

ΠΡΟΣΦΑΤΗ ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ- ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΥ-ΜΑΛΙΑΚΟΥ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ ΚΑΙ ΠΗΛΙΟΥ*

Δ. ΓΑΛΑΝΑΚΗΣ¹, Σ. ΠΑΥΛΙΔΗΣ², Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Νεοτεκτονική και η στρωματογραφική μελέτη των νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών συμβάλλουν στην κατανόηση του πρόσφατου γεωδυναμικού καθεστώτος που ελέγχει το βύθισμα του Αλμυρού-Παγασητικού, τη χερσόνησο του Πηλίου και τις περιοχές της Πελασγίας και της βόρειας Εύβοιας. Η τεκτονική ανάλυση που αφορά την παραμόρφωση από το Κάτω Πλειόκαινο μέχρι σήμερα, έδειξε ότι δύο συστήματα κανονικών ρηγμάτων έχουν επιδράσει στην περιοχή έρευνας. Οι κύριες διευθύνσεις των ρηγμάτων αυτών είναι ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΑΒΑ-ΔΝΔ έως Α-Δ. Τα συστήματα αυτά των ρηγμάτων είναι αποτέλεσμα εφελκυστικού πεδίου που έχει αλλάξει από το Κάτω Πλειόκαινο μέχρι σήμερα.

Στη διάρκεια του Πλειοκαίνου επικρατούσε εφελκυστικό πεδίο τάσεων με διεύθυνση εφελκυσμού (σ_3) ΒΑ-ΝΔ. Ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ που έχουν κληρονομηθεί από παλαιές αλπικές παραμορφώσεις, δραστηριοποιούνται σαν ρήγματα κανονικής μετάπτωσης. Η μεταβολή του πεδίου των τάσεων που έλαβε χώρα στο Κατώτερο-Μέσο Πλειστόκαινο και συνεχίζει μέχρι σήμερα με διεύθυνση εφελκυσμού (σ_3) ΒΒΔ-ΝΝΑ έως Β-Ν. Δημιουργήθηκαν κανονικά ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ, ενώ επαναδραστηριοποιήθηκαν άλλα με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ σαν πλαγιοκανονικά με σημαντική αριστερόστροφη συνιστώσα. Το γεωδυναμικό αυτό καθεστώς συνέβαλε στην πρόσφατη μορφολογική-μορφοτεκτονική εξέλιξη και διαμόρφωση της μελετηθείσας περιοχής.

ABSTRACT

The neotectonic and the stratigraphic study of the Neogene and Quaternary formations contribute to better understanding the recent geodynamic regime of Almyros-Pagasitikos basin, Pilion peninsula, Pelasghia and north Euboea area. Structural analysis concerning the deformation during Early Pliocene to present, indicate that two main normal fault systems have affected the study area. Their directions are NW-SE to NNW-SSE and ENE-WSW to E-W. These fault systems caused by an extensional field stress with direction of σ_3 (tension area) changed from Early Pliocene to present. During Early Pliocene the region is dominated a stress field with NE-SW direction of extension (σ_3). Faults oriented NW-SE to NNW-SSE inherited from older alpine deformation reactivated as dip-slip faults. The stress field seems to be changed during early-middle Pleistocene with an extension (σ_3) trending N-S to NNW-SSE. Normal faults oriented E-W are created (as dip-slip), or reactivated old faults NNW-SSE direction with sinistral component (oblique-slip faults).

This geodynamic regime has defined the recent morphological and morphotectonic evolution of the studied area.

KEY WORDS: Neotectonic faults, geodynamic, stress pattern.

* RECENT BRITTLE TECTONIC IN ALMYROS-PAGASITIKOS, MALIAKOS, N.EUBOEA & PILIO

¹ Institute of Geology and Mineral Exploration, 70 Messoghion Str., Athens, 11527 Greece

² Aristotle University Φηρακή Βιβλιοθήκη, Θεόφραστος 7, Τμήμα Γεωλογίας, Ι.Α.Π.Θ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να τεθεί ένας προβληματισμός πάνω στη πρόσφατη γεωτεκτονική συμπεριφορά και την νεοτεκτονική εξέλιξη του βυθίσματος Αλμυρού-Παγασητικού, του διαύλου των Ωρεών, των ορεινών όγκων του Πηλίου και της Όρθρου. Οι παραπάνω περιοχές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο από νεοτεκτονική άποψη όσο και από την άποψη ενεργούς τεκτονικής-σεισμοτεκτονικής.

Στη μελετηθείσα περιοχή οι προνεογενείς σχηματισμοί εξαπλώνονται σ' όλη την περιοχή του Πηλίου και της Όρθρου, όπου απαντώνται οφιόλιθοι, σχιστόλιθοι, σχιστογενέσιοι, μάγμαρα, αβεστόλιθοι και φλύσχης της Πελαγονικής ζώνης καθώς και ασβεστόλιθοι, δολομίτες, φυλλίτες, σχιστόλιθοι, κερατόλιθοι και φλύσχης της Υποπελαγονικής ζώνης.

Η γεωλογία του πτυχωμένου υποβάθρου της περιοχής μελέτης έγινε γνωστή από πολλούς ερευνητές κατά το παρελθόν όπως, Wallbrecher (1976), Ferriere (1984), Katsikatsos et al (1982, 1986) καθώς και από τους αντίστοιχους γεωλογικούς χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. σε κλίμακα 1: 50.000, τ.φ. Βελεστίνο από Κατοικάτσο κ.ά. (1983), τ.φ. "Ιστιαία" από Κατοικάτσο κ.ά. (1984), τ.φ. "Βόλος" από Κατοικάτσο κ.ά. (1986), τ.φ. "Ζαγορά-Συκή" από Κατοικάτσο κ.ά. (1987). Όλες όμως οι παραπάνω εργασίες αναφέρονται κυρίως στη στρωματογραφία και περιγραφή των πετρωμάτων, που συγκροτούν το προνεογενές υπόβαθρο καθώς και στις αλκιές τεκτονικές φάσεις.

Επίσης έχουν δημοσιευτεί εργασίες που αναφέρονται στη σεισμική δράση της περιοχής. Ιδιαίτερα μετά το σεισμό του 1980 έγιναν αρκετές εργασίες που αναφέρονται στην ενεργό τεκτονική και το σεισμοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής, όπως των Papazachos et al. (1983), Makropoulos & Burton (1984) Papazachos & Papazachos (1989), Pavlides (1993), Mountrakis et al (1993) και Kementzetzidou (1996).

Ο Doutsos (1980) βασιζόμενος στην ανάλυση αεροφωτογραφιών, σε ιζηματολογικά και τεκτονικά δεδομένα αναφέρει δύο κάθετα συστήματα ρηγμάτων (BBA-NNA, ΔBA-ANA) και (BA-NA, BA-ND) που έχουν δράσει κατά το Πλειο-Πλειστόκαινο στην ανατολική Θεσσαλία. Ο Genre (1987) μελέτησε τους τριτογενείς σχηματισμούς της περιοχής του διαύλου μεταξύ Βόλου-Βελεστίνου και αναφέρεται στο τεκτονικό παράθυρο του Πηλίου (Haut Pelion) που θεωρεί σαν μία εντυπωσιακή εκδήλωση τη Πλειο-Τεταρτογενούς τεκτονικής. Οι Koutsouveli & Galanakis (1990), αναφέρονται στη τεκτονική και στρωματογραφία των νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων της περιοχής της νότιας Θεσσαλίας. Η εργασία του Caputo (1990), καθώς και Caputo & Pavlides (1993) εξετάζουν την ενεργό ρηξιγενή παραμόρφωση της Θεσσαλικής λεκάνης και αναφέρονται στη ρηξιγενή ζώνη της Νέας Αγχιάλου. Τέλος οι Mountrakis et al. (1993), και ο Caputo (1996), αναφέρονται στη στενή περιοχή της ζώνης του ρήγματος της Νέας Αγχιάλου και προσδιορίζουν τα γεωμετρικά και κινηματικά στοιχεία του ρήγματος ενώ μελετούν την ανάπτυξη μορφοτεκτονικών δομών κατά μήκος αυτού.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, της μελέτης των αεροφωτογραφιών, των τεκτονικών μετρήσεων υπαίθρου και της ποσοτικής τεκτονικής ανάλυσης. Επίσης δίνονται η στρωματογραφία των νεογενών-τεταρτογενών ιζημάτων, του βυθίσματος Αλμυρού-Παγασητικού, του διαύλου των Ωρεών και των ορεινών όγκων του Πηλίου και της Όρθρου. Στο χάρτη της εικόνας 1 έχουν αποτυπωθεί ρήγματα με προσδιορισμένα τα γεωμετρικά και κινηματικά χαρακτηριστικά καθώς και ρηξιγενείς γραμμές από τη μελέτη αεροφωτογραφιών, ενώ οι υπαίθριες μετρήσεις αφορούν τις παρατάξεις και κλίση των ρηγμάτων και τις γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης.

2. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΝΕΟΓΕΝΩΝ-ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Τα νεογενή ιζήματα που πληρούν τη λεκάνη του Αλμυρού, και καλύπτουν τοπικά τις νοτιοανατολικές ακτές του Πηλίου, συνίστανται κυρίως από μάργες, αργίλους, κροκαλοπαγή, και λατυποπαγή λιμναίας και ποταμολιμναίας φάσης. Η απόθεση των ιζημάτων αυτών έγινε λιθανόν κατά τη διάρκεια του Πλειοκαινού δεδομένου ότι τα ιζήματα αυτά καλύπτονται από τα ηφαιστειακά πετρώματα της περιοχής των Μιζορθίων των οποίων η ηλικία τοποθετείται στο Κάτω Πλειστόκαινο (Fytikas et al. 1984).



Εικ. 1: Τεκτονικός χάρτης της μελετηθείσας περιοχής και ροσδιάγραμμα συχνότητας των ρηγμάτων. Στοιχεία που προκύπτουν από την ανάλυση αεροφωτογραφιών, μορφοτεκτονικών δεδομένων & τις υπαιθριες εργασίες. 1.Ολοκαινικές αποθέσεις. 2.Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο, κυρίως από λίμναιά και ποταμοχειμάρεα ιζήματα 3.Προνεογενές υπόβαθρο 4.Ρήγματα κανονικά (οδόντωση προς το κατεχόμενο τμήμα). 5.Ρήγματα πλαγιοκανονικά (όπου φαίνεται το είδος της συνιστώσας της οριζόντιας μετατόπισης), 6.Ρήγματα απροσδιόριστου είδους κίνησης.

Fig. 1: Tectonic map of the studied area and rosendiagram of faults. Elements come out from aerophotographic, morfotectonic and fieldwork data. 1.Holocene deposits, 2.Pliocene-Pleistocene lacustrine and fluvial sediments mainly 3.Pre-Neogene basement 4.Oblique-slip faults, 5.Faults unknown sense of movements.

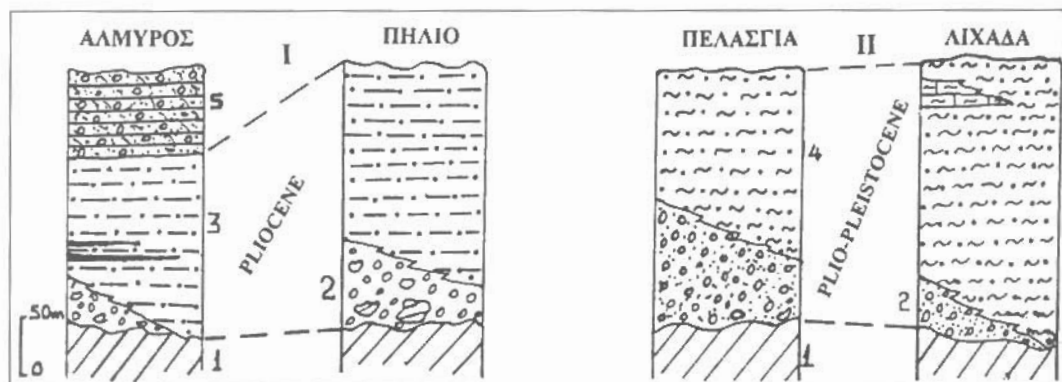
Στην περιοχή της Πελασγίας και της χερσονήσου της Λιχάδας τα λιμναία έως υφάλμυρα ιζήματα αποτελούνται από κροκαλοπαγή βάσης και μάργες με λιγνίτες πλειο-πλειστοκαινικής ηλικίας.

Τα υφάλμυρα ιζήματα έχουν προσδιοριστεί από τους Phillip (1974) και Ioakim & Rondoyianni (1988) με *Adelina elegans*, τα απολιθώματα αυτά χαρακτηρίζουν υφάλμυρη φάση ιζηματογένεσης κατά το Κατώτερο Πλειστόκαινο.

Οι τεταρτογενείς σχηματισμοί συνίστανται κυρίως από κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα, αναβαθμίδες χειμάρρων και αλλουβιακές αποθέσεις.

Με βάση τις παρατηρήσεις υπαίθρου και τα βιβλιογραφικά δεδομένα έγινε ο λιθοστρωματογραφικός συσχετισμός των νεογενών-τεταρτογενών σχηματισμών της λεκάνης του Αλμυρού με τα Νεογενή ιζήματα της περιοχής του Πηλίου, καθώς και της λεκάνης της Πελασγίας με αυτή της Λιχάδας (εικ. 2).

Ο προσδιορισμός της στρωματογραφίας των νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων, τα βιβλιογραφικά δεδομένα και οι τεκτονικές μετρήσεις υπαίθρου στις ζώνες ρηγμάτων που επηρεάζουν τα περαπάνω ιζήματα (συναποθετικά ρήγματα), βοήθησαν στην εξαγωγή τεκτονοστρωματογραφικών συμπερασμάτων και στο προσδιορισμό των πρόσφατων τεκτονικών "φάσεων" ώστε να κατανοηθεί η νεοτεκτονική συμπεριφορά και η γεωδυναμική εξέλιξη του συγκεκριμένου χώρου.



Εικ. 2: Λιθοστρωματογραφικές στήλες των νεογενών-τεταρτογενών σχηματισμών της λεκάνης του Αλμυρού και του Πηλίου (I), της Πελασγίας και Λιχάδας (II) και συσχέτιση αυτών. 1. Προνεογενές υπόβαθρο. 2. Κροκαλοπαγή βάσης, 3. Λιμναίες μάργες, 4. Λιμναίες μάργες και υφάλμυρα ιζήματα, 5. Τεταρτογενή κροκαλοπαγή.

Fig. 2: Lithostratigraphic columns of Neogene-Quaternary formations of Almyros basin - Pilio (I), and Pelagia - Lixada (II) and their correlation. 1. Pre-Neogene basement, 2. Conglomerates, 3. Lacustrine marls, 4. Lacustrine marls and brackish facies sediments, 5. Quaternary deposits.

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η περιοχή που μελετήθηκε παρουσιάζει πολύπλοκη τεκτονική εξέλιξη λόγω της δράσης πτυχωσιγενών και ρηξιγενών φάσεων παραμόρφωσης, τα αποτελέσματα των πτυχωσιγενών φάσεων παραμόρφωσης που εντάσσονται στον αλλικό τεκτονικό κύκλο διακρίνονται στο προνεογενές υπόβαθρο. Μετά τις τεκτονικές φάσεις των αλλικών πτυχώσεων (Ολιγόκαινο) και κυρίως από το Μέσο Τριτογενές, άρχισε η ρηξιγενής παραμόρφωση, η οποία εντοπίζεται τόσο στους νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμούς όσο και στο προνεογενές υπόβαθρο.

Προκειμένου να προσδιοριστεί η εξέλιξη της ρηξιγενούς παραμόρφωσης και οι κύριες διευθύνσεις του πεδίου των τάσεων αναζητήθηκαν τεκτονικές δομές όπως ρήγματα και διακλάσεις που επηρεάζουν κυρίως τα πλειοκαινικά και τεταρτογενή ιζήματα της περιοχής. Για την επεξεργασία και την αξιολόγηση των στοιχείων υπαίθρου, (κυρίως των γραμμώσεων ολίσθησης επί των επιφανειών των νεοτεκτονικών ρηγμάτων που αντιπροσωπεύουν το διάνυμα της τάσης), εφαρμόστηκαν πέντε διαφορετικές μέθοδοι

γωνιών (Pegoraro 1972, Angelier 1977), β) P/T αξόνων και γ. μέσου καλύτερου τανυστή τάσης (Carey, 1979, 1992), δ) Μέθοδος "ελαχίστων τετραγώνων υπό συνθήκες" Caputo & Caputo (1988α), και ε) Μέθοδος "Grid" Gephart, (1990). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα σε Η/Υ του Caputo (1990) και Carey, (1992) για την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων, παρουσιάζουν την καλύτερη σύγκλιση και παίρνονται σαν αντιπροσωπευτικές τιμές των τάσεων που έχουν επηρεάσει την περιοχή (Πίνακας Ι).

Η σχετική χρονολόγηση μεταξύ των τεκτονικών φάσεων, επιβεβαιώνεται σε θέσεις μετρήσεων όπου παρατηρούνται επικαλύψεις γραμμώσεων τεκτονικής ολισθήσης στις ίδιες επιφάνειες ρηγμάτων, δηλαδή, οι νεότερες γραμμώσεις επηρεάζουν τις παλαιότερες. Επίσης συνιζηματογενή ρήγματα εντός των Πλειοκαινικών και Πλειστοκαινικών ιζημάτων προσδιορίζουν σαφώς δύο κύριες εφελκυστικές φάσεις. Η πρώτη φάση με διεύθυνση εφελκυσμού ΒΑ-ΝΑ ($\sigma_3 \approx 55^\circ\Delta$) εκδηλώθηκε κατά την διάρκεια του Πλειοκαίνου (εικ. 3α), ενώ η δεύτερη με διεύθυνση εφελκυσμού ΒΒΔ-ΝΝΑ ($\sigma_3 \approx 15^\circ\Delta$) (εικ. 3β), εκδηλώνεται από το Κατώτερο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα και χαρακτηρίζει το σύγχρονο εφελκυστικό πεδίο της περιοχής όπως αυτό διαπιστώνεται και από τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών της Νέας Αγκιάλου που έγιναν τον Ιούλιο του 1980, (Papazachos, et al., 1983 και Kementzetzidou 1996).

Η εφελκυστική φάση παραμόρφωσης, του Πλειόκαινο που ελεγχόταν από εφελκυστικό πεδίο τάσεων που είχε διεύθυνση ΒΑ-ΝΑ ενεργοποιούσε ρήγματα κανονικής μετάπτωσης με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ.

	σ_1				σ_2				σ_3			
	Carey	C.S.M.M	P-T	GRID	Carey	C.S.M.M	P-T	GRID	Carey	C.S.M.M	P-T	GRID
$\Sigma 1$	328/60	342/59	346/66	274/82	60/1	249/2	253/1	27/2	151/30	158/31	162/24	117/6
$\Sigma 2$	282/76	309/79	326/84	161/70	81/13	86/8	90/3	293/13	172/5	178/7	181/5	26/13
	267/68	249/66	245/66	133/85	152/10	146/6	126/12	321/4	59/20	53/23	32/20	231/0
	158/74	118/81	114/81	233/70	302/13	299/9	306/9	113/9	34/9	28/0	215/2	20/16
$\Sigma 5$	122/81	96/81	80/71	197/76	271/7	232/7	242/18	349/12	2/4	322/6	334/5	81/6
	253/75	291/59	307/50	73/88	146/4	196/3	139/39	332/0	55/14	103/31	44/6	242/1
	245/55	278/55	270/66	235/52	130/17	115/33	113/23	124/14	31/30	20/8	19/8	24/33
$\Sigma 8$	136/81	185/75	174/75	153/80	248/3	82/4	81/1	255/1	338/8	351/15	351/14	345/8
	304/85	25/84	332/82	100/80	131/5	210/6	140/8	326/6	41/1	120/1	230/2	235/7
$\Sigma 10$	37/86	156/65	79/67	25/84	241/4	248/1	246/22	260/2	151/2	339/25	338/5	170/4

Πίνακας Ι. Αποτελέσματα της εφαρμογής των μεθόδων (Carey, C.S.M.M., P-T αξόνων και Grid) για τον προσδιορισμό των κυρίων αξόνων των τεκτονικών τάσεων στην περιοχή έρευνας, (διευθύνσεις-αξιομοθία και οι κλίσεις των αξόνων σ_1 , σ_2 , σ_3). Τα σκιασμένα αποτελέσματα αφορούν τεκτονικές κινήσεις που έλαβαν χώρα κατά το Πλειόκαινο, ενώ τα υπόλοιπα αφορούν τις πλέον πρόσφατες κινήσεις του Τεταρτογενούς.

Table I. Results from the methods (Carey, C.S.M.M., P-T axes and Grid) determining the main field stress axes of the studied area, (direction and dip σ_1 , σ_2 , σ_3). Shadow results concern tectonic movements during Pliocene, and the others concern recently Quaternary movements

Η παραπάνω διαδικασία είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία του βυθίσματος του Αλμυρού-Παγασητικού, και της λεκάνης που εκτεινόταν ανατολικά του Πηλίου. Στη συνέχεια στο τέλος του Πλειοκαίνου αρχή Πλειστοκαίνου το γεωδυναμικό καθεστώς αλλάζει και ελέγχεται από εφελκυστικό πεδίο που έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και δημιουργεί ρήγματα κανονικής μετάπτωσης που έχουν διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ έως Α-Δ, ενώ τα παλαιότερα κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ επαναδραστικοποιούνται ως πλαγιοκανονικά ρήγματα με σημαντική αριστερόστροφη συνιστώσα.

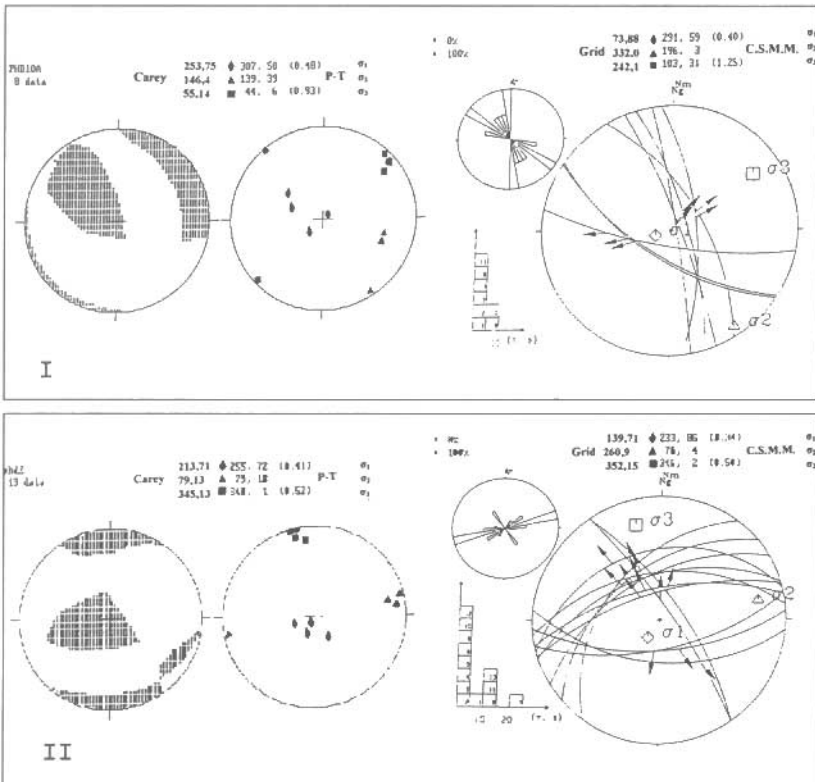
Τέτοια πλαγιοκανονικά ρήγματα με αριστερόστροφη συνιστώσα ελέγχουν τη χειρόνησο του Πηλίου (ιδιαίτερα τις ανατολικές ακτές), καθώς και την περιοχή της Λιχάδας, ενώ διασπασώνονται και λειτουργούν ταυτόχρονα με τα κανονικά που έχουν διεύθυνση Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ (εικ 4). Ρήγματα που προέρχονται από τη δράση του Τεταρτογενούς εφελκυσμού και έχουν διεύθυνση Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΑ μπορούν να χαρακτηριστούν ως τεκτονικές δομές

ενεργών ρηγμάτων.

Οι μορφοτεκτονικές δομές που έχουν αναπτυχθεί εντός της ζώνης του ρήγματος που ελέγχει τις νότιες ακτές του Πηλίου στην περιοχή του Πλατανιά της οποίας το ορατό πλάτος σε αυτή τη θέση φτάνει 1.5 χλμ. έδειξαν τα παρακάτω σημαντικά στοιχεία. Κατά μήκος αυτής της ζώνης παρατηρείται η δημιουργία έντονης αναστροφής του αναγλύφου κάθετα στην κλίση του μορφολογικού αναγλύφου και η δημιουργία μικρής ασύμμετρης τεκτονικής κοιλάδας (εικ. 5). Η πλειοψηφία των μικρών ρεμμάτων που αναπτύσσονται εντός της ζώνης με διεύθυνση Α-Δ προέρχονται από τις τοπικές αναστροφές του αναγλύφου με αποτέλεσμα τη δημιουργία μικρών ασύμμετρων κοιλάδων.

Ανάλογος διαχωρισμός των δύο νεοτεκτονικών εφελκυστικών φάσεων που περιγράφησαν προηγουμένως έχει παρατηρηθεί και σε γειτονικές περιοχές από διάφορους ερευνητές (Pegoraro, 1972, Mercier 1981, Mercier et al., 1989, Caputo, 1990, Caputo & Pavlides 1991, Γαλανάκης 1997). Σημαντικό επίσης στοιχείο είναι ο συσχετισμός της δεύτερης ή σύγχρονης εφελκυστικής φάσης με σεισμολογικά δεδομένα (Mercier, et al. 1983, Pavlides et al., 1990 και Kementzetzidou 1996).

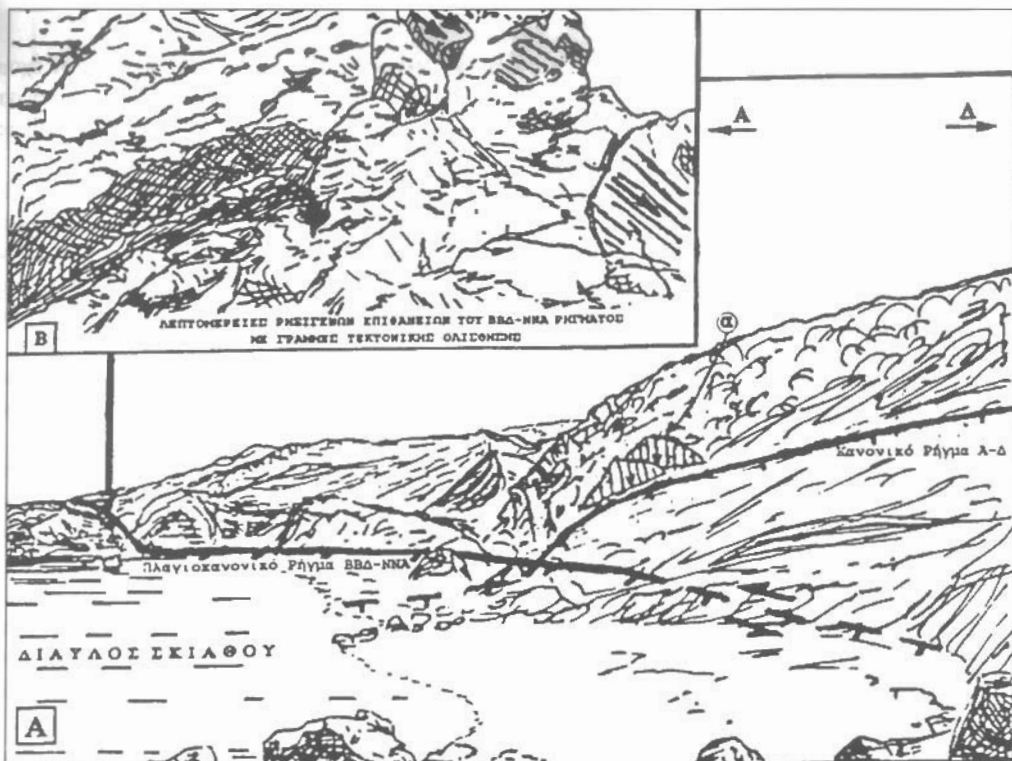
Η τελική λοιπόν διαμόρφωση των βυθισμάτων που περιγράφησαν προηγουμένως έγινε υπό τη δράση των πρόσφατων τεκτονικών κινήσεων και συνεχίζουν να παραμένουν τεκτονικά ενεργές περιοχές σ' όλη τη διάρκεια του Τεταρτογενούς μέχρι σήμερα. Αυτό γίνεται φανερό με την έντονη σεισμική δραστηριότητα που εκδηλώνεται συχνά στην περιοχή, σύμφωνα με τους καταλόγους σεισμών (Μουγιάρης 1994, Papazachos, B. & Papazachos, C. 1997).



Εικ. 3: Παράδειγμα τεκτονικής ανάλυσης. Αποτελέσματα των μεθόδων ορθών διεδρων γωνιών, του “μέσου καλύτερου τανυστή τάσης” (Carey, 1979), Ρ/Τ αξόνων, Grid, σ_1 : ρόμβοι, σ_2 : τρίγωνα, και σ_3 : τετράγωνα. Οι στερεογραφικές προβολές είναι σε δίκτυο Schmidt, νότιο ημισφαίριο. I. Κανονικά BBA-NNA ρήγματα με τις αντίστοιχες τεκτονικές γραμμώσεις τους που τέμνουν τα Πλειοκαινικά κροκαλοπαγή του Πηλίου (ανατολικά του χωριού Λύρη). II. Διασταύρωση του ρήγματος της Αγκιάλου ABA-ANA (Βορειοδυτικά

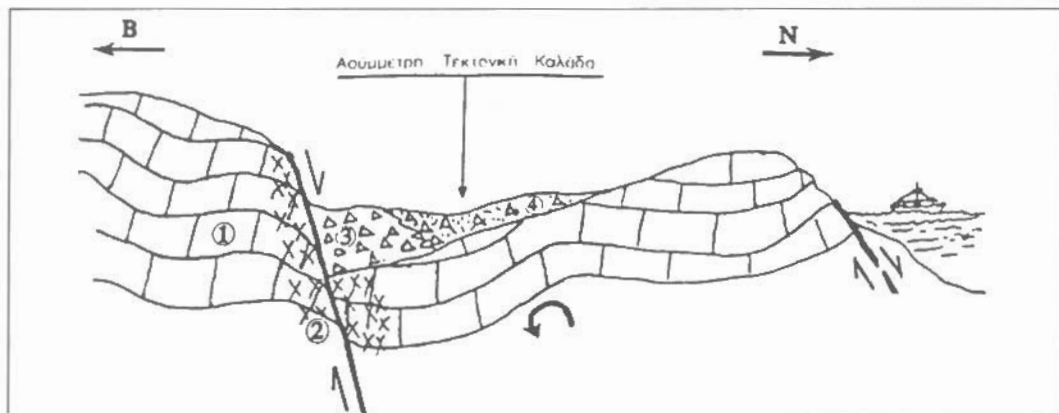
Αγκιάλου) με πλαγιοκανονικό ρήγμα BBA-NNA.

Fig. 3: Example of quantitative stress analysis. Results of the right-dihedrons method, of “mean best stress tensor” R/T axes and Grid methods. σ_1 : rhombs, σ_2 : triangles, σ_3 : squares. Stereonets Schmidt, lower hemisphere. I. Normal faults with striations cross the Pliocene conglomerates of Pilion (east of Liry). II. Aghialos fault ENE-WSW direction (north of Microthives) crossed by the Aghialos fault (north of Liry).



Εικ. 4: Ανατολική ακτή του Πηλίου (Περιοχή Λύρη). Πλαγιοκανονικό ρήγμα του σιτίσου (Α) με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και συνιστώσα αριστερόστροφης κίνησης, λεπτομέρεια σκίτσος (Β), διασταυρώνεται με το κανονική μετάπτωσης ρήγμα Α-Δ διεύθυνσης, όπου διακρίνονται και ισχυρές τεκτονικές αυλακώσεις (σημείο α).

Fig. 4: Pilio, east coast (Liry area). Normal fault in sketch (Α) NNW-SSE direction and sinistral oblique-slip movement, detail sketch (Β), crossed by normal dip-slip fault E-W direction and strong striations (point a).



Εικ. 5: Ασύμμετρο μικρή τεκτονική κοιλάδα η οποία έχει αναπτυχθεί εντός της οξείγωνος ζώνης που ελέγχει νοτιότερο άκρο της χερσονήσου του Πηλίου (Πλατανιάς). 1. Τριαδικό-ιουρασικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, 2. Ισχυρά τεκτονισμένο υπόβαθρο, 3. Πλευρικά κορήματα Βούρμιας (Wurm) ηλικίας και 4. Ολοκαινικά χειμαρρώδη υλικά.

Fig. 5: Small asymmetrical tectonic valley developed in a rift zone where control the southern edge of Pilio peninsula (Platanias). 1. Triassic-Jourasic crystalline limestone, 2. Intense fractured basement, 3. Talus cones (Wurm age) and 4. Holocene fluvial materials.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την φάση της αλπικής τεκτονικής η περιοχή έχει κληρονομήσει τεκτονικές δομές που έχουν διεύθυνση κυρίως ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ, οι οποίες αποτέλεσαν ζώνες αστάθειας και λειτούργησαν σαν υπόβαθρο πάνω στο οποίο έδρασαν οι ακόλουθες φάσεις ρηξιγενούς τεκτονικής του Νεογενούς-Τεταρτογενούς, κάτω από τα διαφορετικά πεδία τεκτονικών τάσεων.

Τα κύρια συστήματα κανονικών και πλαγιοκανονικών ρηγμάτων που επιδρούν τόσο επί του προνεογενούς υποβάθρου όσο και επί των νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών έχουν διεύθυνση κυρίως Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ, και ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ και ευθύνονται άμεσα για την σημερινή μορφοτεκτονική εικόνα της περιοχής (εικ. 6). Τα συστήματα των ρηγμάτων που προαναφέρθηκαν και είναι υπεύθυνα της δημιουργίας των βυθισμάτων του Αλμυρού-Παγασπητικού, Διαύλου Ωρεών και Σπαραχειού.

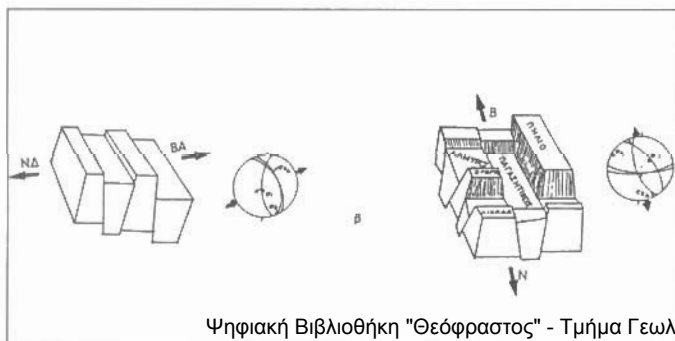
Η ανάλυση των τεκτονικών και μικροτεκτονικών μετρήσεων που έγιναν σε ρήγματα, τα οποία έχουν επηρεάσει τα ιζήματα του Νεογενούς-Τεταρτογενούς, προσδιόρισε την ύπαρξη δύο τεκτονικών εφελκυστικών φάσεων που έδρασαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

Η πρώτη κύρια νεοτεκτονική εφελκυστική φάση επαναδραστικοποίησε τις ήδη προϋπάρχουσες τεκτονικές δομές με αποτέλεσμα να λειτουργούν ρήγματα κανονικής μετάπτωσης και διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ υπό τον έλεγχο εφελκυστικού πεδίου, με διεύθυνση εφελκυσμού (θέση σ_3) περίπου ΒΑ-ΝΔ κατά το Πλειόκαινο.

Το δεύτερο νεοτεκτονικό εφελκυστικό πεδίο επηρεάζει γενικά την περιοχή ανεξάρτητα από τις προϋπάρχουσες δομές, τα ρήγματα που δημιουργούνται έχουν διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ έως Α-Δ, (όπως είναι το ρήγμα της Νέας Αγχιάλου, του Αλμυρού, του Τρικεριού και της Λιχάδας) τέμνουν δε σχεδόν κάθετα τα παλαιότερα ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ τα οποία επαναδραστικοποιούνται ως πλαγιοκανονικά ρήγματα με σημαντική αριστερόστροφη συνιστώσα (εικ.6 & 7).

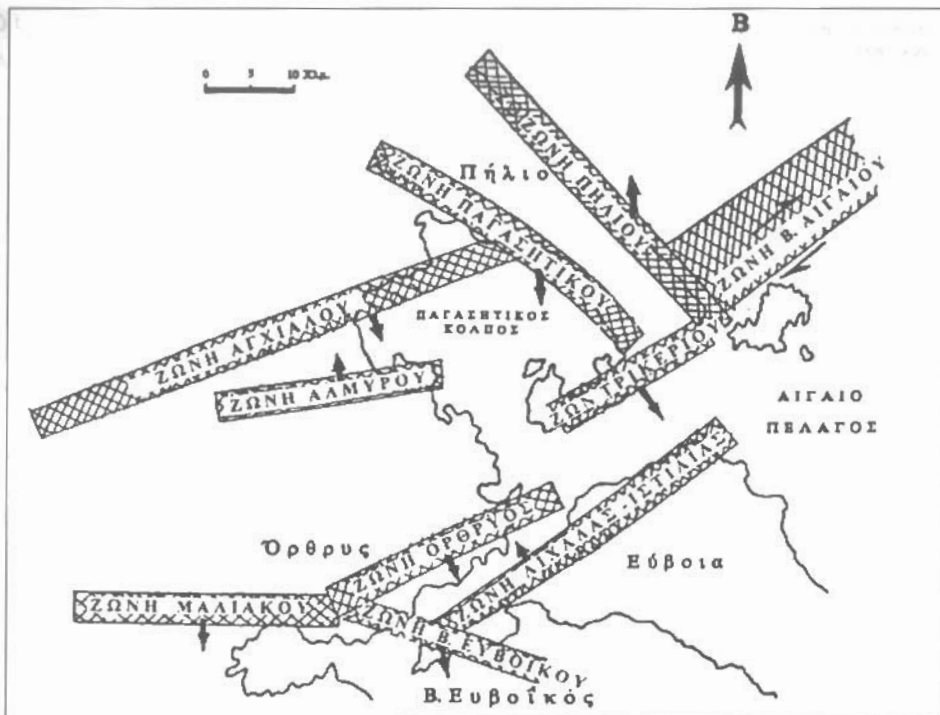
Οι κύριες λοιπόν νεοτεκτονικές ζώνες διάρρηξης που επιδρούν στην περιοχή μελέτης και οι αντίστοιχες ενδείξεις της σχετικής τους κίνησης παρουσιάζονται στο χάρτη της εικόνας 7. Η συνδυασμένη δράση στην αρχή του Τεταρτογενούς των δύο αυτών καθέτων μεταξύ τους ρηξιγενών συστημάτων υπό τον έλεγχο του συγκεκριμένου πεδίου τάσεων οδήγησε σε δύο σημαντικά γεγονότα: α) Τον κατακερματισμό της περιοχής γύρω από το Τρίκερι και την εισβολή της θάλασσας προς το βύθισμα του Παγασπητικού, ενώ ανάλογη είναι και η δημιουργία της μικρής λεκάνης της Σούρτης. β) Τον κατακερματισμό με ταυτόχρονη είσοδο της θάλασσας στην περιοχή του διαύλου των Ωρεών και την αρχή μιας υφάλμυρης φάσης ιζηματογένεσης στη νότια πλευρά της χερσονήσου της Λιχάδας κατά το κατώτερο Πλειστόκαινο.

Η πρόσφατη δράση των κανονικών ρηγμάτων αυτών των ζωνών έχει αποτυπωθεί εντός των νεογενών-τεταρτογενών αποθέσεων και έχει δώσει τυπικές μορφοτεκτονικές δομές ενεργού τεκτονικής, ενώ το πεδίο των τάσεων που χαρακτηρίζει τα ρήγματα αυτά ταυτίζεται με τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών του συγκεκριμένου χώρου. Το γεγονός αυτό πιστοποιεί ότι η τελευταία τεκτοφάση με διεύθυνση εφελκυσμού ΒΒΔ-ΝΝΑ είναι ενεργός για τη συγκεκριμένη περιοχή. Η λεκάνη λοιπόν του Αλμυρού-Παγασπητικού, η περιοχή του Πηλίου, της Όθρυς και της βόρειας Εύβοιας, είναι τεκτονικά ενεργές περιοχές από το Κατώτερο Πλειόκαινο μέχρι σήμερα.



Εικ. 6: Απεικόνιση των κυριότερων ρηξιγενών δομών που προήλθαν από τη δράση των δύο διαδοχικών εφελκυστικών φάσεων, και δημιουργήσαν-διαμόρφωσαν τη μελετηθείσα περιοχή. α. φάση Πλειοκαίνου, β. φάση Τεταρτογενούς.

Fig. 6: Block diagram showing structures caused by two successive extensional phases create-modify the



Εικ. 7: Οι κύριες νεοτεκτονικές-ενεργές ζώνες διάρρηξης της περιοχής μελέτης με τα βέλη που δείχνουν τη σχετική τους κίνηση των ρηξιτεμαχών.

Fig. 7: Main, neotectonic-active rift zones cross the studied area: arrows indicate the relative movement of blocks.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANGELIER, J. AND MECHLER, P. (1977): Sur une methode graphique des contraintes principales egalement utilisable en tectonique et en seismologie: la methode des diedres droits. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 7, XIX, 6, 1309-1318, Paris.
- CAPUTO, R., (1991). Geological and structural study of the recent and active brittle deformation of the Neogene-Quaternary basins of Thessaly (Central Greece). *Aristotle University of Thessaloniki*.
- CAPUTO, R., (1996): The active Nea Anchialos fault system (Central Greece): comparison of geological, morphotectonic, archaeological and seismological data. *Ann. Geof.* Vol. XXXIX, N.3.
- CAPUTO, M. & CAPUTO, R., (1988a): Structural analysis: new analytical approach and applications. *Ann.Tectonicae*, 2/2, 84-89.
- CAPUTO, R., & PAVLIDES, S. (1993). Late Cainozoic geodynamic of Thessaly and surroundings (central-northern Greece.). *Tectonophysics*, 223, p. 339-362.
- CAREY, E., (1979). Recherche de directions principales de contraintes associees au jeu d'une Population de failles. *Rev. Geol. Dyn. Geogr. Phys.*, 21 (1), 57-66.
- CAREY-GAILHARDIS, E. & VERGELY, P. (1992): Graphical analysis of fault kinematics and focal mechanisms of earthquakes in terms of stress; the right dihedral method, use and pitfalls. *Ann. Tectonicae* Vol. VI-N.-3-9.
- DOUTSOS, TH., (1979). Zur Plio-Pleistozanen tektonik ost-Thessaliens. *A.G.P.H., THS 1*: 333-343.
- FERRIERE, J., (1976). Etude preliminaire d'un secteur des massifs cristallins internes ("Zone pelagionienne") la region de Volos, Grece continentale orientale. *Bull., Soc. Geol. France* (7) XVIII, n°2, p.265-272, Paris.
- FERRIERE, J., (1984). Role des failles en distension et confinement dans l'evolution paleogeographique

et tectonique de Hellenides internes de Grece continentale centrale. *Ann. Soc. Geol. Nord CIII*, 285-295.

- FYTIKAS, M., INNOCENTI, F., MANETTI, P., MAZZUOLIA-PECCERILLO A., VILLARI L. (1985). Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. *The Geol. evolution of the E. Medit. Special publ. of the Geol. Soc. No 17*, p.687-699.
- GEPHART, W. J., (1990): FMSI: A Fortran Program for inverting fault/slick enside and earthquake focal mechanism data to obtain the regional stress tensor. *Computers & Geosciences* Vol. 16, No 7, pp.953-989.
- GENRE, C., (1987). Le degagement de la fenetre du Hans Pelion: une manifestation spectaculaire de la Neotectonique Plio-quatenaire. *Pre-Print de Etudes Mediterraneeennee No 11, Septembre 1987*.
- ΓΑΛΑΝΑΚΗΣ Δ., (1997): Νεοτεκτονική δομή και στρωματογραφία των νεογενών-τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης του Αλμυρού-Παγασητικού, Πηλίου, Διαύλου Ωρεών-Τρικελίου και Μαλιακού. *Διδ. Διατριβή, Παν/μιο Θεσσαλονίκης (αδημ. 256 σελίδες)*.
- ΙΟΑΚΙΜ, CHR., RONDOYIANNI, TH., (1988): Contribution a l' etude geologique de la Region de Zeli Locride (Grece Centrale). *Revue de micropaleontologie*, vol.31, No 2.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G., VIDAKIS, M., (1982): La structure Geologique de la region de la Thessalie oriental (Grece). *Ann. Soc. Geol. Nord, CI*, 177-188.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΜΥΛΩΝΑΚΗΣ, Ι., ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, Μ., ΠΑΠΑΔΕΑΣ, Γ., ΨΩΝΗΣ, Κ., (1983): *Γεωλογικός χάρτης κλίμ. 1:50.000 τ.φ. "Βελεστίνο" ΙΓΜΕ*.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΜΕΤΤΟΣ, Α., ΒΙΔΑΚΗΣ, Μ., (1984): *Γεωλογικός χάρτης κλίμ. 1:50.000 τ.φ. "Ιστιαία" ΙΓ.Μ.Ε Αθήνα*.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΜΥΛΩΝΑΚΗΣ, Ι., ΒΙΔΑΚΗΣ, Μ., HECHT, J., ΠΑΠΑΔΕΑΣ, Γ., (1986): *Γεωλογικός χάρτης κλίμ. 1:50.000 τ.φ. "Βόλος", ΙΓΜΕ*.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΜΥΛΩΝΑΚΗΣ, Ι., ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, Μ., ΠΑΠΑΔΕΑΣ, Γ., (1987): *Γεωλογικός χάρτης κλίμ. 1:50.000 τ.φ. "Ζαγορά-Συνή" ΙΓΜΕ*.
- KEMENTZETZIDOU, D., (1996): Etude sismotectonique du systeme Thessalie-iles Sporades (Grece centrale). *Observ. de Grenoble & Lab. Geoph.-Tectonophy., Unpubl., These 136 pp*.
- KOUTSOVELLA, GALANAKIS, D., (1990): Les Mouvements Tectoniques autour du golfe Pagassitikos du Pliocene au Recent. *C.I.E.S.M. Vol.32 G-V5*.
- LEMEILLE, F., (1977). Etudes neotectoniques en Grece Centrale nord - orientale (Eubee Centrale, Attique, Beotie, Locride) et dans les Sporades du nord (ile de Skiros) - *These 3eme cycle, Paris-Sub (Orsay)*, 183p.
- ΜΟΥΓΓΙΑΡΗΣ Ν. (1994): Σεισμική ιστορία της Αιγαίας χώρας. *Διδ. Διατριβή, Παν/μιο Πότρας (αδημοσ. 439 σελ.)*.
- ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, C.K. & BURTON, W.P. (1984): Greek tectonics and Seismicity. *Tectonophysics*, 106, 275-304.
- 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. Lond., A 300*, 337-355.
- MERCIER, J., 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 *Annalles tectonicae. Vol.1, no 1*, 20-39.
- MOUNTRAKIS D., KILIAS, A., PAVLIDES, S., ZOUROS, N., SPYROPOULOS, N., TRANOS, M., & SOULADELLIS, N., (1993): Field study of the Southern Thessaly highly active fault zone. *Proceedings 2nd Cong. of the Hellenic, Geophysical Union, Florina, 5-7 May 1993 Greece, p.p 603-614*.
- PAPAZACHOS, B.C., PANAGIOTOPOULOS, R.G., TSAPANOST, M., MOUNTRAKIS, D., DIMOPOULOS, G. *Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.* in the Magnesia region of

- central Greece. *Geophys. J. Reach. Soc* (1983) 75, 155-168.
- PAPAZACHOS, B. & PAPAZACHOS, C., (1997): The EARTHQUAKES of GREECE. Editions ZITI Thessaloniki. Greece.
- 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 Spec. Issue-Vol IV-n.2*. p.p. 196-211
- PAVLIDES, S., (1993): Active faulting in multifracted seismogenic areas *Z. Geomorph. N.E.* 94, 57-72.
- PAVLIDES, S., (1996): Active faults in Greece. *J. Earth Pred. Res.* 5, pp 422-430.
- PEGORARO, O., (1972): Application de la microtectonique a une etude de neotectonique. Le Golfe Maliaque (Grece Central). *These Doct. 3eme cycle. Univ. Montpellier.*
- PHILIP, H., (1974): Etude neotectonique des rivagers egeens en Locride et en Eubee nord-occidentale (Grece). *These 3e cycle Ac.de Montpellier, Univ.Sc. Techn. du Languedoc.*
- WALLBRECHER, E., (1976): Geologie und Tektonik auf dem Sudteil der Magnesischen Halbinsel (Nord-Griechenland). *Z.S.D..G.*, 127: 365-72.