

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

Δ. Παπανικολάου, Ε. Λόγος, Σ. Λόζιος και Χ. Σιδερής\*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Η τεκτονική ανάλυση ορισμένων μικρών νεοτεκτονικών θυσιωμάτων της Ανατολικής Κορινθίας απέδειξε ότι κατά τα αρχικά στάδια της δημιουργίας των, περίπου στο Ανω Μειόκαινο - Κάτω Πλειόκαινο, λειτουργούσαν σαν τυπικές λεκάνες "πλάγιας απομάκρυνσης" (pull apart basins), θυσιώματα δηλαδή που αναπτύσσονται κατά μήκος ρηξιγενών ζωνών οριζόντιας ολίσθησης με κύριο χαρακτηριστικό την λοξή κλιμακωτή διάταξη (en echelon), των επί μέρους παρακατακόρυφων ή παρακεκλιμένων ρηγμάτων. Η κατάσταση αυτή διαφοροποιείται χρονικά έτσι ώστε τα ρήγματα σταδιακά να μετατραπούν σε πλαγιοκατακόρυφα και πλαγιοκανονικά για να καταλήξουν στη μορφή που παρουσιάζουν σήμερα σαν ορθοκατακόρυφα ή ορθοκανονικά. Η διαδικασία αυτής της εξέλιξης λαμβάνει χώρα κάτω από την επίδραση του ίδιου εντατικού πεδίου με την έννοια του προσανατολισμού των τάσεων, με τη μόνη διαφορά ότι τη θέση της  $\sigma_1$  παίρνει σταδιακά η  $\sigma_2$ . Σαν πιθανά αίτια της εξέλιξης αυτής θεωρούνται η διαχρονική μεταβολή της σχετικής θέσης της περιοχής ως προς το τόξο, η επίδραση του βάθους παραμόρφωσης και η πιθανή προέλευση της ευρύτερης περιοχής του Κορινθιακού κόλπου από μία παλαιά ρηξιγενή ζώνη μετασχηματισμού.

### A B S T R A C T

Structural analysis of some small neotectonic grabens in the area of Eastern Corinthos, showed that during the first stages of their formation, in Late Miocene - Early Pliocene they could be regarded as "pull apart basins", created within the shear zone of en echelon vertical and/or inclined strike-slip faults. Younger slip motions indicate a gradual change towards oblique-slip faults, whereas finally most recent slip motions indicate dip-slip normal faults. The overall stress-field seems to be constant throughout the neotectonic evolution (Late Miocene - Present) with a mutual change of the position between  $\sigma_1$  and  $\sigma_2$  principal stress axes. Thus (i) in the early stages  $\sigma_1$  was sub-horizontal in the E-W direction whereas in the late stages it became sub-vertical, (ii)  $\sigma_2$  was sub-vertical and became sub-horizontal in the E-W direction and (iii)  $\sigma_3$  remained constant in sub-horizontal position around the N-S direction. This change is attributed to the gradual westward migration of the Hellenic arc in relation to the role of depth of deformation and especially to the probable relation of the neotectonic Corinthian fault zone from a paleotransform fault zone.

### 1. Η ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΑΚΡΟΔΟΜΗ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

Η νεοτεκτονική μακροδομή της Πελοποννήσου χαρακτηρίζεται από μία εναλλαγή τάφων και κεράτων η οποία καθορίζεται από τις μεγάλες περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες των νεοτεκτονικών λεκανών

PAPANIKOLAOU, D. - LOGOS, E. - LOZIOS, S. - SIDERIS, CH.: Observations on the kinematic and dynamic evolution of neotectonic basins in Eastern Corinthia (Greece).

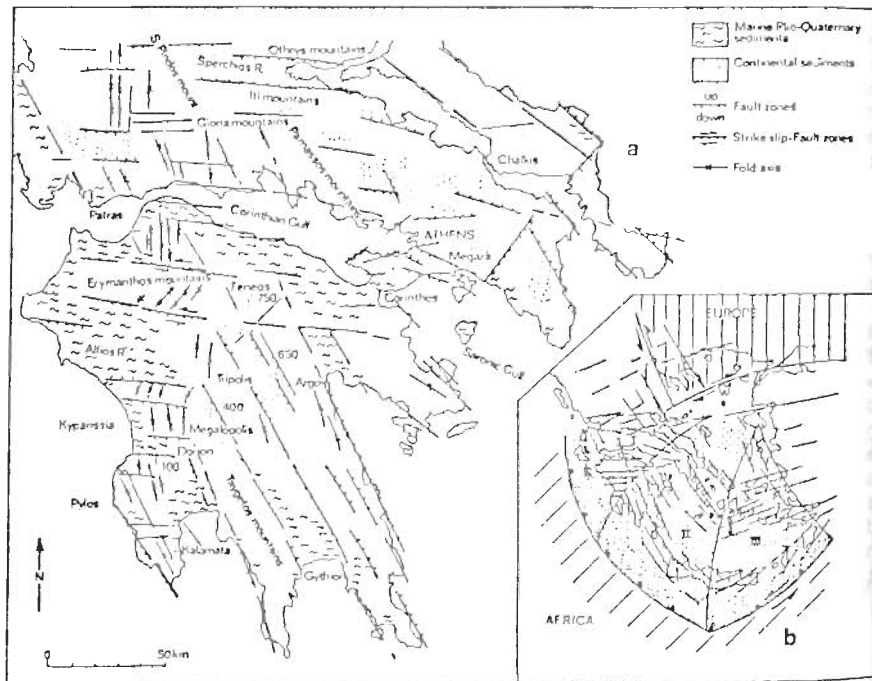
\* Γεωλογικό Τμήμα Πανεπιστημίου Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη 157 04 ΑΘΗΝΑ  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεοφράστου" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

που παρουσιάζουν δύο κύριες διευθύνσεις: Α-Δ στη δυτική και βόρεια Πελοπόννησο και ΒΒΔ-ΝΝΑ στην κεντρική και ανατολική Πελοπόννησο (MARIOLAKOS et al 1985, Εικ.1).

Η περιοχή που μελετήθηκε βρίσκεται ακριβώς στο σημείο που διασταυρώνονται αυτές οι δύο διευθύνσεις από τις οποίες μάλιστα η Α-Δ παρουσιάζει μεγαλύτερη σεισμική δραστηριότητα από την ΒΒΔ-ΝΝΑ.

Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής και το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που παρουσιάζει εντοπίστηκε κατά την εκπόνηση του ερευνητικού προγράμματος "Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000, φύλλο ΚΟΡΙΝΘΟΣ" που χρηματοδοτήθηκε από τον ΟΑΣΠ και αφορούσε την περιοχή που περιλαμβάνεται στο τοπογραφικό φύλλο ΚΟΡΙΝΘΟΣ της ΓΥΣ, κλίμακας 1:100.000.

Το κύριο χαρακτηριστικό της νεοτεκτονικής μακροδομής της περιοχής που μελετήθηκε είναι η ύπαρξη μεγάλων ρηξιγενών ζωνών που χωρίζουν την περιοχή σε ρηξιτεμάχη που σε απλουστευμένη μορφή αποτελούν μεγάλα τεκτονικά θυθίσματα ή κέρατα (πρώτης τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές, Εικ.2).

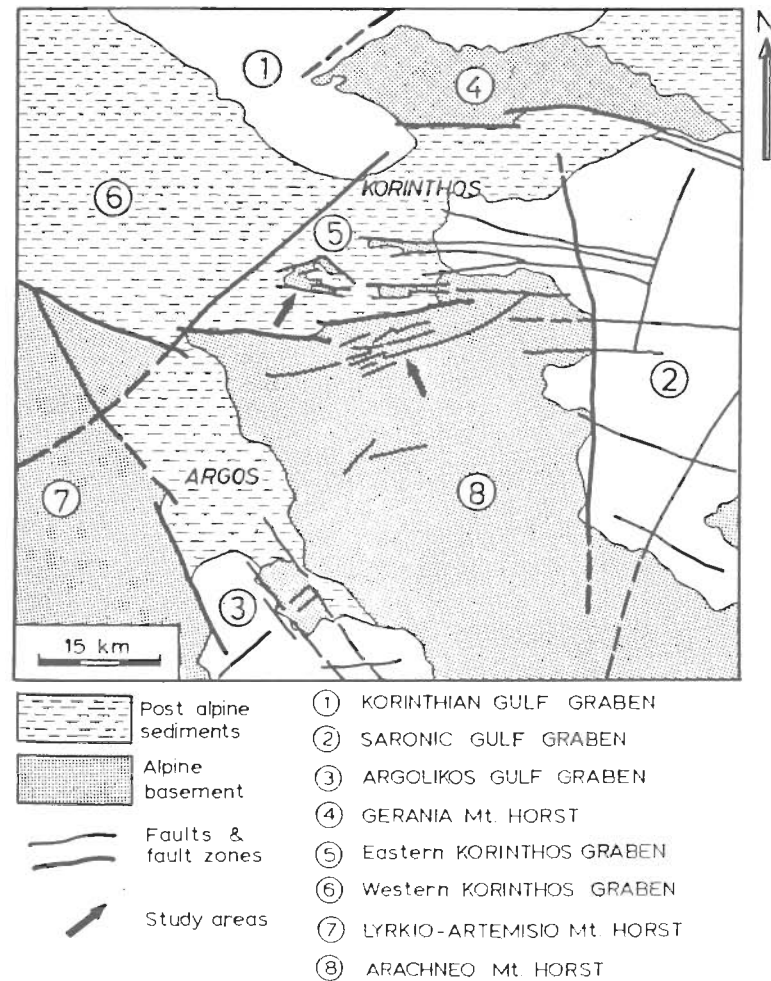


Εικ.1 Οι σπουδαιότερες περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες των νεογενών λεκανών της νότιας ηπειρωτικής Ελλάδας και η διακρίση τους σε τρεις περιοχές ανάλογα με την σεισμική δραστηριότητα. (από MARIOLAKOS et al 1985).

Fig.1 The main marginal fault zones of the Neogene basins in Southern continental Greece and the neotectonic fault pattern of the Aegean Arc divided in three segments. (after MARIOLAKOS et al 1985).

Καθ'ένα από τα ρηξιτεμάχη αυτά έχει κατά τη νεοτεκτονική περίοδο τη δική του ξεχωριστή παλαιογεωγραφική και παλαιογεωδυναμική εξέλιξη, γεγονός που καθορίζεται κυρίως από το είδος και το βαθμό της κινηματικής δραστηριότητας των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών που τα οριοθετούν, στις διάφορες χρονικές περιόδους.

Καθ'ένα από τα ρηξιτεμάχη αυτά παρουσιάζει διαφορετική σεισμική συμπεριφορά τόσο ως προς τα περιθωριακά ρήγματα, όσο και προς τα ρήγματα που βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Έτσι, άλλα ρηξιτεμάχη εμφανίζονται σήμερα σαν ανενεργά και αποτελούν τις σχετικά πιο "σταθερές" περιοχές, άλλα παρουσιάζουν μέχρι και σήμερα έντονη σεισμική δραστηριότητα, ενώ άλλα βρίσκονται σε μία ενδιάμεση κατάσταση (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ κ.α. 1989).



Εικ.2 Οι κύριες νεοτεκτονικές ενότητες της ευρύτερης περιοχής Κορίνθου.

Fig.2 The main neotectonic units of the major area of Korinthos.

Ιδιαίτερα η περιοχή της Ανατολικής Κορινθίας, αποτελεί ένα τεκτονικό θύθισμα ανάμεσα στα τεκτονικά κέρατα των Γερανείων προς βορρά και του Αραχναίου προς νότο (Εικ.2). Το θύθισμα αυτό συνεχίζεται προς τα δυτικά στο θύθισμα της Δυτικής Κορινθίας και στο νότιο τμήμα του Κορινθιακού κόλπου που παρουσιάζουν μία νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη τελείως διαφορετική από αυτό (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ κ.α. 1989). Αντίθετα προς τα ανατολικά συνεχίζεται στο βορειοδυτικό τμήμα του θυθίσματος του Δυτικού Σαρωνικού κόλπου που παρουσιάζει κοινή τεκτονική εξέλιξη με αυτό με συνέχιση, τόσο των περιθωριακών ρηγμάτων του θυθίσματος όσο και των ρηγμάτων στο εσωτερικό του, μέσα στον κόλπο (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al 1988, ΛΥΚΟΥΣΙΣ et al 1988, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ κ.α. 1989).

Έτσι, στον υποθαλάσσιο νεοτεκτονικό χάρτη του Σαρωνικού (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ κ.α. 1989), τα περιθωριακά ρήγματα της λεκάνης παρουσιάζουν μία διεύθυνση Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ και έχουν άλμα περίπου 400-500 m. Στην ίδια περιοχή παρατηρούνται και μικρότερα κέρατα και θυθίσματα που οριοθετούνται από μικρότερα ρήγματα με την ίδια διεύθυνση και άλμα 200-300 m. Ολόκληρο το δυτικό τμήμα του Σαρωνικού παρουσιάζεται πολύ πιο ενεργό από το ανατολικό και μάλιστα είναι πολύ εύκολο να παρακολουθήσει κανείς την συνέχεια των Α-Δ ρηγμάτων στην ξηρά μέσα στον κόλπο κυρίως στην περιοχή ανάμεσα στο βόρειο περιθώριο του τεκτονικού κέρατος του Αραχναίου και στο νότιο περιθώριο του τεκτονικού κέρατος των Γερανείων.

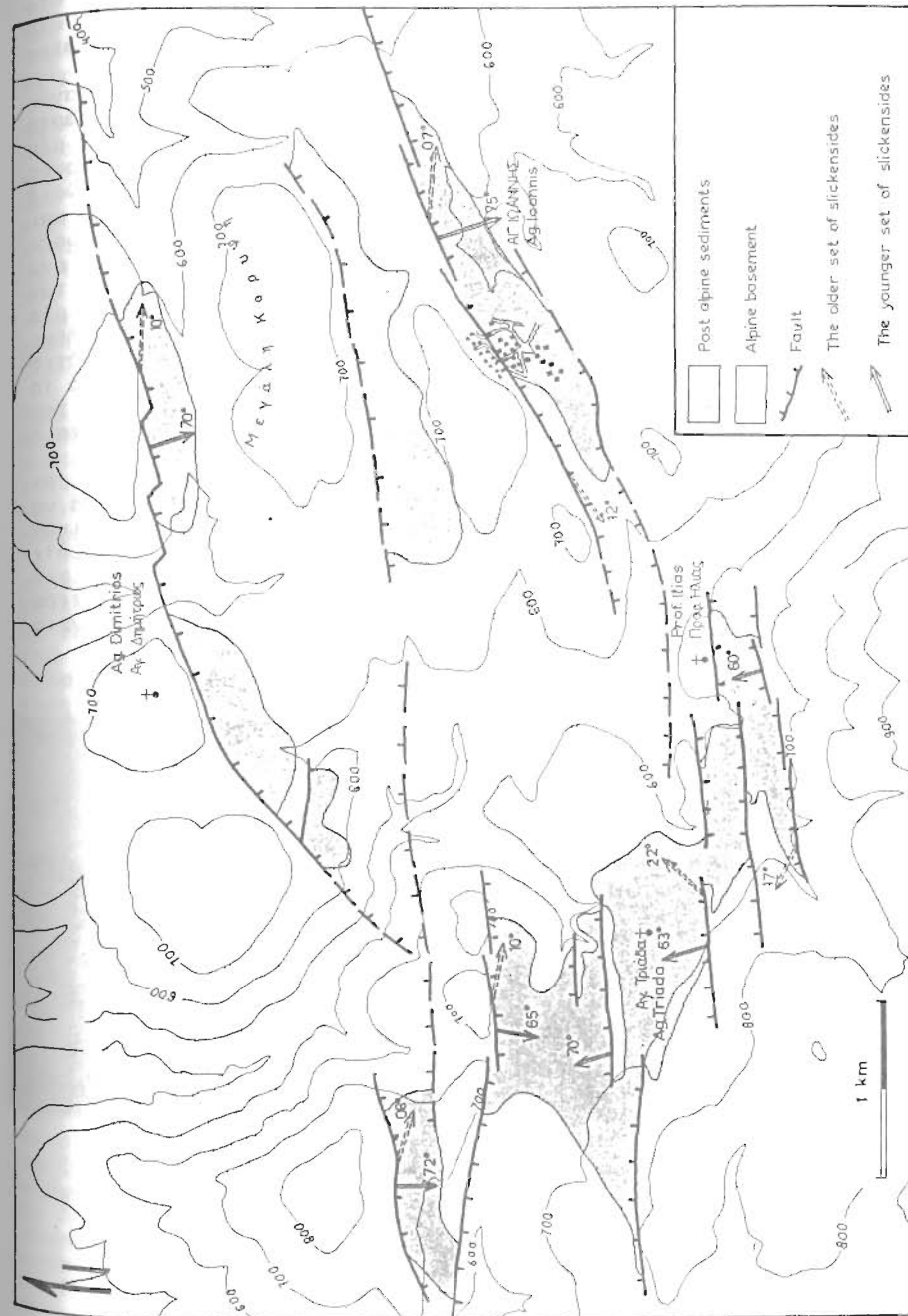
Τόσο στο εσωτερικό, όσο και στα περιθώρια των μεγάλων αυτών ρηξιτεμαχών αναπτύσσονται νεοτεκτονικές μακροδομές -θυθίσματα ή κέρατα- μικρότερης τάξης που συνήθως είναι παράλληλα σ'αυτές. Έτσι στο τεκτονικό θύθισμα της Ανατολικής Κορίνθου, που έχει πληρωθεί με λιμνοθαλάσσια, χερσαία και λίγα θαλάσσια ιζήματα μικρού σχετικά πάχους με συχνές εμφανίσεις του υποβάθρου, διακρίνουμε τα τεκτονικά κέρατα των Ονειών, της Μαύρης Όρας, του Προφ. Ηλία, της Μαψού και της Ακροκορίνθου και τα τεκτονικά θυθίσματα του Γαλατακίου, του Ρητού, ..κ.α., που αντιπροσωπεύουν 2ης τάξεως μακροδομές. Αντίστοιχα, στο βόρειο τμήμα του τεκτονικού κέρατος του Αραχναίου οι μακροδομές αυτής της τάξης αντιπροσωπεύονται κυρίως από μικρά τεκτονικά θυθίσματα όπως αυτά του Αγ. Ιωάννη, Αγ. Δημητρίου, Αγ. Τριάδας, Προφ. Ηλία και Στεφανίου.

Από τις δευτέρας τάξεως αυτές νεοτεκτονικές μακροδομές, επιλέγησαν για λεπτομερή κινηματική μελέτη, με χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000, δύο περιοχές (Εικ.2), μία από το τεκτονικό θύθισμα Ανατολικής Κορίνθου (Μαψός) και μία από τεκτονικό κέρα Αραχναίου (Αγ. Ιωάννης - Αγ. Τριάδα), όπου τα περιθωριακά ρήματα των επί μέρους λεκανών παρουσιάζουν μία εντυπωσιακή ανάπτυξη και γεωμετρία με κινηματικά και δυναμικά χαρακτηριστικά που θεωρούνται αντιπροσωπευτικά για την ευρύτερη περιοχή.

## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗ-ΑΓ.ΤΡΙΑΔΑΣ

Η περιοχή αυτή βρίσκεται στη βόρεια απόληξη του ορεινού όγκου του Αραχναίου, νότια από το Χιλιομόδι, όπου αναπτύσσεται ένα σύνολο μικρών λεκανών σε υψόμετρο 600-700 m περίπου που αποτελείται από τα μικρά θυθίσματα του Αγ. Δημητρίου, Μεγάλης Κορυφής, Αγ. Ιωάννη και το μεγαλύτερο της Αγ. Τριάδας, (Εικ.3).

Τα θυθίσματα αυτά είναι πληρωμένα με μεταλλικούς σχηματισμούς που αποτελούνται κυρίως από χερσαίες και πιθανώς λίγες λιμνικές αποθέσεις Πλειο-Τεταρτογενούς ηλικίας, ενώ δεν έχει πιστοποιηθεί η ύπαρξη θαλάσσιων σχηματισμών. Το πάχος τους γενικά είναι μικρό και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10-20 m για τις μικρές λεκάνες



Εικ.3 Νεοτεκτονικός χάρτης περιοχής Αγ. Ιωάννη - Αγ. Τριάδας.

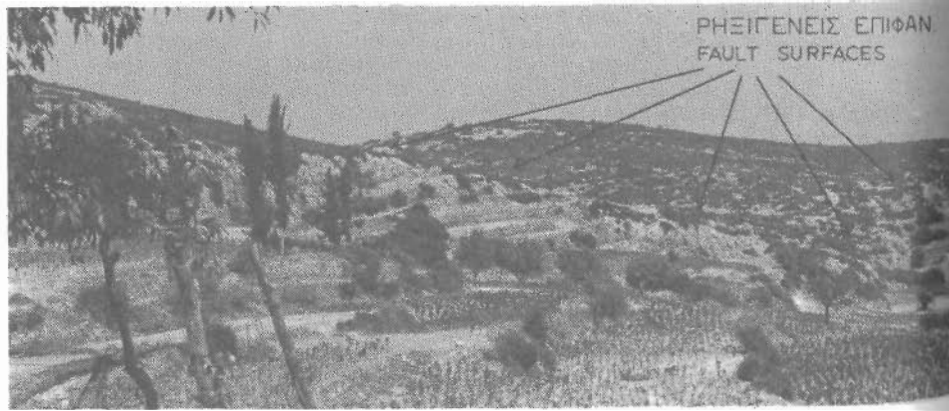
Fig.3 Neotectonic map of Ag.Ioannis - Ag.Triada area.

του δυτικού τμήματος και τα 40-50 m για τη μεγαλύτερη λεκάνη της Αγ. Τριάδας.

Η κύρια διεύθυνση των περιθωριακών ρηγμάτων είναι Α-Δ στο δυτικό τμήμα του χάρτη για τη λεκάνη της Αγ. Τριάδας, η οποία στη συνέχεια κάμπτεται για να γίνει ΑΒΑ-ΔΝΔ στο ανατολικό τμήμα στις λεκάνες του Αγ. Δημητρίου και Αγ. Ιωάννη, (Εικ.3).

Γενικά, η δομή και η εξέλιξη των νεοτεκτονικών αυτών λεκανών φαίνεται περισσότερο πολύπλοκη στη δυτική περιοχή του χάρτη απ'ότι στην ανατολική όπου τα θυθίσματα αναπτύσσονται σε μία επιμήκη διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ, παράλληλα με τις περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες που οριοθετούν συνήθως μόνο το βόρειο περιθώριό τους. Έτσι, τόσο τα μεγαλύτερα θυθίσματα του Αγ. Δημητρίου και Αγ. Ιωάννη, όσο και το μικρότερο της Μεγάλης Κορυφής οριοθετούνται από ρήγματα μόνο στο βόρειο περιθώριό τους, ενώ αντίθετα στο νότιο παρατηρείται, είτε ασύμφωνη απόθεση των ιζημάτων κατ'ευθείαν στο αλπικό υπόβαθρο, είτε αναπτύσσεται μία παλαιότερη υπολειμματική ρηξιγενής επιφάνεια καλυμμένη συνήθως από τα τελευταία ιζήματα της λεκάνης, όπως συμβαίνει με το νότιο περιθώριο του θυθίσματος του Αγ. Ιωάννη. Επίσης κανένα από τα ανατολικά ή δυτικά περιθώρια των μικρών αυτών λεκανών του ανατολικού τμήματος δεν καθορίζεται από μικρότερα ρήγματα ή μεγαλύτερες ρηξιγενείς επιφάνειες.

Το συνολικό άγμα των περιθωριακών αυτών ρηξιγενών ζωνών αν και δεν υπάρχουν τα απαραίτητα στρωματογραφικά στοιχεία για να υπολογισθεί, εν τούτοις από την μελέτη των μορφοτεκτονικών στοιχείων (όπως πχ. οι επιφάνειες επιπέδωσης), εκτιμάται ότι πρέπει να είναι περισσότερο από 100 m και μάλιστα μεγαλύτερο για τις λεκάνες του Αγ. Δημητρίου και Αγ. Ιωάννη και πολύ μικρότερο για την λεκάνη της Μεγάλης Κορυφής όπου η ρηξιγενής επιφάνεια διακρίνεται σε ελάχιστα σημεία σε υπολειμματικές μορφές.



Εικ.4 Λοξή κλιμακωτή διάταξη των επί μέρους ρηγμάτων της βόρειας περιθωριακής ρηξιγενούς ζώνης του Αγ. Ιωάννη.

Fig.4 An echelon arrangement of faults along the northern marginal fault zone of Ag. Ioannis graben.

Από τις τρεις περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες του ανατολικού τμήματος, περισσότερο εντυπωσιακή παρουσιάζεται αυτή του Αγ. Ιωάννη, όπου το κύριο χαρακτηριστικό των επί μέρους ρηγμάτων που την αποτελούν είναι η λοξή κλιμακωτή διάταξη με αποτέλεσμα εκεί που τελειώνει μία ρηξιγενής επιφάνεια να συνεχίζει κάποια άλλη παράλληλη προς αυτή και λίγο μετατοπισμένη κατά μερικές δεκάδες μέτρα (Εικ.4).

Αντίθετα, η ρηξιγενής ζώνη του Αγ. Δημητρίου παρουσιάζει και αυτή μιάς τέτοιας μορφής διάταξη, με τη μόνη διαφορά ότι τα επί μέρους κλιμακωτά ρήγματα (ΑΒΑ-ΔΝΔ), ενώνονται μεταξύ τους με μικρότερες ρηξιγενείς επιφάνειες ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης που φαίνεται ότι έχουν δημιουργηθεί ταυτόχρονα με την επιφάνεια του κύριου ρήγματος. Η διάταξη αυτή των επί μέρους ρηγμάτων πρέπει να είναι αποτέλεσμα μιάς δεξιόστροφης διατημητικής ζώνης για την περίπτωση του Αγ. Δημητρίου και μιάς αριστερόστροφης για αυτή του Αγ. Ιωάννη. Τέλος για την ανατολική περιοχή τα ρηξιτεμάχη ταπεινώνονται αποκλειστικά προς νότο, δημιουργώντας μία χαρακτηριστική ασυμμετρία με οριζόντιο άξονα περιστροφής κατά τη διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και φορά περιστροφής προς βορρά.

Αντίθετα, στο δυτικό τμήμα του χάρτη, όπου και το μεγαλύτερο θυθίσμα της Αγ. Τριάδας, η κατάσταση παρουσιάζεται περισσότερο πολύπλοκη, με αποτέλεσμα αυτό να χωρίζεται σε επί μέρους θυθίσματα και έβρατα δεδομένου ότι οι ρηξιγενείς επιφάνειες κλίνουν είτε προς βορρά και είτε προς νότο. Τόσο το βόρειο και νότιο περιθώριο του θυθίσματος, όσο και το δυτικό και ανατολικό καθορίζονται από ρηξιγενείς ζώνες με διεύθυνση Α-Δ, με αποτέλεσμα η γενική διεύθυνση της λεκάνης να είναι ΒΔ-ΝΑ, (Εικ.3). Το κύριο χαρακτηριστικό των επί μέρους ρηγμάτων που αποτελούν τις μεγαλύτερες ρηξιγενείς ζώνες είναι η λοξή κλιμακωτή διάταξη και σε ορισμένες περιπτώσεις η αντίθετη φορά κλίσης, με αποτέλεσμα το ένα τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης να θυθίζεται προς βορρά και το άλλο προς νότο. Η διάταξη αυτή είναι αποτέλεσμα της δράσης τότε ενός δεξιόστροφου και είτε ενός αριστερόστροφου διατημητικού ζεύγους. Η διαφορά αυτή στη φορά της κίνησής παρατηρείται συνήθως ανάμεσα σε διαφορετικές ρηξιγενείς ζώνες. Σπανιότερα όμως το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και στην ίδια ρηξιγενή ζώνη όπου κατά την διάρκεια της εξέλιξής της η κίνηση παρουσιάζεται είτε δεξιόστροφη και είτε αριστερόστροφη (πχ. νότιο περιθώριο θυθίσματος Αγ. Τριάδας, Εικ. 3).

Όπως στην ανατολική περιοχή, έτσι και εδώ το συνολικό άγμα φαίνεται μεγαλύτερο από 100 m για κάθε ρηξιγενή ζώνη, με μεγαλύτερες τιμές κυρίως στο βόρειο, νότιο αλλά και δυτικό περιθώριο της λεκάνης και μικρότερες στο ανατολικό και κεντρικό τμήμα. Το γεγονός αυτό φανερώνει ορισμένες ασυμμετρίες, όπου τα επί μέρους μικρά ρηξιτεμάχη -τεκτονικά δίσπλα- παρουσιάζουν περιστροφή περί οριζόντιο άξονα διεύθυνσης Α-Δ και φορά περιστροφής είτε προς βορρά και είτε προς νότο.

Τόσο στο δυτικό όσο και στο ανατολικό τμήμα του χάρτη, στις περισσότερες από τις κατοπτρικές επιφάνειες παρατηρούνται ένα ή και περισσότερα συστήματα γραμμών προστριβής. Το παλαιότερο από αυτά αποτελείται από γραμμές με πολύ μικρή κλίση, σχεδόν οριζόντιες, οι οποίες συνήθως εμφανίζονται σε υπολειμματικές μορφές, κάτω από επιφλοιώσεις και τεκτονικά λατοπέπαι (Εικ.5), με διεύθυνση περίπου Α-Δ. Αντίθετα, το νεότερο σύστημα γραμμών προστριβής, το οποίο σήμερα επικρατεί σε σχέση με το υπόλοιπο και εμφανίζεται παντού καθαρά, αποτελείται από γραμμές προστριβής αποκλειστικά κατά κλίση με διεύθυνση περίπου Β-Ν και τιμές θύθισης  $60^\circ-70^\circ$ . Τα δύο αυτά συστήματα γραμμών προστριβής δεν είναι τα μοναδικά αλλά σε πολλές περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί



Εικ.5 Γραμμές προστριβής και τεκτονικά λατυποπαγή στη ρηξιγενή ζώνη του θυθίσματος Αγ. Ιωάννη.  
Fig.5 Slickensides and tectonic breccias on Ag. Ioannis marginal fault zone.

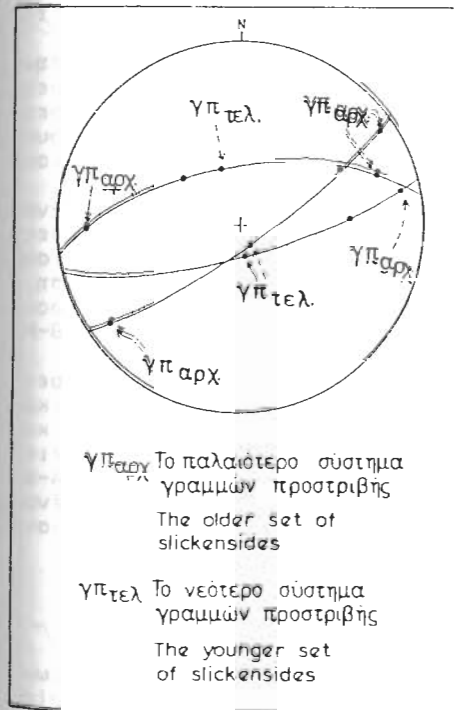


Εικ.6 Τέσσερα συστήματα γραμμών προστριβής στη ρηξιγενή ζώνη του Αγίου Δημητρίου.  
Fig.6 Four (4) sets of slickensides on Ag. Dimitrios fault surface.

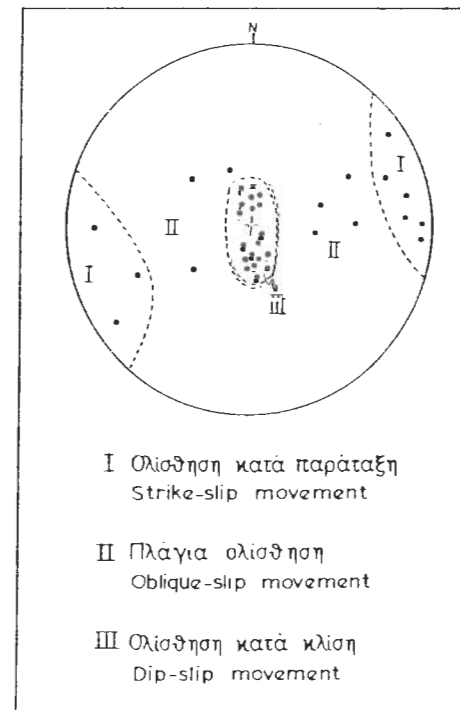
πλάγιες γραμμές προστριβής που αποτελούν δύο ή και περισσότερα χωριστά θυθήματα που χρονικά τοποθετούνται ανάμεσα στα δύο προηγούμενα, (Εικ.6). Η κίνηση είναι τότε δεξιόστροφη και τότε αριστερόστροφη και μάλιστα ορισμένες επιφανείες παρουσιάζουν κατά την διάρκεια της εξέλιξης τους σταθερή φορά κίνησης (δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη), ενώ άλλες όχι με αποτέλεσμα η κίνηση να εναλλάσσεται από δεξιόστροφη σε αριστερόστροφη και το αντίθετο.

Στις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων παρατηρούνται τεκτονικά πετρώματα που κατατάσσονται συνήθως στα τεκτονικά λατυποπαγή, (Εικ.5 & 6). Τα παλαιότερα από αυτά είναι μονόμεικτα και συνεκτικά με ασβεστολιθικές λατύπες και ανθρακικό συνδετικό υλικό. Πάνω από αυτά ακολουθούν συνήθως ασβεστιτικές επιφλοιώσεις οι οποίες πολλές φορές περιέχουν και θραύσματα από τους ασβεστολίθους ή τα παλαιότερα λατυποπαγή. Το νεότερο τεκτονικό λατυποπαγή που παρατηρήθηκε είναι πολύμεικτο, με συμμετοχή υλικών τόσο από τους ασβεστολίθους όσο και από τους μεταλλικούς σχηματισμούς, με ψαμιτομαργαϊκό και σπανιότερα ανθρακικό συνδετικό υλικό. Στην ρηξιγενή ζώνη του Αγ. Δημητρίου το πάχος αυτών των τεκτονικών λατυποπαγών ξεπερνά κατά θέσεις το 1,5 m.

Σε γενικές γραμμές μπορεί να γίνει διάκριση μίας παλαιότερης περιόδου όπου η κίνηση γινόταν μέσα στους ασβεστολίθους του αλπικού υποβάθρου, με επικρατούσα κίνηση οριζόντιας έως πλάγιας ολίσθησης, και μίας νεώτερης όπου η κίνηση γίνεται ανάμεσα στο αλπικό υπόβαθρο και τα μεταθλητικά αργιλλο-ψαμιτικά ιζήματα με επικρατούσα κίνηση την κατά κλίση ολίσθηση.



Εικ.7 Προβολή των ρηξιγενών επιφανειών και των γραμμών προστριβής στο δίκτυο Schmidt.  
Fig.7 Projection of fault planes and slickensides on a Schmidt net.



Εικ.8 Το σύνολο των γραμμών προστριβής από την περιοχή που μελετήθηκε, στο δίκτυο Schmidt.  
Fig.8 Projection of slickensides, measured in the study area, on a Schmidt net.

### 3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΨΟΥ

Το τεκτονικό κέρας της Μαψού βρίσκεται βόρεια από το χιλιόμετρο και δυτικά από το δρόμο Κορίνθου-Αργούς. Στο εσωτερικό του κέρατος αυτού και σε υψόμετρο 500-600 m, αναπτύσσεται μία μικρή λεκάνη με σύνθετη δομή. Τα περιθώριά της καθορίζονται από ρηξιγενείς ζώνες με γενική διεύθυνση Α-Δ και ΒΒΔ-ΝΝΑ, (Εικ.9).

Το νότιο περιθώριο του βυθίσματος καθορίζεται από μία μεγάλη ρηξιγενή ζώνη με λοξή κλιμακωτή διάταξη των επί μέρους ρηγμάτων που την αποτελούν. Αντίθετα, μόνο το δυτικό τμήμα του βόρειου περιθώριου καθορίζεται από μία εμφανή ρηξιγενή ζώνη που καλύπτεται από πλευρικά κορήματα, ενώ τη συνέχειά της είναι δύσκολο να την παρακολουθήσει κανείς ανατολικότερα, όπου οι Πλειο-Τεταρτογενείς σχηματισμοί κάθονται απ'ευθείας πάνω στα αλπικό υπόβαθρο.

Το δυτικό περιθώριο του βυθίσματος παρουσιάζεται περισσότερο σύνθετο και χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών μικρών ρηγμάτων με λοξή κλιμακωτή διάταξη και διεύθυνση Α-Δ. Τα επί μέρους αυτά ρήγματα, κατά μήκος του δυτικού περιθώριου δεν έχουν πάντα την ίδια φορά κλίσης, που είναι τότε προς βορρά και τότε προς νότο, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μικρότερα επί μέρους βυθίσματα και κέρατα. Το δυτικό και ανατολικό περιθώριο αυτών των μικρότερων βυθισμάτων δεν καθορίζεται συνήθως από ρηξιγενείς ζώνες ή μικρότερα ρήγματα, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις όπου το δυτικό κυρίως περιθώριο αποτελείται από μία μικρή ρηξιγενή ζώνη ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης που ενώνεται με αυτές που καθορίζουν το βόρειο και νότιο περιθώριο, (Εικ.9).

Το άλμα των περιθωριακών ρηξιγενών ζωνών και σε αυτή την περιοχή φαίνεται γενικά μεγαλύτερο από 100 m, με μεγαλύτερες τιμές στο νότιο κυρίως αλλά και βόρειο περιθώριο και μικρότερες στο δυτικό. Τέλος η λοξή κλιμακωτή διάταξη των επί μέρους ρηγμάτων των ρηξιγενών ζωνών είναι το αποτέλεσμα τότε μιας αριστερόστροφης και τότε μιας δεξιόστροφης διατμητικής ζώνης.

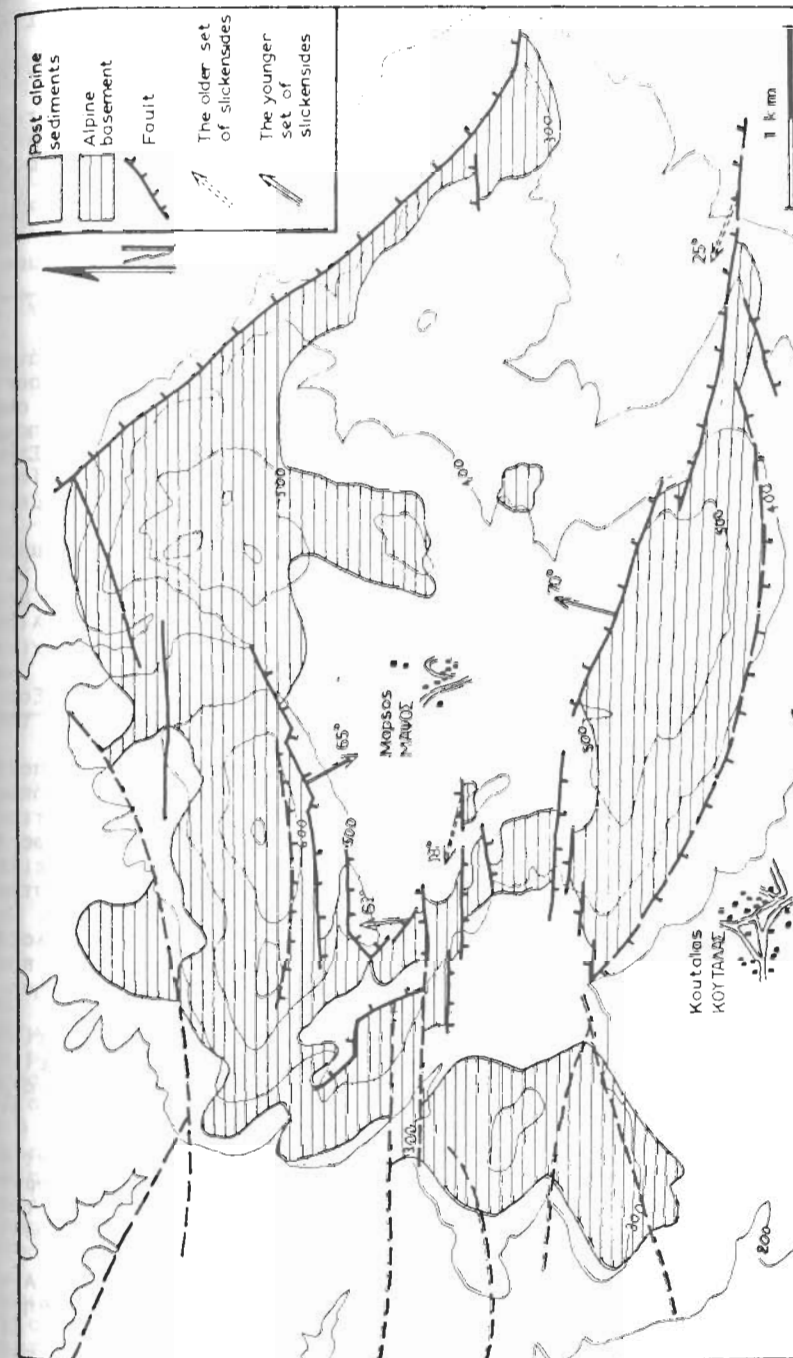
Γραμμές προστριβής εμφανίζονται και εδώ, όχι όμως τόσο συχνά όπως στην προηγούμενη περίπτωση του Αγ. Ιωάννη. Οι παλαιότερες γραμμές προστριβής είναι σχεδόν οριζόντιες ή με πολύ μικρή βύθιση και φορά περίπου Α-Δ και φανερώνουν κυρίως αριστερόστροφη κίνηση. Οι γραμμές προστριβής που επικρατούν είναι αυτές του νεότερου συστήματος και αναπτύσσονται κατά κλίση με διεύθυνση περίπου Β-Ν και τιμή βύθισης 60°-70°.

Τεκτονικά πετρώματα εμφανίζονται μόνο στις μεγαλύτερες ρηξιγενείς ζώνες και αφορούν κυρίως μονόμεικτα συνεκτικά τεκτονικά λατυποπαγή με ασβεστολιθικές λατύπες και ασβεστιτικό συνδεδετικό υλικό πάχους λίγων mm. Σπανιότερα και κυρίως στις μεγαλύτερες ρηξιγενείς επιφάνειες (τόσο σ'αυτές με διεύθυνση Α-Δ όσο και σ'αυτές με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ), παρατηρείται ένα πολύμεικτο, όχι πολύ συνεκτικό, λατυποπαγές με συμμετοχή και μεταλλικών υλικών και ψαμμιτομαργαϊκή συνδεδετική ύλη.

### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διευκρίνιση της κινηματικής και δυναμικής εξέλιξης των νεοτεκτονικών λεκανών που μελετήθηκαν έχει ευρύτερη σημασία δεδομένου ότι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των είναι κοινά με αυτά των μεγαλύτερας τάξεως νεοτεκτονικών δομών της ευρύτερης περιοχής.

Σε πρώτη προσέγγιση, η γεωμετρία της δομής ευνοεί την κλασσική ερμηνεία του γεωδυναμικού καθεστώτος των λεκανών αυτών



Εικ.9 Νεοτεκτονικός χάρτης περιοχής Μαψού.

Fig.9 Neotectonic map of Mafso area.

με ένα αξονικό εφελκυσμό σε διεύθυνση Β-Ν, δεδομένου ότι τα ρήγματα παρουσιάζονται σαν ορθοκατακόρυφα ή ορθοκανονικά. Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε μία Β-Ν διεύθυνση για τον  $\sigma_3$ , Α-Δ για τον  $\sigma_2$  και περίπου κατακόρυφο τον  $\sigma_1$ . Υπάρχουν όμως ορισμένα γεωμετρικά και κινηματικά στοιχεία, που φανερώνουν ότι η δημιουργία και εξέλιξη αυτών των λεκανών είναι περισσότερο πολύπλοκη. Έτσι, η λοξή κλιμακωτή διάταξη των περιθωριακών ρηγμάτων τα εντάσσει σε σχεδόν κατακόρυφες διατμητικές ζώνες τύπου οριζόντιας ολίσθησης. Το γεγονός αυτό συνδυάζεται με το ότι οι παλαιότερες γραμμές προστριβής είναι σχεδόν οριζόντιες και μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα ρήγματα κατά το αρχικό στάδιο της δημιουργίας των λειτουργούσαν από κινηματική άποψη σαν ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης, χαρακτηριζόμενα σαν παρακατακόρυφα ή παρακεκλιμένα σύμφωνα με την ταξινόμηση των ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΥ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1987).

Οι λόγω της κινηματικής των ρηγμάτων δημιουργηθείσες λεκάνες και θυβίσματα είναι του τύπου "πλάγιας απομάκρυνσης" (pull apart basins, όρος που αναφέρεται στις λεκάνες που σχηματίζονται από τοπικό εφελκυσμό κατά μήκος ρηξιγενών ζωνών οριζόντιας ολίσθησης όπως καθιερώθηκε από τους BURCHFIELD & STEWART 1966). Στην περίπτωση αυτή, η κύρια τάση ( $\sigma_1$ ), πρέπει να ήταν περίπου οριζόντια με διεύθυνση Α-Δ, η ελάχιστη ( $\sigma_3$ ), Β-Ν και η ενδιάμεση ( $\sigma_2$ ), κατακόρυφη.

Είναι ενδιαφέρον ότι παρατηρήθηκε μία εξέλιξη των γραμμών προστριβής που ανταποκρίνεται στην εξέλιξη της κινηματικής των ρηγμάτων από μία αρχική οριζόντια κίνηση κατά παράταξη σε μία μεταγενέστερη πλάγια για να καταλήξει τέλος σε κατά κλίση (Εικ.8). Δηλαδή από γεωμετρική-κινηματική άποψη τα ρήγματα αρχικά χαρακτηρίζονται σαν παρακατακόρυφα ή παρακεκλιμένα για να εξελιχθούν σε πλαγιοκατακόρυφα ή πλαγιοκανονικά και να καταλήξουν σε ορθοκατακόρυφα ή ορθοκανονικά, δίνοντας στις λεκάνες την κινηματική εικόνα που παρουσιάζουν σήμερα.

Από δυναμική άποψη, το εντατικό καθεστώς κάτω από το οποίο πρωτοδημιουργούνται οι λεκάνες και τα ρήγματα, που όπως αναφέρθηκε λειτουργούν αρχικά αποκλειστικά σαν ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης, προϋποθέτει ένα άξονα ενδιάμεσης τάσης  $\sigma_2$  κατακόρυφο ή περίπου κατακόρυφο, ανάλογα με το αν οι ρηξιγενείς επιφάνειες είναι κατακόρυφες ή κεκλιμένες, ένα  $\sigma_1$  περίπου οριζόντιο στην διεύθυνση Α-Δ και ένα  $\sigma_3$  επίσης οριζόντιο στη διεύθυνση Β-Ν. Οι πρωτοδημιουργούμενες ρηξιγενείς επιφάνειες παρουσιάζουν μία λοξή κλιμακωτή διάταξη κατά μήκος των συζυγών διατμητικών επιπέδων που εμφανίζουν τότε δεξιόστροφη και τότε αριστερόστροφη κίνηση, (Εικ.10α).

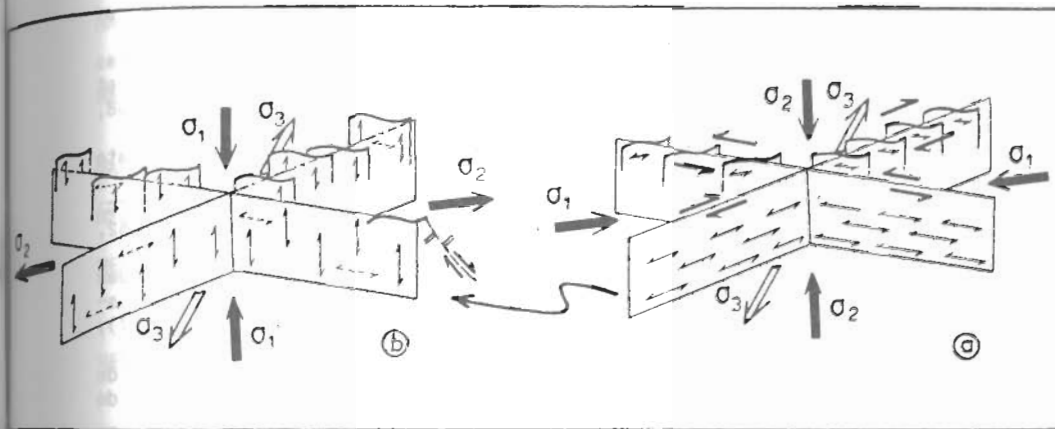
Η κατάσταση αυτή εξελίσσεται μέχρι τη σημερινή κινηματική εικόνα των ορθοκατακόρυφων ή ορθοκανονικών ρηγμάτων, όπου εκείνο που φαίνεται να αλλάζει δεν είναι το εντατικό πεδίο με την έννοια του συνολικού του προσανατολισμού, αλλά απλά τη θέση της  $\sigma_1$  παίρνει η  $\sigma_2$  και το αντίθετο, (Εικ.10β).

Το κυριότερο πιθανό αίτιο αυτής της σταδιακής μεταβολής στην κινηματική και δυναμική εξέλιξη αυτών των νεοτεκτονικών δομών είναι η αλλαγή της θέσης στα πλαίσια του γεωτεκτονικού καθεστώτος του Ελληνικού τόξου με μεταβολή του εντατικού πεδίου συναρτήσεως του χρόνου.

Κατά τα αρχικά στάδια δημιουργίας των λεκανών κάπου στο Άνω Μειλόκαινο - Κάτω Πλειόκαινο, η θέση της περιοχής που μελετήθηκε πρέπει να ήταν κοντά στο μέτωπο του τόξου της εποχής εκείνης με αποτέλεσμα να βρίσκεται κάτω από ένα ισχυρό καθεστώς οριζόντιας συμπίεσης, όπως συμβαίνει σήμερα στο χώρο του Ιονίου και της Δυτικής Πελοποννήσου. Με τη σταδιακή σχετική μετατόπιση

του μετώπου η περιοχή πέρασε στη σημερινή θέση όπου επικρατεί ο οριζόντιος εφελκυσμός.

Η επίδραση του βάθους παραμόρφωσης φαίνεται μία πιθανή πρόσθετη, σαφώς μικρότερης σημασίας, παράμετρος για την ερμηνεία της κινηματικής εξέλιξης των ρηξιγενών ζωνών, οι οποίες θα πρέπει να ξεκινούν τη δραστηριότητά τους σε κάποιο βάθος με σημαντική συμμετοχή οριζόντιας ολίσθησης, ενώ αντίθετα στην επιφάνεια όπου η διατμητική τάση τείνει να γίνει μηδενική με αύξηση της βαρύτητας, τα συζυγή συστήματα ρηγμάτων συμπεριφέρονται σαν ορθοκανονικά ρήγματα με πρόσθετα χαρακτηριστικά λιστρικών ρηγμάτων.



Εικ.10 Κινηματική και δυναμική ερμηνεία του αρχικού και τελικού σταδίου εξέλιξης των νεοτεκτονικών λεκανών της περιοχής.

Fig.10 Kinematic and dynamic interpretation of the initial and final stages of neotectonic evolution of Korinthos area.

Σαν ασθενές σημείο στα παραπάνω προβάλλει το ερώτημα, γιατί να μην υπάρχει η λογικά περισσότερο αναμενόμενη εξέλιξη, από το μέτωπο του τόξου προς το εσωτερικό, μίας αντιμετάθεσης του άξονα  $\sigma_1$  με τον  $\sigma_3$  και με το  $\sigma_2$  να παραμένει σταθερό σε οριζόντια θέση, δηλαδή επιπτεύσεις και αναστροφές ρήγματα που ακολουθούνται από ίδιας διεύθυνσης κανονικά ρήγματα; Το παραπάνω ερώτημα γίνεται πιο σημαντικό όταν τεκμηριωθεί με το παράδειγμα της Νότιας Πελοποννήσου, όπου την Ολιγο-Μειοκαινική Α-Δ συμπίεση της "αλπικής δομής" διεδέχθη η Α-Δ Πλειοτεταρτογενής "νεοτεκτονικός" εφελκυσμός, όπως δείχνουν οι λεκάνες-τεκτονικοί τάφροι Μεσσηνίας, Σπάρτης και Αργολικού κόλπου ανάμεσα στις οροσειρές-τεκτονικά κέρατα Πύλου, Ταϊγέτου και Πάροννα.

Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ο γενικότερος χαρακτήρας του Κορινθιακού κόλπου σαν μία εγκάρσια προς το σημερινό Ελληνικό τόξο νεοτεκτονική δομή, εγκάρσια επίσης και προς τον "αλπικό τεκτονικό ιστό των Ελληνίδων". Η σύγκριση της αλπικής τεκτονικής θόρεια και νότια του Κορινθιακού οδηγεί στον εντοπισμό μίας δεξιόστροφης οριζόντιας συνιστώσας της τάξεως μερικών δεκάδων Km,

όπως αυτή φαίνεται από την μετάθεση των μετώπων των επωθήσεων των ενωτήτων Γαθρόβου και Πίνδου. Τέλος, η οριοθέτηση της ενότητας Παρνασσού βόρεια του Κορινθιακού μεταθέτει την πιθανότητα ύπαρξης μιάς "πρωτοκορινθιακής" εγκάρσιας τεκτονικής δομής στην προορογενετική περίοδο, με αντιστοιχία προς τις άλλες εγκάρσιες δομές των Ελληνίδων όπως και βορειότερα των Δειναρίδων, για τις οποίες ήδη από το 1975 οι AUBOUIN & DERCOURT έχουν προτείνει την πιθανή προέλευσή των από παλαιά ρήγματα μετασχηματισμού.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ - REFERENCES

- ANDERSON, E.M. (1942): The dynamics of faulting. *Oliber & Boyd, Edinburg et 2e edit.*, 1951, 206 p.
- ANGELIER, J. (1975): Sur l'analyse de mesures recueillies dans des sites failles: l'utilite d'une confrontation entre les methodes dynamiques et cinematiques. *C. R. Acad. Sci., Paris, (D)*, t. 281, p. 1805-1808, Erratum: *Ibid*, (D), t. 283, 1976, p. 466.
- ANGELIER, J. (1978): Tectonic evolution of the Hellenic Arc since the Late Miocene. *Tectonophysics*, 49, 23-36.
- ANGELIER, J. (1979): Recent Quaternary Tectonics in the Hellenic Arc: examples of geological observations on land. *Tectonophysics*, 52, 267-275.
- ANGELIER, J. - MECHLER, P. (1977): Sur une methode graphique de recherche des contraintes principales egalement utilisable en tectonique et en seismologie: la methode des diedres droits. *Bull. Soc. Geol. France*, (7), t. XIX, no 6, p. 1309-1318.
- ARTHAUD, F. (1969): Methode de determination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermediaire d'une population de tailles. *Bull. S. G. F.*, 7, XI, p. 729-737.
- AUBOUIN, J. - DERCOURT, J. (1975): Les transversales dinariques derivent-elles de paleofailles transformantes? *C. R. Acad. Sc. Paris*, 281, 347-350
- BURCHFIEL, B.C. - STEWART, S.H. (1966): "Pull apart" origin of the central segment of Death Valley California. *Geol. Soc. of Amer. Bull.*, v.77, 439-442.
- CAREY, E.C. (1976): Analyse numerique d'une modele mecanique elementaire applique a l'etude d'un population de failles: calcul d'un tenseur moyen des contraintes a partir des stries de glissement. *These 3e cycle, Tectonique generale, Univ. Paris-Sud*, 138 p.
- FREYBERG, B.C. (1973): Geologie des Isthmus von Korinth. *Erlanger geol. Abh.*, H.95, 183 s.
- HIGGS, B. (1988): Syn-sedimentary structural controls on basin deformation in the Gulf of Corinth, Greece. *Basin Research*, v.1, Nb.3, 155-165.
- JACKSON, J.A. - GAGNEPAIN, J. - HOUSEMAN, G. - KING, G.C.P. - PAPADIMITRIOU, P. - SOULIERIS, C. - VIRIEUX, J. (1982): Seismicity, normal faulting, and the geomorphological development of the Gulf of Corinth (Greece): the Corinth earthquake of February and March 1981. *Earth. planet. Sci. Lett.*, 57, 377-397.
- JACKSON, J.A. - KING, G. - VITA-FINZI, C. (1982): The neotectonics of the Aegean: an alternative view. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 61, 303-318.
- JACKSON, J.A. - MCKENZIE, D.P. (1983): The geometrical evolution of normal fault systems. *Jur. struct. Geol.*, 5, 471-482.
- JACKSON, J. - MCKENZIE, D. (1988): Rates of active deformation in the Aegean Sea and surrounding regions. *Basin Research*, v.1, Nb.3, 121-128.
- KERAUDREN, B. - SOREL, D. (1987): The terraces of Corinth (Greece) - a detailed record of eustatic sea-level variations during the last 500,000 years. *Marine Geology*, 77, 99-107.
- LE PICHON, X. - ANGELIER, J. (1979): The Hellenic Arc and Trench system: a key

- to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- LYKOUSIS, P. - PAVLAKIS, P. - PAPANIKOLAOU, D. - CHRONIS, G. - ANAGNOSTOU, C. - ROUSSAKIS, G. - SYSKAKIS, D. (1988): Neotectonic structure and evolution of the western Saronikos gulf. *XXXI Congr. of CIESM, Athens 1988, Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 31, 2, p 98.
- MARIOLAKOS, I. - PAPANIKOLAOU, D. (1981): The Neogene Basins of the Aegean Arc from the Paleogeographic and Geodynamic point of view. *Intern. Symp. on the Hell. Arc and Trench (H.E.A.T.)*, V1, 383-399.
- MARIOLAKOS, I. - PAPANIKOLAOU, D. - SYMEONIDIS, N. - LEKKAS, S. - KAROTSIERIS, Z. - SIDERIS, CH. (1981): The deformation of the area around the eastern Korinthian gulf, affected by the earthquakes of February-March 1981. *Int. Symp. H.E.A.T.*, V1, 400-420.
- MARIOLAKOS, I. - PAPANIKOLAOU, D. - LAGIOS, E. (1985): A neotectonic geodynamic model of Peloponnesus based on morphotectonics, repeated gravity measurements and seismicity. *Geol. Jb.*, B50, 3-17.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. - ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1987): Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης-σεισμικότητας στο Ελληνικό τόξο. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, XIX, 59-76.
- MARIOLAKOS, I. - STIROS, S. (1987): Quaternary deformation of the Isthmus and gulf of Corinthos (Greece). *Geology*, v.15, p. 225-228.
- MERCIER, J.L. (1979): Signification neotectonique de l'arc egeen. Une revue des idees. *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn.*, 21, 5-16.
- MERCIER, J.L. - CAREY, E. - PHILIP, H. - SOREL, D. (1975): La neotectonique plio-quaternaire de l'Arc Egeen externe et de la mer Egee et ses relations avec la seismocite. *Ve Coll. sur la geol. des reg. egeenes, Orsay, Bull. Soc. geol. France*, (7), XVIII, 2, p. 355-372.
- MERCIER, J.L. - DELIBASIS, N. - GAUTHIER, A. - JARRIGE, J. - LEMEILLE, F. - PHILIP, H. - SEBRIER, M. - SOREL, D. (1979): La neotectonique de l'Arc Egeen. *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn.*, 21, 67-92.
- NEGRIS, PH. (1913): Note sur l'origine des terraces du nord du Peloponnes. *C. R. somm. Soc. Geol. France*, (4), 13, 138-140.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1984): Εισαγωγή στην τεκτονική ανάλυση των ρηγμάτων της Ελλάδας. *ΤΕΕ, Συνεδρ. "ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ"*, Αθήνα 1984, Πρ. 2, 1030-1044.
- PAPANIKOLAOU, D. - LYKOUSIS, V. - CHRONIS, G. - PAVLAKIS, P. (1988): A comparative study of neotectonic basins across the Hellenic arc: the Messinikos, Argolikos, Saronikos and Southern Evoikos Gulfs. *Basin Research*, 1, 167-176.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. - ΛΟΓΟΣ, Ε. - ΛΟΖΙΟΣ, Σ. - ΣΙΔΕΡΗΣ, Χ. (1989): Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000, φύλλο "ΚΟΡΙΝΘΟΣ". Επεξηγηματικό τεύχος, 72 σελ., *Ο.Α.Σ.Π.*
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. - ΧΡΟΝΗΣ, Γ. - ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β. - ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π. - ΡΟΥΣΣΑΚΗΣ, Γ. - ΣΥΣΚΑΚΗΣ, Δ. (1989): Υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης Σαρωνικού κόλπου κλίμακας 1:100.000. *ΟΑΣΠ, ΕΚΘΕ, Παν/μιο Αθηνών*.
- SEBRIER, M. (1977): Tectonique recente d'une transversale a l'Arc Egeen. Le golfe de Corinthe et ses regions peripheriques. *These, Paris 1977*.
- VITA-FINZI, C. - KING, G.C. (1985): The seismicity, geomorphology and structural evolution of the Corinth area of Greece. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A 314, 379-407.