

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

R. Caputo* και Σπ. Παυλίδης*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Τεκτονικά στοιχεία (ρήγματα, παραμορφωμένες κροκάλες, διακλάσεις) που αφορούν την παραμόρφωση στο Ύστερο Καινοζωικό της λεκάνης της Θεσσαλίας αναλύθηκαν ποσοτικά και προσδιορίστηκαν οι διευθύνσεις των κύριων αξόνων τάσης ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) για κάθε νεοτεκτονική φάση ξεχωριστά. Αυτά τα αποτελέσματα συσχετίστηκαν με τὰ μέχρι τώρα υπάρχοντα στρωματογραφικά στοιχεία που αφορούν τις Νεογενείς και πρόσφατες αποθέσεις της περιοχής.

Κύριο συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι διακρίθηκαν τρεις κύριες τεκτονικές "φάσεις": α) μια συμπιεστική (f_1) με ABA-ΔΝΔ διεύθυνση της μέγιστης συμπίεσης (σ_1), η οποία πιστεύεται ότι έδρασε το Μέσο Μειόκαινο (Μεταβουρδιγάλιο), β) μια εφελκυστική του Ύστερου-Μειόκαινου (?) - Πλειόκαινου (f_2), με διεύθυνση εφελκυσμού (σ_2) σε ΒΑ-ΝΔ παράταξη, η οποία επαναδραστηριοποίησε παλιότερες αλπιδικές δομές (κυρίως ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης) και γ) την τεταρτογενή-ενεργό (μέσο Πλειστόκαινο - Ολόκαινο) εφελκυστική φάση (f_3), σχεδόν Β-Ν διεύθυνσης, η οποία κατά κόνονα δημιουργεί νέα ρήγματα που είναι Α-Δ διεύθυνσης.

Η νεοτεκτονική εξέλιξη της Θεσσαλίας συζητείται συνοπτικά, ενώ παρουσιάζεται ένας λεπτομερής χάρτης του πεδίου των νεοτεκτονικών τάσεων της περιοχής.

A B S T R A C T

Structural data (striated faults, deformed pebbles, joints) concerning the late Cenozoic deformation of Thessaly basins have been quantitatively analysed, and the directions of the principal stress axes ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) have been calculated for each neotectonic phase. All these results have been also correlated with the already existing stratigraphical data of Neogene and recent deposits of the area.

As a conclusion three main tectonic "phases" have distinguished: a) a compressional one (f_1) with an ENE-WSW direction of compression (σ_1), which is believed to be post-Burdigalian (middle Miocene), b) a late Miocene (?) - Pliocene extensional neotectonic phase (f_2), with NE-SW direction of extension (σ_2), which reactivated older alpine structures (mainly trending NW-SE), and c) the (f_3) Quaternary-active extension (middle Pleistocene-Present), with a general N-S direction of extension (σ_3), which created new faults trending almost E-W.

The neotectonic evolution of Thessaly is also briefly discussed, while a new detailed map of the stress pattern of the area is presented.

R. CAPUTO AND S. PAVLIDES. Neotectonics and Structural evolution of Thessaly (Central Greece).

* Aristotle University of Thessaloniki, Department of Geology. P.O. Box 351-1, 54006 THESSALONIKI.

R. Caputo mailing address: Dept. Earth Sciences, University of Florence v. Ia Pira, 4 - 50121 FLORENCE (I).

Οι λεκάνες της Θεσσαλίας παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, τόσο από την πλευρά της νεοτεκτονικής, όσο και της ενεργού τεκτονικής, γιατί: α) αποτελούν, καλοκαθορισμένες τοπογραφικά ενδοηπειρωτικές λεκάνες (μεταξύ των μεγαλύτερων του Ελληνικού χώρου) πληρωμένες με πρόσφατα ιζήματα και β) παρουσιάζουν έντονη σεισμική δράση τον τελευταίο αιώνα (π.χ. σεισμοί Λάρισας 1941, $M_s = 6.3$; Σοφάδων 1954, $M_s = 7.0$; Βελεστίνου 1957, $M_s = 6.8$; Νέας Αγχιάλου 1980, $M_s = 6.5$ κ.ά.).

Η αλπική γεωλογία της ευρύτερης περιοχής έγινε γνωστή από μια σειρά ερευνών, όπως: Brunh (1956), Aubouin (1959), Vergely (1977), Doutsos (1984), Katsikatsos et al. (1982, 1986), Κίλιας & Μουντράκης (1986) κ.ά., οι οποίες αναφέρονται κυρίως στη στρωματογραφία και περιγραφή των πετρωμάτων που συγκροτούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, καθώς επίσης και στις αλπικές τεκτονικές φάσεις (Ύστερο Μεσοζωικό - Πρώιμο Καινοζωικό). Επίσης στοιχεία για τη γενική γεωλογική δομή της Θεσσαλίας δίνουν οι γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ (κλίμακα 1:50.000).

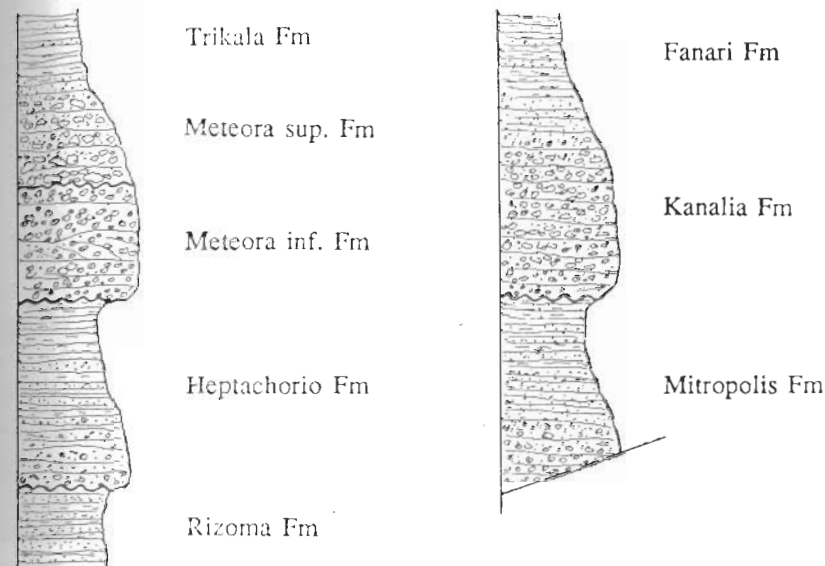
Η περιοχή μελέτης εκτείνεται στις γεωλογικές ζώνες κύρια Πελαγονική και Υποπελαγονική, ενώ τα δυτικά όριά της βρίσκονται στη ζώνη της Πίνδου.

Επιπρόσθετα έχουν δημοσιευτεί εργασίες που αναφέρονται κύρια ή τμηματικά στη σεισμική δράση της περιοχής, όπως Galanopoulos (1950), Parazachos (1976), Parazachos et al. (1983), Papastamatiou & Mouyaris (1986), Voidomatis et al. (1977) κ.ά., ενώ είναι σχετικά λίγες οι εργασίες (π.χ. Doutsos 1980) που αναφέρονται στις πρόσφατες (νεοτεκτονικές) δομές, οι οποίες σχηματίστηκαν σαν αποτέλεσμα των νεότερων τεκτογενετικών φάσεων, στην ανάπτυξη του νεοτεκτονικού πεδίου των τάσεων, καθώς επίσης και στη λεπτομερή στρωματογραφία των ιζηματογενών ακολουθιών του Νεογενούς-Τεταρτογενούς που πληρούν τη λεκάνη. Γεωμορφολογικά η περιοχή μελετήθηκε από τον Schneider (1968).

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρώτη ανακοίνωση των αποτελεσμάτων μιας ευρύτερης γεωλογικής και τεκτονικής μελέτης των επί μέρους υπολεκάνων της Θεσσαλίας (ανατολική ή Λάρισας, Δυτική ή Τρικάλων-Καρδίτσας και υπολεκάνης Αλυμού) και της νεοτεκτονικής εξέλιξης αυτών κατά τη διάρκεια του Νεογενούς και Τεταρτογενούς. Γίνεται στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής του πρώτου συγγραφέα, όπου υπάρχουν αναλυτικά όλα τα δεδομένα και οι παρατηρήσεις υπαίθρου, η οποία εκπονείται στο Πανεπιστήμιο της Φλωρεντίας με την επίβλεψη του καθηγητή M. Boscaletti, σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και την επίβλεψη του δεύτερου συγγραφέα, καθώς επίσης αποτελεί τμήμα μιας πιο προχωρημένης έρευνας, που βρίσκεται σε εξέλιξη, στα πλαίσια ενός διετούς προγράμματος (Stimulation Action) επιχορηγούμενου από την ΕΟΚ, με επιστημονικό υπεύθυνο το δεύτερο συγγραφέα.

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΧΕΙΑ

Όπως είναι γνωστό για την κατανόηση της νεοτεκτονικής είναι απαραίτητη



Σχ. 1. Σχηματικές λιθοστρωματογραφικές στήλες της ακολουθίας Τρικάλων-Καλαμπάκας (αριστερά) και της Καρδίτσας (δεξιά). Η πρώτη είναι από δεδομένα του ΙΓΜΕ (1965, 1972, 1979) ελαφρώς τροποποιημένη και η δεύτερη είναι παρμένη από τη διατριβή του Caputo (1990).

Fig.1. Schematic lithostratigraphic columns of the Trikala-Kalambaka sequence (left) and the Karditsa sequence (right). The former is from IGME (1969; 1972; 1979) and partly revised; the latter is from Caputo (1990).

η όσο το δυνατό λεπτομερέστερη γνώση της στρωματογραφίας των νεότερων αποθέσεων. Για το λόγο αυτό επιχειρήθηκε πρώτα η κατανόηση της νεογενούς-τεταρτογενούς στρωματογραφίας της Θεσσαλίας.

Τα κυριότερα συμπεράσματα για το λιθοστρωματογραφικό συσχετισμό των σχηματισμών της Καρδίτσας (Δυτ. Θεσσαλία) και των κεντρικών λόφων (Κεντρική Θεσσαλία) είναι:

Για το σχηματισμό Καρδίτσας πραγματοποιήθηκε μια λιθοστρωματογραφική στήλη (Caputo 1990), η οποία είναι συγκρίσιμη με την αντίστοιχη βορειότερη της Καλαμπάκας-Τρικάλων (σχ. 1), η οποία είναι σωστά χρονολογημένη σαν τμήμα των ιζημάτων της λεκάνης Γρεβενών (Μεσοελληνικής αύλακας) (ΙΓΜΕ φύλλα Τρίκαλα 1969, Καλαμπάκα 1972, Αγλόφυλλο 1979). Με βάση τη χρονολόγηση της παραπάνω σειράς, επιχειρήθηκε ο συσχετισμός της με τη σειρά Καρδίτσας και αποδόθηκε έτσι και για αυτήν Ανωολιγοκαινική-Βουρδιγάλια ηλικία.

Στους Κεντρικούς Λόφους και ειδικότερα στο νότιό τους τμήμα, διαχωρίστηκαν τα ποταμολιμναία πλειοκαινικά ιζήματα από τα περισσότερο τυπικά υπερκείμενα κοκκινοχώματα. Αυτά που περιέχουν κύρια αργιλλικά υλικά, έχουν συσχετιστεί

με κλιματικά γεγονότα του Τεταρτογενούς και θεωρούνται Αναπλειστοκαινικά για τα περισσότερα μέρη του Ελληνικού χώρου (Bousquet 1976; Dufaure et al., 1979, Psilovikos et al., 1987). Τα υπόλοιπα στρωματογραφικά στοιχεία πάρθηκαν απευθείας από τη βιβλιογραφία, κυρίως τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας (1:50.000) π.χ. Φύλλα Λάρισα (1985), Ελλάσωνα (1987) την εργασία του Schneider (1968) και των Συμεωνίδη και Τάταρη (1982) κ.ά..

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μετά την ολοκλήρωση των κύριων αλπικών τεκτοφάσεων που διαμόρφωσαν την κύρια δομή της περιοχής, ακολούθησε μια ρηξιγενής παραμόρφωση. Για το λόγο αυτό, κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου αναζητήθηκαν ανάλογες τεκτονικές δομές, όπως ρήγματα, παραμορφωμένες κροκάλες και διακλάσεις που επηρεάζουν κυρίως στους νεότερους σχηματισμούς (σχ. 2), αλλά και εκείνους του υποβάθρου. Για την περίπτωση των δομών του υποβάθρου έγινε σύγκριση με νεότερες δομές, ή ανιχνεύθηκε η συνέχεια τους σε νέα ιζημάτα. Όλα τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν σε οικογένειες κατά θέσεις παρατήρησης, ενώ τα δύο είδη δομών (διατμητικά επίπεδα και διακλάσεις) επεξεργάστηκαν ξεχωριστά με διαφορετικές μεθοδολογίες.

Προκειμένου να υπολογιστούν οι κύριες διευθύνσεις του πεδίου των τάσεων (σ_1 , σ_2 , σ_3) που προκύπτουν από τα ρήγματα, χρησιμοποιήθηκε η μαθηματική διαδικασία που προτάθηκε από τους Caruto & Caruto (1988a) και εφαρμόστηκε σε δύο διαφορετικές προϋπάρχουσες μεθόδους (διέδρων γωνιών και αξόνων P/T) τεκτονικής ανάλυσης. Επιπλέον τα ίδια δεδομένα επεξεργάστηκαν και με τη μέθοδο του "μέσου καλύτερου τανυστή τάσης" (Carey, 1976). Τα αποτελέσματα από τους τρεις παραπάνω τρόπους υπολογισμού συνήθως συμπίπτουν. Στις περιπτώσεις όμως που αποκλίνουν μεταξύ τους, πάρθηκαν υπόψη οι μέσοι τους όροι με ξεχωριστό συντελεστή βαρύτητας για κάθε μέθοδο.

Τέλος, τα συστήματα διακλάσεων επεξεργάστηκαν με τη μαθηματική μέθοδο που προτάθηκε από τους Caruto & Caruto (1988b), για τον καθορισμό επίσης των τριών κύριων διευθύνσεων των τάσεων.

Οι παραπάνω υπολογισμοί φαίνονται στα παραδείγματα του σχήματος 3.

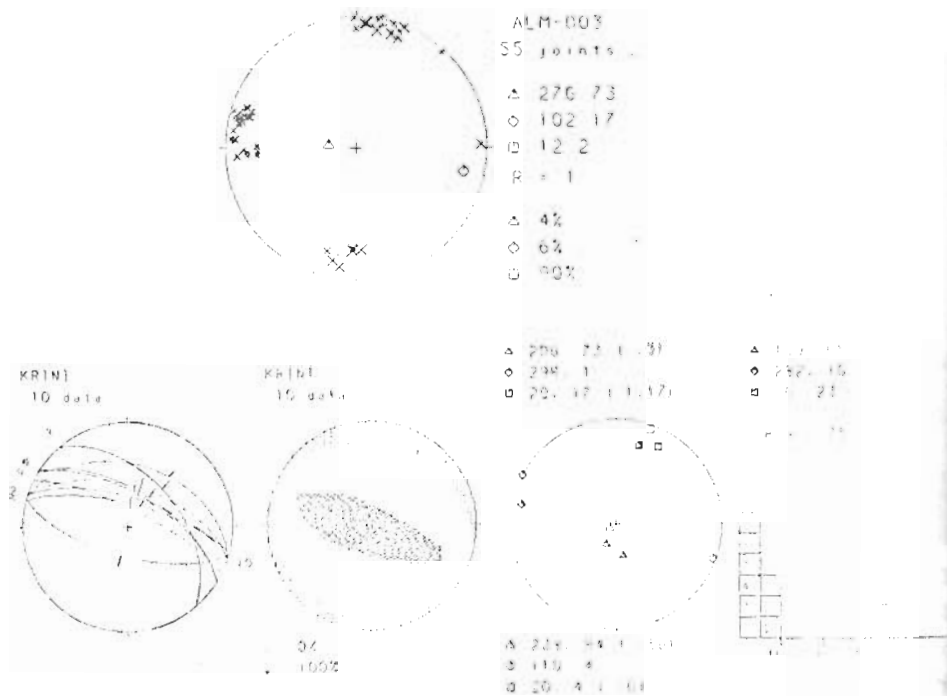
Στο χάρτη του σχήματος 4 αναπαριστώνται οι δύο από τις τρεις κύριες διευθύνσεις του ελλειψοειδούς των τάσεων η ελάχιστη (σ_3) και η μέγιστη (σ_1), όταν αυτές είναι οριζόντιες ή σχεδόν οριζόντιες.

Από την ίδια εικόνα προκύπτει επίσης ότι τα αποτελέσματα της τεκτονικής ανάλυσης μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες:

- α) η πιο πολυάριθμη ομάδα αποτελείται από οικογένειες μετρήσεων που δείχνουν έναν εφελκυσμό με διεύθυνση περίπου Β-Ν.
- β) από τη δεύτερη ομάδα προκύπτει ένας εφελκυσμός διευθυνόμενος σχεδόν ΒΑ-ΝΔ.



Σχ. 2. Φωτογραφία και το αντίστοιχο σκίτσο ρηγματωμένων λιμναίων ιζημάτων του σχηματισμού Αλμυρού στο δυτικό άκρο της ομώνυμης λεκάνης. Αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα συστήματος ρηγμάτων που εκτείνονται παράλληλα με το σεισμικό ρήγμα της Νέας Αγχιάλου. Τα κυριότερα επίπεδα κίνησης φαίνονται στο κάτω στερεοδιάγραμμα (για λεπτομέρειες βλέπε σχήμα 3).
Fig.2. Photograph and the corresponding sketch of the fractured lacustrine sediments of the Almyros Formation in the western edge of the homonym basin. The more important planes of slip are shown in the stereonet below (for details see figure 3).



Σχ. 3. Δύο παραδείγματα τεκτονικής ανάλυσης. Επάνω: Υπολογισμός σε ένα σύστημα διακλάσεων. Οι σταυροί αντιπροσωπεύουν τους πόλους των διακλάσεων, ενώ τα διαφορετικά μεγέθη τους αναφέρονται σε διαφορετικές σχετικές κανονικές κινήσεις. Τρίγωνα = σ_1 , Ρόμβοι = σ_2 , Τετράγωνα = σ_3 . Οι αντίστοιχοι αριθμοί δηλώνουν το αζιμούθιο και τη γωνία κλίσης αυτών των αξόνων, ενώ εκείνοι που ακολουθούν δίνουν τις σχετικές μέσες τυπικές αποκλίσεις επί % . Κάτω: υπολογισμοί σε σύστημα ρηγμάτων με τις αντίστοιχες τεκτονικές γραμμώσεις τους. Το στερεοδιάγραμμα στ' αριστερά είναι τα δεδομένα, στο κέντρο τ' αποτελέσματα της μεθόδου των ορθών διέδρων γωνιών, ενώ στα δεξιά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας μαθηματικής μεθοδολογίας των Caputo & Caputo (1988a) που εφαρμόζεται στις μεθόδους των ορθών-διέδρων και P/T αξόνων, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της μεθόδου του "μέσου καλύτερου ταυστή τάσης" (Carey 1976). σ_1 : τρίγωνα, σ_2 : ρόμβοι, σ_3 : τετράγωνα. Το ιστόγραμμα δίνει την απόκλιση μεταξύ των τιμών που μετρήθηκαν και των αντίστοιχων που υπολογίστηκαν. Όλες οι στερεογραφικές προβολές είναι ισοεπιφανειακές, νότιο ημισφαίριο (θέσεις παρατήρησης: Κρήνη στους Κεντρικούς Λόφους και Λεκάνη Αλμυρού).

Fig.3. Two examples of structural analysis. Above: Elaboration of a joint system. The crosses represent the poles of the joints; the different size refer to different normal relative movement. The triangles, rhombs and squares represent the σ_1 , σ_2 and σ_3 axes, respectively, while corresponding numbers give the azimuth and dip angles of these axes. The lower triplet indicates the relative mean standard deviations normalized in percent. Below: Elaboration of a striated system. Left stereonet: the data. Center: the results of the right-dihedrons method. Right: the

γ) η τρίτη ομάδα χαρακτηρίζεται από μια συμπίεση με διεύθυνση ABA-ΔΝΔ.

Σχετικά με τον τρόπο κατανομής των ομάδων αυτών στο χώρο μελέτης μπορούμε να επισημάνουμε τα εξής:

- 1) και οι τρεις ομάδες διευθύνσεων των τάσεων κατανέμονται σχεδόν σ' ολόκληρη την Θεσσαλία.
- 2) στις επιμέρους μικρότερες περιοχές παρατήρησης συνυπάρχουν περισσότερες από μία ομάδες, και
- 3) σε ορισμένες θέσεις μετρήσεων παρατηρήθηκαν αλληλοεπικαλυπτόμενες γενιές τεκτονικών γραμμώσεων ολίσθησης (striae) στο ίδιο επίπεδο διάτμησης, που σημαίνει ότι στην ίδια θέση έδρασαν περισσότερα από ένα πεδία τεκτονικών τάσεων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

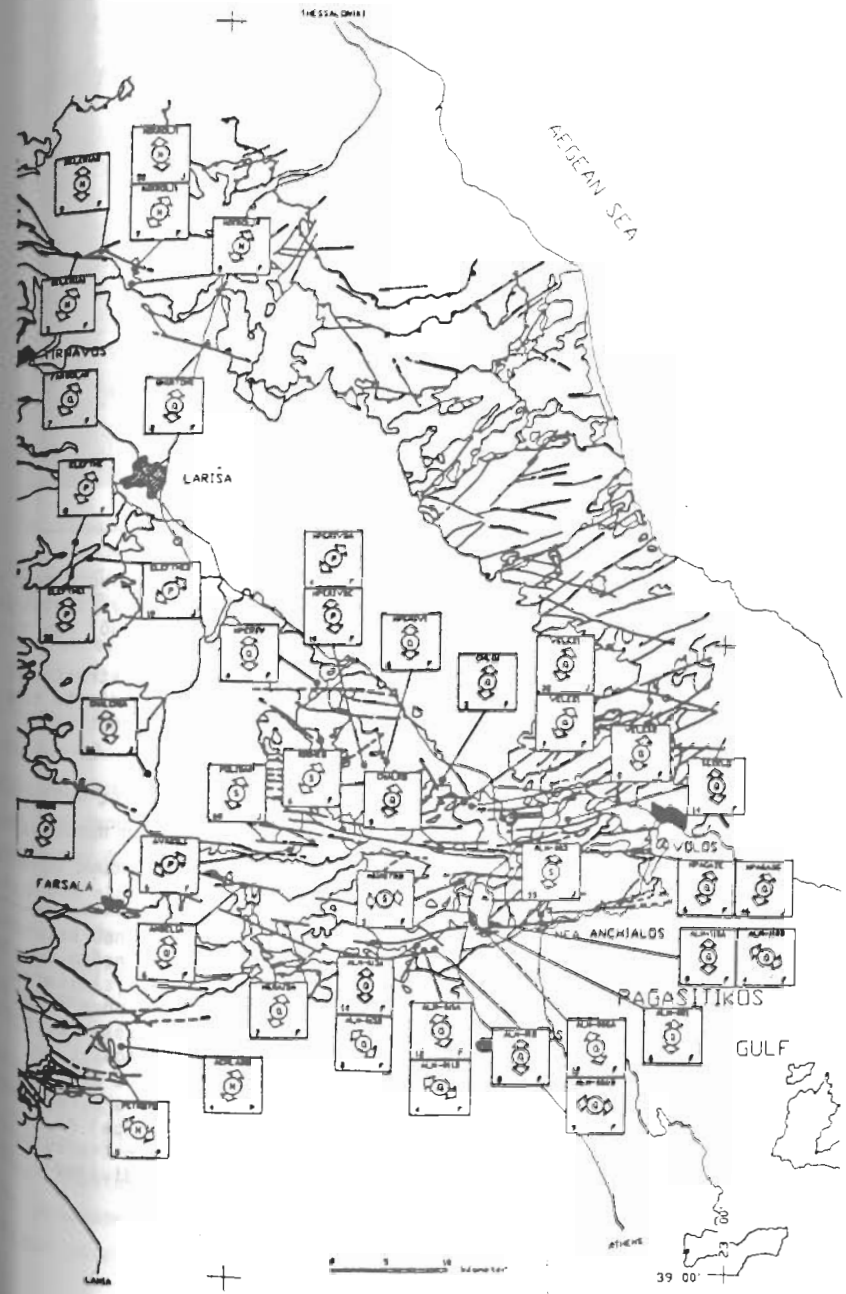
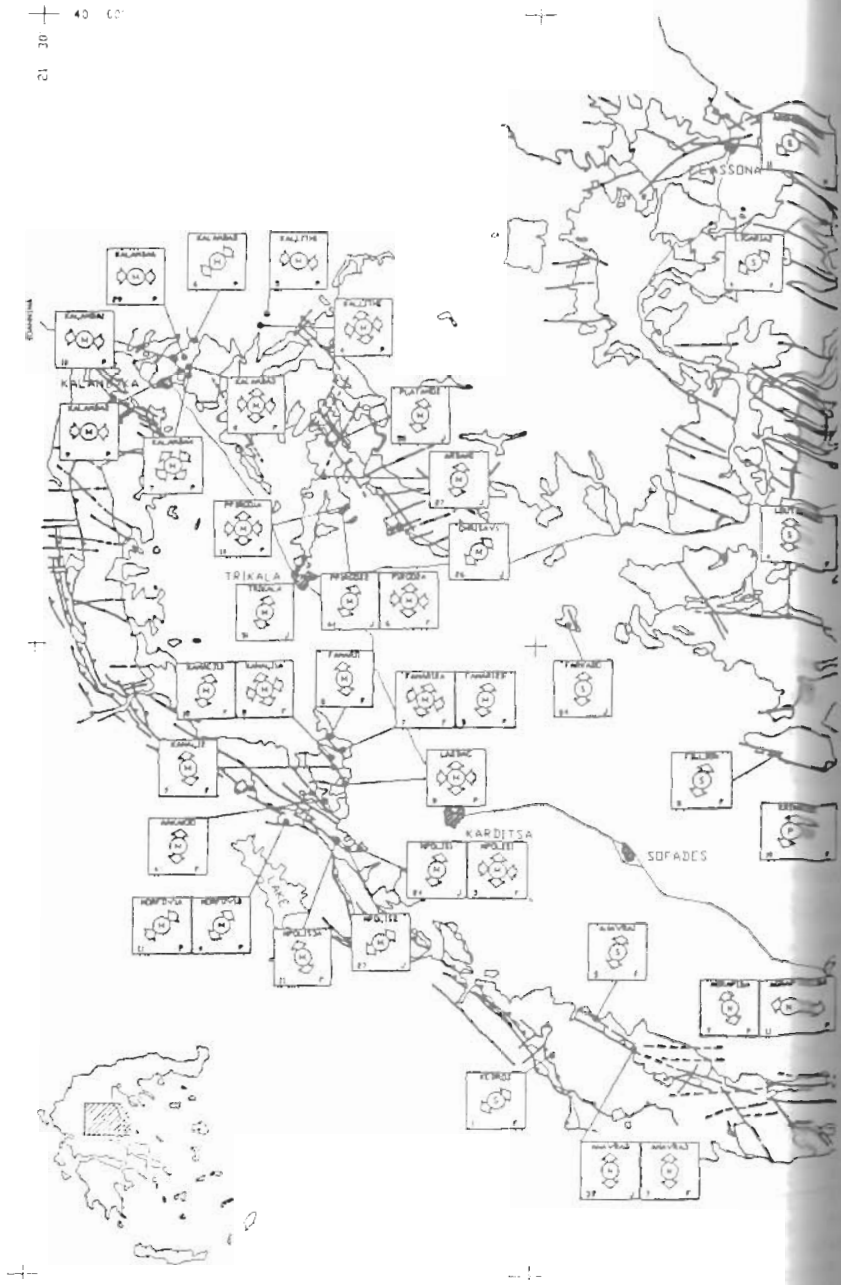
Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι τρεις αυτές ομάδες μπορούν να χαρακτηρισθούν σαν τρεις κύριες ξεχωριστές "τεκτονικές φάσεις", με τους όρους φυσικά της ανάλυσης των τεκτονικών τάσεων.

Στη συνέχεια αναζητείται και συζητείται τόσο η σχετική, όσο και η απόλυτη ηλικία τους. Για το σκοπό αυτό πάρθηκε υπόψη η ηλικία των σχηματισμών που επηρεάστηκαν από τις διάφορες τεκτονικές φάσεις.

Όπως είναι εύκολο να παρατηρήσει κανείς από το χάρτη (σχ. 4), η συμπίεση στη διεύθυνση ABA-ΔΝΔ επηρεάζει πετρώματα του υποβάθρου, καθώς επίσης και εκείνα του Ολιγόκαινου-Μειόκαινου. Ο εφελκυσμός BA-ΝΔ διεύθυνσης επηρεάζει το υπόβαθρο, την ακολουθία Ολιγόκαινου-Μειόκαινου και τα ποταμολιμναία πλειοκαινικά ιζημάτα, ενώ τέλος ο Β-Ν εφελκυσμός είναι αποτυπωμένος τόσο στα πετρώματα του υποβάθρου, όσο και σ' όλη τη σειρά των ιζημάτων μέχρι και το Ολόκαινο.

Από αυτήν την ανάλυση διαφαίνεται ήδη μια σχετική χρονολόγηση μεταξύ των τριών φάσεων, οι οποίες ονομάστηκαν f_1 , f_2 και f_3 και υποδηλώνουν αντίστοιχα την συμπίεση ABA-ΔΝΔ διεύθυνσης, τον BA-ΝΔ εφελκυσμό και τον εφελκυσμό επίσης Β-Ν διεύθυνσης. Η σχετική χρονολόγηση μεταξύ των παραπάνω φάσεων, επιβεβαιώνεται και από μερικές θέσεις μετρήσεων, όπου παρατηρήθηκαν ορισμένες επικαλύψεις γραμμώσεων τεκτονικής ολίσθησης (striae) στις ίδιες επιφανείες ρηγμάτων. Δηλαδή, οι νεότερες γραμμώσεις επηρεάζουν ("κόβουν") τις παλιότερες. Ειδικότερα, στην περιοχή της Καρδίτσας παρατηρήθηκαν γραμμώσεις συνδεδεμένες με τη φάση f_1 , που διακόπτονται από γραμμώσεις της f_3 φάσης, ενώ στη ρηξιγενή ζώνη των "Κεντρικών Λόφων" (Κεντρική Θεσσαλία) παρουσιάζεται η f_3 (νεότερη) να διακόπτει την f_2 (σχετικά παλιότερη).

results of the numerical methodology of Caputo & Caputo (1988a) applied on the right-dihedrons and P/T axes methods and the Carey's (1976) method of "mean best stress tensor". σ_1 : triangles, σ_2 : rhombs, σ_3 : squares. The histogram gives the deviation between the measured and predicted slip vectors. All stereonets are equal-area projections, lower hemisphere. (Sites of observation: Krini in the Central Hills and Almyros Basin).



	WEST THESSALY			EAST THESSALY			
	f ₁	f ₂	f ₃	f ₁	f ₂	f ₃	
alluvium			↕			↕	Hol.
red beds	?					↕	U. Pt.
fluvio-lacustrine					↗	↕	Plioc.
Trikala / Fanari	↗	↗	↕	?			Mioc.
Met. sup./Kanal.	↗	↗	↕				
Met. inf./Kanal.	↗	↗	↕				
Heptac./Mitropol.	↗	↗	↕				
Rizoma ?	↗	↗	↕				
substratum	↗	↗	↕	↗	↗	↕	Olig.

Σχ. 5. Σχηματικό διάγραμμα όπου συνοψίζονται τα κυριότερα συμπεράσματα της τεκτονικής ανάλυσης σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα στρωματογραφικά στοιχεία. Τα βέλη καθορίζουν το είδος των τάσεων (συμπίεση ή εφελκυσμό) και τις αντίστοιχες υπολογισθείσες διευθύνσεις τους.

Fig.5. Schematic diagram which summarizes the main results of our structural analysis in relation with the stratigraphic data. Arrows indicate the kind of stress (compression or extension) and the estimated direction.

Στο σχήμα 5 συνοψίζονται όλα τα συμπεράσματα της τεκτονικής ανάλυσης σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα στρωματογραφικά στοιχεία για μια καλύτερη προσέγγιση της απόλυτης χρονολόγησης των νεότερων τεκτοφάσεων. Για μεγαλύτερη όμως συνέπεια

Σχ. 4. Χάρτης της μελετηθείσας περιοχής που δείχνει τις θέσεις όπου μετρήθηκαν ρήγματα και διακλάσεις, καθώς επίσης και το νεοτεκτονικό πεδίο των τάσεων. Για κάθε θέση παρουσιάζονται οι διευθύνσεις των σ_3 (ελάχιστης συμπίεσης) και σ_1 (μέγιστης συμπίεσης) κύριοι άξονες τάσεων μόνο όταν είναι οριζόντιοι ή σχεδόν οριζόντιοι. S: Υπόβαθρο, M: Ολιγο-Μειοκαινικό, P: Πλειόκαινο, Pt: Πλειστόκαινο, N: Νεογενές αδιαίρετο, J: Διακλάσεις.

Fig.4. Map of the study area showing the sites of measured faults and joints, as well as the neotectonic stress pattern. For each site are represented the direction of minimum (σ_3) and maximum (σ_1) principal stress axes, only if they are horizontal or subhorizontal. S: Substratum; M: OligoMiocene; P: Pliocene; Pt: Pleistocene; N: Neogene undivided; J: Joints; P: Pebbles; F: Faults.



Σχ. 6. Παράδειγμα παραμορφωμένης κροκκάλης από τον ανώτερο σχηματισμό Μετεώρων. Διακρίνονται δύο επίπεδα διάτμησης με ανάστροφη κίνηση οφειλόμενη στο συμπίεστικό πεδίο της f₁ φάσης.

Fig.6. Example of deformed pebble, in the Upper Meteora Formation, cut by a couple of shear planes with reverse movement related to the compressional stress field (f₁).

στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων αυτών, η Θεσσαλία διαιρείται σε περιοχές, Δυτική και Ανατολική, επειδή η Ολιγο-Μειοκαινική ακολουθία εμφανίζεται μόνο στη δυτική περιοχή, ενώ δεν εμφανίζεται καθόλου η πλειοκαινική ακολουθία και αντίθετα. Παρόλο τον ανομοιογενή αυτό καταμερισμό των ιζημάτων στην περιοχή μελέτης, η χρονολόγηση των διαφόρων τεκτοφάσεων που προέκυψε έχει, κατά τη γνώμη μας, γενικότερη ισχύ για ολόκληρη τη Θεσσαλική λεκάνη.

Στην προσπάθεια για να γίνει με μεγαλύτερη ακρίβεια η χρονολόγηση των τριών τεκτονικών φάσεων, ή καλύτερα να καθοριστούν ανώτερα και κατώτερα όρια μεταξύ αυτών, πάρηκαν υπόψη τα ακόλουθα:

Η f₁, η πιο παλιά και λιγότερο προσδιορισμένη συμπίεστική φάση (μέσος όρος σ_1 : N82° E) είναι δίχως αμφισβησία μεταγενέστερη του Βουρδινάλιου, αφού επηρεάζει και τους σχηματισμούς "Τρίκαλα" και "Φανάρι" (βλέπε σχήμα 1) Βουρδινάλιας ηλικίας (σχ. 6). Ενώ αντίθετα αυτή η φάση δεν απαντάται στα πλειοκαινικά ή στα νεότερα ιζήματα. Άρα πρόκειται για μια Μέσο-Ύστερο (Άνω) Μειοκαινική τεκτοφάση που θα μπορούσε να συσχετιστεί με την αντίστοιχη παροξυσμική φάση των εξωτερικών Ελληνίδων (κύρια Ιόνια και Πρεσπούλια ζώνη) που άρχισε στο Λάνιο (Αυβούνη 1959).

Ίσως αυτός είναι ο λόγος που διακόπηκε και η ιζηματογένεση στη Μεσοελληνική Αύλακα. Πρέπει επίσης να προστεθεί ότι αυτή η φάση θα μπορούσε ίσως να διακριθεί σε ξεχωριστές υποφάσεις που έδρασαν πιθανά και κατά τη διάρκεια της Ολιγο-Μειοκαινικής ιζηματογένεσης, όπως δείχνουν οι διάφορες υπάρχουσες ασυμφωνίες της ίδιας της ιζηματογενήσας ακολουθίας (IGME φύλλα Τρίκαλα 1969, Καλαμπάκα 1972, Αγιάφωλο 1979, Caruto 1990).

Πρόσφατα οι Ori & Roveri (1987) βρήκαν μέσα στον κατώτερο σχηματισμό των Μετεώρων μερικές γωνιώδεις ασυμφωνίες και προτείνουν μια συνεχιζόμενη ανύψωση του ανατολικού περιθώριου της λεκάνης των Τρικάλων. Η ανύψωση αυτή συνδέεται με μικρά αλλά διακριτά τεκτονικά γεγονότα. Στην ύπαιθρο όμως, δεν ήταν δυνατό να βρεθούν μέσο- και μικρο- δομές που να τεκμηριώνουν την παραπάνω υπόθεση. Είναι πιθανό η δυσκολία αυτή να οφείλεται στην εξ αντικειμένου ομοιομορφικότητα των διαφόρων ελλειψοειδών των τάσεων των υποφάσεων, που δεν επιτρέπουν τη διάκριση και το διαχωρισμό τους. Μια συμπίεστική φάση που έδρασε σε ολόκληρη την έκταση των Εξωτερικών Ελληνίδων είναι γνωστή από τη βιβλιογραφία και καλά τεκμηριωμένη (π.χ. I.G.R.S. - I.F.P. 1966).

Η δεύτερη τεκτοφάση (f_2), που χαρακτηρίζεται από έναν εφελκυσμό ΒΑ-ΝΑ διεύθυνσης (μέσος όρος σ_3 : $N51^\circ E$) είναι αναμφίβολα απούσα από τις τεταρτογενείς αποθέσεις (άνω όριο). ενώ αντίθετα είναι καλά αποτυπωμένη στα ποταμολιμναία ιζήματα πλειοκαινικής ηλικίας. Το κατώτερο όριο της f_2 αντιστοιχεί στο ανώτερο όριο της f_1 , αφού τεκτονικές δομές που καθορίζουν τις δύο αυτές φάσεις αλληλοεπικαλύπτονται στις ίδιες περιοχές, τουλάχιστον στην Δυτική Θεσσαλία. Η έλλειψη δυστυχώς χρονολογημένων ιζημάτων ως Μέσο-Ύστερο Μειοκαινικών, δεν επιτρέπει μια πιο ακριβή χρονολόγηση αυτής της φάσης. Παρόμοιας διεύθυνσης εφελκυσμός προσδιορίστηκε σε γειτονικές περιοχές (Pegoraro 1972, Lemeille 1977, Pavlides & Mountrakis 1987, Pavlides & Kiliadis 1987) και αναφέρεται ότι έδρασε σε όλο το χώρο του Αιγαίου (Mercier 1981, Παυλίδης 1985, Mercier et al., 1987).

Όσον αφορά την f_3 (μέσος όρος σ_3 : $N9^\circ E$) πρέπει εκ των προτέρων να αναφερθεί ότι δεν έχει ανώτερο όριο εφόσον μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι και η φάση της ενεργού τεκτονικής. Οι μηχανισμοί γένεσης του σεισμού της Νέας Αγχιάλου (Ιωάννης 1980, $M_s = 6.5$) δείχνουν μια ξεκάθαρη διεύθυνση εφελκυσμού με διεύθυνση ελάχιστης συμπίεσης (άξονας T) Β-Ν (Parazachos et al., 1983). Τέλος, ο διαχωρισμός ανάλογων δύο νεοτεκτονικών εφελκυστικών φάσεων παρατηρήθηκε και σε άλλες περιοχές του ελληνικού χώρου (Mercier 1981, Παυλίδης 1985, Mercier et al. 1989) και οι ορισμένες περιπτώσεις έγινε ακριβής συσχέτιση της νέας εφελκυστικής φάσης με σεισμολογικά δεδομένα (π.χ. Mercier et al., 1983, Pavlides et al., 1990). Είναι γνωστή σαν φάση του Τεταρτογενούς (μέσο-ύστερο τουλάχιστον), ενώ δικές μας ενδείξεις από τη Θεσσαλική πεδιάδα (π.χ. μεταφασιστικά ρήγματα του ηφαιστίτη Μικροθηρών, συνιζηματογενή ρήγματα των Κεντρικών Λόφων και των αντίστοιχων των Πλειστοκαινικών

κων ιζημάτων της Λάρισας κ.ά.) ενισχύουν την άποψη ότι η φάση αυτή (f_3) εκδηλώνεται τουλάχιστον από το Ύστερο Πλειστόκαινο.

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Η κύρια διαμόρφωση της περιοχής με δομές που διευθύνονταν ΒΔ-ΝΑ πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της αλπιδικής ορογένεσης.

Οι εσωτερικές Ελληνίδες και κύρια η Πελαγονική και Υποπελαγονική, όπου εκτείνεται και η Θεσσαλία, υπέστησαν μια μεγάλης κλίμακας συμπίεστική τεκτονική παραμόρφωση κατά τη διάρκεια του Μαιστρίχιου-Πρώιμου Ηώκαινου (π.χ. Vergely 1984). Ακολούθησε η εφίπευση της Πελαγονικής στο φλύσχη της Πίνδου (Ύστερο-Ηώκαινο) (Mercier & Vergely 1972) και η ανάπτυξη της Μεσοελληνικής Αύλακας με τη θαλάσσια μολσαική φάση ιζηματογένεσης (Ύστερο Ηώκαινο - Πρώιμο Ολιγόκαινο), καθώς επίσης και την αντίστοιχη ηπειρωτική (μέχρι το Πρώιμο Μειόκαινο) (Brunn 1956, Mercier et al., 1989).

Αυτές οι αλπιδικές δομές απετέλεσαν το υπόβαθρο πάνω στο οποίο έδρασαν οι επακόλουθες φάσεις ρηξιγενούς τεκτονικής του Νεογενούς-Τεταρτογενούς, κάτω από τα διαφορετικά πεδία τεκτονικών φάσεων. Οι διευθυνόμενες ΒΔ-ΝΑ δομές επαναδραστηριοποιήθηκαν σαν ανάστροφα ρήγματα ή αριστερόστροφα οριζόντιας μετατόπισης κατά τη διάρκεια της f_1 συμπίεστικής φάσης (Μέσο - πιθανά Ύστερο Μειόκαινο), όπως προκύπτει από το πλήθος των μέσο- και μικρο-παρατηρήσεων (γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης) στα παραπάνω ρήγματα. Αυτό το φαινόμενο είναι σαφώς αποτυπωμένο και καλύτερα μελετημένο κύρια στο δυτικό περιθώριο της Θεσσαλίας (Λεκάνη Τρικάλων-Καρδίτσας).

Η πρώτη κύρια νεοτεκτονική εφελκυστική φάση (f_2) πιθανά επαναδραστηριοποίησε με "inversion tectonics" τις ίδιες δομές, κατά τη διάρκεια του Ύστερο-Μειόκαινου (?) - Πλειόκαινου. Αυτή η φάση διεύρυνε την ήδη υπάρχουσα Μεσοελληνική αύλακα στη δυτική Θεσσαλία, ενώ έδρασε παράλληλα στην κεντρική και ανατολική Θεσσαλία (κέρας των Κεντρικών Λόφων και την ανατολική λεκάνη) όπου η ιζηματογένεση είναι νεότερη (άρχισε στο Πλειόκαινο).

Η δεύτερη νεοτεκτονική εφελκυστική φάση (f_3) γενικά επηρεάζει την περιοχή ανεξάρτητα από τις προϋπάρχουσες δομές που τις "κόβει" συστηματικά με διεύθυνση δομών Α-Δ, όπως το ρήγμα Νέας Αγχιάλου (σεισμικά ενεργό ρήγμα) του Χαλκοδόμιου όρους (στα νότια)· το ρήγμα Τυρνάβου (στα βόρεια), με πολύ πρόσφατη, πιθανώς ιστορική, επαναδραστηριοποίηση· η γεωμορφολογική δομή πρόσφατων αποθέσεων σε Α-Δ διεύθυνση στο βόρειο τμήμα της Δυτικής Θεσσαλίας (μορφοτεκτονική δομή)· η προς τα ανατολικά κατεύθυνση του Πηνειού ποταμού που οφείλεται σε τεκτονικά αίτια (π.χ. Φιλοβίκος et al. 1989) κ.ά.. Η τεκτοφάση αυτή θεωρείται ότι είναι η ενεργός για την περιοχή.

Η εργασία αυτή ξεκίνησε μέσα στα πλαίσια του κοινοτικού προγράμματος ERASMUS και της συνεργασίας του Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze και του τμήμα Γεωλογίας-Φυσ.Γεωγραφίας του Α.Π.Θ. με συντονιστή τον καθηγητή Μ. Boccaletti. Ο πρώτος συγγραφέας υποστηρίχθηκε από το πρόγραμμα με δύο ζυμνες υποτροφίες. Τους καθηγητές Μ. Boccaletti και Δ. Μουντράκη τους ευχαριστούμε για την καθοδήγηση και συμπαράσταση τους σ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μας. Επίσης πρέπει ν' αναφέρουμε το κοινοτικό Πρόγραμμα STIMULATION ACTION (SCI*0056) μέσα από το οποίο μας δίνεται η ευκαιρία να συνεχίσουμε την έρευνά μας. Τέλος, πρέπει επίσης να ευχαριστήσουμε τους δύο ανώνυμους κριτές της Επιστημονικής Επιτροπής του 5ου Συνεδρίου της Ε.Γ.Ε..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AUBOUIN, J. (1959). (a) Contribution a l'étude géologique de la Grèce septentrionale: les confins de l'Épire et de la Thessalie. (b) Place des Hellenides parmi les edifices structuraux de la Méditerranée orientale.- *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 10: V I, 1-483, V II, 485-525.
- BOUSQUET, B. (1976). La Grèce occidentale. Interpretation geomorphologique de l'Épire, de l'Acarnanie et des îles Ioniennes.- *These d'état*, 585 p. Paris II.
- BRUNN, J.H. (1956). Etude géologique du Pinde septentrional et de la Macedoine occidentale.- *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 7, 1-358.
- CAPUTO, R. (1990). Geological and structural study of Thessaly basins and Neogene-Quaternary tectonic evolution.- *Ph. D. Thesis* (under publ.).
- CAPUTO, M. & CAPUTO, R. (1988a). Structural analysis: new analytical approach and applications.- *Ann. Tectonicae*, II, 2, 84-89.
- CAPUTO, M. & CAPUTO, R. (1988b). Estimate of the regional stress field using joint systems.- *Bull. Geol. Soc. Greece*, XXIII, 1, 101-118.
- CAREY, E. (1976). Analyse numerique d'un modele mecanique elementaire applique a l'étude d'une population de failles: calcul d'un tensor moyen des contraintes a partir des stries de glissement.- *These 3eme cycle*, Paris-Sud. (unpubl.).
- DOUSOS, Th. (1980). Postalpine Geodynamik Thessaliens (Griechenland).- *Z. dt. geol. Ges.*, 131, 685-698.
- DOUSOS, Th. (1984). Structural analysis of Central Hellenic Nappes.- *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 166: 1-22.
- DUFAURE, J.J., BOUSQUET, B. & PECHOUX, P.-Y. (1979). Contributions de la geomorphologie a la connaissance du Quaternaire continental grec, en relation avec les etudes de neotectonique.- *Rev. Geol. dyn. Geogr. Phys.*, 21, 1, 29-40.
- GALANOPOULOS, A.G. (1950). Die beiden schadenbringenden Beben von Larissa aus den Jahren 1892 und 1941.- *Geol. Beitr. Geoph.*, 62, 1, 27-38.
- IGME. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος. 1:50.000. Φύλλα: Τρίκαλα (1969), Καλαμπάκα (1972), Αγιόφυλλο (1979), Λάρισσα (1985).
- I.G.R.S. - I.F.P. (1966). Etude géologique de l'Épire, Grèce nord occidentale.- *Technip edit.* 306 pp.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G. & VIDAKIS, M. (1982). La structure Géologique de la région de la Thessalie orientale (Grèce).- *Ann. Soc. Geol. Nord*, CI, 177-189.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G., TRIANTAPHYLLIS, M. & METTOS, A. (1986). Geological structure of internal Hellenides (E. Thessaly - SW Macedonia, Euboea-Attica-N. Cyclades islands and Lesbos).- *Geol. & Geoph. Res. IGME Special Issue*, 191-212.
- KILIAS, A. & MOUNTRAKIS, D. (1986). Zum tektonischen Bau der Zentral-Pelagonischen Zone (Kamvounia-Gebirge, N. Griechenland).- *Z. dt. geol. Ges.* 138, 211-237.
- LEMEILLE, F. (1977). Etudes neotectoniques en Grèce Centrale nord-orientale (Euboe Centrale, Attique, Beotie, Locride) et dans les Sporades du nord (île de Skiros).- *These 3eme cycle*, Paris-Sub (Orsay), 183 p.
- 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*, A300, 337-355.
- MERCIER, J.-L. & VERGELY, P. (1972). Les melanges ophiolitiques de Macedoine (Grèce): decrochements d'age ante-Cretace superieur.- *Z. Deutsch. Geol. Ges.* 123, 469-489.
- MERCIER, J.-L., CAREY-GAILHARDIS, E., MOUYIARIS, K., SIMEAKIS, K., ROUNDYOIANNIS, T. & ANGHELIDIS, C. (1983). Structural analysis of recent and active faults and regional state of stresses in the epicentral area of the 1978 Thessaloniki earthquakes (N. Greece). *Tectonics*, 2, 6, 577-600.
- MERCIER, J.-L., SOREL, D., SIMEAKIS, K. (1987). Changes in the state of stress in the overriding plate of a subduction zone: the Aegean Arc from the Pliocene to the present.- *Ann. Tectonicae*, I, 1, 20-39.
- MERCIER, J.-L., SIMEAKIS, K., SOREL, D. & VERGELY, P. (1989). Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic.- *Basin Research*, 2, 49-71.
- ORI, G.G. & ROVERI, M. (1987). Geometries of Gilbert-type deltas and large channels in the Meteora conglomerate, Meso-Hellenic basin (Oligo-Miocene), Central Greece.- *Sedimentology*, 34, 845-859.
- PAPASTAMATIOU, D. & MOUYIARIS, N. (1986). The earthquake of April 30, 1954, in Sophades (Central Greece).- *Geophys. J.R. astr. Soc.* 87, 885-895.
- PAPAZACHOS, B.C. (1976). Seismotectonics of the Northern Aegean area.- *Tectonophysics*, 33, 199-209.
- PAPAZACHOS, B.C., PANAGIOTOPOULOS, D.G., TSAPANOS, T.M., MOUNTRAKIS, D.M. & DIMOPOULOS, G.C. (1983). A study of the 1980 summer seismic sequence in the Magnesia region of Central Greece.- *Geophys. J.R. astr. Soc.* 75, 155-168.
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Σ.Β. (1985). Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας, Βενερίτιδας, Πτολεμαΐδας.- Διδ. Διατριβή, Παν. Θεσσαλονίκης, 265 σ.
- PAVLIDES, S. & MOUNTRAKIS, D. (1987). Extensional tectonics of northwest Macedonia, Greece, since the late Miocene.- *J. Struct. Geol.*, 9, 4, 385-392.
- PAVLIDES, S. & KILIAS, A. (1987). Neotectonic and active faults along the Serbo-macedonian zone (SE Chalkidiki, N. Greece).- *Ann. Tectonicae*, I, 2, 97-104.
- PAVLIDES, S., MOUNTRAKIS, D., KILIAS, A. & TRANOS, M. (1990). The role of strike-slip movements in the extensional area of Northern Aegean (Greece). A case of transtensional tectonics.- *Ann. Tectonicae*, (under publication).
- PEGORARO, O. (1972). Application de la microtectonique a une etude de neotectonique. Le Golfe Maliaque (Grèce Central).- *These Doct. 3eme cycle*. Univ. Montpellier.
- PSILOVIKOS, A., KOUFOS, G. & SYRIDES, G. (1987). The problem of red-beds in Northern Greece.- *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, LXX, 509-516.
- PSILOVIKOS, A., MOUNTRAKIS, D. & PAVLIDES, S. (1989). Morphological and structural correlations in the area of "Pelagonian block". *Bull. Geol. Soc. Greece. Vol. XXVIII/1*, 271-278.
- SCHNEIDER, H. (1968). Zur quatergeologischen Entwicklungsgeschichte Thessalien (Griechenland).- *These Doct. Sci. Sarrebruck Beitr.* 6, Heidelberg, 127 pp.
- SYMEONIDIS, N. & TATARIS, A. (1982). The first results of the geological and paleontological study of Sesklio basin and its broader environment (Eastern Thessaly-Greece).- *Ann. Geol. Pays Hellen.*, XXXI, 146-190.
- VERGELY, P. (1977). Ophiolites et phases tectoniques superposees dans les Hellenides. *VI Coll. Geol. Aegean reg.*, Athens, 1293-1301.
- VERGELY, P. (1984). Tectonique des ophiolites dans les Hellenides internes. Consequences sur l'évolution des regions Thethysiennes occidentales.- *These Docteur D; Etat*, Univ. Paris-sud, VI 250 p. VII 411 p.
- VOIDOMATIS, P., PAVLIDES, S. & KONDOPOULOU, D. (1987). Late Cenozoic Geodynamics of Northern Greece.- *Acta-Naturalia L; Ateneo parmense*, 23, 4, 163-178.