

ΠΑΛΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ

Δ. ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΥ¹ & Α. ΑΤΖΕΜΟΓΛΟΥ²

1 Τομέας Γεωφυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
2 ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Τριτογενής και πρόσφατη γεωδυναμική εξέλιξη του Ελλαδικού χώρου κυριαρχείται από τοπικές μικρο-ηπειρωτικές συγκρούσεις και επηρεάζεται από παρόντες πιά μακρινούς, όπως η ενεργός σύγκρουση της Αφρικανικής με την Ευρασιατική λιθόσφαιρα.

Ο παλαιομογνητισμός προσφέρει μεγάλη βοήθεια στην κατανόηση των λεπτομερειών και την εκτίμηση του μεγέθους αυτών των κινήσεων.

Παλαιομαγνητικά αποτελέσματα από την Ελλάδα αρχίζουν να δημοσιεύονται μετά το 1968. Σήμερα ένας σημαντικός αριθμός από εργασίες που αναφέρονται κυρίως στη δυτική, κεντρική και νότια Ελλάδα, βοήθησε στο να ερμηνευθούν σημαντικά φαινόμενα όπως η καμπυλότητα του Ελληνικού τόξου.

Ο Βόρειος Ελλαδικός χώρος παρουσιάζει πολλές ιδιαιτερότητες και ενδιαφέρον καθώς τα τελευταία χρόνια μια σειρά από γεωλογικές μελέτες έδειξε την πολυπλοκότητα των παραμορφώσεων που έχει υποστεί ακόμη και στις περιοχές που θεωρήθηκαν πάντα σαν "σταθερές" όπως η Ροδόπη.

Για το λόγο αυτό προσανατολίσαμε την εργασία μας στη μελέτη του χώρου αυτού με τη βοήθεια του Παλαιομαγνητισμού, παρουσιάζοντας νέα δεδομένα από την περιοχή της μάζας της Ροδόπης τα οποία σε συνδυασμό με τα ήδη δημοσιευμένα συντελούν στην κατανόηση της γεωδυναμικής της περιοχής θέτοντας ταυτόχρονα και νέα ερωτηματικά.

1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ο Βόρειος Ελλαδικός χώρος αποτελείται από 4 γεωτεκτονικές ζώνες.

Τη μάζα της Ροδόπης. Περιλαμβάνει τη θράκη, την ανατολική Μακεδονία-με δυτικό άριο τη γραμμή του Στρυμώνα- και τη θάσο. Κυριαρχείται από κρυσταλλοσχιστώδη με σημαντική παρουσία όξινων πυριγενών πετρωμάτων, πλουτωνιτών και ηφαιστιτών.

Τη Σερβομακεδονική μάζα. Σύμφωνα με το μοντέλο των λιθοσφαιρικών πλακών, αυτή θεωρείται ηπειρωτική μάζα. Μεγάλοι όγκοι πυριγενών πετρωμάτων διακόπτουν τη συνέχεια των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής. Τα πυριγενή πετρώματα προέρχονται από 4 μαγματικές εκδηλώσεις (συνβατικά 4 φάσεις μαγματισμού).

Την Περιροδοπική ζώνη. Περιλαμβάνει όλη την παλιά κρυσταλλική μάζα και εκτείνεται σαν ζώνη πλάτους 10-20 χιλιομ. στη δυτική πλευρά της Σερβομακεδονικής. Τη ζώνη του Αξιού. Θεωρείται σαν ενιαία ζώνη με χαρακτηρισές παλιάς ωκεάνιας περιοχής. Τα βασικά χαρακτηριστικά της ζώνης είναι οι μεγάλες σφειολιθικές

μάζες.

Ο χώρος του Βόρειου Αιγαίου είναι από τα πιό περίπλοκα τμήματα της Αλπικής ζώνης και κυριαρχείται από ένα πεδίο τάσεων με διεύθυνση Β-Ν (Mercier 1981).

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την ερμηνεία της γεωδυναμικής του Β. Αιγαίου στα πλαίσια της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών. Αρχικά ο Mckenzie (1970, 1972) πρότεινε την ύπαρξη της πλάκας του Αιγαίου όπου το Βόρειο Αιγαίο κατελάμβανε το βορειότερο άκρο της. Ο Παπαζαχος (1976) πρότεινε την πιθανή ύπαρξη ενός υπολείμματος μιας παλιότερης ζώνης κατάδυσης με φορά από το Κεντρικό προς και κάτω από το Βόρειο Αιγαίο. Ο Mercier (1977) θεωρεί ότι ο χώρος του Αιγαίου και της Τουρκίας υφίσταται μια διαρκή παραμόρφωση, στο άκρο της Ευρασιατικής πλάκας. Παρακινούμενος από τα νέα αυτά δεδομένα ο Mckenzie (1978), αναθεώρησε την ύπαρξη αυτής της πλάκας και πρότεινε την παρουσία κάποιου ισχυρού εφελκυστικού πεδίου για την περιοχή του Βόρειου Αιγαίου.

Σύμφωνα με τις νεοτεκτονικές μετρήσεις, προκύπτει ότι η εξέλιξη του κύριου όγκου της Βόρειας Ελλάδας, κατά το Α.Καινοζωϊκό, όπως διαπιστώνεται από το πεδίο των τάσεων, ήταν σε γενικές γραμμές ομοιόμορφη. Όλη η περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα εκτεταμένο εφελκυστικό πεδίο τάσεων.

Ο Mercier (1981) διακρίνει δύο κύριες εφελκυστικές τάσεις στην περιοχή του Αιγαίου. Μία, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ, που επικράτησε κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου έως σήμερα που επαναδραστηριοποίησε κανονικά ρήγματα. Οι εφελκυστικές τάσεις στη Κ.Μακεδονία, Θράκη και Β.Αιγαίο έχουν διευθύνσεις σχεδόν Β-Ν ενώ στο δυτικό τμήμα του ρήγματος της Ανατόλιας μεταπίπτουν σε ΒΒΑ-ΝΝΔ διευθύνσεις.

Η υψηλή σεισμική δράση που παρατηρείται στο Βόρειο Ελλαδικό χώρο, εντοπίζεται κατά μήκος μιας σεισμικής ζώνης που συμπίπτει με τη Σερβομακεδονική μάζα και αποτελεί γνώρισμα για την έντονη παραμόρφωση του χώρου αυτού.

Το κύριο μορφολογικό γνώρισμα τεκτονικής προέλευσης στο Β.Αιγαίο είναι η τάφος του Β.Αιγαίου. Αυτή χαρακτηρίζεται σαν ένα βύθισμα (GRABEN) ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης, μεταξύ των Β.Σποράδων και της θάλασσας του Μαρμαρά με κινήσεις κυρίως διεύθυνσης-ολίσθησης (STRIKE-SLIP) και θεωρείται η επέκταση του ρήγματος της Β.Ανατόλιας στο χώρο του Αιγαίου (Dewey and Sengör, 1979, Lyberis, 1984).

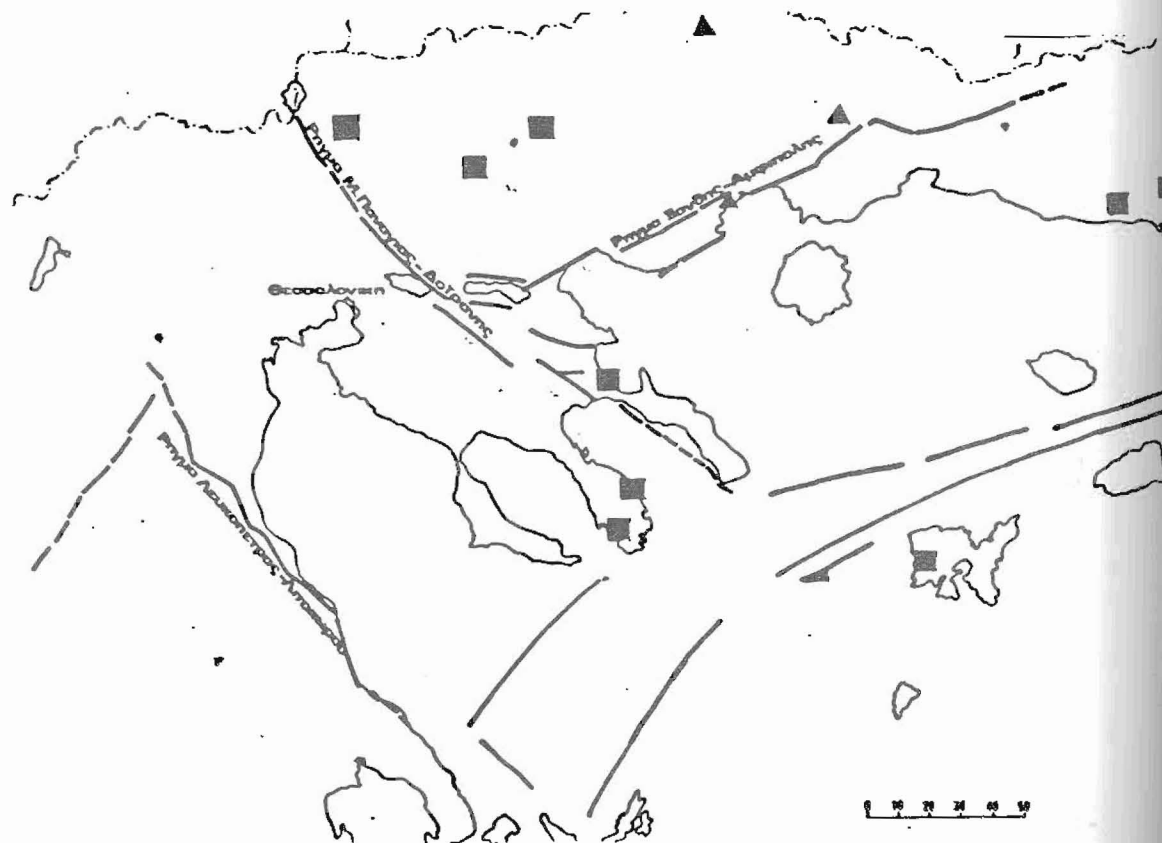
Η τάφος του Β.Αιγαίου είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ενεργό τεκτονική της περιοχής και υπεύθυνη για μεγάλο μέρος της σεισμικής δράσης της (Papa-zachos et al., 1984; Rocca et al., 1985).

Οι Jackson and Mckenzie (1983) πρότειναν ένα μοντέλο για το κεντρικό Αιγαίο στο οποίο η κίνηση κατά μήκος της τάφρου "απορροφάται" από ένα σύστημα ρηγμάτων διεύθυνσης-ολίσθησης με αριστερόστροφη συνιστώσα. Αυτό το σύστημα θεωρείται ότι σχηματίζει μια ζώνη διάρρηξης που συνδέει την τάφρο του Β.Αιγαίου με το Ελληνικό τόξο. Τα τεμάχια (BLOCKS) που περιβάλλονται από τα ρήγματα αυτά έχουν υποστεί εντυπωσιακές περιστροφές (Kissel et al., 1986).

Πρόσφατα οι Mercier et al., (1989) συγκρίνουν τα παλαιομαγνητικά αυτά δεδομένα με νεοτεκτονικές παρατηρήσεις για την περιοχή που επηρεάζονται από την κίνηση της τάφρου και συμπεραίνουν μια γενική συμφωνία μεταξύ τους, αν και οι τιμές των γωνιών περιστροφής που προκύπτουν από τον παλαιομαγνητισμό είναι κατά κανόνα μεγαλύτερες από εκείνες που προτείνει η νεοτεκτονική.

2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει παλαιομαγνητικές μετρήσεις σε ηφαιστειακά πετρώματα υπό την Αλωπία, το Κιλκίς, τις Σέρρες, την Θράκη, τη Λέσβο και τη Λήμνο καθώς και σε γρανιτικά-γρανοδιοριτικά πετρώματα από τη Χαλκιδική (κυρίως οώμα και Σιθωνία).



Σχήμα 1. χάρτης του Βόρειου Ελλαδικού χώρου με τις θέσεις δειγματοληψίας.

Με σκοπό να ολοκληρώσουμε τα αποτελέσματα αυτά, κυρίως για τη Ροδόπη έγινε δειγματοληψία και στους ηφαιστίτες της Ελατίας (Ελληνοβουλγαρικά σύνορα, βόρεια της Δράμας) και σε πλουτωνίτες από την Καβάλα και τη Ξάνθη. Από τις περιοχές αυτές προέρχονται τα νέα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία (Σχ. 3α,β).

Σε πολλές περιοχές έγινε η λήψη προσαντολισμένων δειγμάτων σε προεπιλεγμένες θέσεις (SITES), ενώ σε κάθε SITE έχουν επιλεγεί κατά μέσο όρο 5 έως 7 δείγματα που απέχουν μερικά μέτρα. Από αυτά τα δείγματα, συγκεντρώ-

σαμε "καρότα" μήκους 25mm και διαμέτρου 15mm. Σε άλλες περιοχές (Θράκη, Καβάλα, Ξάνθη, Ελατιά) έχουν ληφθεί επί τόπου (με φορητό τρυπάνι) προσανατολισμένα "καρότα" μετρημένα με μαγνητική και ηλιακή πυξίδα.

Πίνακας ΙΙ Μέσες τιμές μαγνήτισης των νέων αποτελεσμάτων.

ΘΕΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΠΕΤΡΩΜΑ	ΗΛΙΚΙΑ	ΑΡ.ΘΕΣΕΩΝ	D	I
Ξάνθη	41.15N 24.88E	Πλουτωνίτης	ολιγόκαινο	13	27	53,3
Ελατιά	41.5 N 24.34E	Ηφαισίτης	30.0 Ma	8	188,2	-38,4
Ελατιά	41.5 N 24.34E	Πλουτωνίτης	65.0 Ma	2	201	-21,6
Καβάλα	40.92N 24.38E	Πλουτωνίτης	Ολιγόκαινο- Ηώκαινο	7	166	50,4

K	σ_{95}	ΠΑΛΑΙΟΠΟΛΟΣ
23,4	4,9	67,22N 101,53E
19,5	8,9	66,76N 43,85E
30,5	16,6	54,3N 61,2E
12	9	72,94N 80,58E

Η παραμένουσα μαγνήτιση (NRM), μετρήθηκε χρησιμοποιώντας τις κλασικές εργαστηριακές μεθόδους με τη χρήση ενός SPINNER MAGNETOMETER (MINISPIN). Τα δείγματα υποβλήθηκαν σε θερμική απομαγνήτιση και απομαγνήτιση με εναλλασσόμενο πεδίο ή απομαγνήτιση μόνο με εναλλασσόμενο πεδία.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι τιμές της παραμένουσας μαγνήτισης που λαμβάνονται σε κάθε βήμα (STEP) της διαδικασίας απομαγνήτισης παριστάνονται γραφικά με τα διαγράμματα Zijdeveld. Από αυτά υπολογίζεται η χαρακτηριστική συνιστώσα της αρχικής μαγνήτισης. Στην πλειοψηφία των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ο υπολογισμός της συνιστώσας αυτής έγινε με μεγάλη ακρίβεια. Σε αρκετές περιπτώσεις μπορούμε να διαρίνουμε μία ή και περισσότερες συνιστώσες μαγνήτισης, εκτός της χαρακτηριστικής. Αυτές ονομάζονται δευτερεύουσες και συνήθως θεωρούνται παρασιτικές, μπορεί όμως να οφείλονται και σε επαναμαγνητίσεις λόγω μεταμόρφωσης ή άλλης αιτίας. Την περίπτωση αυτή δεν την συναντήσαμε στην παρούσα εργασία.

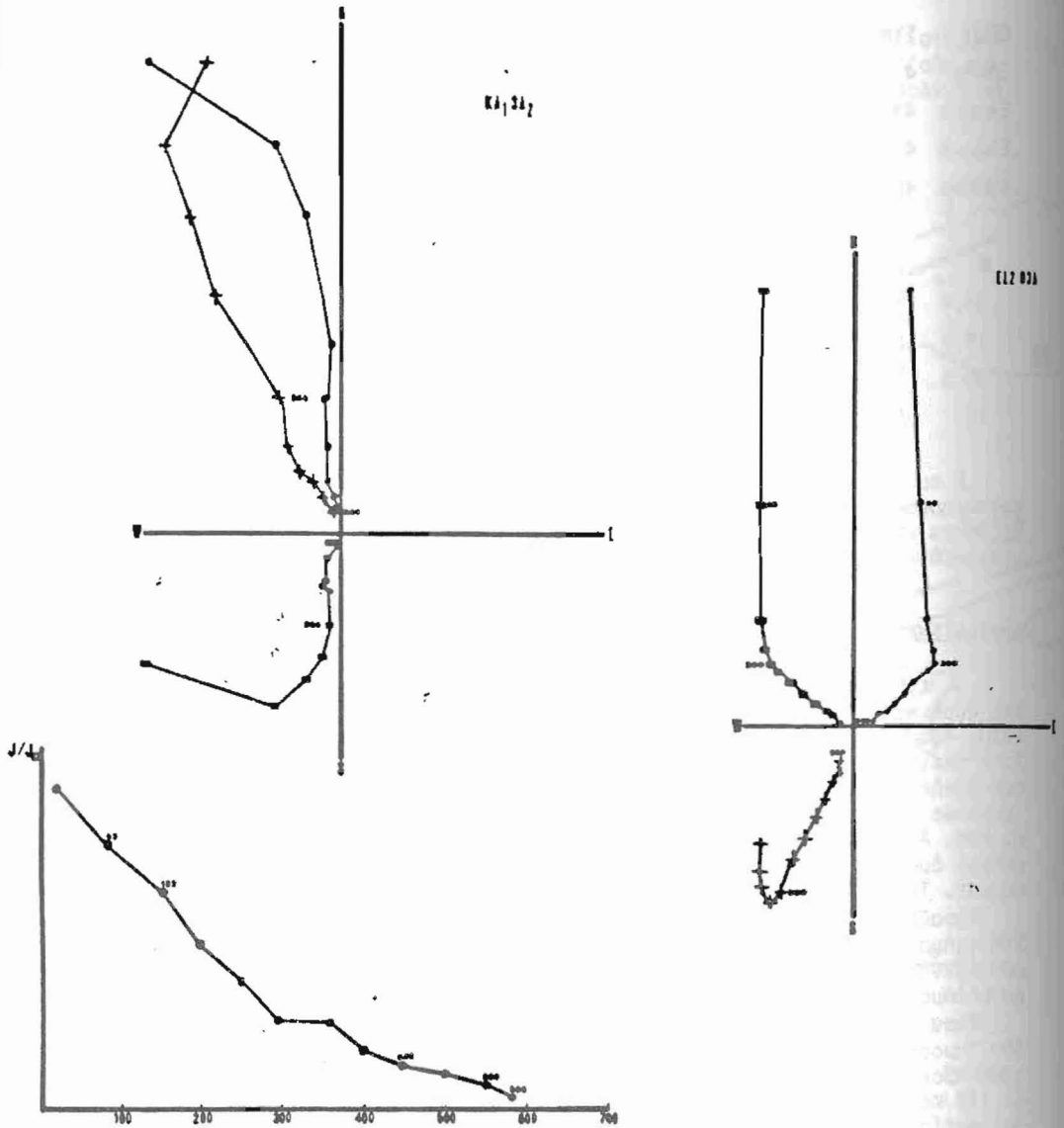
Παραδείγματα καμπυλών απομαγνήτισης παρουσιάζουμε στα σχήματα (2α,2β). Στα σχήματα (3α,3β) παρουσιάζουμε τις στερεογραφικές προβολές των μέσων τιμών μαγνήτισης για τις τρεις περιοχές από τις οποίες προέρχονται τα νέα αποτελέσματα της εργασίας αυτής.

Στον πίνακα Ι και το σχήμα 4 φαίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που είναι ήδη δημοσιευμένα για το Βόρειο Ελλαδικό χώρο. Από την προσεκτική παρατήρησή τους προκύπτει ότι:

1) Κάποιες περιοχές (Αλμωπία, Θράκη) δεν έχουν περιστραφεί και αυτό είναι ανεξάρτητο από την ηλικία.

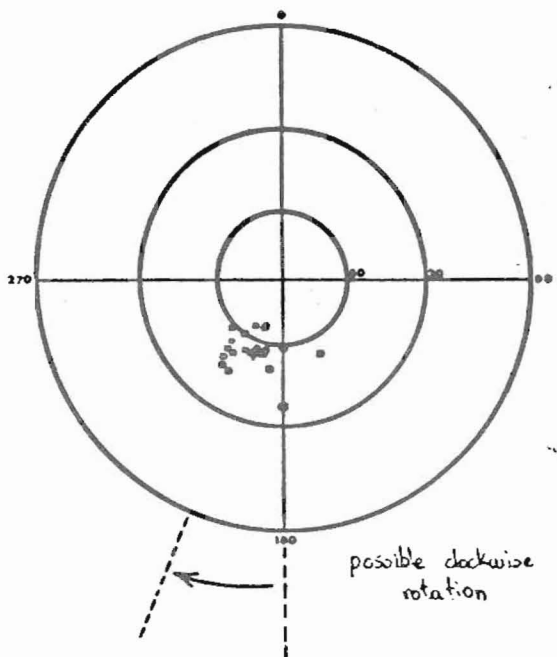
2) Κάποιες άλλες περιοχές (Χαλκιδική, Κιλκίς) έχουν υποστεί σημαντικές περιστροφικές παραμορφώσεις στη διάρκεια του Τριτογενούς. Σημειώνουμε εδώ,

ότι αυτές οι περιστροφές είναι αντίθετης φοράς.

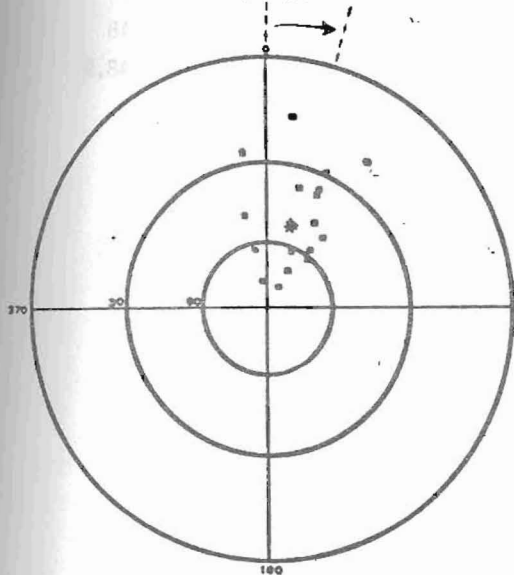


Σχήμα 2. Καμπύλες απομαγνήτισης.

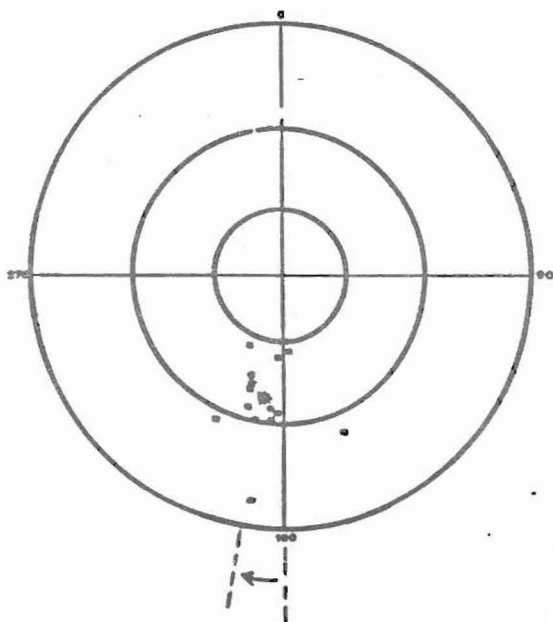
ΞΑΝΘΗ



ΚΑΒΑΛΑ



ΕΛΑΤΙΑ



Σχήμα 3. Στερεογραφικές προβολές των μέσων τιμών μαγνήτισης.

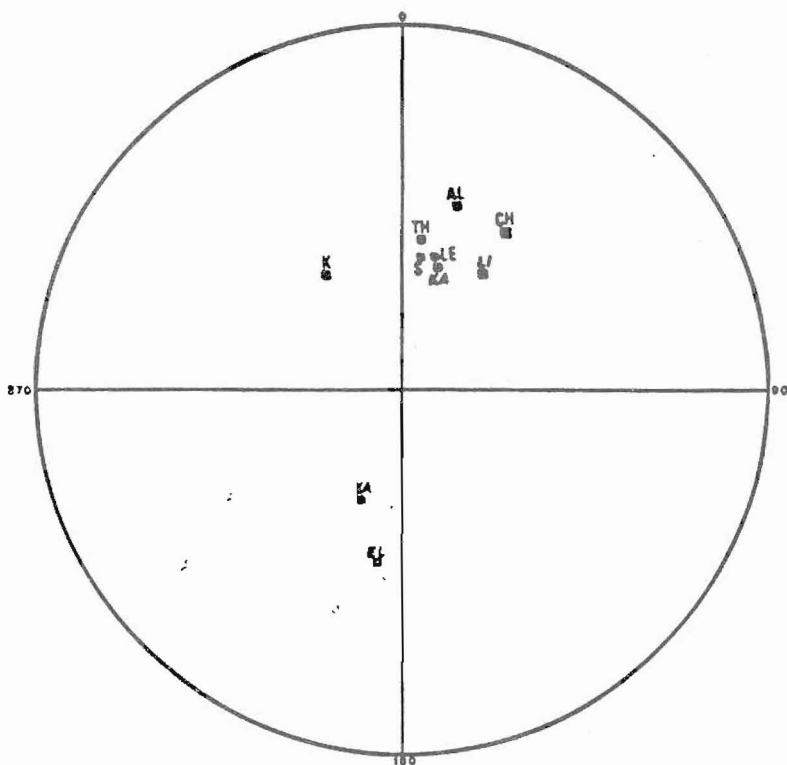
Οι μέσες τιμές για κάθε περιοχή- που προκύπτουν μετά από τη στατιστική επεξεργασία κατά FISHER-δίνονται στον πίνακα ΙΙ. Από αυτό τον πίνακα προκύπτει ότι στις δύο περιπτώσεις (Ελάτεια, Ξάνθη) το στατιστικό αποτέλεσμα είναι πολύ καλό ($\kappa=15, \alpha=10$) ενώ στην περίπτωση της Καβάλας, αν και λιγότερο ικανοποιητικό, παραμένει αξιόπιστο.

Πίνακας Ι. Μέσες τιμές μαγνήτισης των ήδη δημοσιευμένων αποτελεσμάτων για το Βόρειο Ελλαδικό χώρο.

ΘΕΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΠΕΤΡΩΜΑ	ΗΛΙΚΙΑ	ΑΡ.ΘΕΣΕΩΝ	D	I
Αλμωπία	41.1N 21.8E	Ηφαιστειακά	2,6±4Ma	5	195	-66.5
Πίνδος	41.1N 21.8E	Ηφαιστειακά	Ιουρασικά	2	334	22
Ηπειρος	39.5N 20.0E	Ασβεστάλιθος	50±10 Ma	51	47.1	43.5
Ηπειρος	39.5N 20.6E	Μάργες	25±3 Ma	29	58	38.8
Χαλκιδική	40.2N 23.8E	Γρανодиוריτής	35±5 Ma	10	37	31
Θράκη	40.9N 26.0E	Ρυόλιθας	30±5 Ma	15	7	46.5
Αλμωπία	41.1N 21.8E	Ηφαιστειακά	2,6±4 Ma	4	356	56.4
Σέρρες	41.2N 23.8E	Γρανίτης	29-33 Ma	2	8	50
Σερβομακεδονική	41.1N 23.1E	Ηφαιστίτες	25±3 Ma	3	326	48
Κιλκίς	40.92N 22.95E	Ηφαιστίτες	23-28 Ma	4	337	37
Λήμνος	39.9N 25.2E	Ηφαιστίτες	17-21 Ma	7	34	48
Λέσβος	39.2N 26.2E	Ηφαιστίτες	15,8-18 Ma	10	12.4	48.9

κ	α_{95}	ΠΑΛΑΙΟΠΟΛΟΣ	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
40	10	77.0N 77.0E	BOBIER (1968)
-	9	53.0N 248.0E	PUSHER AND FROM (1974)
25	4.1	48.3N 116.2E	HORNER AND FREEMAN (1983)
30	4.8	38.1N 112.4E	KISSEL ET AL. (1985)
28	9	50.0N 139.0E	KONTOPOULOU AND WESTPHAL (1986)
23	7.5	75.7N 180.2E	KISSEL ET AL. [1986]
36	14	75N 132E	PAVLIDES AND KONTOPOULOU (1987)
26	19	- -	KONTOPOULOU (1986)
46	18	60.0N 280.0E	PAVLIDES ET AL. (1988)
81	16	- -	PAVLIDES ET AL. (1988)
18	15	- -	WESTPHAL AND KONTOPOULOU 1989
11.4	14.8	- -	KONTOPOULOU AND LAVER 1985

Φαίνεται καθαρά στα παραπάνω αποτελέσματα, μία, εκ πρώτης όψης, δισαρμονία. Δηλαδή περιοχές που απέχουν μικρές σχετικά αποστάσεις μεταξύ τους και ανήκουν στην ίδια γεωτεκτονική δομή (Ροδόπη) δείχνουν μια διαφορετική συμπεριφορά.



Σχήμα 4. Στερεογραφική προβολή των μέσων τιμών μαγνήτισης όλων των δημοσιευμένων αποτελεσμάτων του Βόρειου Ελλαδικού χώρου.

Στην επόμενη παράγραφο θα ασχοληθούμε με την πιθανή ερμηνεία των παραπάνω στα πλαίσια υπαρκτών μοντέλων για την περιοχή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από το σύνολο, σχεδόν, των γεωλογικών μοντέλων θεωρείται ότι η Σερβομακεδονική και η μάζα της Ροδόπης αντιπροσωπεύουν το παλιό "Ευρασιατικό" τμήμα των Ελληνίδων. Το ενδιαφέρον μας συγκέντρωσε η παλαιομαγνητική μελέτη αυτών των περιοχών για να επαληθεύσουμε με μία ανεξάρτητη ποστική μέθοδο αν πράγματι υπάρχουν η όχι, πρόσφατες (Τριτογενείς) παραμορφώσεις στις μάζες αυτές.

θα εξετάσουμε παρακάτω τις συνέπειες των αποτελεσμάτων που έχουμε προσαφέρει προσπαθώντας να τονίσουμε τη γεωδυναμική τους σημασία.

1) Στη Σερβοβοκεδονική μάζα ποροτηρούμε μια δεξιόστροφη περιστροφή 25° στο νότιο άκρο της (Κεντρική-Χολκιδική) και 40° της ίδιας τάξης αλλά οριστερόστροφη στο Βόρειο. Η κοτονομή στο χώρο των ηφαιστειακών εκδηλώσεων που κατά πλειοψηφία χρησιμοποιήθηκαν εδώ σχηματίζει ένα "ηφαιστειακό τόξο", ονομασία που προτάθηκε από τον Μελιδώνη (1972). Η τοξοειδής αυτή διάταξη μπορεί εύκολα να δικαιολογηθεί σε μια γεωλογική ζώνη, ευθύγραμμη όταν τα δύο άκρα της στροφούν αντίστροφα (Σχ. 5). Επιπρόσθετο στοιχείο που συνηγορεί με την άποψη αυτή είναι ότι η μελέτη του ηφαιστίτη του Στρυμωνικού (κέντρο) που βρίσκεται υπό εξέλιξη, δείχνει την απουσία περιστροφής ο'αυτόν. Με ανάλογο τρόπο αποδείχτηκε η απόκτηση της καμπυλότητας του τόξου του Ν.Αιγαίου από τους Kissel et al., (1986).

Φαίνεται, κατ' άρχην, παράξενο να συνυπάρχουν στην ίδια γεωλογική ζώνη και σε μικρή απόσταση, αντίθετης φοράς περιστροφές. Αλλά, όπως προκύπτει από την πρόσφατη βιβλιογραφία, ανάλογο φαινόμενο έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιοχές πχ. Ισραήλ (Ron et al., 1984). Το μοντέλο των συγγραφέων αυτών δίνει μια αξιόπιστη ερμηνεία για το φαινόμενο αυτό καθώς συνδιόζει τις περιστροφές με την κίνηση συστήματος ρηγμάτων διεύθυνσης-ολίσθησης. Αν και στην υπό μελέτη περιοχή πιστεύεται ότι κυριαρχεί ο εφελκυσμός οι Pavlides et al., (1989) προτείνουν ότι το πεδίο των τάσεων είναι TRANSTENSIONAL, κυριαρχεί δηλαδή η κίνηση διεύθυνσης-ολίσθησης.

2) Στη Ροδόπη: Αποτελέσματα από την Αλεξανδρούπολη και τις Σέρρες δείχνουν απουσία περιστροφών και συμφωνούν έτσι με αποτελέσματα από τη Βουλγαρική Ροδόπη. Η νέο δειγματοληψία μας έδειξε το ίδιο αποτέλεσμα για την περιοχή της Ελάτιας (κοντά στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα). Αντίθετα στη Ξάνθη και στην Καβάλα παρατηρούμε, σε αντίστοιχης ηλικίας σχηματισμούς, μια περιστροφή 17° - 22° .

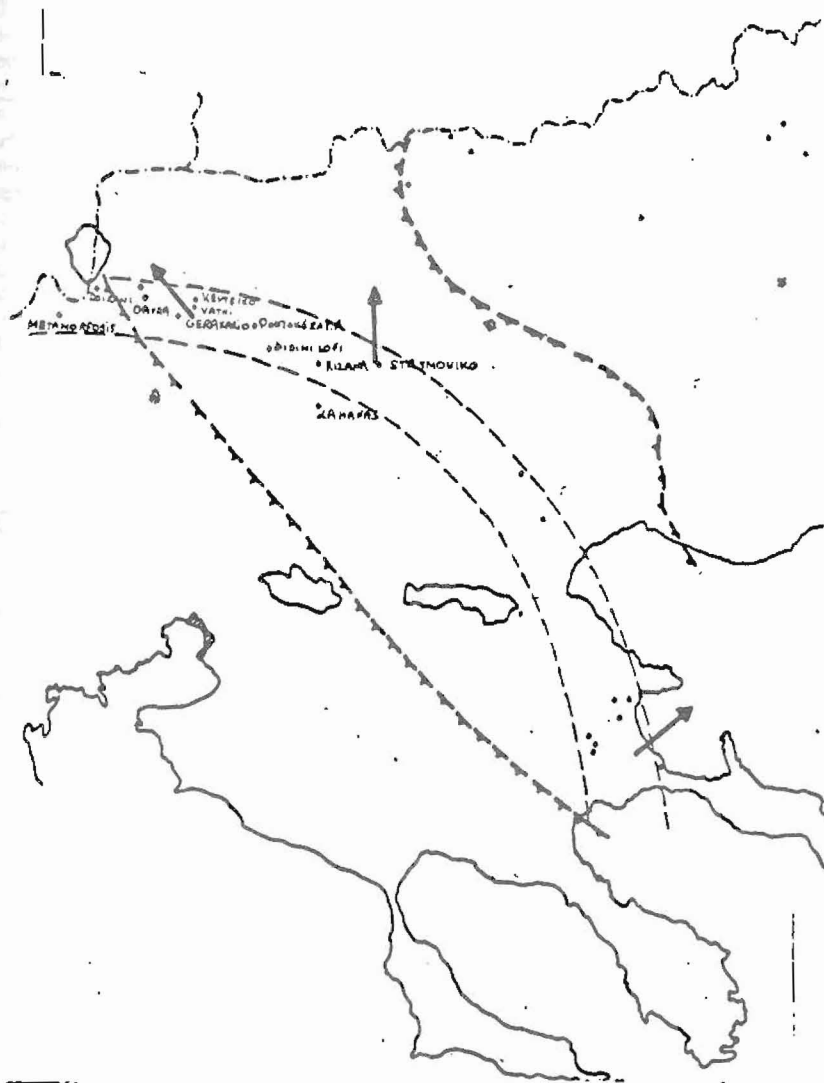
Όπως φαίνεται και από το σχήμα 1 από τις περιοχές της δειγματοληψίας μας διέρχεται το μεγάλο ρήγμα Ξάνθης-Αμφίπολης με κίνηση κανονική με δεξιόστροφη συνιστώσα.

Είναι πολύ πιθανό οι περιστροφές αυτές μέσα στη μάζα της Ροδόπης να είναι τοπικής σημασίας και να συνδέονται με την κίνηση αυτού του ρήγματος. Τυτόχρονα όμως ο συνδυασμός των προς τα δεξιά περιστροφών της Χαλκιδικής και της περιοχής της Καβάλας ενισχύει την υπόθεση ότι το νότιο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής δείχνει μια ομογενή περιστροφική παραμόρφωση. Αυτή είναι πιθανότατα συνδεδεμένη με την προς τα αριστερά κίνηση της πλόκας της Ανατόλιος (Dewey and Sengör, 1979).

Οι δεξιόστροφες περιστροφές χαρακτηρίζουν γενικό όλο το Βόρειο Αιγαίο και είναι συνδεδεμένες με την κίνηση κατά μήκος της τάφρου του Β.Αιγαίου (διεύθυνση ολίσθησης με δεξιόστροφη συνιστώσα) όπως φαίνεται από το συνδυασμό παλαιομαγνητικών και νεοτεκτονικών παρατηρήσεων (Mercier et al., 1989; Westphal and Kontopoulou, 1989).

Αυτή η ομοιόμορφη συμπεριφορά μπορεί να βοηθήσει στη χρονολόγηση των περιστροφών στην περιοχή καθώς οι ηλικίες των σχηματισμών που τις εμφανίζουν ποικίλουν από 40 έως 15 εκ. χρόνια. Έτσι, από το σύνολο των νεοτεκτονικών παρατηρήσεων διατυπώθηκε η άποψη ότι αυτές οι περιστροφές είναι νεοτεκτονικής ηλικίας (Pavlides et al., 1988).

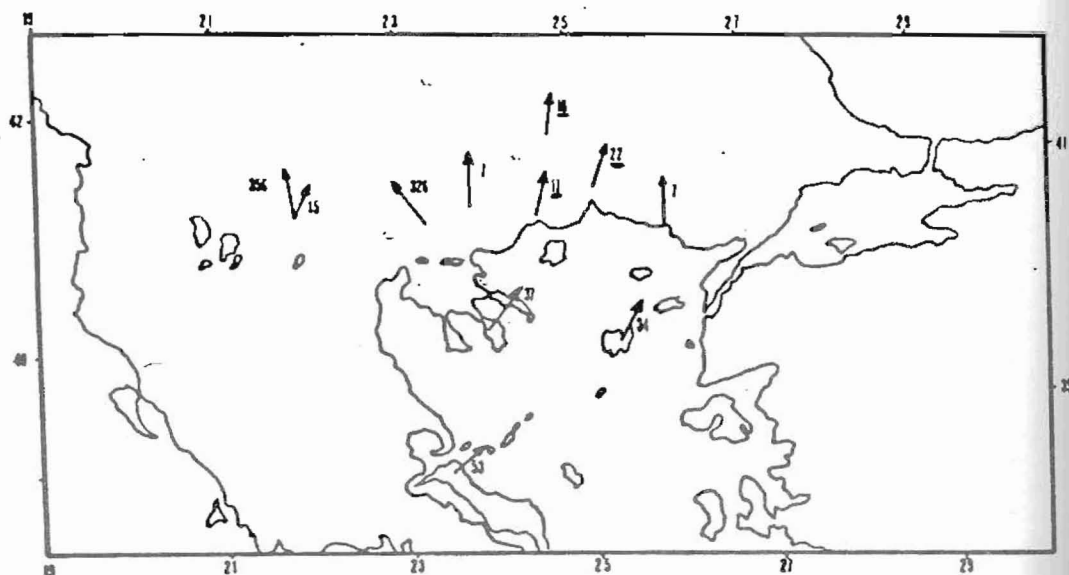
Τέλος, από το συνδυασμό των παλαιομαγνητικών δεδομένων για τη Σιθωνία και εκείνων για τη Αλεξανδρούπολη προκύπτει μια ακόμη παρατήρηση γεωτεκτονικής σημασίας. Και οι δύο περιοχές θεωρούνται ότι ανήκουν στην Περιροδοπική



Σχήμα 5. Κατανομή των ηφαιστειακών εκδηλώσεων στο χώρο της Σερβομακεδονικής μάζας, κατά Μελιδάνη (1972), και διευθύνσεις μαγνητίσης από 3 θέσεις δειγματοληψίας.

ζώνη, επιπλέον δεχόμενοι ότι η καμπυλότητα της έχει γεωλογική και τεκτονική σημασία, τότε μπορούμε να στρέψουμε τη Σιθωνία στην προ του Ολιγοκαίνου θέση της κατά 25° . Έτσι, βρίσκουμε ένα σχεδόν ευθύγραμμο προσανατολισμό για τη

ζώνη με διεύθυνση Α-Δ.



Σχήμα 6. χάρτης του Βόρειου Ελλαδικού χώρου με τις διευθύνσεις μαγνήτισης.

Είναι φανερό ότι πολλά ερωτηματικά εξακολουθούν να υφίστανται για την περιοχή αυτή και οι προσπάθειες μας προσανατολίζονται στην κατά το δυνατό διερεύνηση της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bobier, C. (1968). Etude paléomagnétique de quelques formations du complexe volcanique d'Almopias. *C.R.Ac.Sci.* (267), 1091-1094.
- Dewey, J.F. and Sengör, A.M.C. (1979). Aegean and Surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geol. Soc. Am. Bull.* 90, 84-92.
- Jackson, J. and McKenzie, D.P. (1983). The geometrical evolution of normal fault systems, *Journ. Struct. Geol.*, 5, 471-482.
- Kissel, C., Laj, C., Poisson, A., Savascin, Y., Simeakis, D. and Mercier, J.L. (1986). Paleomagnetic evidence for Neogene rotational deformations in the Aegean domain, *Tectonics*, 5, 783-795.
- Kissel, C., Kondopoulou, D., Laj, C. and Papadopoulos, P. (1986). New paleomagnetic data from Oligocene formations of northern Aegea. *Geoph. Res. Letters* vol. 13, 10 1039-1042.
- Kondopoulou, D. and Lauer, J.P. (1984). Paleomagnetic data from Tertiary units of the North-Aegean zone. In J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (Editors) *The geological evolution of the Eastern Mediterranean*, Spec. Publ. Geol. Soc. London, 17, 681-686.
- Kondopoulou, D. (1986). Tertiary rotational deformations in the Greek Serbo-macedonia Massif. *Bulg. Geoph. Journal* XII, 4, 71-80.
- Kondopoulou, D. and Westphal, M. (1986). Paleomagnetism of the Tertiary intrusions from Chalkidiki (N. Greece). *J. Geophysics* 59, 62-66.
- Lyberis, N. (1984). Tectonic evolution of the North Aegean Trough (Part 1). *Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 17, 681-686.
- Μελιδώνης, Ν. (1972). Το ηφαίστειακό τόξο Στρυμωνικού-Μεταμόρφωσης *Ι.Γ.Ε.Υ.*, 5.
- Mckenzie, D.P. (1970). Plate tectonics of the Mediterranean region. *Nature*, 226, 239-243.
- Mckenzie, D.P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geoph. J. R. Astr. Soc.*, 30(2), 109-185.
- Mckenzie, D.P. (1978). Active tectonics of the Alpine-Himalyan belt: the Aegean Sea and surrounding regions *Geoph. J. R. Astr. Soc.*, 55, 217-254.
- Mercier, J.L. (1977). L'arc égéen, une bordure déformée de la plaque eurasiatique: réflexions sur un exemple d'étude néotectonique. *Bull. Soc. Geol. France* 19, 663-672.
- Mercier, J.L. (1981). Extensional-compressional tectonics associated with the Aegean arc: comparison with the andean Cordillera of south Peru-north Bolivia, *Phil. Trans. R. Soc. London*, 300, 337-355.
- Mercier, J.L., Vergely, P., Simeakis, D. and Kissel, C. (1989). The mergece of the dextral strike-slip North Anatolian fault into the North Aegean trough fault zone: tectonic regimes, fault kinematics and rotations *Intern. Workshop on Active and recent strike-slip tectonics*, Florence 1989.
- Papazachos, B.C. (1976). Seismotectonics of the Northern Aegean area. *Tectonophysics*, 33, 199-209.
- Papazachos, B.C., Kiratzi, A.A., Voidomatis, Ph. and Papaioannou, Ch.A. (1984). A study of the December 1981-January 1982 seismic activity in Northern Aegean sea. *Boll. Geof. Teor. Appl.* XXVI, 101-113.
- Pavlidis, S. and Kondopoulou, D. (1987). Neotectonic and Paleomagnetic results from Neogene basins of Macedonia (N. Greece) and their geodynamic impli-

cations *Ann.Inst.Publ.Hung.vol.LXX.*

- Pavlidis, S., Kondopoulou, D., Kiliias, A. and Westphal, M. (1988). Complex rotational deformations in the Serbo-Macedonian massif (north Greece): structural and paleomagnetic evidence. *Tectonophysics* 145, 329-335.
- Pavlidis, S., Mountrakis, D., Kiliias, A. and Tranos, M. (1989). The role of strike-slip movements in the extensional area of northern Aegean, *Intern. Workshop on Active and recent strike-slip tectonics, Florence 1989.*
- Rocca, A.Ch., Karakaisis, G.F., Karacostas, B.G., Kiratzi, A.A., Scordilis, E.M. and Papazachos, B.C. (1985). Further evidence on the strike-slip faulting of the Northern Aegean trough based on properties of the August-November 1983 seismic sequence. *Boll.Geof.Teor.Appl.* XXVII, 106, 101-109.
- Ron, H., Freund, R., Garfundel, Z. and Nur, A. (1984) Block rotation by strike-slip faulting: structural and paleomagnetic evidence, *Journ.Geoph.Res.*, 89, B7, 6256-6270.
- Westphal, M. and Kontopoulou, D. (1989). Paleomagnetism of Miocene volcanics from Lemnos island: implications for block rotations in the vicinity of the North Aegean trough, *Intern. Workshop on active and recent strike-slip tectonics, Florence 1989.*