

ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΤΟΓΕΝΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΤΩΝ ΤΗΣ ΣΑΜΟΘΡΑΚΗΣ (Β. ΕΛΛΑΔΑ)

Γ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗ, J. ESSON, Γ. ΧΡΙΣΤΟΦΙΔΗ

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Εξετάζονται τριτογενή ηφαιστειακά πετρώματα της Σαμοθράκης από πετρολογική και γεωχημική άποψη. Πετρολογικά και γεωχημικά στοιχεία συνηγορούν για ορογενετικής φύσεως πετρώματα που δημιουργήθηκαν σε ηπειρωτικό περιβάλλον, συνδέονται δηλ. με ζώνη κατάδυσης. Με βάση τη στρωματογραφία, την πετρολογία και τη γεωχημεία τους τα παραπάνω πετρώματα διακρίνονται σε δύο σειρές, μια παλιά ηνωκαενική ηλικίας θολεϊτιτικού έως ασβεσταλκαλικού τύπου, με βασάλτες, βασάλτικούς ανόεσύτες και ανόεσύτες και μια νέα μετα-ηνωκαενική, πλούσια σε K ασβεσταλκαλική έως σωσονιτική, με κύριους πετρογραφικούς τύπους πλούσιους σε K ανόεσύτες και δακίτες, λατίτες και τραχεύτες. Οι δύο αυτές σειρές εξελύχθηκαν από δύο διαφορετικά βασικά μητρικά μάγματα, που εξαιτίας των χαμηλών τιμών του $Mg(=Mg/Mg+Fe^{2+})$, Cr και Ni δεν μπορούν να θεωρηθούν ως πρωτογενή.

A B S T R A C T

The petrology and geochemistry of the Tertiary volcanics of Samothraki Island are discussed. Petrological and geochemical data suggest an orogenic nature for these rocks developed on a continental margin. Two series of rocks are recognised based on their stratigraphy, petrology and geochemistry. An old one of Upper Eocene age and of tholeiitic to calc-alkaline affinity which includes basalts, basaltic andesites and andesites and a young one, post-Eocene in age, of high-K calc-alkaline to shoshonitic affinity, comprising mainly high-K andesites and dacites, latites and trachytes. The two series were evolved independently, through crystal fractionation processes, from two different basic parental magmas. Due to the low values of $Mg(=Mg/Mg+Fe^{2+})$, Ni and Cr these magmas should not be considered as primary.

G. ELEFThERIADIS, J. ESSON, G. CHRISTOFIDES - Petrology and Geochemistry of the Tertiary volcanics of Samothraki (N. Greece).

Γουέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κουίσαματολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
540 06 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.

Dept. of Geology, Univ. of Manchester, M13 9PL, MANCHESTER, U.K.
Φηφιακή Βιβλιοθήκη "Εσόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

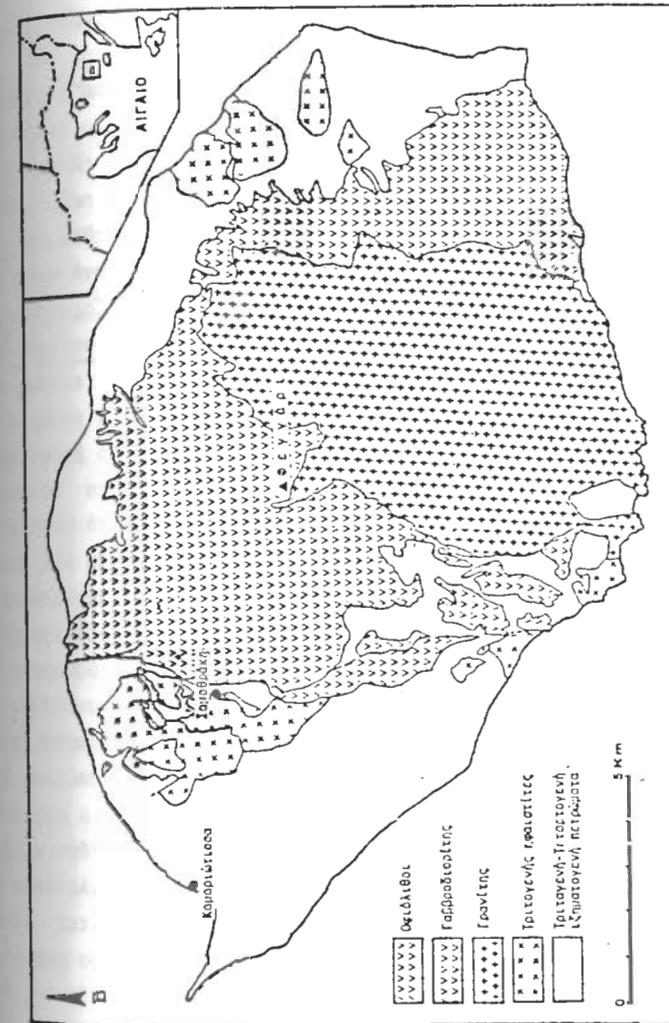
Η Σαμοθράκη η οποία βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του Αιγαίου γεωλογικά ανήκει στην Περιροδοπική Ζώνη (Kauffmann et al., 1976) και αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος της από οφιολιθικά πετρώματα (γάββροι, διαβάσες, pillow lavas) (Σχ. 1), πιθανώς Κρητιδικής ηλικίας (Heimann, 1967), τα οποία είναι επιζωνικώς μεταμορφωμένα. Μέσα στο οφιολιθικό σύμπλεγμα βρίσκονται πετρώματα ελαφρώς μεταμορφωμένα (αργιλικόι σχιστόλιθοι, χαλαζιακοί σχιστόλιθοι, φυλλίτες κλπ.) περιορισμένης εκτάσεως, ηλικίας Άνω Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού (Heimann, 1967). Σημαντική έκταση του ανατολικοκεντρικού τμήματος του νησιού καταλαμβάνεται από ένα γρανιτικό όγκο ο οποίος διεισδύει μέσα στους οφιολίθους. Τριτογενή τέλος και τεταρτογενή ιζηματογενή πετρώματα καλύπτουν τις ανατολικές, δυτικές καθώς και τις βόρειες πλευρές του νησιού (βλ. και Δάβη, 1963).

Στις βορειοανατολικές, δυτικές και νοτιοδυτικές παρυφές του ορεινού συγκροτήματος Σάος, του οποίου η υψηλότερη κορυφή Φεγγάρι φθάνει τα 1611 μέτρα, υπάρχουν πολλές εμφανίσεις ηφαιστειακών πετρωμάτων τριτογενούς ηλικίας. Τα πετρώματα αυτά εμφανίζονται υπό μορφή δόμων, φλεβών ή ρευμάτων λάβας συνοδευόμενα σε ορισμένες περιπτώσεις από άφθονα πυροκλαστικά υλικά με τα οποία και εναλλάσσονται πολλές φορές. Από άποψη πετρογραφικών τύπων υπάρχει μεγάλη ποικιλία με βασάλτες, βασαλτικούς ανδεσίτες, ανδεσίτες, τραχείτες και δακίτες.

Η τριτογενής ηφαιστειακή δραστηριότητα στη Σαμοθράκη έλαβε χώρα σε δύο κύκλους και έδωσε αντίστοιχα δύο ομάδες ηφαιστειακών πετρωμάτων. Η πρώτη ομάδα, που θεωρείται, βάση γεωλογικών στοιχείων (Hoernes, 1874· Kopp, 1964), άνω ηωκαινικής ηλικίας και που στο εξής θ'αναφέρεται ως παλιά σειρά, περιλαμβάνει βασικά και ενδιάμεσα πετρώματα. Πυροκλαστικά υλικά της ομάδας αυτής επικάθονται σε ή εναλλάσσονται με άνω ηωκαινικούς σχηματισμούς.

Η δεύτερη ομάδα, που στο εξής θ'αναφέρεται ως νέα σειρά, περιλαμβάνει κυρίως ενδιάμεσα και όξινα μέλη και είναι μετα- άνω ηωκαινικής ηλικίας αφού πετρώματα της ομάδας αυτής διακόπτον ασύμφωνα άνω ηωκαινικούς ψαμμίτες και τόφφους της παλιάς σειράς. Επίσης κατά τις υπαίθριες έρευνες βρέθηκαν πετρώματα της σειράς αυτής να εγκλείουν βασικά υλικά της παλιάς σειράς. Κροκάλες ηφαιστιτών της νέας σειράς έχουν βρεθεί σε πλειοκαινικούς σχηματισμούς. Η ακριβής όμως ηλικία των πετρωμάτων αυτών δεν είναι δυνατή διότι λείπουν σχηματισμοί των ενδιάμεσων βαθμίδων του Ολιγοκαίνου και Μειοκαίνου.

Η εργασία αυτή γίνεται στα πλαίσια του προγράμματος "Σαμοθράκη" του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης σε συνεργασία με το Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου του Manchester σκοπός του οποίου είναι η μελέτη του μαγματισμού της Σαμοθράκης και η σύγκρισή του με το μαγματισμό του ευρύτερου χώρου του Βόρ. Αιγαίου και της Ροδόπης.



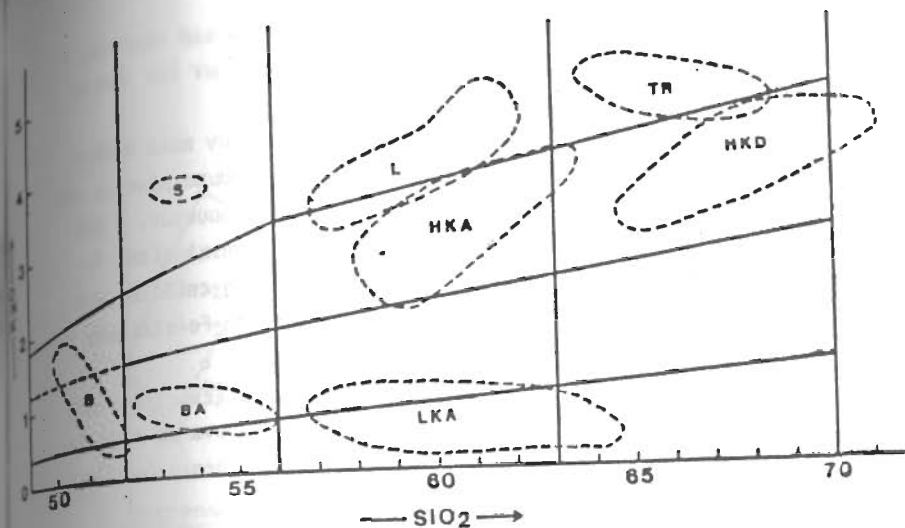
Σχ. 1.: Πετρογραφικός χάρτης της Σαμοθράκης κατά Ι.Γ.Ε.Υ. (1972), απλοποιημένος.
Fig. 1.: Petrographical map of Samothraki after I.G.S.R. (1972), simplified.

2. ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

Η διάκριση των τριτογενών ηφαιστειακών πετρωμάτων της Σαμοθράκης σε δύο διακρίτες από πλευράς ηλικίας ομάδες επεκτείνεται και στη χημική τους σύσταση η οποία παρουσιάζει σημαντικές διαφορές. Έτσι στο διάγραμμα SiO_2 vs K_2O (Σχ. 2) (Peccerillo and Taylor, 1976), το οποίο χρησιμοποιείται και ως σχήμα ταξινόμησης, οι άνω ηφαιστειακοί ηφαιστίτες, παλιά σειρά, που χαρακτηρίζονται από χαμηλό ποσοστό καλίου ($K_2O < 2\%$), προβάλλονται στο πεδίο των θολερικών και των ασβεσταλκαλικών πετρωμάτων. Αντίθετα οι μετα-άνω ηφαιστιακοί μέχρι προ-πλειοκαινικοί ηφαιστίτες, νέα σειρά, προβάλλονται στο πεδίο των πλούσιων σε κάλιο ασβεσταλκαλικών και σωσονιτικών πετρωμάτων ($K_2O > 2.5\%$). Διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων υπάρχει και ως προς την περιεκτικότητά τους σε διοξειδίο του πυριτίου το οποίο κυμαίνεται, εκτός από μερικές εξαιρέσεις, από 51% έως 64% και από 58% έως 71% για την παλιά και νέα σειρά αντίστοιχα.

Οι ηφαιστίτες της παλιάς σειράς, οι οποίοι εντοπίζονται κυρίως στις περιοχές Ζωοδόχος Πηγή και Τούρλι, δυτικά της Σαμοθράκης (Χώρας) καθώς επίσης στη βορειοανατολική άκρη του χωριού Λάκωμα, αποτελούνται από βασάλτες, βασαλτικούς ανδεσίτες και φτωχούς σε Κ ανδεσίτες. Μακροσκοπικά τα πετρώματα αυτά παρουσιάζονται σκοτεινότερα έως καστανότερα και έχουν ιστό πορφυριτικό έως αφυρικό. Ορυκτολογικά αποτελούνται κυρίως από πλαγιόκλαστα και από κλινοπυρόξενους, που εμφανίζονται τόσο ως φαινοκρύσταλλοι όσο και ως μικρόλιθοι της θεμελιώδους μάζας. Η παρουσία εξολοκλήρου αλλοιωμένων φαινοκρυστάλλων ολιβίνη και οπακτιωμένων βιοτιτών έχει διαπιστωθεί σε μερικούς βασάλτες και ανδεσίτες. Οι φαινοκρύσταλλοι των πλαγιόκλαστων είναι ζωνώδεις και έχουν σύσταση που κυμαίνεται από βασικό ανδεσίτη ως λαβραδόριο. Οι κλινοπυρόξενοι έχουν ελαφρώς πράσινο χρώμα και είναι συστάσεως διοψιδίου και Mg-σαλιτή. Στη σύσταση των πετρωμάτων αυτών συμμετέχουν και σιδηροξειδία.

Οι ηφαιστίτες της νέας σειράς, οι οποίοι συναντώνται σχεδόν σε όλες τις περιοχές όπου υπάρχουν τριτογενή ηφαιστειακά πετρώματα, αποτελούνται κυρίως από πλούσιους σε Κ ανδεσίτες και δακίτες, λατίτες και τραχείτες. Τα πετρώματα αυτά τα οποία μακροσκοπικά είναι ανοιχτόχρωμα ή σπανιότερα σκοτεινόχρωμα, έχουν τυπικό πορφυριτικό ιστό και πολλά από αυτά χαρακτηρίζονται από την παρουσία πρισματικών μεγαφαινοκρυστάλλων σανιδίνου και στρογγυλεμένων ή ιδιομόρφων κόκκων χαλαζία. Ειδικά η εμφανής παρουσία των φαινοκρυστάλλων του χαλαζία στους δακίτες επιτρέπει το χαρακτηρισμό τους μακροσκοπικά ως ρυόδακίτες· μάλιστα μερικοί απ'αυτούς χημικά ταξινομούνται ως ρυόλιθοι. Στη σύσταση των πετρωμάτων αυτών συμμετέχουν επίσης φαινοκρύσταλλοι πλαγιόκλαστων ($An_{25}-An_{65}$), βιοτίτη, κερροσίτλης (μαγνησιοκεροσίτλη - μαγνησιούχος χυστινγκσιτική κερροσίτλη) και αδιαφανών ορυκτών σε σημαντικές ποσότητες. Τα ορυκτά αυτά όπως και τα προηγούμενα βρίσκονται και ως συστατικά της κύριας



Σχ. 2.: Σχήμα ταξινόμησης των αναλυθέντων τριτογενών ηφαιστειτών της Σαμοθράκης. Διάγραμμα SiO_2/K_2O κατά Peccerillo and Taylor (1976) όπως τροποποιήθηκε από τους Kolios et al. (1980). B=βασάλτες, BA=βασαλτικού ανδεσίτες, S=σωσονίτες, LKA=φτωχού σε Κ ανδεσίτες, HKA=πλούσιοι σε Κ ανδεσίτες, L=λατίτες, HKD=πλούσιοι σε Κ δακίτες, TR=τραχείτες.

Fig. 2.: Classification of the analyzed Tertiary volcanics of Samothraki. SiO_2/K_2O diagram after Peccerillo and Taylor (1976) modified by Kolios et al. (1980). B=basalts, BA=basaltic andesites, S=shoshonites, LKA=Low-K andesites, HKA=high-K andesites, L=latites, HKD=high-K dacites, TR=trachytes.

μάζας. Σε πολλά πετρώματα συμμετέχει και κλινοπυρόξενος σε μικρά ποσοστά. Η σύσταση των πυροξένων αυτών σε σύγκριση με εκείνη των πυροξένων της παλιάς σειράς είναι περισσότερο μαγνησιούχος.

Αρκετά ηφαιστειακά πετρώματα και των δύο ομάδων έχουν πολύ πιθανό επηρεαστεί από χαμηλού βαθμού υδροθερμική μεταμόρφωση όπως συμπαίρνεται από τα δευτερογενή ορυκτά και υπολείμματα πρωτογενών μαγματικών ορυκτών. Ο ολιβίνης π.χ. έχει εξολοκλήρου αλλοιωθεί προς ασβεστίτη+αδιαφανή+χλωρίτη. Τα πλαγιόκλαστα αντικαθίστανται μερικώς από σερικίτη ή ασβεστίτη+επίδοτο, ενώ οι πυρόξενοι μετατρέπονται προς ένα συσσωμάτωμα από ασβεστίτη+Fe-οξειδία+επίδοτο.

Τόσο η ορυκτολογική (βιοτίτης, κερστίλβη, κλινοπυρόξενος) όσο και η χημική σύσταση των πετρωμάτων που αναλύθηκαν δείχνουν, σύμφωνα με τους Jakeš and White (1972), χαρακτηριστικά πετρωμάτων ορογενετικών περιοχών τύπου 'Ανδεων.

Εξάλου ο εμπλουτισμός των πετρωμάτων αυτών όχι μόνο σε K αλλά και σε Rb, Sr και Ba καθώς επίσης και σε P, Ce, Th και Sm (Σχ. 3) χαρακτηρίζει πετρώματα ηφαιστειακών τόξων (Pearce, 1982).

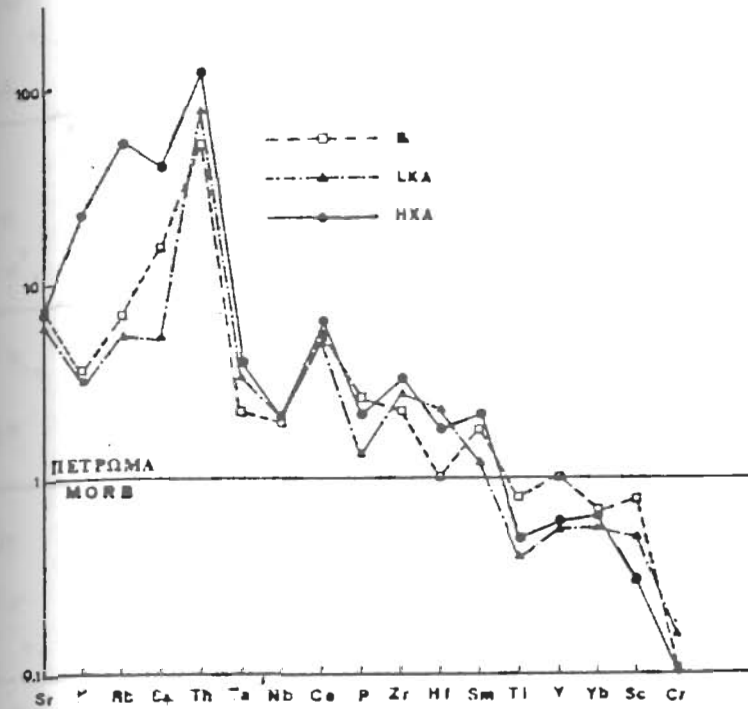
3. ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

Η μεταβολή στη σύσταση των ηφαιστειακών πετρωμάτων της Σαμοθράκης παρέχεται από τον πίνακα 1, όπου δίνονται οι μέσοι όροι χημικών αναλύσεων κύριων στοιχείων και επιλεγμένων ιχνοστοιχείων από αντιπροσωπευτικά δείγματα, καθώς επίσης και από τα διαγράμματα Harker (Σχ. 4,5) όπου προβάλλονται τα διάφορα στοιχεία έναντι του διοξειδίου του πυριτίου.

Από το διάγραμμα Al_2O_3 vs SiO_2 διαπιστώνουμε ότι οι δύο σειρές διαφέρουν σαφώς μεταξύ τους ως προς το περιεχόμενο Al_2O_3 αφού, εκτός από μερικές εξαιρέσεις, τα πετρώματα της παλιάς σειράς περιέχουν περισσότερο Al_2O_3 από εκείνα της νέας σειράς.

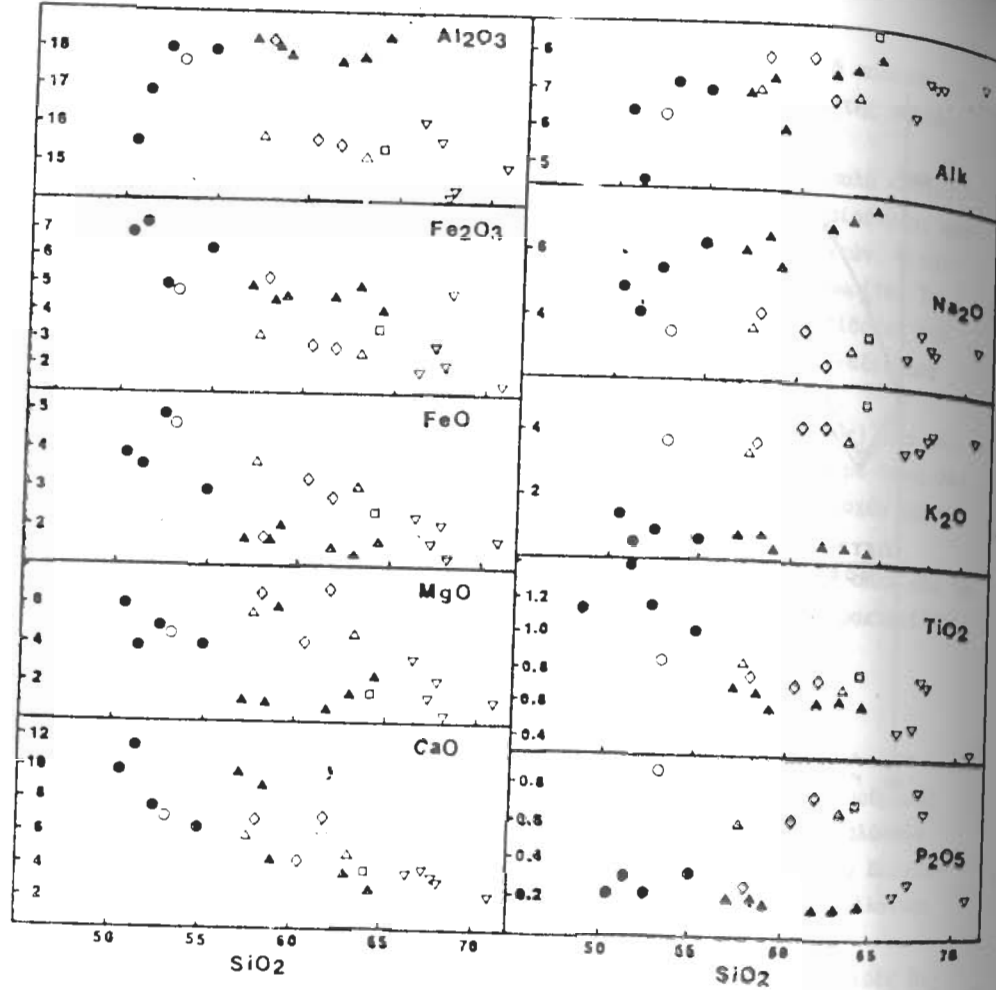
Η περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 και FeO μειώνεται και στις δύο σειρές πετρωμάτων κατά την κρυστάλλωση. Ο Fe_2O_3 όμως έχει μεγαλύτερες τιμές στην παλιά σειρά σε σχέση με τη νέα, ενώ συμβαίνει το αντίθετο για το FeO . Αυτό πιθανό να οφείλεται σε εντονότερο βαθμό ατμοσφαιρικής οξειδωσης των λαβών της παλιάς σειράς.

Ομοίως ελάττωση κατά την κρυστάλλωση παρουσιάζει το MgO , το CaO και το TiO_2 . Ενώ όμως το CaO είναι στα ίδια περίπου επίπεδα για πετρώματα με την ίδια περιεκτικότητα σε διοξείδιο του πυριτίου και στις δύο σειρές, το MgO εμφανίζεται με μεγαλύτερα ποσά στα πετρώματα της νέας σειράς απότι της παλιάς στο διάστημα από περίπου 57% έως 65% SiO_2 . Το TiO_2 μειώνεται στα



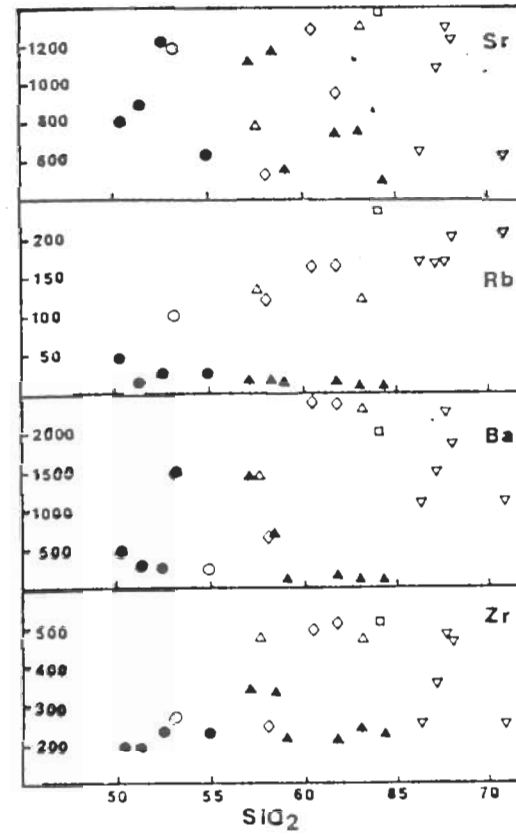
Σχ. 3.: Διαγράμματα ιχνοστοιχείων αντιπροσωπευτικών τριτογενών ηφαιστειτών της Σαμοθράκης, ομαλοποιημένα με βάση βασάλτη μεσοωκεάνειων ράχων. Διάγραμμα κατά Pearce (1982). Συμβολισμός όπως στο σχήμα 2.

Fig. 3.: Mid-ocean ridge basalt-normalized trace elements patterns for representative Tertiary volcanics of Samothraki. Diagram after Pearce (1982). Symbols as in figure 2.



Σχ. 4.: Διαγράμματα μεταβολής των κύριων στοιχείων σε σχέση με το SiO_2 των τριτογενών ηφαιστειών της Σαμοθράκης. Κλειστά σύμβολα=καλιά σειρά: κύκλοι=βασάλτες και βασάλτικού ανδεσίτες, τρίγωνα=πταχός σε K ανδεσίτες. Άνοιχτά σύμβολα=νεά σειρά: κύκλοι=σωσωνίτες, τρίγωνα=κλούσει σε K ανδεσίτες, ρόμβος=λατίτες, ανεστραμμένα τρίγωνα=κλούσει σε K δακίτες, τετράγωνα=τραχεύτες.

Fig. 4.: Variation diagrams of major elements against SiO_2 for the Tertiary volcanics of Samothraki. Closed symbols=old series: Circles=basalts and basaltic andesites, triangles=low-K andesites. Open symbols=young series: circles=shoshonites, triangles=high-K andesites, rhombus=latites, reversed triangles=high-K dacites, squares=trachytes.



Σχ. 5.: Διαγράμματα μεταβολής επιλεγμένων ιχνοστοιχείων σε σχέση με το SiO_2 των τριτογενών ηφαιστειών της Σαμοθράκης. Σύμβολα όπως στο σχήμα 4.

Fig. 5.: Variation diagrams of selected trace elements against SiO_2 for the Tertiary volcanics of Samothraki. Symbols as in Fig. 4.

Πιν. 1. Χημικές αναλύσεις (μέσοι όροι) τριτογενών ηφαιστικών της Σαμοθράκης ελεύθερες πτητικών.

	ΠΑΛΙΑ ΣΕΙΡΑ			ΝΕΑ ΣΕΙΡΑ				
	B n=2	BA n=2	LKA n=5	S n=2	HKA n=5	L n=5	TR n=2	HKD n=5
SiO ₂	50.82	53.63	60.90	53.15	59.88	59.79	65.28	68.78
TiO ₂	1.21	1.09	0.65	0.85	0.75	0.75	0.70	0.55
Al ₂ O ₃	16.30	13.03	18.03	17.71	16.50	16.62	15.82	15.82
Fe ₂ O ₃	7.03	5.62	4.56	4.71	3.72	3.45	2.81	2.50
FeO	2.84	2.98	0.62	3.72	2.05	1.82	1.41	0.79
MnO	0.20	0.16	0.07	0.17	0.26	0.12	0.07	0.07
MgO	5.07	4.54	1.14	4.62	3.62	3.24	1.53	1.81
CaO	10.68	6.98	6.20	6.95	6.63	6.09	3.15	3.31
Na ₂ O	4.51	5.39	6.99	3.55	3.25	3.72	3.72	3.59
K ₂ O	1.10	0.80	0.59	3.69	2.97	3.89	4.88	3.94
P ₂ O ₅	0.27	0.28	0.13	0.87	0.37	0.49	0.63	0.43
Nb	4	6	3	6	12	17	18	13
Zr	203	232	270	272	341	403	492	367
Y	30	29	19	27	25	25	22	17
Sr	853	923	357	1130	832	942	1375	983
Rb	23	26	14	102	102	144	224	173
Ba	394	239	497	1490	1168	1697	2157	1567
Ni	24	4	7	16	34	31	14	12
Cr	50	22	31	33	79	56	53	58
Ce	52	53	59	86	115	136	174	133

n=αριθμός αναλύσεων. Συμβολισμός πετρογραφικών τύπων όπως στο σχήμα 2.

πετρώματα της παλιάς σειράς από 1.4% σε περίπου 0.8% και στη συνέχεια παραμένει σταθερό στο ίδιο διάστημα. Αντίθετα στη νέα σειρά παραμένει σταθερό, άγκα με υψηλότερες τιμές και στη συνέχεια ελαττώνεται.

Το συνολικό άθροισμα των αλκαλίων (Na₂O+K₂O) αυξάνεται και στις δύο σειρές με την αύξηση του διοξειδίου του πυριτίου. Το ίδιο συμβαίνει και με το Na₂O των πετρωμάτων της παλιάς σειράς, το οποίο από 4% αυξάνεται σε 3%, σε αντίθεση με τα πετρώματα της νέας σειράς, όπου αυτό παραμένει σχεδόν σταθερό. Χωρίς αυξομειώσεις παρουσιάζεται και το K₂O με σαφώς όμως υψηλότερες τιμές στη νέα σειρά.

Τέλος, η περιεκτικότητα σε P₂O₅, στην παλιά σειρά παραμένει σταθερή (-0.25%) ενώ στη νέα, όπου έχει υψηλότερες τιμές, ελαττώνεται από -0.9% μέχρι τα επίπεδα της παλιάς σειράς. Η διάκριση πάντως των δύο σειρών πετρωμάτων είναι σαφής και από το διάγραμμα αυτό. Ζημιώνουμε εδώ ότι οι Innocenti et al. (1984) διαχώρισαν τα τριτογενή ορογενετικά ηφαιστειακά πετρώματα της Ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης, με βάση την περιεκτικότητά τους σε P, σε δύο ομάδες μια με χαμηλό ποσοστό P και μια με υψηλό.

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, τα οποία συνήθως έχουν υψηλότερες τιμές στα πετρώματα της δεύτερης ομάδας, το Zr αυξάνεται και στις δύο ομάδες με τη διαφοροποίηση (Σχ. 5). Το Ba και το Sr ενώ είναι διάσπαρτα σε κάθε ομάδα αυξάνονται γενικά από την δεύτερη στην πρώτη. Το Rb τέλος αυξάνεται σαφώς στη δεύτερη ομάδα ενώ παραμένει σταθερό ή μειώνεται ελαφρώς στην πρώτη ομάδα.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την υπαίθρια έρευνα και την πετρολογική και γεωχημική μελέτη των τριτογενών ηφαιστειακών πετρωμάτων της Σαμοθράκης προκύπτει ότι τα πετρώματα αυτά διακρίνονται σε δύο, χρονικά διάκριτες, σειρές, μια παλιά θολειϊτική έως ασβεσταλκαλική και μια νέα πλούσια σε K ασβεσταλκαλική έως σωσονιτική. Ανάλογες διαπιστώσεις έχουν γίνει και για άλλα τριτογενή ηφαιστειακά πετρώματα του Κεντρικού και Βόρειου Αιγαίου (Fyticas et al., 1985). Τα πετρώματα που εξετάζονται καθώς και τα προαναφερθέντα του Αιγαίου παρουσιάζουν πετρολογικά και γεωχημικά γνωρίσματα τα οποία χαρακτηρίζουν ηφαιστίτες ηπειρωτικών περιθωρίων.

Η μεταβολή της χημικής σύστασης των ηφαιστειακών πετρωμάτων της Σαμοθράκης σε συνάρτηση με το χρόνο και τη στρωματογραφική τους θέση, όπου οι νεότερες λάβες παρουσιάζονται περισσότερο διαφοροποιημένες από τις παλιότερες, είναι ανάλογη με εκείνη που παρατηρείται σε στρωματομόρφα ηφαιστεια (stratovolcanoes). Μια απλή ερμηνεία της δημιουργίας των στρωματομόρφων ηφαιστειών είναι ότι από ένα σχετικά φεμικό μάγμα, το οποίο υπόκειται σε κλασματική κρυστάλλωση, εκχύονται διαδοχικά περισσότερο σαλικά υλικά (Bullitude et al., 1978).

Οι διαφορετικές όμως τιμές P, K, Ti και άλλων στοιχείων στις δύο σειρές πετρωμάτων που εξετάζουμε θέτει περιορισμούς στην πιθανότητα σύνδεσης των σειρών αυτών με κλασματική κρυστάλλωση. Πολύ πιθανό οι δύο αυτές σειρές να έχουν εξελιχθεί από δύο αρχικά διαφορετικά μητρικά μάγματα, με διαφορετικό βαθμό κλασματικής κρυστάλλωσης στο καθ' ένα. Τα αρχικά αυτά μητρικά μάγματα δεν είναι εύκολο να θεωρηθούν ως πρωτογενή αφού οι τιμές, ιδιαίτερα στην παλιά σειρά, τόσο του $Mg(=Mg/Mg+Fe^{2+})$ όσο και του Cr, Ni θεωρούνται αρκετά χαμηλές. Χαμηλές τιμές Mg αναφέρονται και από τους Innocenti et al. (1984) για τους τριτογενείς ηφαιστίτες της Ροδόπης (Ανατολική Μακεδονία και Θράκη).

Οι χαμηλές πάντως τιμές Mg, Ni και Cr, που προαναφέρθηκαν, βρίσκονται σε συμφωνία με την αύξηση του λόγου K/Rb από τα βασαλτικά προς τα ανδευσιτικά πετρώματα, τουλάχιστον για την παλιά σειρά. Κανονικά ο λόγος K/Rb ελαττώνεται με τη διαφοροποίηση και η αύξηση που παρατηρείται αποδίδεται (Bl. Jakeš and White, 1970) σε αποχωρισμό σημαντικών ποσοτήτων ολιβίνη, κλινοπυρόξενου και γρανάτη.

Ο εμπλουτισμός σε P, Ce, Th και Sm (Σχ. 3) των εξετασθέντων πετρωμάτων μπορεί να αποδοθεί σε μερική τήξη των βυθιζόμενων ιζημάτων ικεάνειας ή ηπειρωτικής προέλευσης ή ακόμη σε ένυδρη τήξη ενός ήδη εμπλουτισμένου μανδύα (Pearce, 1982· Hawkesworth, 1982). Τα στοιχεία ασφαλώς που έχουμε μέχρι στιγμής στη διάθεσή μας δεν είναι αρκετά για να αποφανθούμε με βεβαιότητα για μια συγκεκριμένη περίπτωση. Πρόσφατες όμως μελέτες στον ευρύτερο χώρο της Βορ. Ελλάδος (Eleftheriadis et al., 1984, 1987· Soldatos and Christofides, 1986· Eleftheriadis, 1987· Κυριακόπουλος, 1987) δέχονται μανδυακή κυρίως προέλευση για πολλά μαγματικά πετρώματα της περιοχής. Αλλά και στη διεθνή βιβλιογραφία η μανδυακή προέλευση μαγμάτων παρόμοιων πετρωμάτων αποκτά συνεχώς και νέους υποστηρικτές.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι χημικές αναλύσεις τόσο των πετρωμάτων (με XRF) όσο και των ορυκτών (με ηλεκτρονικό μικροαναλυτή) έγιναν στο Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου του Manchester, το Διευθυντή του οποίου, Καθηγητή J. Zussman οι Γ.Ε. και Γ.Χ. ευχαριστούν για τις διευκολύνσεις που είχαν κατά την παραμονή τους στο Manchester. Ευχαριστίες οφείλονται ακόμη στον Dr. Th. Mavrudchiev και Dr. B. Kamenov του Τμήματος Γεωγραφίας και Γεωλογίας του Πανεπιστημίου της Σόφιας για την ανάλυση δειγμάτων για REE με INAA. Τέλος ευχαριστούμε τον Κ. Ι. Παπαδημητρίου για τη δακτυλογράφηση του κειμένου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- MULTITUDE, R.J., JOHNSON, R.W., CHAPPEL, B.W. 1978: Andesites of Bagana volcano, Papua New Guinea: chemical stratigraphy, and a reference andesite composition. *EMR J. Austr. Geol. and Geoph.*, 3, 281-292.
- ΣΑΒΗ, Ε.Η. 1963: Γεωλογική κατασκευή της νήσου Σαμοθράκης. *Γεωλ. Χρον. Ελλην. Χωρών*, 4, 193-212.
- ELEFTHERIADIS, C. 1987: Preliminary results on the REE distribution in Oligogene volcanic rocks from Central Rhodope, north of Xanthi, Greece. 1st Bulgarian-Greek Symposium, Smolyan, Bulgaria (in press).
- _____, CHRISTOFIDES, C., MASTOLI-FOURNARAKI, A. 1984: Geochemistry of the high-K calc-alkaline sills and dykes in the South Rhodope massif (N. Greece). *Bull. Volcanol.*, 47, 569-579.
- _____, _____, PAPADOPOULOS, P. 1987: Petrology and geochemistry of Leptokarya-Kirki plutonic intrusions in NE Rhodope massif (Thrace, Greece). 1st Bulgarian-Greek Symposium, Smolyan, Bulgaria (in press).
- ΓΥΤΙΚΑΣ, Μ., INNOCENTI, F., MANETTI, P., MAZZUOLI, R., PECGERILLO, A., VILLARI, L. 1985: Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. In *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (eds). Sp. Publ. Geol. Soc. No 17, 687-699. Blackwell Scient. Publ., Oxford.*
- HAWKESWORTH, C.J. 1982: Isotope characteristics of magmas erupted along destructive plate margins. In *Andesites: Thorpe, R.S. (ed), 546-571. J. Wiley and Sons.*
- HEIMANN, K.O. 1967: Über das Alter prätertiärer Gesteine des Nordwestteils der Insel Samothraki (Griechenland).
- HOERNES, R. 1874: Geologischer Bau der Insel Samothraki. *Denkschr. K.K. Akad. Wiss. Wien, math. nat. Kl.*, 33, 1-12.
- Ι.Γ.Ε.Υ. 1972: Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος. Θύλλον Σαμοθράκη, 1:50.000, Αθήνα (χαρτογράφηση από Heimann, Lebkuchner, Kretzler).
- INNOCENTI, F., KOLIOS, N., MANETTI, P., MAZZUOLI, R., PECGERILLO, G., RITA, F., VILLARI, L. 1984: Evolution and geodynamic significance of the Tertiary orogenic volcanism in Northeastern Greece. *Bull. Volcanol.*, 47, 25-37.
- JAKES, P., WHITE, A.J.R. 1970: K/Rb ratios of rocks from island arcs. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 849-856.
- _____, _____, 1972: Major and trace element abundances in volcanic rocks of orogenic areas. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83, 29-40.
- KAUFFMANN, G., KOCKEL, F., MOLLIAT, H. 1976: Notes on the stratigraphic and paleogeographic position of the Svoula formation in the innermost zone

- of the Hellenides (Northern Greece). Bull. Soc. géol. France, 18, 225-230.
- KOLIOS, N., INNOCENTI, F., MANETTI, P., PECCERILLO, A., GIULIANI, O. 1980: The Pliocene volcanism of the Voras Mts (Central Macedonia, Greece). Bull. Volcanol., 43, 553-568.
- KOPP, K.O. 1964: Geologie Thrakiens II: Die Inseln und der Chersones. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 119, 172-214.
- ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Κ. 1987: Γεωχρονολογική-Γεωχημική-Ορυκτολογική μελέτη τριτογενών κλιτύσιων πετρωμάτων της μάζας της Ραδόκης και εστοκικού χαρακτήρες αυτών. Διδ. Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, σελ. 343.
- PEARCE, J. A. 1982: Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Andesites: Thorpe, R.S. (ed), 525-548, J. Willey and Sons.
- PECCERILLO, A., TAYLOR, S.R. 1976: Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. Contrib. Mineral. Petrol., 58, 63-81.
- SOLDATOS, T., CHRISTOFIDES, G. 1986: Rb-Sr geochronology and origin of the Elatia Pluton, Central Rhodope, North Greece. Geol. Balc., 16, 15-25.