL and WHITE, 1974; WHITE and CHAPPELL, 1977; HINE et al., 1978). Οι I-τύπου γρανίτες προέρχονται από μερική τήξη πυριγενών υλικών ενώ οι S-τύπου γρανίτες από ιζηματογενή υλικά. Η διάκριση των δύο αυτών τύπων γρανιτών γίνεται με βάση κυρίως χημικά, ορυκτολογικά και ισοτοπικά κριτήρια.



Σχ. 5. Διάγραμμα AFM

Fig. 5. AFM diagram

Εξετάζοντας τον πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα βλέπουμε ότι:

1. Στα αναλυθέντα δείγματα υπάρχουν σχετικά ψηλές τιμές  $\text{Na}_2\text{O}$  (>3.2%).
  2. Η μοριακή αναλογία  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$  είναι <1.1 σε όλα τα δείγματα όπως φαίνεται και στο σχήμα 7.
  3. Στη δυνητική σύσταση έχουμε σε 6 δείγματα  $\text{Co}<1\%$  ενώ στα υπόλοιπα υπάρχει Di.
  4. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα συστάσεων από 48 μέχρι 77% σε  $\text{SiO}_2$ .
  5. Τα διαγράμματα μεταβολής για τα αναλυθέντα δείγματα είναι περίπου ευθύγραμμα (Σχ. 3).
  6. Στα πετρώματα υπάρχει κερροσίλθη και τιτανίτης ενώ συχνά παρατηρούμε εγκλείσματα απατίτη στον βιοτίτη και στην κερροσίλθη.
  7. Συχνά απαντώνται ξενόλιθοι πλούσιοι σε κερροσίλθη, που τόσο η ορυκτολογία τους όσο και η χημεία τους είναι ενδεικτικές για πυριγενή προέλευση.
- Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι ο πλουτωνίτης του Αν. Βαρνούντα είναι I-τύπου, δηλαδή η προέλευσή του συνδέεται με υλικά πυριγενούς χαρακτήρα.

#### ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Οι PETRO et al. (1979) χρησιμοποίησαν χημικά κριτήρια για τη διάκριση των πλουτωνικών πετρωμάτων σε σειρές συμπύεσης και εφελκυσμού. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν το διάγραμμα AFM, τη συχνότητα κατανομών του δυνητικού

πλαγιοκλάστου και του δείκτη διαφοροποίησης, το δείκτη ασβεσταλκαλικότητας και την παρουσία υπεραλκαλικών πετρωμάτων.

Στα μελετηθέντα πετρώματα του Αν. Βαρνούντα διαπιστώνουμε ότι:

α) Στο διάγραμμα AFM (Σχ. 5) οι προβολές των δειγμάτων δεν παρουσιάζουν διασπορά κατά μήκος της πλευράς FM, η δε τάση των πετρωμάτων είναι περίπου κάθετη στην πλευρά αυτή.

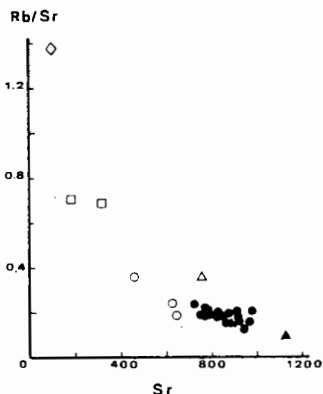
β) Η κατανομή συχνοτήτων του δείκτη διαφοροποίησης και της σύστασης του δυνητικού πλαγιοκλάστου (Σχ. 8) δείχνει ένα μόνο μέγιστο στην περιοχή των μέσων τύπων.

γ) Κανένα από τα παραπάνω δείγματα δεν είναι υπεραλκαλικό.

δ) Ο δείκτης ασβεσταλκαλικότητας είναι 52.

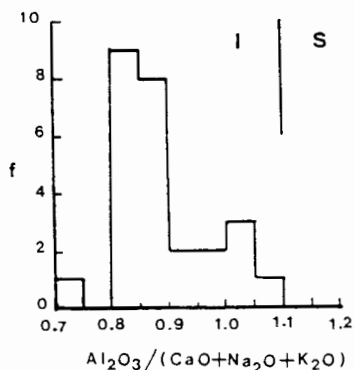
Από τα παραπάνω κριτήρια τα τρία πρώτα δηλώνουν χαρακτήρες για πετρώματα σειρών συμπίεσης ενώ το τελευταίο για πετρώματα σειρών εφελκυσμού.

Προσφατά οι PEARCE et al. (1984) χρησιμοποίησαν τη γεωχημεία των ιχνοστοιχείων των γρανιτών για τον εντοπισμό του γεωτεκτονικού τους περιβάλλοντος. Εξί από τα αναλυθέντα δείγματα στα οποία έγινε ανάλυση Rb, Ta και Yb με INAA (αδημοσίευτα αποτελέσματα) προβλήθηκαν στα διακριτικά διαγράμματα Yb-Ta και (Ta+Yb)-Rb (Σχ. 9). Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα αυτά τα αναλυθέντα δείγματα προβάλλονται στο πεδίο VAG (Volcanic Arc Granites) δηλαδή στους γρανίτες ηφαιστειακών τόξων. Αυτό δείχνει περιβάλλον κατάδυσης λιθοσφαιρικών πλακών, γεγονός που συμφωνεί με τα συμπεράσματα που βγαίνουν με τα κριτήρια των PETRO et al. (1979). Ο μικρός δείκτης ασβεσταλκαλικότητας των πετρωμάτων αυτών δεν αποτελεί περιορισμό για τη θεώρησή τους ως VAG αφού στην ομάδα αυτή ανήκουν και γρανίτες των αλκαλιασβεστιτικών σειρών (PEARCE et al., 1984).



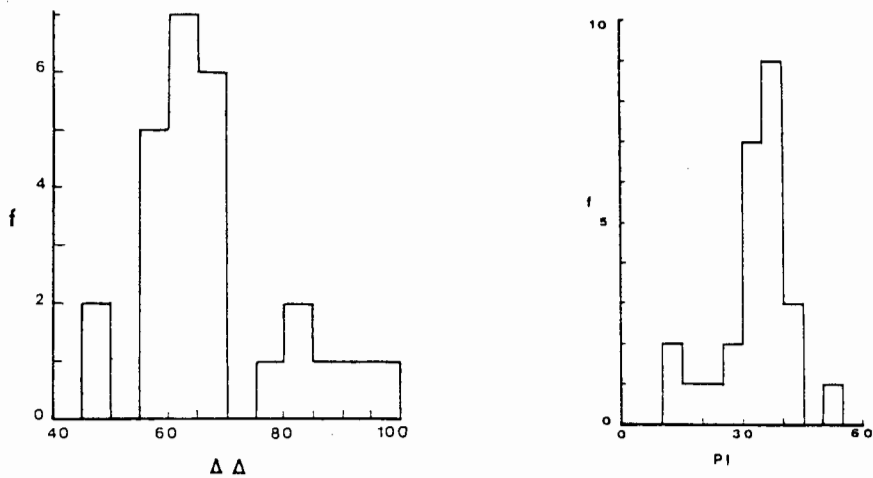
Σχ. 6. Rb/Sr vs. Sr

Fig. 6. Rb/Sr vs. Sr



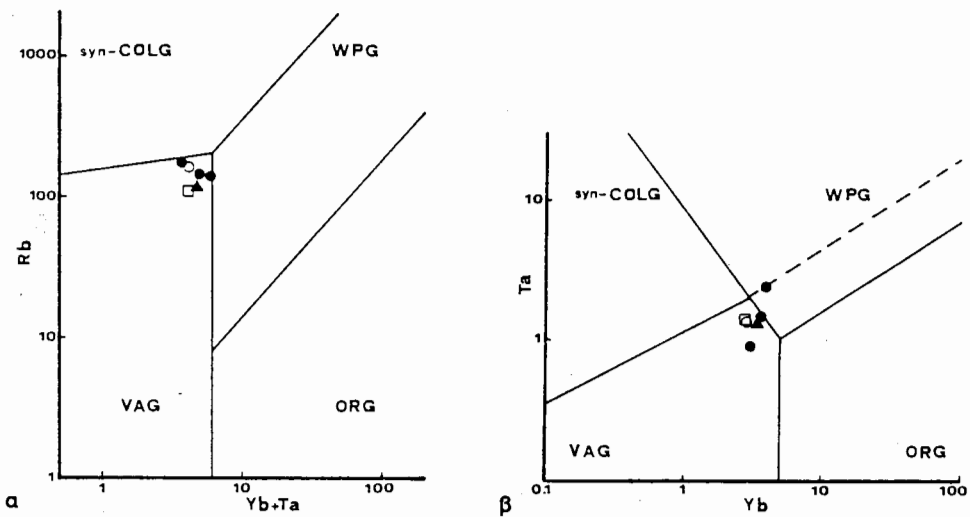
Σχ. 7. Κατανομή συχνότητας του λόγου  $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$  (μολ. αναλ.)

Fig. 7. Frequency distribution of  $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$  ratio (mol. prop.)



Σχ. 8. Κατανομή συχνότητας του δείκτη διαφοροποίησης (Δ.Δ.) και του δυνητικού πλαγιοκλάστου (P1)

Fig. 8. Frequency distribution of differentiation index (Δ.Δ.) and normative plagioclase (P1)



Σχ. 9. Προβολή των δειγμάτων, που αναλύθηκαν με INAA, στα διακριτικά διαγράμματα (α) Ta vs. Yb και (β) Rb vs. Yb+Ta κατά PEARCE et al. (1984). ORG=γρανίτες ωκεάνιων ράχων, VAG=γρανίτες ηφαιστειακών τόξων, WPG=ενδοπλακικοί γρανίτες, syn-COLG=συντεκτονικοί γρανίτες.

Fig. 9. Plot of the samples, analyzed by INAA, on the discrimination diagrams (α) Ta vs. Yb and (β) Rb vs. Yb+Ta after PEARCE et al. (1984). ORG=ocean ridge granites, VAG=volcanic arc granites, WPG=within plate granites, syn-COLG=syn-collision granites

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι πετρογραφικοί τύποι που δημιουργήθηκαν κατά την εξέλιξη του πλουτωνίτη του Αν. Βαρνούντα, όπως αυτή διαπιστώθηκε από την ορυκτολογική και πετρολογική εξέταση, είναι οι παρακάτω: Hb-Bi-πορφυροειδής χαλ. μονζονίτης-χαλ. μονζοδιορίτης, Bi-πορφυροειδής γρανίτης - γρανοδιορίτης, λευκογρανίτης, Hb-Bi-χαλ. διορίτης - μονζοδιορίτης, Hb-Bi-μονζοδιοριτικοί ξενόλιθοι και απλιτικές φλέβες.

Το μάγμα από το οποίο προέκυψε ο πλουτωνίτης είναι ασβεσταλκαλικού χαρακτήρα όπως αποδεικνύεται από τη χημική του σύσταση και τα διαγράμματα μεταβολής.

Η χημική, η δυνητική και η ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων του πλουτωνίτη τον τοποθετούν στους I-τύπου γρανίτες, δηλαδή πετρώματα που η γένεσή τους συνδέεται με μερική τήξη πυριγενούς προέλευσης υλικών.

Η γεωχημεία τόσο των κύριων στοιχείων όσο και των ιχνοστοιχείων συνηγορεί για κλασματική κρυστάλλωση σαν μηχανισμού διαφοροποίησης.

Με βάση τα χημικά κριτήρια των PETRO et al. (1979) διαπιστώνεται ότι ο πλουτωνίτης παρουσιάζει χαρακτηριστικές πετρωμάτων σειρών συμπίεσης πράγμα που υποδηλώνει περιβάλλον σύγκλισης λιθοσφαιρικών πλακών. Περιβάλλον σύγκλισης λιθοσφαιρικών πλακών δείχνουν και τα διακριτικά διαγράμματα Yb-Ta και Rb-(Yb+Ta) των PEARCE et al. (1984) στα οποία τα αναλυθέντα δείγματα προβάλλονται στο πεδίο των γρανιτών ηφαιστειακών τόξων (VAG).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AUBOUIN, J., (1957). Sur la geologie de la bordure meridionale de la plaine de Trikala (Thessalie). Ann. Geol. Pays Hellen., 8, 222-232.
- BRUNN, J., (1956). Contribution a l' etude geologique du Pinde septentrional et d' une partie de la Macedoine occidentale. Ann. Geol. Pays Hellen., 7, 1-346.
- CHAPPEL, B.W. and WHITE, A.J.R., (1974). Two contrasting granite types. Pacific Geology, 8, 173-174.
- HINE, R., WILLIAMS, I.S., CHAPPEL, B.W. and WHITE, A.J.R., (1978). Contrasts between I- and S-type granitoids of the Koscinsko Batholith. J. Geol. Soc. Austr., 25, 219-234.
- HUTCHISON, C.S., (1974). Laboratory handbook of petrographic techniques. J. Wiley and Sons, New York, pp. 527.
- ΙΜΕΟΚΡΑΡΙΑ, Ε.Γ., (1985). Geochemical evolution of the Jarawa Younger Granite complex and its related mineralization, northern Nigeria. Geol. Mag., 122, 163-173.
- I.U.G.S. Subcommission on the systematic of igneous rocks, (1973). Classification and nomenclature of plutonic rocks. N. Jb. Min. Mh., 149-163.
- ΚΑΤΕΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α.Ε., (1983). Συμβολή στη μελέτη των πλουτώνιων πετρωμάτων του Δυτικού Βαρνούντα. Διδ. διατρ., Πανεπιστήμιο Αθήνας, Αθήνα, 182 σελ.
- ΚΙΛΙΑΣ, Α.Α., (1980). Γεωλογική και τεκτονική μελέτη της περιοχής του Ανατολικού Βαρνούντα (ΒΔ. Μακεδονία). Διδ. διατρ., Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,



Θεσσαλονίκη, 271 σελ.

- ΚΙΛΙΑΣ, Α.Α., (1982). Η τεκτονική δομή και το πρόβλημα της ηλικίας του πλουτωνίτη του Βαρνούντα (ΒΔ. Μακεδονία). Δελτίο Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., XVI, 5-14.
- KOLBE, P., (1966). Geochemical investigation of Cape granite, South-Western Cape Coast Province, South Africa. Geol. Soc. Africa Trans., 69, 161-169.
- ΜΑΡΑΚΗΣ, Γ., (1969). Γεωχρονολογήσεις επί γρανιτών της Μακεδονίας. Ann. Geol. Pays Hellen., 21, 121-150.
- MITTFELDEHLDT, D.W. and MILLER, C.F., (1983). Geochemistry of the Sweetwater Wash Pluton, California: Implications for "anomalous" trace element behavior during differentiation of felsic magmas. Geochim. Cosmochim. Acta, 47, 109-124.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ., (1983). Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των εσωτερικών Ελληνίδων. Υψηγεία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 289 σελ.
- MOUNTRAKIS, D., SAPOUNZIS, E., KILIAS, A., ELEFTHERIADIS, G. and CHRISTOFIDES, G., (1983). Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. Can. J. Earth Sci., 20, 1673-1681.
- PAPANIKOLAOU, D. et ZAMBETAKIS - LEKKAS, A., (1980). Nouvelles observations et datations de la base de la serie pelagonienne dans la region de Kastoria, Grece. C. R. Acad. Sci., Paris, 291, 155-158.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N.B.W. and TINDLE, A.G., (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrol., 25, 956-983.
- PETRO, W.L., VOGEL, T.A. and WILBAND, J.T., (1979). Major-element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. Chem. Geol., 26, 217-235.
- SAAVEDRA, J., ROSSI DE TOSELLI, J., TOSELLI, A. and GARCIA-SANCHEZ, A., (1985). The origin of the two-mica granites of the Lana Pelada pluton, Tucuman, northwest Argentina. Lithos, 18, 179-185.
- STOJIANOV, R., (1974). A general review of the evolution of magmatic and metamorphic processes in the rocks of the Prilep city environs (Yugoslavia). Thesis, Univ. Belgrade, 1972 (english summary, Skopje, pp. 116).
- STRECKEISEN, A. and LE MAITRE, R.W., (1979). A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. N. Jb. Miner. Abh., 136, 169-206.
- TAYLOR, S.R., (1965). The application of trace element data to problems in petrology. Phys. Chem. Earth, 6, 133-213.
- THORTON, C.P. and TUTTLE, O.F., (1960). Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation Index. Am. J. Sci., 258, 664-684.
- WHITE, A.J.R. and CHAPPEL, P.W., (1977). Ultrametamorphism and granitoid genesis. Tectonophysics, 43, 7-22.