

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΑΡΑΓΩΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΡΗΞΙΤΕΜΑΧΩΝ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΣΤΟΥΡΝΑΡΟΡΡΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΠΕΛΕΣΙΤΣΑ (Ν. ΦΩΚΙΔΑΣ)*

Ι. ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ¹ & Μ. ΦΟΥΜΕΛΗΣ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία σκοπό έχει την αναγνώριση μεγάλης κλίμακας νεοτεκτονικών παραμορφώσεων στην ευρύτερη περιοχή της Ερατεινής (Ν. Στερεά Ελλάδα), από την μελέτη του υδρογραφικού δικτύου, των επιφανειών επιπέδωσης και του υπεδαφικού χάρτη της τεκτονικής επαφής μεταξύ της ενότητας των Βαρδουσιών και της Πίνδου. Συγκεκριμένα εξετάζονται οι ασυμμετρίες των επιμέρους κλάδων των λεκανών του Ρ. Στουρναρόρρεμα και του Ρ. Μπελεσίτσα (κλάδος του Μόρνου ποταμού). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προς αυτή την κατεύθυνση παρουσιάζουν οι συστηματικές τάσεις προσανατολισμού του ανύσματος του Παράγοντα Εγκάρσιος Τοπογραφικής Συμμετρίας 'Τ' καθώς και η γεωγραφική του κατανομή. Έτσι υπολογίστηκε η μέση τιμή του παραπάνω παράγοντα ασυμμετρίας για τους κλάδους 3^{ης} τάξης των δύο λεκανών και λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τις επιδράσεις της τεκτονικής και της λιθολογίας στις θεωρούμενες τιμές ασυμμετρίας, προτείνουμε μια πιθανή αντίρροπη στρέψη των δύο λεκανών γύρω από οριζόντιο άξονα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

ABSTRACT

The aim of the present study is to detect large scale neotectonic deformation in the wider area of Eratini (South Sterea region), by examining its drainage network, the planation surfaces and the structural contour map of the contact between Bardousia and Pindos geotectonic units. In particular we examined the asymmetry of Stournarorema and Belesitsas (tributary of Mornos river) basins. The main interest of this attempt was to reveal systematic orientation of the Transverse Topographic Symmetry Vector 'T' as well as its geographic distribution. Thus we estimated the above asymmetry factor for the 3rd order streams of both basins and taking in consideration the influence of the tectonic structure and the lithology of the area to the estimated asymmetry values, we suggest a possible counterbalancing rotation of these basins along a horizontal axis of NE-SW direction.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ερατεινή, Ρ. Στουρναρόρρεμα, Ρ. Μπελεσίτσα, Ασυμμετρίες του υδρογραφικού δικτύου, Περιστροφή Νεοτεκτονικών τεμαχών.

KEY WORDS: Eratini, Stournarorema, Belesitsas, Asymmetries of drainage network, Rotation of Neotectonic blocks.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο βόρειο περιθώριο του Κορινθιακού κόλπου και συγκεκριμένα στην ευρύτερη περιοχή της κοινότητας της Ερατεινής του νομού Φωκίδας. Στην περιοχή απαντούν σχηματισμοί της ενότητας Πίνδου καθώς και της ελωθημένης σ'αυτή ενότητα των Βαρδουσιών.

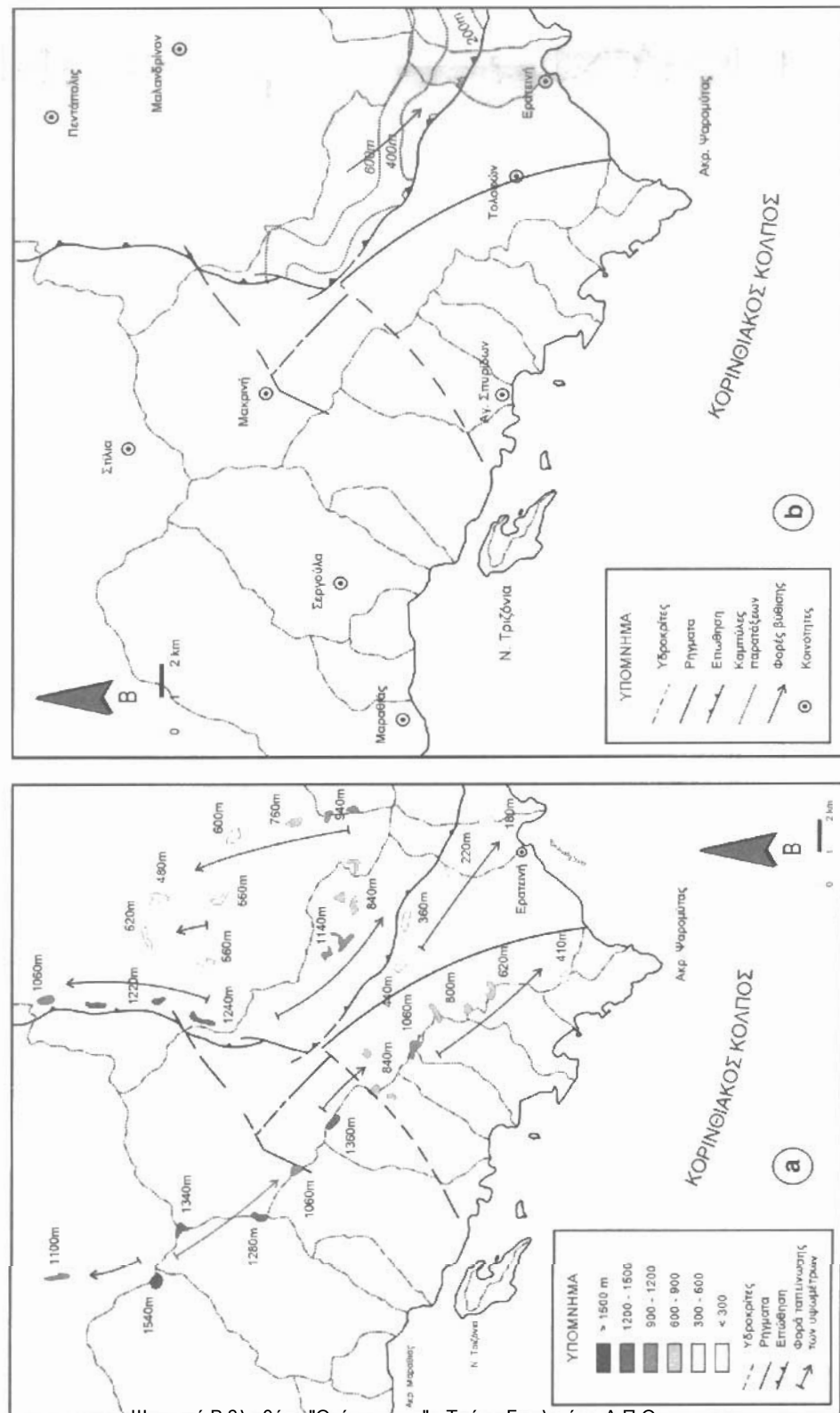
Η ευρύτερη παράκτια περιοχή της Ερατεινής βρίσκεται σε καθεστώς βύθισης γεγονός που διαπιστώνεται τόσο με γεωλογικά κριτήρια (Μαριολάκος Η., 1975), όσο και με γεωδαιτικά δεδομένα (Bernard et al., 1996), αλλά και από την διάταξη των παράκτιων υδρολογικών λεκανών 3^{ης} ή μικρότερης τάξης (Εικ. 1). Η απώλεια τμημάτων της ακτής λόγω της παρατηρούμενης βύθισης είχε ως αποτέλεσμα την αποκοπή μέρους των υδρολογικών λεκανών με συνέπεια επιμέρους τμήματά τους να εμφανίζονται πλέον ως ανεξάρτητα μικρότερης τάξης δίκτυα (2^{ης} και 3^{ης}), ο προσανατολισμός των οποίων (ΒΑ-ΝΔ) είναι σχεδόν εγκάρσιος στις αλπικές δομές της περιοχής (άξονες μέγα πτυχών και λέπη).

Βασικός λοιπόν στόχος της εργασίας ήταν η κατανόηση της κινηματικής και της γεωμετρίας των νεοτεκτο-

* ASYMMETRIC DEVELOPMENT OF DRAINAGE NETWORKS AS A FACTOR FOR THE RECOGNITION OF NEOTECTONIC BLOCK ROTATION. THE CASE OF STOURNARORREMA AND BELESITSAS BASINS (FOKIDA PREFECTURE, GREECE)

1. Univ. of Athens, Faculty of Geology, Panepistimiopolis Zografou, 15784, Athens Greece. fountoulis@geol.uoa.gr

Εικ. 3 : (α) Η γεωγραφική κατανομή των επιφανειών επιπέδωσης (β) Ο υψομετρικός χάρτης της επαφής των Βαρδουσιών και της Πίνδου.
 Fig. 3 : (a) The geographical distribution of the planation surfaces (b) The structural contour map of the contact between Bardousia and Pindos geotectonic units.



BA τμήμα της λεκάνης και η έντονη καρστικοποίησή τους συνέβαλλε στην παρατηρούμενη ανομοιομορφία. Άλλες αποκλίσεις συνδέονται με τεκτονικά φαινόμενα κοντά στο μέτωπο της επώθησης και ιδιαίτερα στη λεκάνη του Μπελεσίτσα, όπου διακρίνονται χαρακτηριστικά ενός 'contorted' δικτύου, η ροή δηλαδή των επιμέρους κλάδων είναι αντίθετη προς εκείνη του κύριου (Bloom, 1978). Συγκεκριμένα ενώ η φορά αποστράγγισης των λεκανών 16 και 17 (3^{ης} τάξης) είναι προς νότο (Εικ. 2), οι συγκεκριμένοι κλάδοι συμβάλλουν δίνοντας έναν 4^{ης} τάξης με διεύθυνση σχεδόν Α-Δ και ακολουθεί ένας 5^{ης} τάξης κλάδος, ο οποίος κάμπεται με τη σειρά του και ενώνεται τελικά με τον κύριο κλάδο της λεκάνης (Μπελεσίτσα) όπου η φορά ροής είναι προς τα ΒΒΔ.

Η ανάπτυξη των λεκανών κατά αυτό τον τρόπο υποδεικνύει ότι οι λεκάνες πρέπει να περιστρέφονται αντίρροπα γύρω από έναν οριζόντιο άξονα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Προκειμένου να πιστοποιηθεί μια τέτοια χαρακτηριστική κίνηση, εξετάστηκε η φορά ασυμμετρίας στους επιμέρους κλάδους των δικτύων. Λόγω της παραλληλίας των κλάδων 5^{ης} και 4^{ης} τάξης στην λεκάνη του Μπελεσίτσα με τον κύριο κλάδο και αντίστοιχα των 4^{ης} τάξης στην λεκάνη του Στουρναρόρρεματος, θεωρήθηκε σκόπιμος ο προσδιορισμός της ασυμμετρίας στους κλάδους 3^{ης} τάξης και στις δύο λεκάνες. Θα πρέπει να τονισθεί εδώ ότι η σχεδόν κάθετη ανάπτυξη του ρέματος Καρουτιανόρρεμα προς τη διεύθυνση αποστράγγισης της λεκάνης επιτρέπει την εξέταση της ασυμμετρίας, που στην περίπτωση αυτή συμβαδίζει με το προαναφερθέν πρότυπο κίνησης, εφόσον ο συγκεκριμένος κλάδος φαίνεται να είναι μετατοπισμένος προς το βόρειο υδροκρήτη του.

Για την ποσοτική προσέγγιση της ασυμμετρίας χρησιμοποιήθηκε ο Παράγοντας Εγκάρσιας Τοπογραφικής Συμμετρίας $T_s = Da/Dd$, όπου Da η κάθετη απόσταση μεταξύ της κοίτης του ρέματος (μέση διεύθυνση) και της διαμέσου της λεκάνης και Dd η κάθετη απόσταση μεταξύ της κοίτης του ρέματος και του υδροκρήτη στην ίδια πλευρά που μετράται το Da (Cox, 1994, Φουντουίλη & Μπακοπούλου, 1999). Με αυτή την έννοια οι τιμές ασυμμετρίας κυμαίνονται μεταξύ του μηδενός για απόλυτα συμμετρικές λεκάνες και της μονάδας στις περιπτώσεις όπου ο κλάδος ταυτίζεται θεωρητικά, λόγω της μετατόπισής του, με τον υδροκρήτη της λεκάνης του. Το μέτρο του ανύσματος ασυμμετρίας αντιπροσωπεύει πρακτικά το μέγεθος της εγκάρσιας μετατόπισης που υφίσταται κάθε κλάδος, ενώ η φορά του τη φορά της μετατόπισης. Η μέση τιμή των ανυσμάτων ασυμμετρίας κάθε λεκάνης υπολογίστηκε με στατιστική επεξεργασία του συνόλου των μετρήσεων κάθε λεκάνης σε δίκτυο στερεογραφικής προβολής Schmidt. Πρέπει να τονισθεί ότι η μέση τιμή των ανυσμάτων ασυμμετρίας διαφέρει από την αριθμητική μέση τιμή αυτής διότι στην τελευταία δε λαμβάνεται υπ' όψιν ο προσανατολισμός της.

Η κατανομή των ανυσμάτων ασυμμετρίας επιτρέπει εν μέρει την αντίληψη συγκεκριμένων τάσεων προσανατολισμού της ασυμμετρίας, εφόσον στο συνολικό αποτέλεσμα εμπεριέχονται οι άμεσες ή/και έμμεσες επιδράσεις της τεκτονικής και της λιθολογίας. Πολλές είναι οι περιπτώσεις όπου διάφοροι κλάδοι αναπτύσσονται ή μετατοπίζονται εν συνεχεία κατά μήκος του ίχνους των ρηγμάτων ή των στρωματογραφικών επαφών (στο μεγαλύτερο μέρος τους στην συγκεκριμένη περιοχή αποτελούν επιφάνειες αποκολλήσεων), λόγω της μειωμένης ανθεκτικότητας των πετρωμάτων σε αυτές τις ζώνες. Το περιορισμένο μήκος ορισμένων ρεμάτων δεν επιτρέπει επίσης τη θεώρησή τους στην τελική εξέταση της λαμβανόμενης κίνησης, ενώ οι παρατηρούμενες αποκλίσεις οφείλονται έως ένα βαθμό και στον προσανατολισμό των κλάδων 3^{ης} τάξης. Κλάδοι που δεν αναπτύσσονται κάθετα στη διεύθυνση ροής των κύριων κλάδων των λεκανών τους μετατοπίζονται υπό γωνία ακόμα και αν η συνολική βύθιση της λεκάνης έχει διαφορετική φορά.

Έτσι στη λεκάνη του Μπελεσίτσα στην πλειοψηφία τους οι εγκάρσιες μετατοπίσεις των κλάδων ακολουθούν τη φορά αποστράγγισης της λεκάνης (σχεδόν προς τα ΒΔ), με τις περισσότερες εξαιρέσεις να τοποθετούνται στους χώρους κοντά στο μέτωπο της επώθησης των Βαρδουσιών πάνω στην Πίνδο, όπου οι μέσες τιμές ασυμμετρίας έχουν φορά σχεδόν προς τα ανατολικά (Εικ. 2b).

Στο Στουρναρόρρεμα εμφανίζεται μια πιο περίπλοκη διάταξη, με τους επιμέρους κλάδους στο δυτικό τμήμα της λεκάνης να εμφανίζουν μια κυματοειδείς διακύμανση της φοράς ασυμμετρίας σε διεύθυνση παράλληλη με τη διάταξη της λεκάνης (ΒΔ-ΝΑ), γεγονός που αποδίδεται στις τοπικές (άμεσες ή/και έμμεσες) επιρροές της τεκτονικής. Αντίθετα κατά μήκος του ανατολικού υδροκρήτη και κοντά στο μέτωπο της επώθησης, η φορά ασυμμετρίας κυμαίνεται από δυτικά έως ΔΒΔ, εξαρτώμενη έως ένα βαθμό και από τον αρχικό προσανατολισμό του κάθε κλάδου (Εικ. 2a).

Συνεπώς και για τις δύο λεκάνες παρατηρείται μια συστηματική με αντίθετη όμως κατανομή της φοράς ασυμμετρίας εκατέρωθεν του κοινού τους υδροκρήτη. Χαρακτηριστική είναι η ελάττωση του μέτρου της ασυμμετρίας καθώς απομακρυνόμαστε από την περιοχή όπου βρίσκεται το μέτωπο της επώθησης των Βαρδουσιών στην Πίνδο.

Διακρίνεται λοιπόν σαφέστερα στην λεκάνη του Μπελεσίτσα και λιγότερο στο Στουρναρόρρεμα μια τάση μετατόπισης των ρεμάτων προς τη φορά της αποστράγγισης κάθε λεκάνης, γεγονός που δείχνει ότι οι λεκάνες πρέπει να περιστρέφονται γύρω από οριζόντιο άξονα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης με αντίθετες φορές. Οι παρατηρούμενες αποκλίσεις οφείλονται πιθανό στην έντονη ανύψωση των πετρωμάτων κατά μήκος του μετώπου της επώθησης.

ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Επιπλέον στοιχεία που ενισχύουν ένα τέτοιου χαρακτήρα κινήματιο καθεστώς είναι η γεωγραφική κατανομή των επιφανειών επιπέδωσης που αναπτύσσονται στις παραπάνω λεκάνες καθώς και η γεωμετρία της τεκτονικής επαφής του καλύμματος των Βαρδουσιών, που απεικονίζεται στον υπεδαφικό χάρτη (Εικ. 3b).

Στη λεκάνη του Μπελεσιόσα οι επιφάνειες επιπέδωσης με τα μεγαλύτερα υψόμετρα βρίσκονται στο ΝΝΑ τμήμα της, ενώ εκείνες με τα μικρότερο στο ΒΒΔ, έχουμε δηλαδή μια σταδιακή μείωση των υψόμετρων από τα ΝΝΑ προς τα ΒΒΔ, όντας ταυτόχρονα ομόροπη προς τη φορά ροής του κύριου κλάδου. Οι επιφάνειες επιπέδωσης κοντά στο μέτωπο της ελώθησης ακολουθούν την παραπάνω διάταξη έχοντας όμως αισθητά μεγαλύτερα υψόμετρα λόγω της εντονότερης ανύψωσης των πετρωμάτων κατά μήκος αυτής της ζώνης (Εικ. 3a). Στη λεκάνη του Στουρναρορρέματος οι επιφάνειες επιπέδωσης παρουσιάζουν στο σύνολό τους μια τάση μείωσης των υψόμετρων τους παράλληλα προς τη φορά αποστράγγισης της λεκάνης.

Τοπικές μεταβολές των υψόμετρων σε αυτήν αλλά και σε εγκάρσια διεύθυνση, αποδίδονται στη συνδυαστική δράση κυρίως των μεγάλων ρηξιγενών δομών της περιοχής, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (Εικ. 3a).

Διακρίνουμε επομένως τρεις περιοχές όπου παρατηρούνται εγκάρσιες διακυμάνσεις των υψόμετρων των επιφανειών επιπέδωσης, χωρίς να επηρεάζεται η γενικότερη τάση μείωσης των υψόμετρων προς τα ΝΑ. Μια πρώτη που εκτείνεται από το ανατολικό υδροκρήτη έως το ίχνος του μετώπου του ελωθημένου καλύμματος, όπου η ταπεινώση

των υψόμετρων ξεκινά από τα 1240m στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης και φτάνει τα 840m στα ΝΑ, μια δεύτερη από το μέτωπο της ελώθησης έως το ρήγμα που περνά από την κοινότητα του Τολοφώνα, με σαφώς μικρότερα υψόμετρα από τα 440m έως τα 180m και τέλος μια τρίτη, με τις επιφάνειες εκείνες που αναπτύσσονται κατά μήκος του δυτικού υδροκρήτη της λεκάνης, όπου η δράση εγκάρσιων ρηγμάτων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης είναι σαφώς εκφρασμένη στην κατανομή των επιμέρους υψόμετρων. Έτσι διακρίνουμε μια σταδιακή μείωση από τα 1340m έως τα 1060m στη συνέχεια παρατηρείται μια τοπική ανύψωση με επιφάνειες από τα 1360m έως τα 840m και ακολουθεί μια δεύτερη παρατόπιση με επιφάνειες από τα 1060m έως τα 410m, έχουμε δηλαδή ένα είδος κυματοειδούς ανάπτυξη των επιφανειών επιπέδωσης σε αυτή την περιοχή. Τέλος όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επαφής του ελωθημένου καλύμματος των Βαρδουσιών στο ανατολικό όριο της λεκάνης του Στουρναρορρέματος, φαίνεται ότι κλίνει προς τα ΝΝΑ, γεγονός που συμβαδίζει με τα υπόλοιπα επιφανειακά μορφοτεκτονικά στοιχεία που περιγράφηκαν.

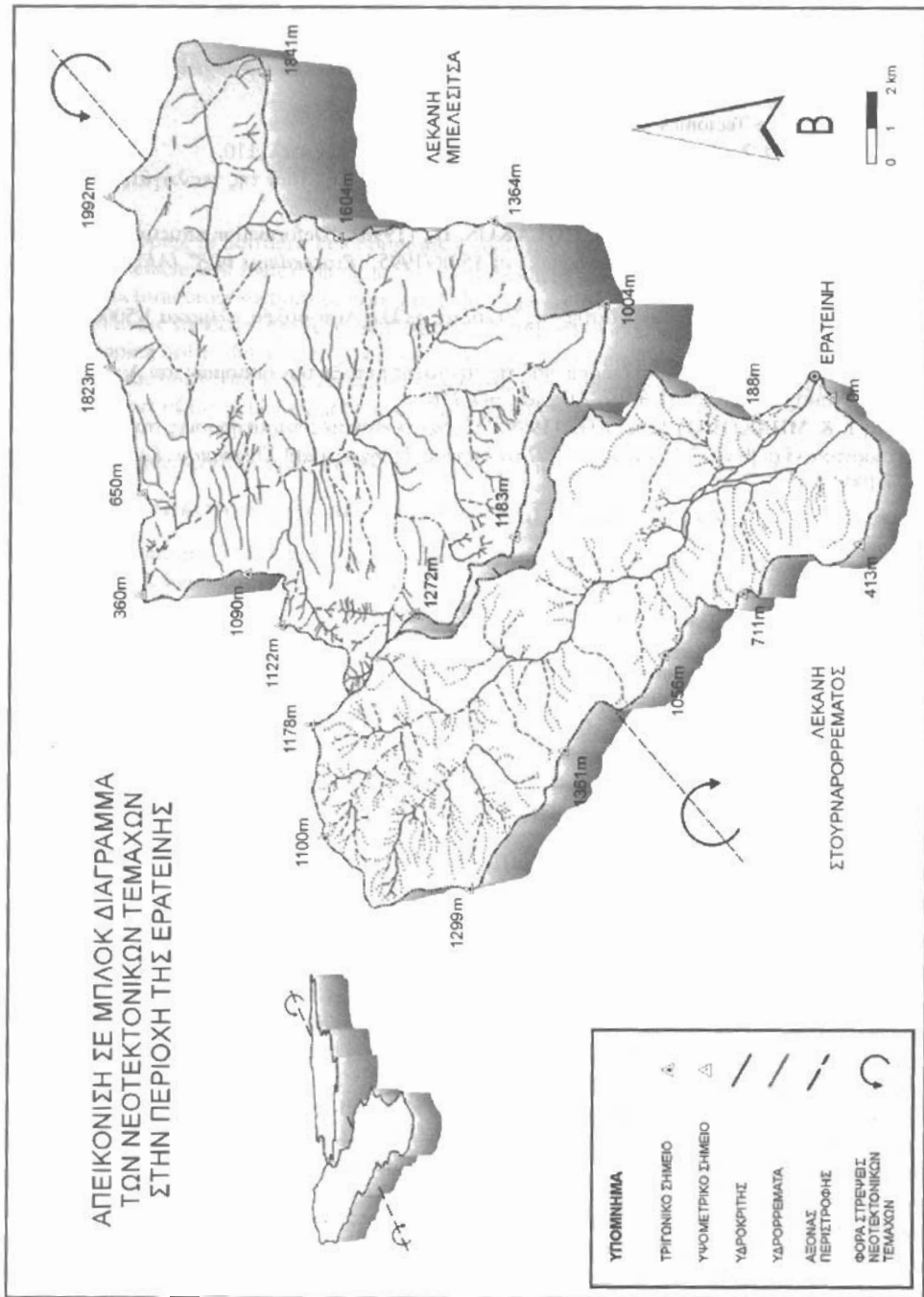
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα στοιχεία που προκύπτουν από την κατανομή της ασυμμετρίας όπως αυτή περιγράφεται ποιοτικά και ποσοτικά από το ανύσμα του παράγοντα εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (Τ) στις λεκάνες του Στουρναρορρέματος και του Μπελεσιόσα, συμφωνούν με τη φορά μείωσης των απόλυτων υψόμετρων των επιφανειών επιπέδωσης καθώς και την κλίση της επαφής του τεκτονικού καλύμματος των Βαρδουσιών με την Πίνδο.

Συγκεκριμένα, η προς τη φορά αποστράγγισης των λεκανών, (του μεν Στουρναρορρέματος προς τα ΝΑ, του δε Μπελεσιόσα προς τα ΒΔ), επιμήκης ανάπτυξη των κλάδων 4^{ης} και 5^{ης} τάξεις, μετατόπιση των επιμέρους κλάδων 3^{ης} τάξης, μείωση των υψόμετρων των επιφανειών επιπέδωσης, αλλά και η ΝΑ κλίση της επιφάνειας της ελώθησης, υποδηλώνουν ένα καθεστώς περιστροφικού χαρακτήρα.

Οι αποκλίσεις ωστόσο των ανυσιμάτων ασυμμετρίας, εμφανίζουν με τη σειρά τους μια συστηματικότητα εκατέρωθεν του μετώπου της ελώθησης, με φορές προς τα ΒΔ έως τα ΝΔ στο σχετικά αυτόχθονο της Πίνδου και αντίστοιχες ανατολικές έως ΝΑ στο αλλόχθονο των Βαρδουσιών, λόγω της ανύψωσης των πετρωμάτων κατά μήκος αυτής της ζώνης. Επιπλέον τοπικές αποκλίσεις οφείλονται είτε στην επίδραση (άμεση ή έμμεση) των ρηξιγενών δομών της περιοχής, είτε στον αρχικό προσανατολισμό των κλάδων, εφόσον υδρορρέματα με παράλληλη έως υποπαράλληλη και όχι τελείως εγκάρσια ανάπτυξη στη φορά ροής του κύριου κλάδου της εκάστοτε λεκάνης, δεν παρέχουν τις αναμενόμενες φορές μετατόπισης.

Όλα τα παραπάνω δεδομένα υποδεικνύουν μια αντίρροπη στρέψη των δύο δικτύων γύρω από οριζόντιο άξονα ΒΑ-ΝΔ προσανατολισμού (Εικ. 4). Η απουσία κάποιας εμφανούς ρηξιγενούς ζώνης στα όρια των δύο υδρολογικών λεκανών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είτε η παραμόρφωση έχει πλαστικό χαρακτήρα, είτε συνδέεται με την ελώθηση των Βαρδουσιών.



*Εικ. 4 : Σχηματική απεικόνιση της αντίρροπης στρέψης των νεοτεκτονικών οριζιμαχών γύρω από οριζόντιο άξονα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.
Fig. 4 : Schematic depiction of the counterbalancing rotation of the neotectonic blocks around a horizontal NE-SW axis.*

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BERNARD, P. & 24 others, (1996).** The $M_s=6.2$, June 15, 1995 Aigion earthquake. Results of a multidisciplinary study : evidence for low angle normal faulting in the Corinth rift.' *Journal of Seismology*, 1:131-150.
- BLOOM, A.L., (1978)** 'Geomorphology' Prentice Hall, Inc.: New Jersey, U.S.A., 482p.
- COX, R.T., (1994)** 'Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment.' *Geological Society of America Bulletin*, v.106, p.571-581.
- KELLER E., (1996)** 'Active Tectonics' 338p.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., (2000)** 'Σημειώσεις Νεοτεκτονικής' Παν/μο Αθηνών, σελ. 110.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., (1975)** 'Σκέψεις και απόψεις επί ορισμένων προβλημάτων της γεωλογίας και τεκτονικής δομής της Πελοποννήσου.' *Annal. Geol. Pays Hellen.*, 27, 215-313.
- MARIOLAKOS, I., FOUNTOULIS, I., MARIOLAKOS, D., (1998).** 'Deformation structures at the Gulf of Corinth, Greece, induced by the Eigion Earthquake of 15/06/1995.' *Proceedings of 8th IAEG Congress*, Vancouver, Canada, 789-795.
- ΠΑΡΑΣΧΟΥΔΗΣ, Β., (1977)** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Αμυγδαλέα, κλίμακα 1/50000, εκδόσεων Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΦΟΥΜΕΛΗΣ, Μ., (2000)**, 'Νεοτεκτονική διερεύνηση της περιοχής μεταξύ των οικισμών του Αγ. Νικολάου και της Ερατεινής, Νομός Φωκίδας.' Παν/μο Αθηνών, σελ 116.
- ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι. & ΜΠΑΚΟΠΟΥΛΟΥ, ΑΘ., (1999)** 'Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη του ποταμού Πραμορίτσα (Γρεβενά).' *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Ελλην. Γεωγραφική Εταιρεία*, 94-100.