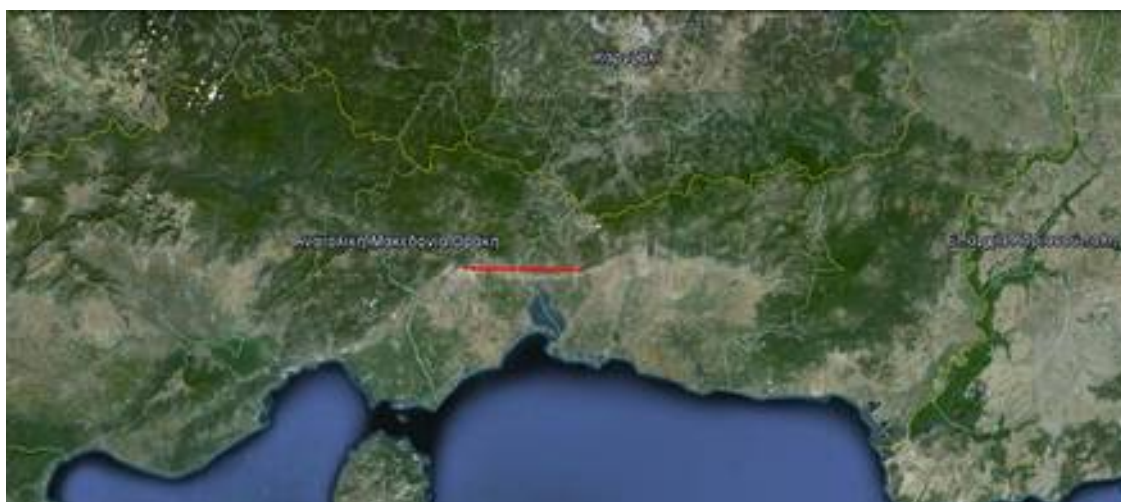


ΙΟΥΛΙΟΣ 2012

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &
ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**«ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ ΞΑΝΘΗΣ -
ΠΟΛΥΑΝΘΟΥ»**

ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΛΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Α.Ε.Μ. 3685

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΣΠΥΡΟΣ ΠΑΥΛΙΔΗΣ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

4.ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

6. ΣΕΙΣΜΟΪΣΤΟΡΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ

7. ΤΟ ΡΗΓΜΑ ΞΑΝΘΗΣ-ΙΑΣΜΟΥ-ΠΟΛΥΑΝΘΟΥ

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, πέρα της σημαντικότητάς της ως μάθημα, αποτελεί μία σημαντική προσπάθεια να εξοικειωθώ με τη νεοτεκτονική μελέτη των ενεργών τεκτονικών δομών και διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στο φλοιό της γης, γενικά, και ειδικότερα στη χώρα μας και την περιοχή της Ξάνθης από την οποία και κατάγομαι.

Η εργασία μου αποτελείται από δύο βασικά μέρη. Στο πρώτο μέρος το βιβλιογραφικό, διδάχτηκα αρκετά για τον κλάδο της νεοτεκτονικής και των μεθόδων της και γνώρισα ένα κομμάτι γεωλογικό της Ελλάδος πολύ σημαντικό που συντέλεσε στη δημιουργία πολλών ερωτημάτων μου για τη Μάζα της Ροδόπης, τόσο επιστημονικά όσο και υπαρξιακά, που ελπίζω να έχω το χρόνο και τα μέσα να απαντήσω στα επόμενα χρόνια, παρόλο που η παρούσα εργασία έχει φτάσει στο τέλος της.

Το δεύτερο κομμάτι αποτελεί την παρατήρηση στην ύπαιθρο, ένα κομμάτι πραγματικά σημαντικό. Η γεωλογία, ως επιστήμη περιγραφική και επιστήμη που μελετά τη γη, δεν θα μπορούσε ποτέ να υπάρξει χωρίς την παρατήρηση υπαίθρου. Πρόκειται για μία πραγματικά υπέροχη εμπειρία, πλημμυρισμένη από ποικίλα συναισθήματα. Στην ύπαιθρο σου δίνεται η ευκαιρία να παρατηρήσεις με τα δικά σου μάτια όλα όσα έχεις διαβάσει για μία περιοχή. Σου δίνεται η ευκαιρία να παρατηρήσεις, να προβληματιστείς, να απαντήσεις και να ξαναρωτήσεις. Σου δίνεται η ευκαιρία να αμφιβάλλεις για τον εαυτό σου και σε εφοδιάζει με το πείσμα και τη φλόγα που πρέπει να διακατέχει κάθε επιστήμονα. Κατά τη διάρκεια της περιπλάνησης του στην ύπαιθρο ο Γεωλόγος δεν έρχεται σε επαφή μόνο με το γνωστικό αντικείμενο της Γεωλογίας, αλλά ζει τον φυσικό κόσμο, πράγμα που συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της Γης και των διεργασιών της και κατ' επέκταση στην καλύτερη κατανόηση του ανθρώπινου είδους, που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της. Έτσι, ο Γεωλόγος εφοδιάζεται με τα απαραίτητα, ώστε να είναι σε θέση να υπηρετήσει άξια και με μεγάλη χρησιμότητα την ανθρωπότητα, πράγμα που κάνει τη Γεωλογία μία πολύ σπουδαία επιστήμη και το Γεωλόγο ένα σημαντικό κομμάτι της κοινωνίας μας. Ξέρω πως έχω πολύ δρόμο μπροστά μου για να φτάσω σε προσωπικό επίπεδο σε αυτό το σημείο, ωστόσο η επαφή μου αυτή μέσω της παρούσας εργασίας μου δίνει το κουράγιο και την ελπίδα να προσπαθήσω για ό,τι καλύτερο.

Θέλω πραγματικά να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, Σπύρο Παυλίδη, που μου έδωσε την ευκαιρία να ζήσω αυτήν την εμπειρία και να γνωρίσω το κομμάτι αυτό της Γεωλογίας. Επίσης, ευχαριστώ τον διδάκτορα Γεωλόγο Σωτήρη Βαλκανιώτη για την καθοδήγησή του σε θέματα τόσο γεωλογικά όσο και τεχνικά, τον λέκτορα Γεωλόγο Αλέξανδρο Χατζηπέτρο για την υποστήριξή του σε θέματα Γεωλογίας και Υπαίθρου, τον υποψήφιο διδάκτορα Γεωλογίας Μανώλη Κατριβάνο και τις συζητήσεις μας που μου υπέδειξαν



εναλλακτικούς τρόπους σκέψεις και τον υποψήφιο διδάκτορα Γεωλογίας Πέτρο Νεοφώτιστο για τη βοήθεια του και για την ηθική ενίσχυση που μου πρόσφερε όταν αμφέβαλα.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ



Φωτ.1 Οδικός χάρτης περιοχής μελέτης

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι το Ρήγμα Ξάνθης-Ίασμου-Πολύανθου.

Η περιοχή μελέτης τοποθετείται γεωγραφικά στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θράκης, στα όρια των νομών Ξάνθης και Ροδόπης κατά μήκος της παλιάς εθνικής οδού Ξάνθης-Κομοτηνής. Στην ουσία πρόκειται για μια λωρίδα διεύθυνσης Α-Δ κατά μήκος των χωριών Ανατολικά προάστια Ξάνθης-Κιμμέρια-Λευκόπετρα-Σέλερο-Φίλια-Σήμαντρα-Σούνιο-Αμαξάδες-Κοπτερό-Ίασμος-Πολύανθος συμπεριλαμβανο-μένης τη βόρεια ορεινή πλευρά τους καθώς και τη νότια πεδινή.



Φωτ.2 Δορυφορική εικόνα περιοχής μελέτης

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Κυριότερο χαρακτηριστικό της Γεωμορφολογίας της περιοχής μελέτης είναι η απότομη αλλαγή του ανάγλυφου(σχ.3). Το βόρειο μέρος, πάνω από τη ζώνη του Ρήγματος χαρακτηρίζεται από ένα χαμηλό ορεινό έως λοφώδες ανάγλυφο με έντονο υδρογραφικό δίκτυο, με πολλά μικρά ρέματα (2ης και 3ης τάξης),που καταλήγουν στα κύρια ρέματα γενικής κατεύθυνσης Β-Ν τα οποία με τη σειρά τους καταλήγουν κάθετα στη ζώνη του ρήγματος και συνεχίζουν στη λεκάνη της Θράκης (σχ. 4).

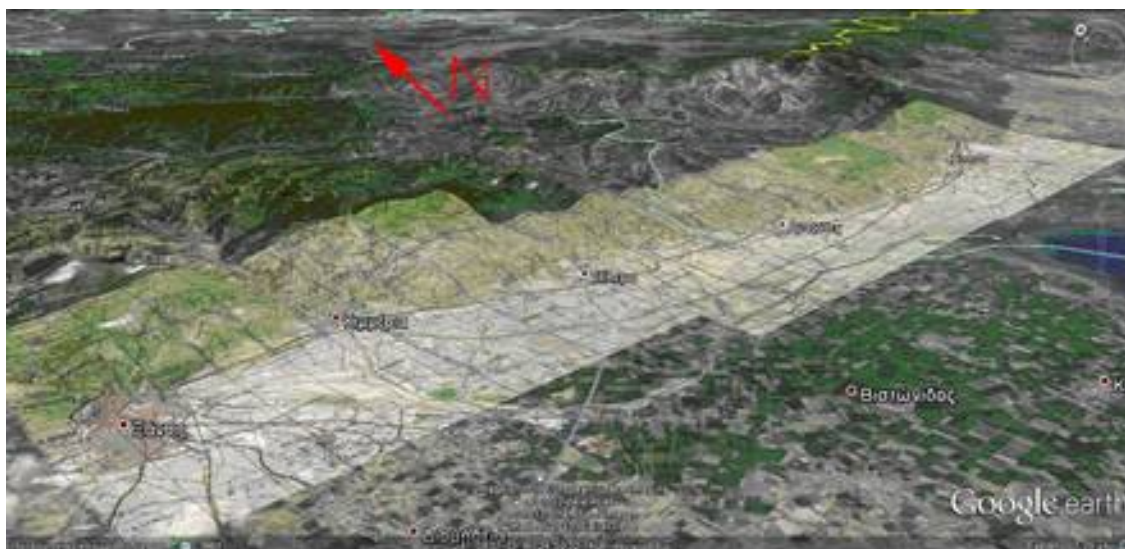
Το νότιο μέρος, στην ουσία, αποτελεί τη λεκάνη της Θράκης όπως έχει προαναφερθεί, που χαρακτηρίζεται από ένα ομαλό πεδινό ανάγλυφο παρουσία των αλουβιακών ριπιδιών (σχ.1 και 2) που προκύπτουν από τις ποτάμιες αποθέσεις των προαναφερθέντων ρεμάτων. Χαρακτηριστικό πολλών ριπιδίων της περιοχής είναι ότι έχουν ήδη διαβρωθεί από το ποτάμι-ρέμα που τα



δημιούργησε όπως π.χ. ο Κομψάτος Ποταμός δυτικά του χωριού Πολύανθος (σχ.1). Σχ. 1 Ριπίδιο δυτικά του χωριού Πολύναθου, που έχει διαβρωθεί από το Κομψάτο ποταμό.

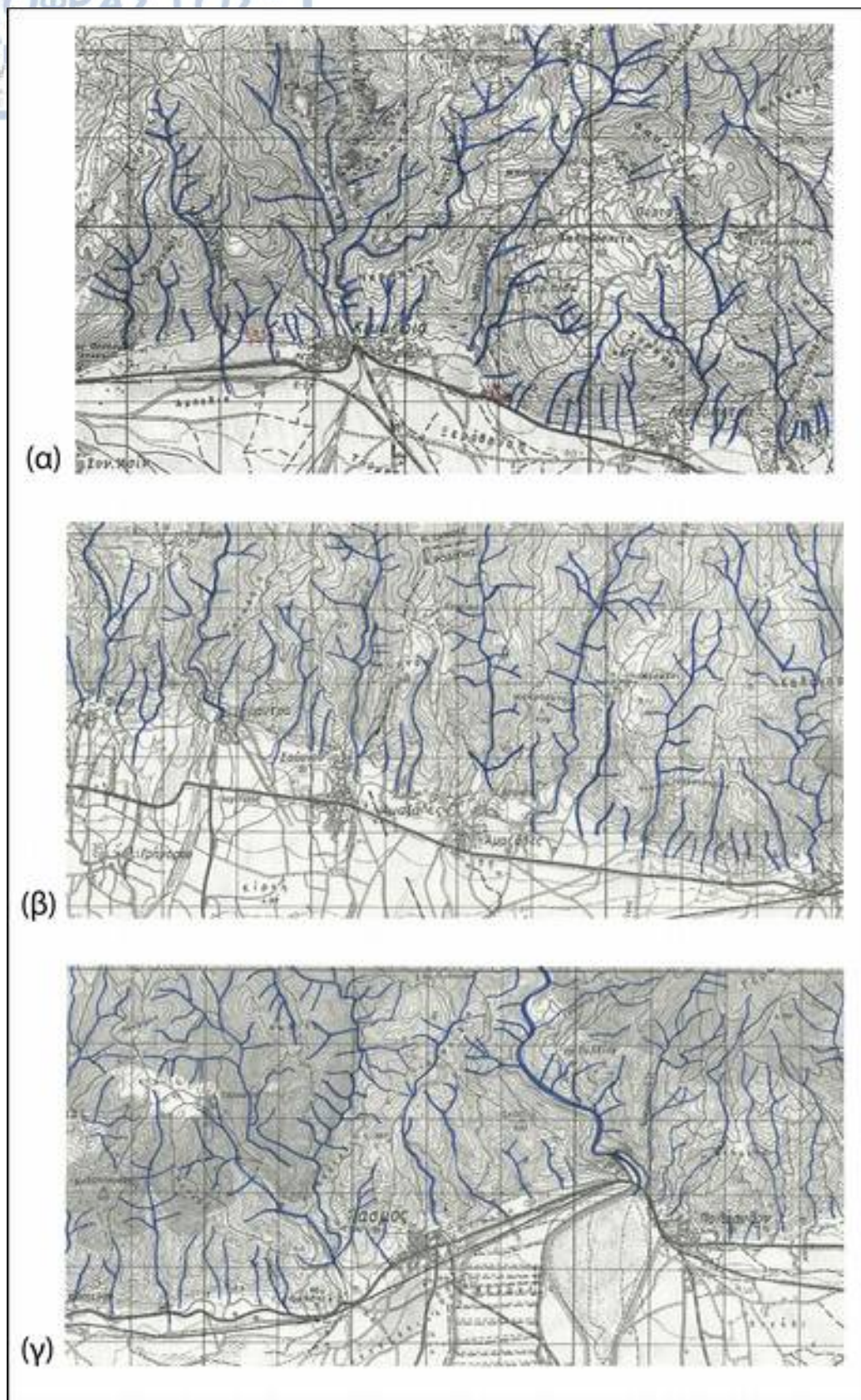


Σχ.2 Πιθανό Τεκτονικό Ριπίδιο ανατολικά του χωριού Ίασμος.





Σχ. 3 Αεροφωτογραφίες από google earth με γεωναφερμένο τοπογραφικό χάρτη όπου ξεχωρίζει η απότομη αλλαγή του ανάγλυφου, το βόρειο χαμηλό ορεινό ανάγλυφο με το ομαλό πεδινό νότιο κομμάτι.



Σχ.4 Υδρογραφικό Δίκτυο Περιοχής Μελέτης. Από Δυτικά - Ανατολικά (α) Ξάνθης-Σέλερο (β) Φίλια-Κοπτερό (γ) Κοπτερό-Πολύανθος

Geological map of the Balkan Peninsula (Bulgaria, Turkey, Greece) showing the Thrace Basin and surrounding regions.

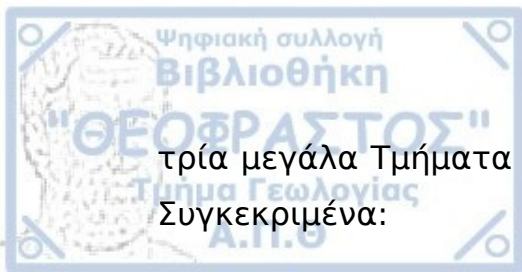
Legend:

- Ne-Q**: Neogene-Quaternary sediments
- Eoc-Ol**: Eocene-Oligocene sediments and volcanic rocks
- Maastrichtian-Paleocene sediments**
- Circum Rhodope belt and Nea Makri metasediments**
- Thrust faults**
- Normal detachment faults**
- SERBO-MACEDONIAN MASSIF**
 - Vertiskos unit**
 - Kerdylia unit**
- GRANITOIDS**
 - Granitoids Jurassic**
 - Granitoids Paleogene-Neogene**
- UPPER RHODOPE PLATE**
 - Kimi units and Ophiolites**
- LOWER RHODOPE PLATE**
 - Sidironero unit**
 - Kesebir-Kardamos, Kechros units**
 - Pangaion, Pirin and Arda units**

Map Labels: BULGARIA, TURKEY, GREECE, STRUMA BASIN, PANGAION, NEOSTOS SHEAR ZONE, STRYMON BASIN, SERBO-MACEDONIAN MASSIF, THASOS, AEGEAN SEA, SAMOTHRAKI, THRACE BASIN, NEA MAKRI UNIT, KECHROS DOME, KESSEBIR-KARDAMOS DOME, KRUMOVGRAD, TRAKIA, MARITSA FAULT ZONE, STRANDJA MASSIF, NORTH ANATOLIAN FAULT ZONE, SAKARYA METAMORPHIC ROCKS.

Scale: 50 km

Έτσι, οι σύγχρονοι μελετητές, [Bonev et al. (2006), Brun and Sokoutis (2007), Kiliass et al. (1999), Krohe and Mposkos (2002), and Turgut and Eseller (2000)], χωρίζουν το Κρυσταλλοσχιστώδες σε



τρία μεγάλα Τμήματα που διακρίνονται από τεκτονικές ασυνέχειες. Συγκεκριμένα:

1. **Κατώτερο Τμήμα:** Το κατώτερο και παλαιότερο τμήμα του Κρυσταλλοσχιστώδους αποτελείται κυρίως από την Ενότητα του Παγγαίου και αποτελείται από ορθογνεύσιους, εναλλαγές σχιστόλιθων-αμφιβολιτών, πολύ μεγάλου πάχους μάρμαρα και τέλος εναλλαγές σχιστόλιθων-μαρμάρων.

2. **Μεσαίο Τμήμα:** Το μεσαίο τμήμα του Κρυσταλλοσχιστώδους αποτελείται από τις κατώτερο τμήμα της ενότητας Σιδηρόνερου, την ενότητα Καρδάμου και την ενότητα Κέχρου. Η κατώτερη ενότητα του Σιδηρόνερου επιπτεύει την ενότητα του Παγγαίου. Στο μεσαίο αυτό τμήμα του Κρυσταλλοσχιστώδους παρατηρούνται ορθογνεύσιοι (φωτ. 3), μάρμαρα (φωτ. 6), σειρά αλβιτικών γνευσίων, και στην κορυφή μιγματιτικοί γνεύσιοι.

3. **Ανώτερο Τμήμα:** Το ανώτερο τμήμα αποτελείται κυρίως από την ανώτερο τμήμα της ενότητας του Σιδηρόνερου και την ενότητα της Κύμης. Στο τμήμα αυτό παρατηρούνται μιγματικοί γνεύσιοι (φωτ. 4), μία σειρά εκλογιτών και αμφιβολιτών (φωτ. 5), μάρμαρα καθώς και μεταπεριδοτίτες.

Η μεταμόρφωση του Κρυσταλλοσχιστώδους διακρίνεται σε τρία μεγάλα μεταμορφωσιγενή γεγονότα Αλπικής ηλικίας από το Κρητιδικό έως το Ολιγόκαινο-Μειόκαινο: α. μία πολύ υψηλής (UHP) έως υψηλής πίεσης (HP) μεταμόρφωση εκλογιτικής φάσης, β. μία δεύτερη μέτριας πίεσης αμφιβολιτικής φάσης και τέλος μια πρασινοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωση.

Όπως προαναφέρθηκε, τα τρία τμήματα του Κρυσταλλοσχιστώδους διακρίνονται από τεκτονικές ασυνέχειες. Για την ακρίβεια, η ενότητα του Σιδηρόνερου επιπτεύει την ενότητα του Παγγαίου, ενώ

οι υπόλοιπες ενότητες φαίνεται να διακρίνονται με κανονικά ρήγματα αποκόλλησης δημιουργώντας έτσι μία καλλυματική τεκτονική με παρουσία τεκτονικών παραθύρων, η οποία έλαβε χώρα κατά το τριτογενές και πιθανώς σχετίζονται με τον αντίστοιχο μαγματισμό.

Συγκεκριμένα, πρώτη αποκαλύφθηκε η ενότητα της Κύμης (65-60Ma), ακολούθησαν οι ενότητες του μεσαίου τμήματος Σιδηρόνερου, Καρδάμου και Κέχρου (42-30Ma) και, τέλος, η



Σχ.6 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής της Ροδόπης, σύμφωνα με νέα δομή και διαχωρισμό της σε 3 τμήματα. (Krohe & Mroskos 2002)



Φωτ.3 Ορθογνέσιος δυτικά του χωριού Πολύναθος



Φωτ.4 Μιγματιτικός Γνέσιος έξω από το χωριό Σήμαντρα



Φωτ. 5 Αμφιβολίτες σε ρέμα μεταξύ χωριών Ίασμος-Πολύαθος

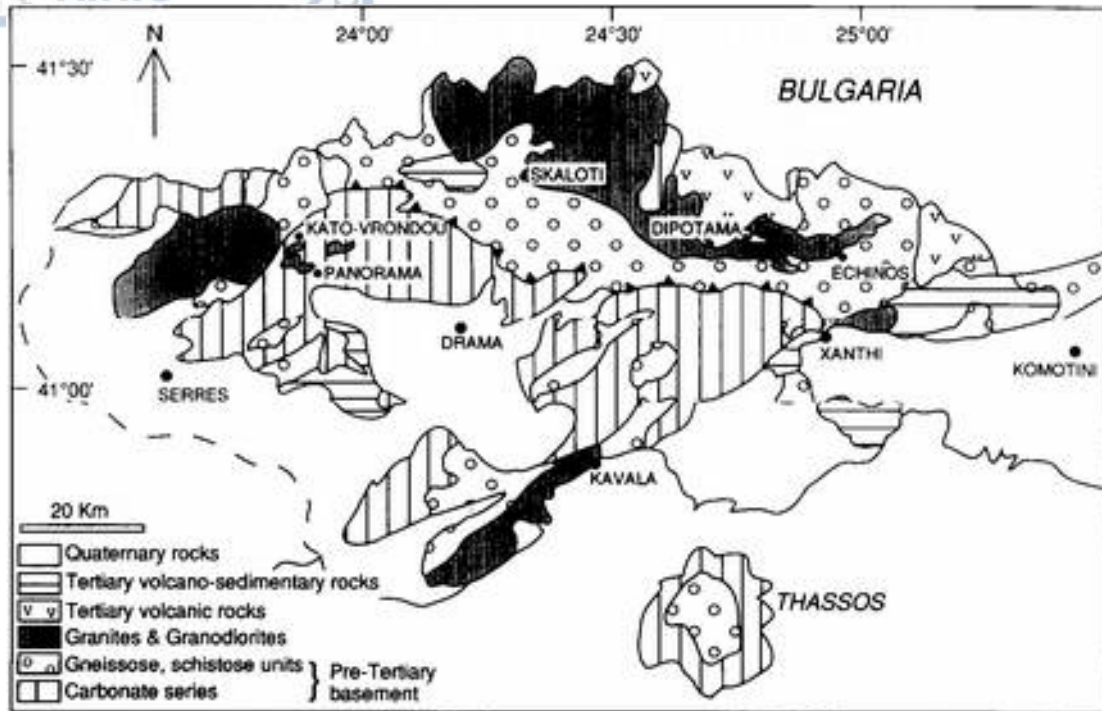


Φωτ. 6 Έντονα τεκτονισμένα Μάρμαρα δυτικά του χωριού Πολύανθος



Φωτ. 7 Μοσχοβίτης σε πηγματιτική φλέβα μεταξύ Κοπτερού και Σήμαντρα

Μαγματισμός



Σχ.7 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής της Ροδόπης όπου διακρίνονται οι πλουτωνίτες και οι ηφαιστίτες. (C.E. Jones et al.)

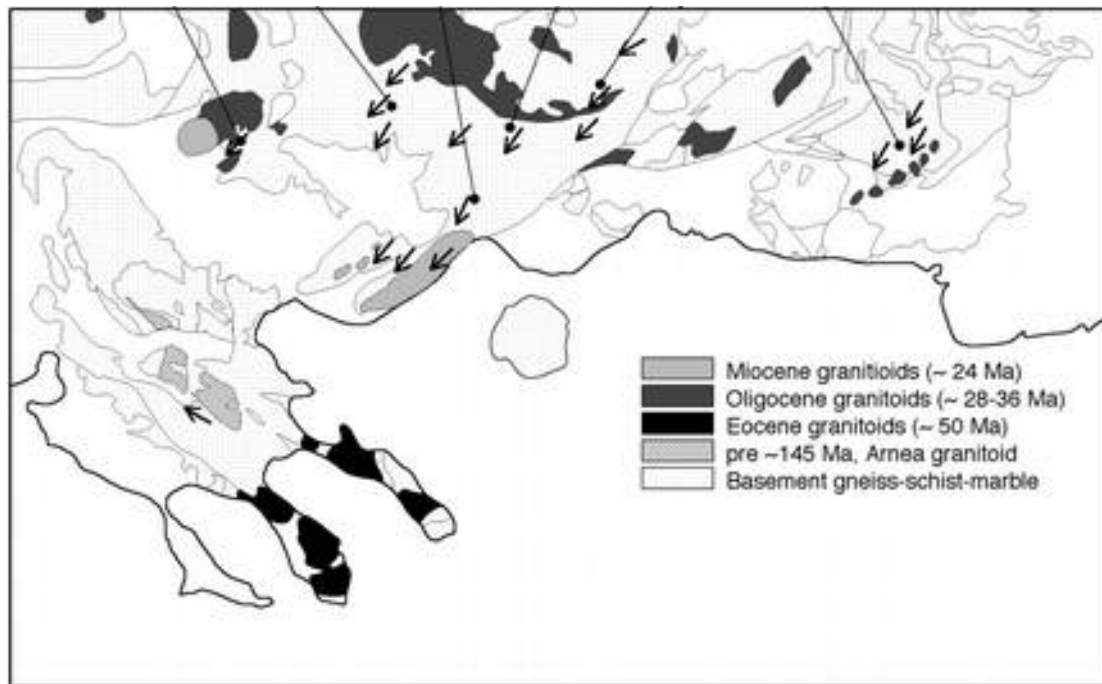
Στη Μάζα της Ροδόπης πολύ σημαντική είναι η παρουσία πυριγενών πετρωμάτων, πλουτωνιτών και ηφαιστιτών, κυρίως όξινης σύστασης, που οφείλονται στον μαγματισμό που έλαβε χώρα στην ευρύτερη περιοχή κατά το Τριτογενές.

Οι πλουτωνίτες είναι κυρίως γρανίτες (φωτ.9) (βιοιτιτικοί, κεροστιλβικοί), γρανοδιορίτες (φωτ.8), μονζονίτες, χαλαζιακοί μονζονίτες και διορίτες. Τα ηφαιστειακά πετρώματα εμφανίζονται κυρίως στις περιοχές Φέρρες-Σάπες και Βόρεια της Ξάνθης και είναι κυρίως ρυόλιθοι, ανδεσίτες, δακίτες και δολερίτες.

Οι κυριότεροι πλουτωνικοί όγκοι είναι του Παγγαίου, του Παρανεστίου, της Ξάνθης, της Βροντούς, του Πανοράματος, της Σκαλοτής κτλ. (σχ.7) Στους πλουτωνίτες αυτούς υπάρχει μία ομαλή μετάβαση στην ηλικία όσο προχωράμε από το Βορρά (σχ.8) (περίπου 40Ma, σύνορα με Βουλγαρία) προς το Νότο (περίπου 15Ma Νότια της Καβάλας). Γεωχρονολογήσεις K/Ar έδωσαν ηλικίες 38Ma για το

γρανίτη της Σκαλοτής, 32-26Ma για τους γρανίτες Βροντούς, Ξάνθης, Πανοράματος.

Ο τριτογενής αυτός μαγματισμός, όπως προαναφέρθηκε σχετίζεται με την εφελκυστική τεκτονική που επικρατούσε κατά το Τριτογενές και τη λέπτυνση του ηπειρωτικού φλοιού.



Σχ.8 Θέση Πλουτωνιτών στη Μάζα της Ροδόπης και διαχωρισμός με βάση της ηλικίας τους. (A.L.W.Lips et al., Geodinamica Acta 13 (2000) 281-292)



Φωτ.8 Γρανодиορίτης με χαρακτηριστική διάβρωση δυτικά της Λευκόπετρας



Φωτ. 9 Γρανίτης δυτικά του χωριού Κιμμέρια



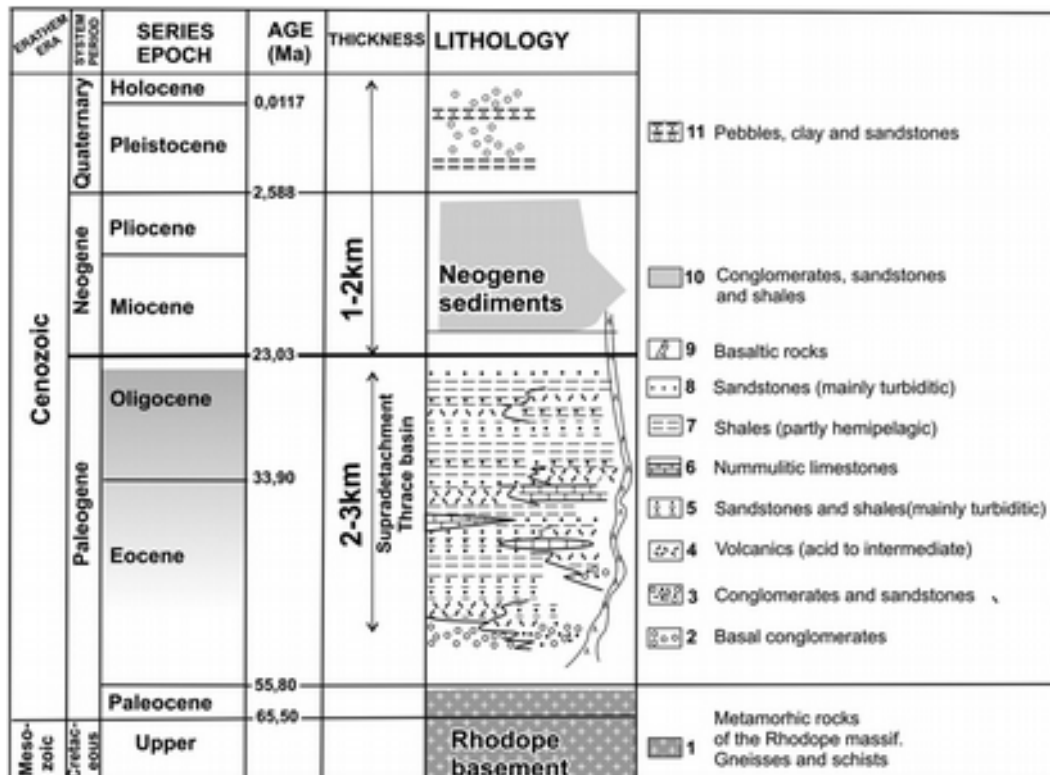
Αποθέσεις Λεκάνης της Θράκης

Οι αποθέσεις της λεκάνης της Θράκης αποτελούνται από μολασσικού τύπου ιζηματογενή πετρώματα του Παλαιογενούς καθώς και ιζηματα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς.

Τα ιζηματα του Παλαιογενούς στην ελληνική Θράκη αποτελούνται από κάτω προς τα πάνω από εναλλαγές από στρωματοποιημένα κροκαλοπαγή, τεκτονικά κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, νουμουλιτικούς ασβεστόλιθους, τουρβιδικές ενστρώσεις και αργίλους. Η ιζηματογένεση ξεκίνησε κατά το Λουτήσιο-Βαρτόνιο με απόθεση ηπειρωτικών ιζημάτων και συνεχίστηκε κατά το ανώτερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο με θαλάσσιες τουρβιδικού τύπου αποθέσεις και ασβεστόλιθους με ενστρώσεις από τα ηφαιστειακά παράγωγα.

Πάνω στα ιζηματα του Παλαιογενούς κάθονται ασύμφωνα μεγάλου πάχους ιζηματα του Νεογενούς που αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και αργίλους.

Τέλος, οι πιο πρόσφατες αποθέσεις του Τεταρτογενούς αποτελούνται από χαλίκια, πηλούς και ψαμμίτες.



Σχ. 9 Στρωματογραφική στήλη της Λεκάνης της Θράκης [τροποποιημένη από Christodoulou (1958), Kopp (1965), Lescuyer et al. (2003) and Burchfiel et al. (2003) από Kiliass et al. 2012]



Φωτ. 10 Τεταρτογενή ιζήματα (1) πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο (3) με φλεβική διείδυση (2) στο όριό τους δυτικά του χωριού Πολύανθος



Φωτ.11 Τεταρτογενή ιζήματα έξω από τον Πολύανθος

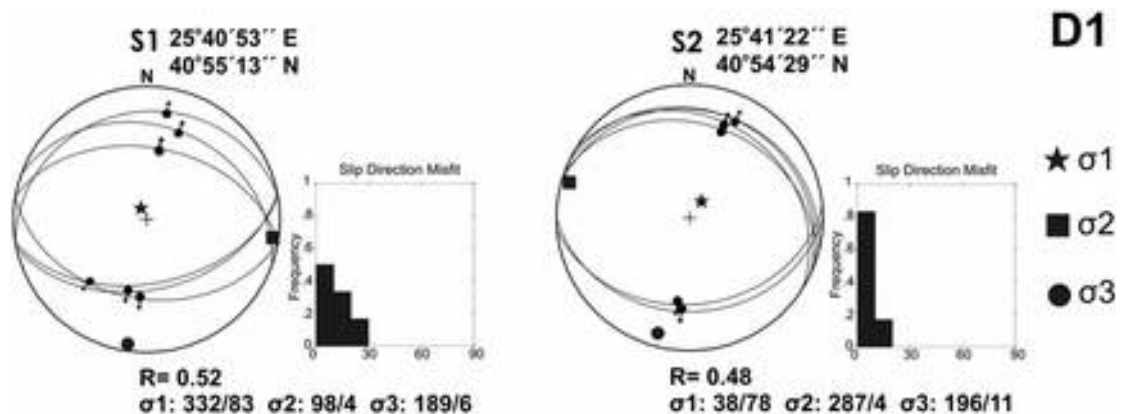


Φωτ. 12 Τεταρτογενή Ιζήματα ανατολικά του χωριού Κιμμέρια

5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη (Kiliyas et al., 2012) έλαβαν χώρα 5 κύρια τεκτονικά γεγονότα από το Μέσο-Ανώτερο Ηώκαινο έως και σήμερα που συντέλεσαν στο σχηματισμό και την εξέλιξη της λεκάνης της ελληνικής Θράκης, καθώς και την παράλληλη αποκάλυψη των μεταμορφωμένων σχηματισμών του υποβάθρου της Μάζας της Ροδόπης. Συγκεκριμένα:

D1 Γεγονός



Σχ.10 Ρηξιγενείς επιφάνειες με αντίστοιχες γραμμώσεις ολίσθησης και ο συνακόλουθος προσανατολισμός των παλαιο-τάσεων ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$), κατά το D1 γεγονός (προβολή ισοεμβαδική, στο κάτω ημισφαίριο). Παρουσιάζονται επίσης ιστογράμματα διακύμανσης των γωνιών απόκλισης (γωνία μεταξύ του υπολογισμένου τανυστή ολίσθησης και της μετρημένης γραμμωσης ολίσθησης στο ύπαιθρο) και η αναλογία των τάσεων $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες για κάθε σταθμό-μέτρηση υποδεικνύονται επίσης. (Κατά Κίλιας et al. 2012)

Το D1 γεγονός αποτελεί το πρώτο μεγάλο τεκτονικό γεγονός που σημαίνει την έναρξη σχηματισμού της λεκάνης καθώς και την αποκάλυψη των υποκείμενων μεταμορφωμένων ενοτήτων. Εκδηλώνεται κυρίως με κανονικά ρήγματα αποκόλλησης με μικρή γωνία κλίσης, τα οποία όμως δεν διακρίνονται εύκολα λόγω της τεκτονικής δράσης νεότερων διεργασιών. Η διεύθυνση κλίσης των ρηγμάτων αυτών είναι κυρίως ΝΔ-ΝΝΔ και δηλώνει εφελκυσμό ανάλογης διεύθυνσης. Τα ρήγματα κόβουν τα ιζήματα του Παλαιογενούς καθώς και τα μεταμορφωμένα πετρώματα του

υποβάθρου δημιουργώντας έτσι μια τεκτονική επαφή μεταξύ αυτών. Οι συνθήκες σχηματισμού των ρηγμάτων αντιστοιχούν σε θραυσιγενείς (brittle) έως ημι-πλαστικές (semi-ductile), που εκδηλώνεται παρουσία κατακλαστιτών και ψευτομυλωνιτών σε διάφορες περιοχές. Με το γεγονός αυτό δημιουργήθηκαν και κανονικά ρήγματα διεύθυνσης B-BBE που αποτελούν δευτερεύουσες κινήσεις ως αποτέλεσμα των προαναφερθέντων ρηγμάτων. Το γεγονός αυτό έδρασε στην περιοχή κατά το Ηώκαινο και το Ολιγόκαινο και συνδέεται με την ανύψωση της περιοχής την εποχή αυτή. Η ανάλυση των παλαιοτάσεων κατά το D1 γεγονός υποδεικνύουν BA-ΝΔ έως BBA-NNΔ διεύθυνση τάσεων με υπο-οριζόντιο ελάχιστο σ3 άξονα και υπο-κάθετο μέγιστο σ1 άξονα.

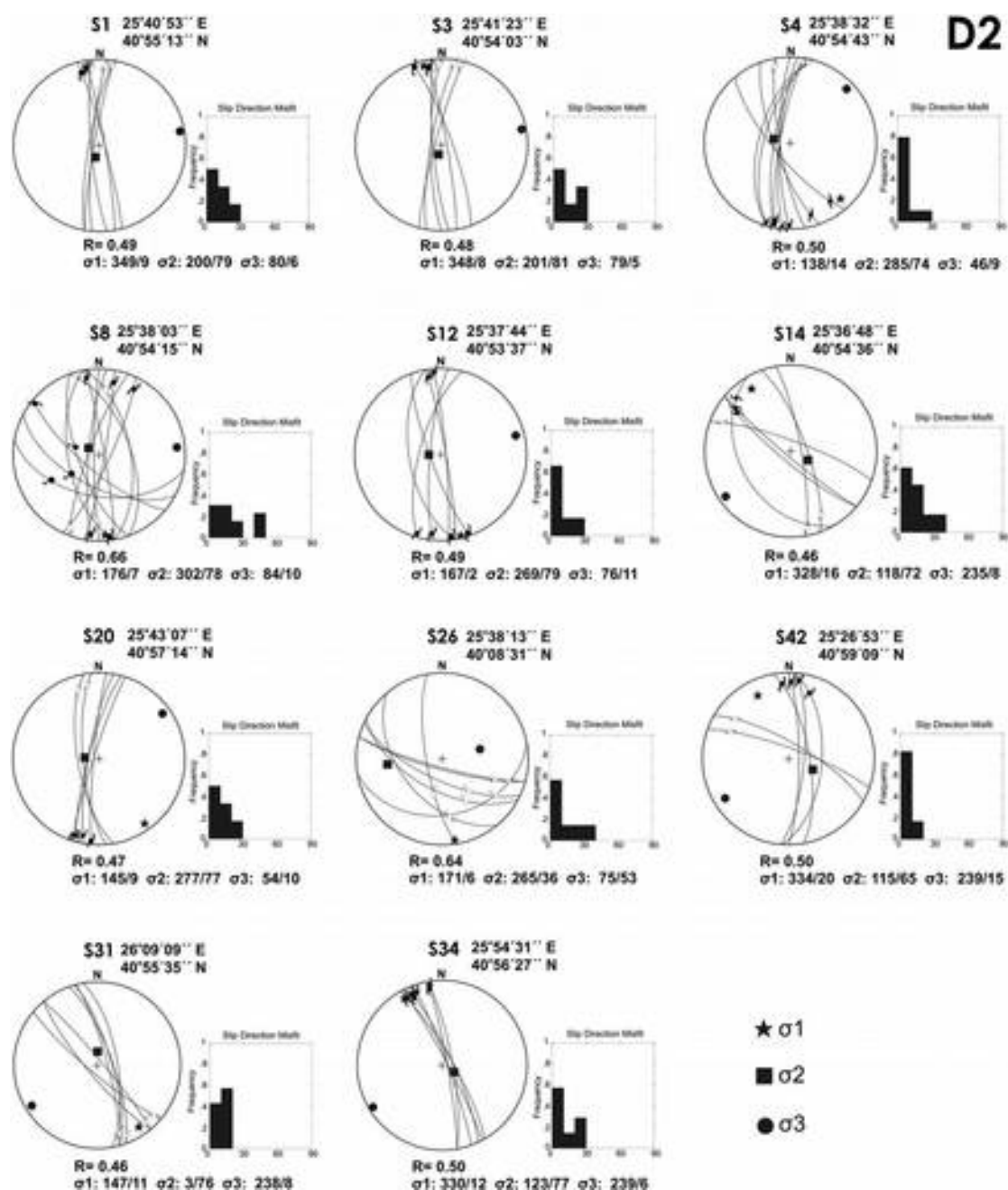
D2 Γεγονός

Το D2 γεγονός χαρακτηρίζεται από ένα ζεύγος συζυγών σχηματισμών από ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης, τα οποία οφείλονται για τον σχηματισμό πολλών σημαντικών δομών στα ιζήματα του Παλαιογενούς.

Το πρώτο σύστημα ρηγμάτων έχει διεύθυνση BBA-NNΔ με αριστερόστροφη μετατόπιση και το δεύτερο σύστημα ΔΒΔ-ΑΝΑ με δεξιόστροφη μετατόπιση. Επακόλουθα στα δύο αυτά συστήματα είναι μία σειρά από ανάστροφα ρήγματα και ανοιχτές έως κλειστές πτυχές στα ιζήματα του Παλαιογενούς παράλληλα στην επιμήκυνση του D2 γεγονότος. Εφιππεύσεις του μεταμορφωμένου υπόβαθρου στα ιζήματα του Παλαιογενούς στην περιοχή σχετίζονται με αυτό το γεγονός. Επίσης, η τεκτονική αυτή δράση συνοδεύεται από το σχηματισμό ικρών λεκανών ανάμεσα στα οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα. Επίσης ο σχηματισμός φλεβών στα ιζήματα, οι οποίες γεμίζουν με υλικό του Ολιγοκαινικού μαγματισμού, δηλώνει ότι το D2 γεγονός σχετίζεται με το μαγματισμό της εποχής.

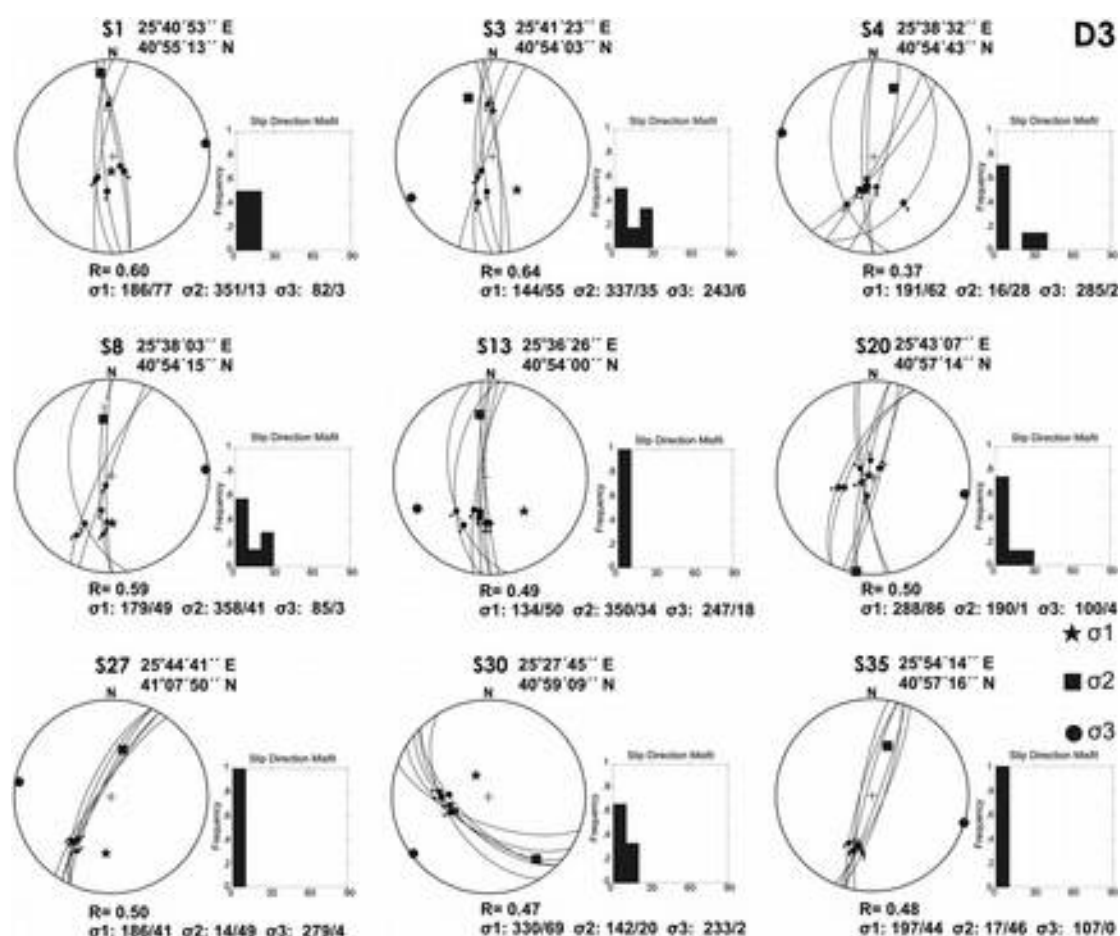
Από τα δεδομένα φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια του D2 γεγονότος είχαμε έκταση κατά τη διεύθυνση BA-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ και

παράλληλη σμίκρυνση κατά τη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ. Η ανάλυση των παλαιοτάσεων κατά το D2 γεγονός υποδεικνύουν ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνση τάσεων με ελάχιστο σ_3 άξονα με χαμηλή γωνία κλίσης και υπο-οριζόντιο μέγιστο σ_1 άξονα. Η τεκτονική δράση του γεγονότος αυτού τοποθετείται στο Ολιγόκαινο-Μειόκαινο.



Σχ.11 Ρηξιγενείς επιφάνειες με αντίστοιχες γραμμώσεις ολίσθησης και ο συνακόλουθος προσανατολισμός των παλαιο-τάσεων ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$), κατά το D2 γεγονός (προβολή ισοεμβαδική, στο κάτω ημισφαίριο). Παρουσιάζονται επίσης ιστογράμματα διακύμανσης των γωνιών απόκλισης (γωνία μεταξύ του υπολογισμένου τανυστή ολίσθησης και της μετρημένης γραμμωσης ολίσθησης στο ύπαιθρο) και η αναλογία των τάσεων $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες για κάθε σταθμό-μέτρηση υποδεικνύονται επίσης. (Κατά Κίλιας et al. 2012)

D3 Γεγονός

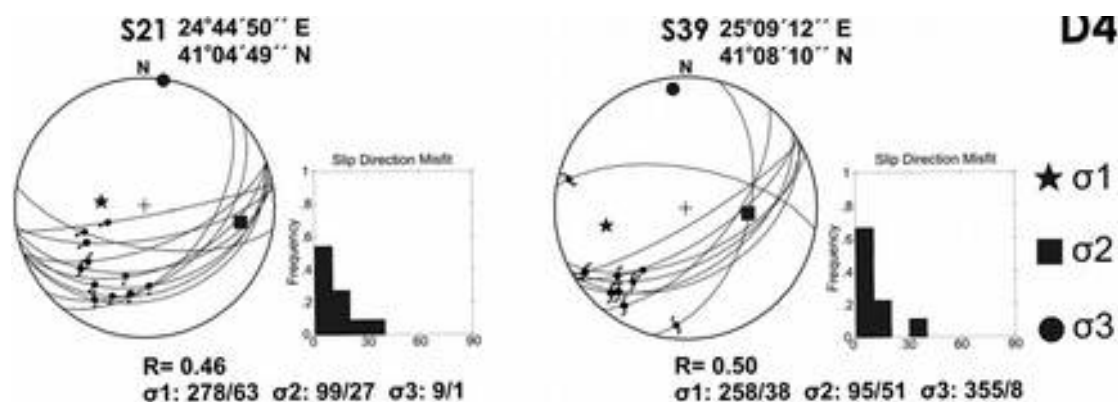


Σχ.12 Ρηξιγενείς επιφάνειες με αντίστοιχες γραμμώσεις ολίσθησης και ο συνακόλουθος προσανατολισμός των παλαιο-τάσεων ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$), κατά το D3 γεγονός (προβολή ισοεμβαδική, στο κάτω ημισφαίριο). Παρουσιάζονται επίσης ιστογράμματα διακύμανσης των γωνιών απόκλισης (γωνία μεταξύ του υπολογισμένου τανυστή ολίσθησης και της μετρημένης γράμμωσης ολίσθησης στο ύπαιθρο) και η αναλογία των τάσεων $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες για κάθε σταθμό-μέτρηση υποδεικνύονται επίσης. (Κατά Κίλιας et al. 2012)

Κατά το D3 γεγονός έχουμε επαναδραστηριοποίηση των σχηματισμών του D2 σε κανονική μετατόπιση. Το γεγονός αυτό όμως χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ που κατακερματίζουν τη λεκάνη

του Παλαιογενούς και αναπτύσσουν το χώρο όπου θα σχηματιστεί η λεκάνη του Νεογενούς. Παρόλο που αναπτύσσεται παράλληλα σε δομές του προηγούμενου D2 γεγονότος τα ρήγματα αυτής της εποχής ξεχωρίζουν γιατί οριοθετούν τη Νεογενή λεκάνη. Η ανάλυση των παλαιοτάσεων κατά το D3 γεγονός υποδεικνύουν ABA-ΔΝΔ έως Α-Δ διεύθυνση τάσεων με υπο-οριζόντιο ελάχιστο σ_3 άξονα και υπο-κάθετο μέγιστο σ_1 άξονα.

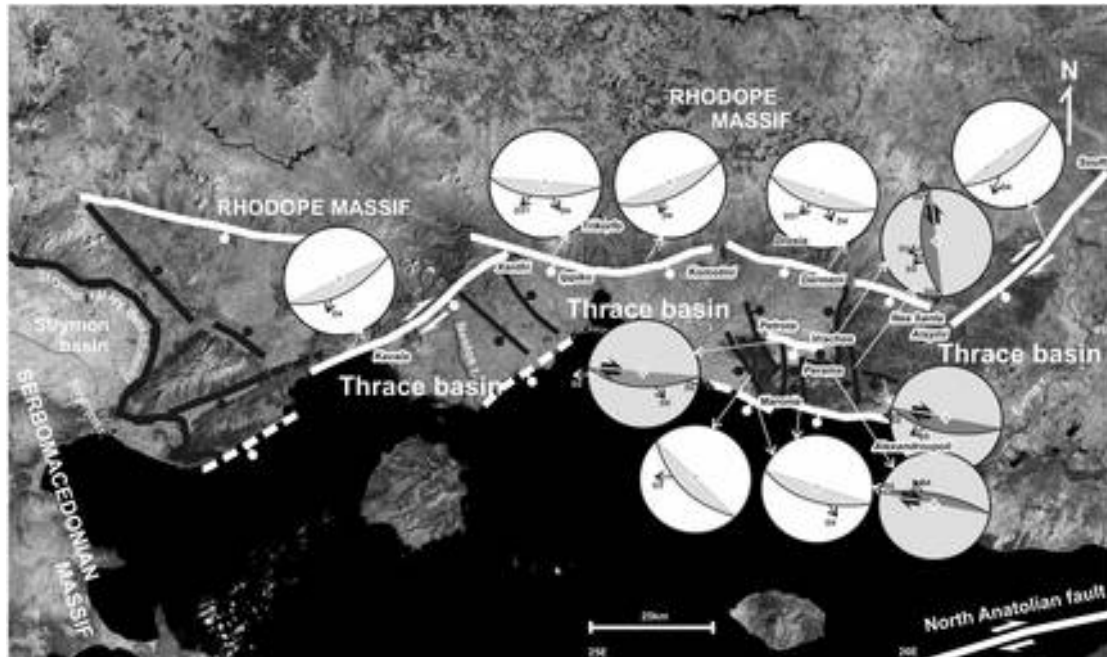
D4 Γεγονός



Σχ.13 Ρηξιγενείς επιφάνειες με αντίστοιχες γραμμώσεις ολίσθησης και ο συνακόλουθος προσανατολισμός των παλαιο-τάσεων ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$), κατά το D4 γεγονός (προβολή ισοεμβαδική, στο κάτω ημισφαίριο). Παρουσιάζονται επίσης ιστογράμματα διακύμανσης των γωνιών απόκλισης (γωνία μεταξύ του υπολογισμένου τανυστή ολίσθησης και της μετρημένης γραμμωσης ολίσθησης στο ύπαιθρο) και η αναλογία των τάσεων $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες για κάθε σταθμό-μέτρηση υποδεικνύονται επίσης. (Κατά Κίλιας et al. 2012)

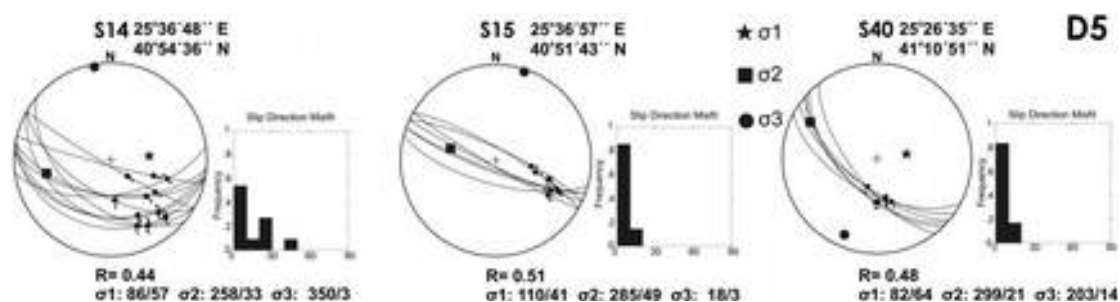
Το D4 γεγονός σχετίζεται με μεγάλες ζώνες ρηγμάτων διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΒΑ-ΝΔ, είτε λόγω επαναδραστηριοποίησης παλαιότερων ρηγμάτων, είτε λόγω σχηματισμού νέων. Οι μεγάλες ζώνες ρηγμάτων Καβάλας-Ξάνθης, Ξάνθης-Κομοτηνής, Κομοτηνής-Ν.Σάντας, Αισύμης-Σουφλίου και Μαρώνας-Αλεξ/πολης αποτελούν βασικές δομές αυτές της εποχής. Τα ρήγματα αυτής της δράσης κόβουν σε πολλά σημεία τα ρήγματα της D1 δράσης και σε συνδυασμό με τη διάβρωση και την ανύψωση της περιοχής να αποκαλύπτονται οι κατακλαστικές και ψευτομυλωνιτικές δομές

του D1 γεγονότος. Η ανάλυση των παλαιοτάσεων κατά το D4 γεγονός υποδεικνύουν ABA-ΔΝΔ έως Α-Δ διεύθυνση τάσεων με χαμηλής-μέσης γωνίας βύθισης ελάχιστο σ_3 άξονα με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ και με χαμηλής-μέσης γωνίας βύθισης μέγιστο σ_1 άξονα με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ έως ΑΝΑ-ΔΒΔ. .



Σχ. 14 Χάρτης με επιφανειακά αποτυπώματα των κύριων ρηξιγενών ζωνών στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Θράκης. Οι μαύρες γραμμές, ρήγματα που σχετίζονται με το D2 γεγονός και με πιθανές επαναδραστικοποιήσεις. Οι άσπρες γραμμές, ρήγματα που σχετίζονται με τα D3, D4 και D5 γεγονότα. Η κύρια γεωμετρία της κινηματικής για κάθε ζώνη φαίνεται στα στερεογραφικά διαγράμματα (equal area, lower hemisphere). (Κίλιας et al. 2012).

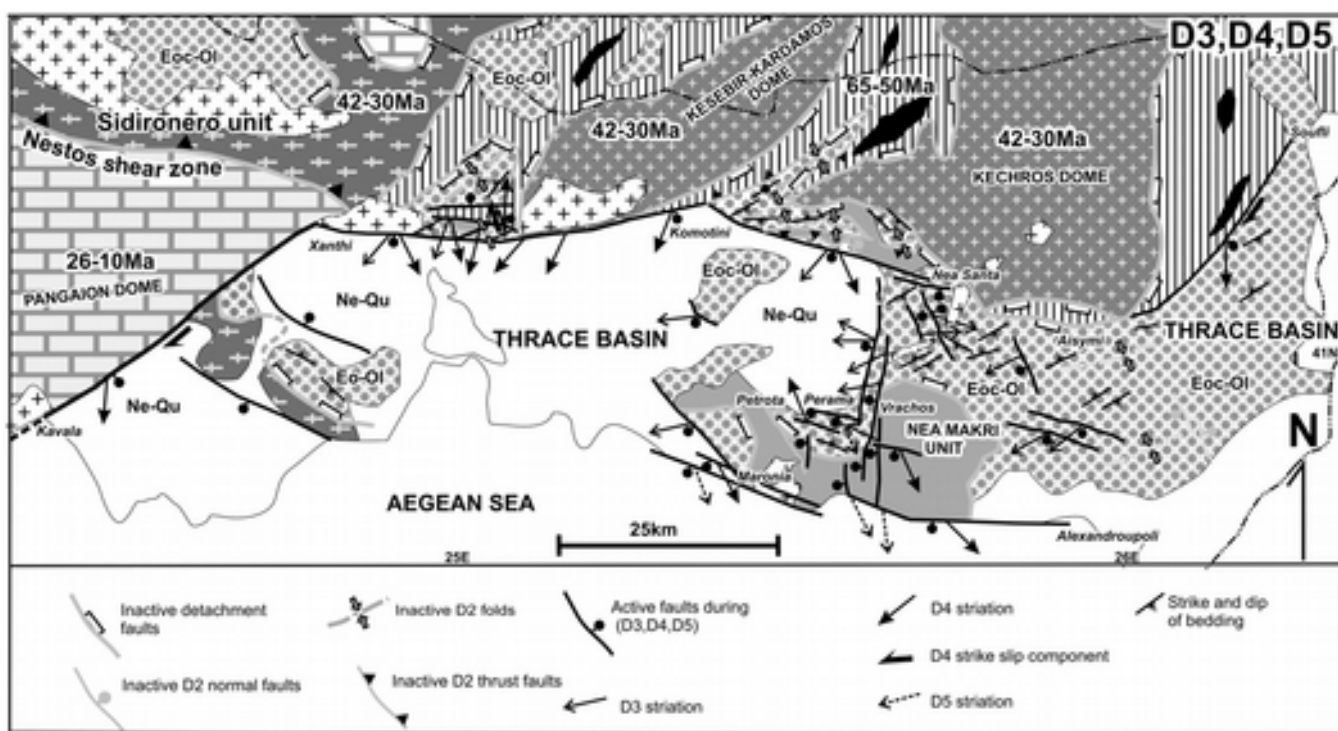
D5 Γεγονός



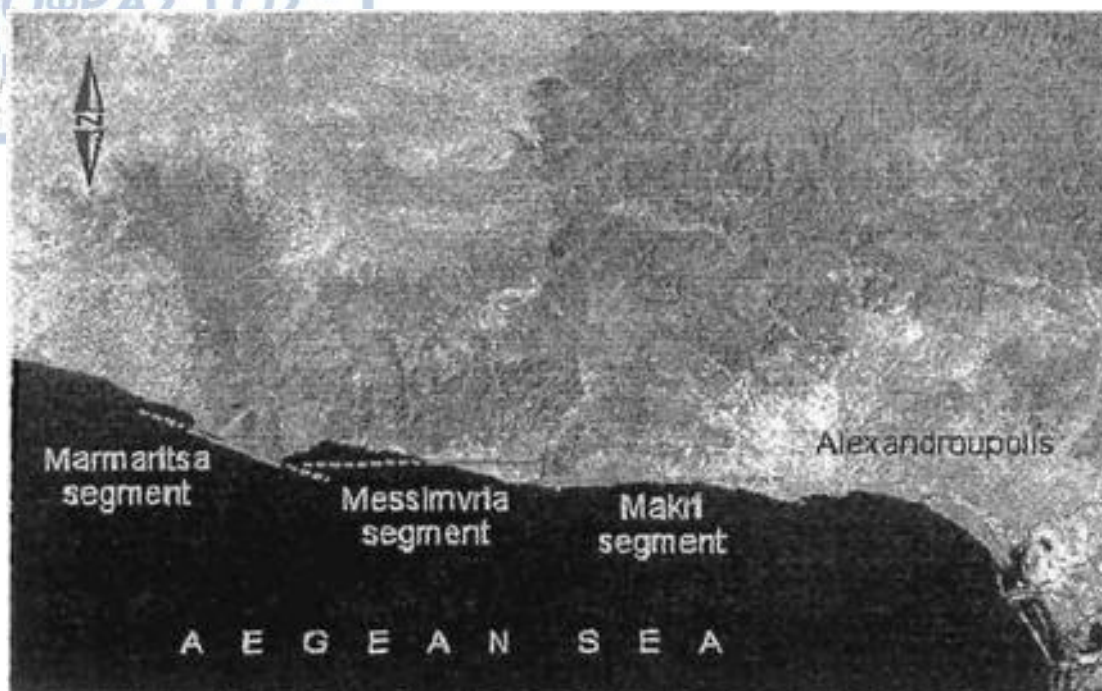
Σχ.15 Ρηξιγενείς επιφάνειες με αντίστοιχες γραμμώσεις ολίσθησης και ο συνακόλουθος προσανατολισμός των παλαιο-τάσεων ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$), κατά το D5 γεγονός (προβολή ισοεμβαδική, στο κάτω ημισφαίριο). Παρουσιάζονται επίσης ιστογράμματα διακύμανσης των γωνιών απόκλισης (γωνία μεταξύ του υπολογισμένου τανυστή ολίσθησης και της μετρημένης γράμμωσης ολίσθησης στο ύπαιθρο) και η αναλογία των τάσεων $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες για κάθε σταθμό-μέτρηση υποδεικνύονται επίσης. (Κατά Κίλιας et al. 2012)

Το D5 γεγονός αντιπροσωπεύει τη σύγχρονη τεκτονική στην περιοχή. Κάποια από τα ρήγματα του προηγούμενου γεγονότος

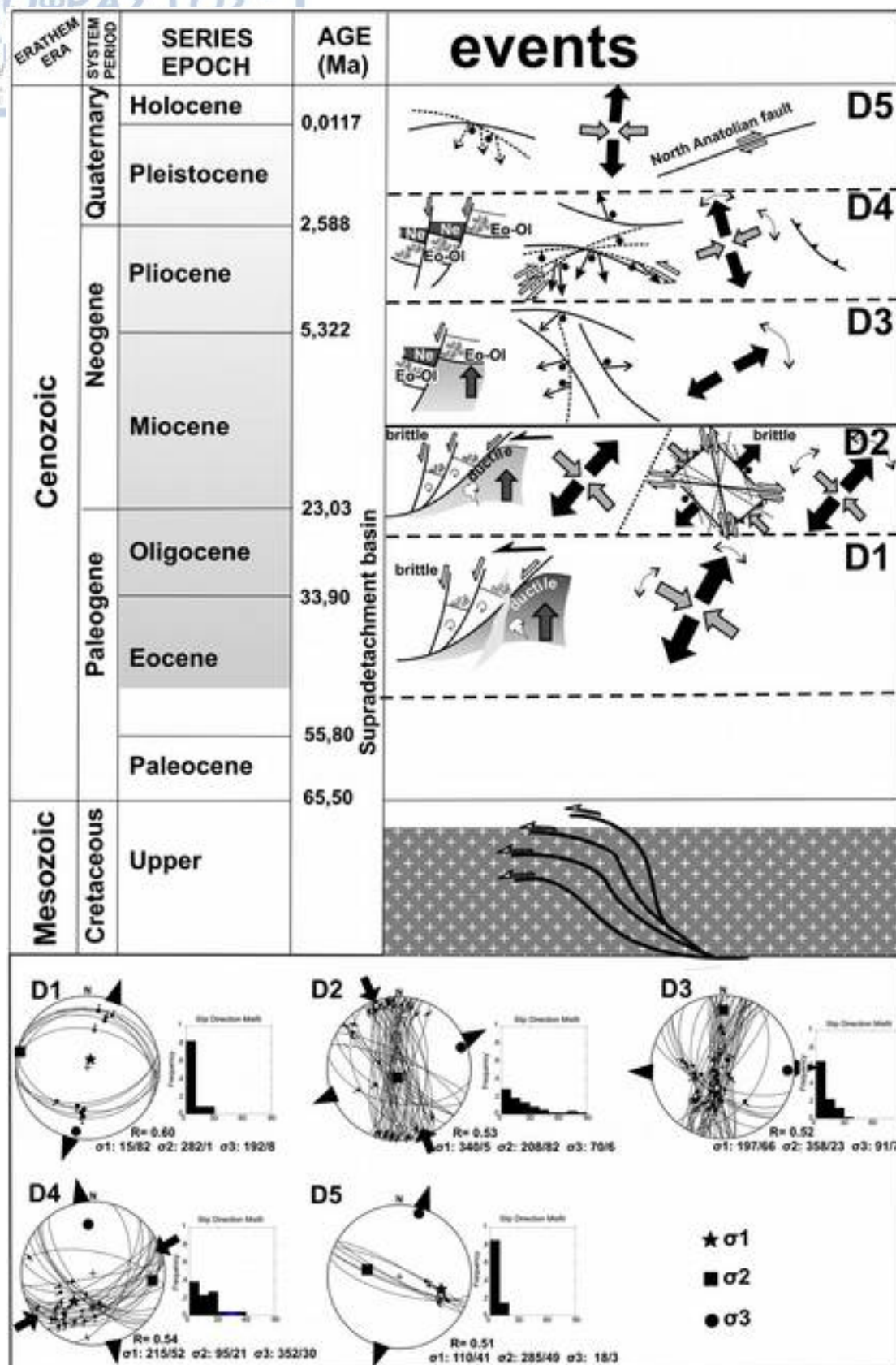
διατηρούν έναν ενεργό χαρακτήρα σύμφωνα με γεωλογικά και σεισμοϊστορικά δεδομένα. Χαρακτηρίζονται κυρρίως από βύθιση ΝΑ με μεγάλες-μέσες γωνίες κλίσης. Αντιπροσωπευτικά ρήγματα του γεγονότος αυτού είναι το ρήγμα Μαρώνειας-Αλεξ/πολης (Pavlides & Chatzipetros 2004, φωτ.13) και το ρήγμα Πετρωτών-Βράχου, τα οποία υπολογίζονται να μπορούν να δώσουν σεισμό εύρους $M=3,9$ και $M=5,3$.



Σχ. 16 κυρίες δομές και κινηματική των D3, D4 και D5 γεγονότων. Θραυσιγενείς συνθήκες κυριαρχούν σε όλη την περιοχή της Ροδόπης (συμπεριλαμβανομένου του μεταμορφωμένου υποβάθρου και της σειράς των ηφαιστειακών ιζημάτων της λεκάνης της Θράκης. (Κίλιας et al. 2012).

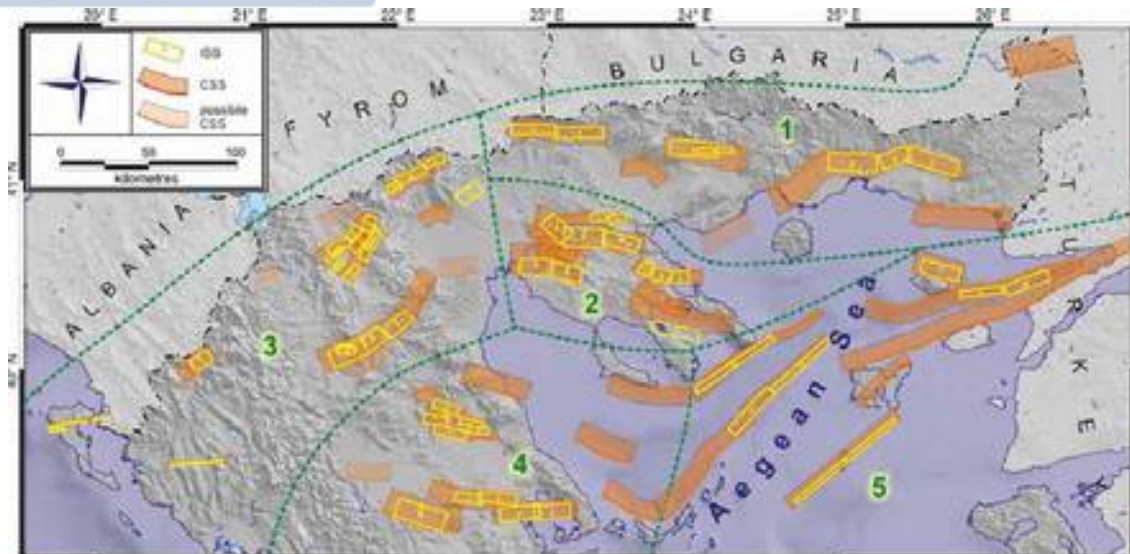


Φωτ.13 Δορυφορική εικόνα της περιοχής της Νότιας Θράκης. Διακρίνονται τα τρία τμήματα ρήγματος Μαρώνειας-Αλεξ/πολης, τα οποία καθορίζουν τη σχεδόν γραμμική ακτή (Pavlidis & Chatzipetros 2004).

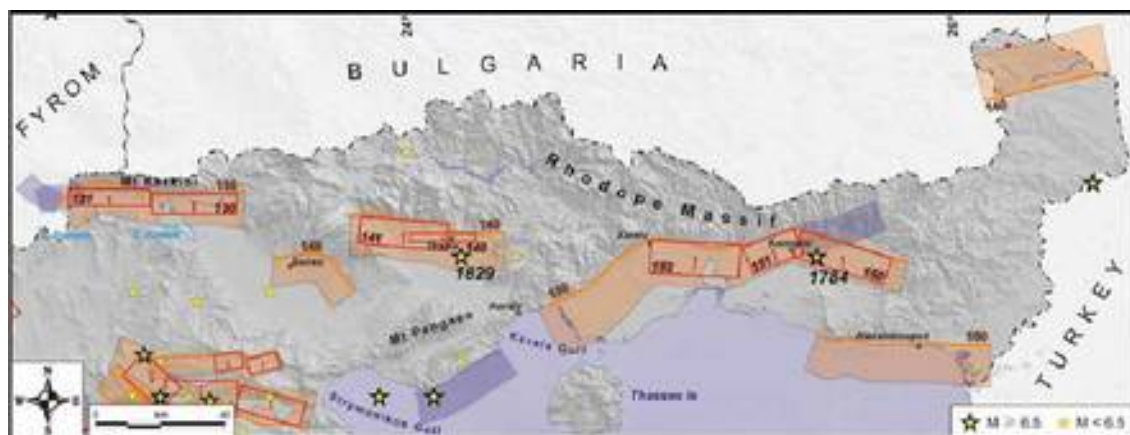


Σχ. 18 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα και κινηματική των πέντε κύριων τεκτονικών γενοτύπων (D1-D5) που σχετίζονται με την ανάπτυξη της λεκάνης της ελληνικής Θράκης από το Ηώκαινο έως σήμερα. Επίσης, φαίνονται και οι αναλύσεις της παλαιότητας ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$) για κάθε γεγονός. (Kiliyas et al 2012)

6. ΣΕΙΣΜΟΪΣΤΟΡΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ



Σχ.19 Χάρτης Σεισμογενών Πηγών (CSS και ISS) ολοκληρωμένες για τη Βόρεια Ελλάδα. Η διακεκομμένη πράσινη γραμμή διαχωρίζει την περιοχή σε 5 τομείς (πράσινοι αριθμοί). Οι ελαφρά τονισμένες περιοχές αντιπροσωπεύουν διφορούμενες πηγές. (Σμπόρας 2009/2011)



Σχ.20 Σεισμογενείς περιοχές της Ζώνης Ρηγμάτων Β.Ελλάδος. Με πορτοκαλί και αριθμούς οι CSS, οι ISS και οι κωδικοί τους. Με αστερίσκο τα επίκεντρα ιστορικών σεισμών. (Σμπόρας 2009/2011)

Σύμφωνα με μελέτες των τελευταίων ετών (Sboras, Caputo, Pavlides), η γενικότερη περιοχή της Θράκης αποτελεί μία από τις 5 βασικές Σύνθετες Σεισμογενείς Πηγές (Composite Seismogenic Source/CSS) της Βορείου Ελλάδας (κατά Σμπόρας, 2012) γεγονός που οφείλεται στη D5 τεκτονική δράση που προαναφερθήκαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η CSS της Θράκης διακρίνεται σε 4 μεγάλα τμήματα (Μουντράκης & Τρανός 2004, Μουντράκης et al. 2006) εκ των οποίων τα τρία θεωρούνται Αυτόνομες Σεισμογενείς Πηγές (Individual Seismogenic Sources/ISS). Αυτές είναι η Κομοτηνή ISS150, Ίασμος ISS151 και Ξάνθη ISS 152. Και οι τρεις αυτές πηγές έχουν δώσει σεισμό μέσα στα τελευταία 250 χρόνια. Παρακάτω παραθέτω μία σειρά από σεισμούς που συνέβησαν στα ιστορικά



χρόνια με Σεισμογενή Πηγή τη Θράκη καθώς και τις γειτονικές CSS της Μαρώνειας και Δράμας:

- 926μ.Χ., Θράκη M=6,6

Σε κείμενο των Συνεχιστών του Θεοφάνη αναφέρεται τρομερός σεισμός που δημιούργησε ένα μεγάλο ρήγμα στην περιοχή της Θράκης και κατέστρεψε πολλά χωριά και εκκλησίες (Τροποποίηση από Mallet 1854, Schmidt 1867, Μουγιάρης 1994, Guidoboni et al. 1994 από Παπαζάχος, 2002)

- 1713 Φεβρουάριος, Καβάλα, M=6,6

Μεγάλος σεισμός που κατέστρεψε το τείχος της Καβάλας (Ambraseys and Finkel 1999 από Παπαζάχος, 2002)

-1784 Νοέμβριος 6, Κομοτηνή, M=6,7

Στις 26 Οκτωβρίου 1784 (παλαιά ημερομηνία) έγινε σεισμός στη Κομοτηνή και γκρεμίστηκαν πάνω από 500 σπίτια. Σε συνδυασμό με τη σφοδρή βροχή που έπεφτε βρήκαν το θάνατο πολλοί άνθρωποι και ζώα (Λάμπρος 1910 από Παπαζάχος, 2002).

-1829 Απρίλιος 11 και 13, Ξάνθη, M=? και Μάιος 5, Δράμα, M=7,3

Πρόκειται για μία σεισμική ακολουθία που προκάλεσε πολλές καταστροφές σε ολόκληρη την περιοχή της Θράκης και της Αν.Μακεδονίας, και κατέστρεψε ολοσχερώς τη Δράμα και μεγάλο τμήμα της Ξάνθης. Ο σεισμός με επίκεντρο την περιοχή της Ξάνθης στις 11 Απριλίου, Σάββατο 09:30 κατέστρεψε πολλά σπίτια στη Γενισέα και σε ολόκληρη τη λεκάνη της Θράκης στην γύρο περιοχή, ενώ συντέλεσε στην πτώση μέρους του Τρούλου της Μονής της Παναγίας της Αρχαγγελιώτισσας, στην ολική καταστροφή της Μονής της Πανγίας Καλαμούς και τα κελιά της Μονής Παμμεγίστων Ταξιαρχών. Σύμφωνα με δημοσιεύματα της εποχής (Hoff 1840, Perrey 1848, Mallet 1854, Hoerner 1902, Watzof 1902) ο σεισμός της 13 Απριλίου κατέστρεψε ολοσχερώς την πόλη της Ξάνθης, ενώ

στο χωριό της Ελευθερούπολης καταστράφηκαν 70 περίπου σπίτια. Στην Καβάλα γκρεμίστηκαν επίσης αρκετά σπίτια καθώς και το Ενετικό κάστρο. Ο σεισμός έγινε αισθητός και στην Ανδριανούπολη καθώς και στη θάλασσα έξω από τη Θάσο. Ο σεισμός της 5ης Μαΐου συγκλόνισε την Αν. Μακεδονία και Θράκη και έγινε αισθητός μέχρι την Κωνσταντινούπολη και το Βουκουρέστι. Η Δράμα καταστράφηκε ολοσχερώς, ενώ μεγάλες ζημιές υπέστησαν στην Καβάλα, στην Ξάνθη, στις Σέρρες, στη Θεσσαλονίκη, καθώς και σε πολλά χωριά της Βουλγαρίας. Ακολούθησαν πολλοί μετασεισμοί μικρότερης κλίμακας μέχρι τις 10 Μαΐου. Πρόκειται πιθανώς για ενεργοποίηση του ρήγματος της Ξάνθης που έδωσε τους πρώτους σεισμούς στις 11 και 13 Απριλίου, οι οποίοι με τη σειρά τους ενεργοποίησαν το ρήγμα της Δράμας που ευθύνεται για το σεισμό και τις μεγάλες καταστροφές που συνέβησαν στις 5 Μαΐου και συνεχίστηκαν με τους μετασεισμούς μέχρι τη 10 Μαΐου. Υπάρχει ακόμη η θεωρία ότι οι σεισμοί της 11ης και 13ης Απριλίου αποτελούν προσεισμούς της μεγάλης σεισμικής δόνησης της 5ης Μαΐου. (R.Caruto & S.Pavlidis 2004, Παπαζάχος 2003).

-1864 Ιούνιος 14, Γενισέα, Ξάνθη, $M=7,3$

Σεισμός που έγινε αισθητός στην ευρύτερη περιοχή. Στον κόλπο του Λάγου μερικά σπίτια κατέρρευσαν ενώ γκρεμίστηκε το τελωνείο της Γενισέας. Ο σεισμός έγινε αισθητός και στη Θεσσαλονίκη όπου πλήγηκαν πολλά σπίτια, καθώς και ένα μέρος από τις επάλξεις των τειχών που είχαν παλαιότερες ζημιές, στην κοιλάδα του Στρυμώνα., τη Σκόπελο, καθώς και στη Καλλίπολη (Sieberg 1932, Montandon 1953, Ergin et al. 1967, Karnik 1971 από Παπαζάχος, 2002)

-1867 Μάρτιος 29, Δράμα, $M=6$

Σεισμός με δύο ισχυρές δονήσεις που γκρέμισε τα περισσότερα σπίτια και προκάλεσε κατάρρευση των τειχών και μιναρέδων στη Δράμα. Έγινε αντιληπτός και στην περιοχή της Θεσσαλονίκης και τους Φίλιππους, Καβάλα. Είχαν προηγηθεί δονήσεις στα Δαρδανέλια



και την Ανδριανούπολη την προηγούμενη μέρα, ενώ ακολούθησε μία ελαφριά δόνηση την επομένη στη Θεσσαλονίκη (Hoernes 1902 από Παπαζάχος, 2002).

-1982 Ιανουάριος 18, Θάσος, Β.Αιγαίο, M=7

Ισχυρός σεισμός στο Β.Αιγαίο που έγινε έντονα αισθητός στη Θάσο, τη Λέσβο και τη Λήμνο. Ακολούθησε μεγάλος αριθμός μετασεισμών ο μεγαλύτερος εκ των οποίων είχε μέγεθος $M=5,6$. (Παπαζάχος et al. 1997).

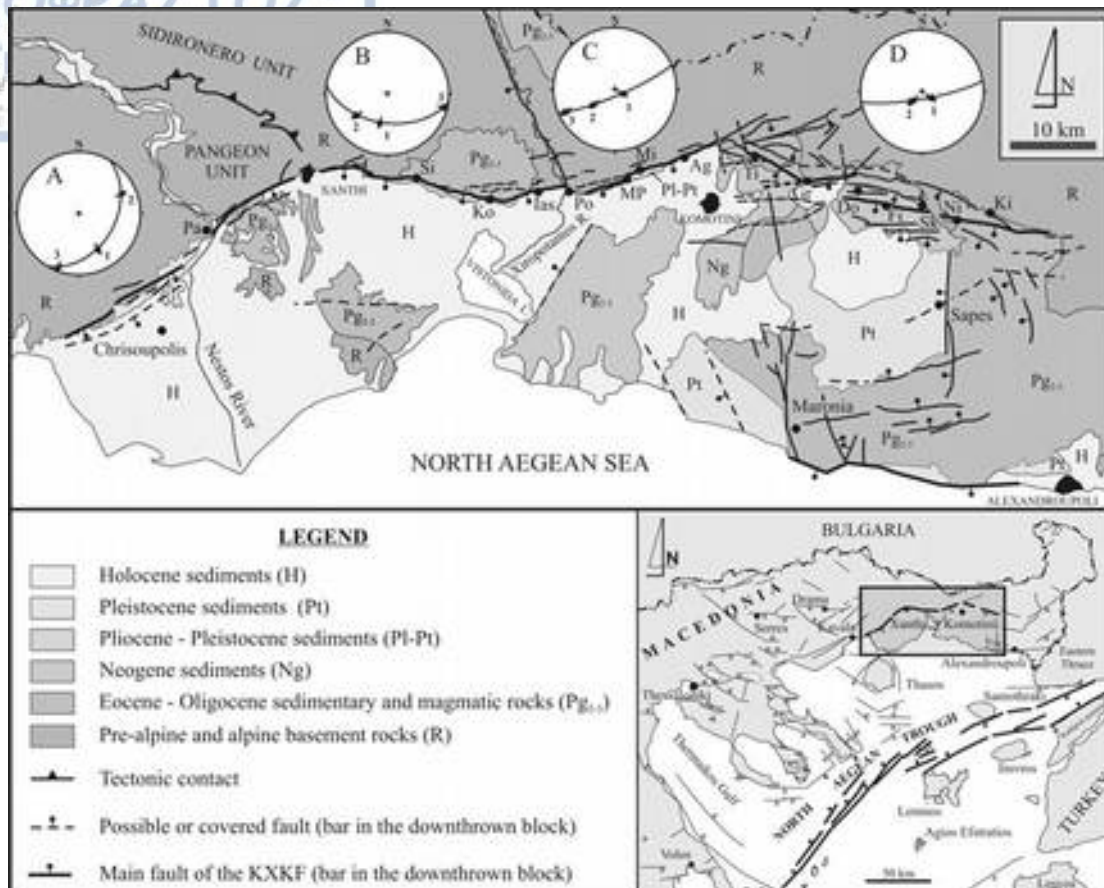
7. ΤΟ ΡΗΓΜΑ ΞΑΝΘΗΣ-ΙΑΣΜΟΥ-ΠΟΛΥΑΝΘΟΥ

Γενικά για το Ρήγμα Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί το ρήγμα, ή καλύτερα, η ρηξιγενής ζώνη που εκτείνεται από την πόλη της Ξάνθης ως το χωριό Πολύανθος του Νομού Ροδόπης. Πρόκειται για μία ζώνη ρηγμάτων που τοποθετείται ως τμήμα του ρήγματος Ξάνθης-Κομοτηνής το οποίο με τη σειρά του είναι κομμάτι του Μεγάλου ρήγματος της Ν.Θράκης, γνωστό και ως ρήγμα Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής (Τρανός & Μουντράκης 2004, Ρονδογιάννη et al. 2004). Για να καταλάβουμε καλύτερα το τμήμα που μελετάμε θα αναφερθούμε πρώτα σε στοιχεία που αφορούν όλο το σύστημα και στη συνέχεια θα προχωρήσουμε σε παρατηρήσεις υπαίθρου στην περιοχή και το τμήμα μελέτης.

Σύμφωνα με τους Ρονδογιάννη et al. 2004 η ρηξιγενής ζώνη Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής χωρίζεται σε τρία μεγάλα τμήματα. Το πρώτο τμήμα, το τμήμα Καβάλας-Ξάνθης, χαρακτηρίζεται με γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ με μέτρια κλίση εύρους περίπου 35°- 45°. Το δεύτερο τμήμα Ξάνθης-Κομοτηνής χαρακτηρίζεται με γενική διεύθυνση Α-Δ και κλίσεις εύρους 65°-70°. Το τρίτο τμήμα Κομοτηνής-Αισήμης χαρακτηρίζεται από γενική διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ. Στο τμήμα αυτό της ρηξιγενούς ζώνης οι επιφάνειες δεν είναι ευδιάκριτες όπως στα δύο προηγούμενα τμήματα, ωστόσο ξεχωρίζει για ένα σύστημα υποπαράλληλων ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης γενικής διεύθυνσης Β-Ν, που φαίνεται να παρατηρείται νεοτεκτονική δράση. Αν και η γενικότερη περιοχή δεν παρουσιάζει τη σεισμικότητα της δυτικής και κεντρικής Μακεδονίας, σύμφωνα με παρατηρήσεις υπαίθρου δείχνει να υπάρχει ενεργός τεκτονική δράση που φαίνεται να επηρεάζεται από τη δράση του Μεγάλου Ρήγματος της Β.Ανατολίας (Ρονδογιάννη et al. 2004)

Σύμφωνα με τους Τρανό και Μουντράκη (2004), το ρήγμα Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής διακρίνεται σε τέσσερα κύρια τμήματα (Σχ.17). Το πρώτο τμήμα Χρυσούπολης-Ξάνθης έχει μήκος περίπου 37km και έχει γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ με κλίση περίπου 55°. Το δεύτερο τμήμα Ξάνθης-Ιάσμου με μήκος περίπου 27km και γενική διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ έως Α-Δ και στο πιο ανατολικό άκρο τείνει να έχει γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, που λειτουργεί ως όριο του τμήματος. Χαρακτηρίζεται από πολλές υποπαράλληλες ρηξιγενείς επιφάνειες που κόβουν το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, τα Ολιγοκαινικά γραντιοειδή καθώς και τις αποθέσεις του Τριτογενούς. Το τρίτο τμήμα Ιάσμος-Κομοτηνή έχει γενική διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και μήκος περίπου 16km. Όπως και το προηγούμενο τμήμα χαρακτηρίζεται από καλά διαμορφωμένες επιφάνειες που δημιουργούν ένα παράλληλο σύστημα ρηγμάτων που κόβουν όλη τη σειρά πετρωμάτων της περιοχής. Τέλος το τμήμα Κομοτηνής-Σαπών με γενική διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ αποτελείται κυρίως από κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης. Σύμφωνα με υπολογισμούς (Τρανός & Μουντράκης 2004) πιθανή δραστηριοποίηση του ρήγματος αυτού θα δώσει σεισμό περίπου $M=5.7-6$.

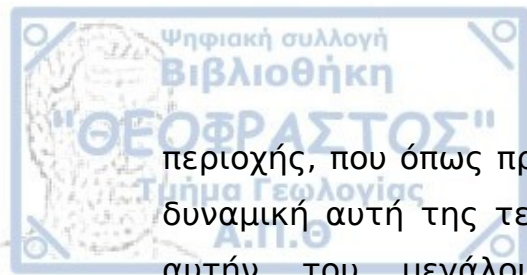


Σχ.17 Απλοποιημένος Γεωλογικός-Τεκτονικός Χάρτης στην περιοχή της ρηξιγενούς ζώνης Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής. Τα διαγράμματα δείχνουν τις κύριες κινήσεις των 4 γενικών τμημάτων του ρήγματος. Με 1,2,3,... από τις παλιότερες στις νεότερες. (Mountrakis & Tranos 2004)

Κατά τους Κίλιας et al. (2012) η ζώνη διάρρηξης Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής, όπως έχει προαναφερθεί, σχηματίστηκε και έδρασε κατά το D4 τεκτονικό γεγονός. Τα ρήγματα αυτά είτε ήταν ρήγματα των D2 και D3 γεγονότων που επαναδραστηριοποιήθηκαν είτε σχηματίστηκαν καινούργια. Το σύνθετο αυτό δίκτυο των D4 τεκτονικών δομών φαίνεται να επηρεάζει τις αποθέσεις μέχρι και του Πλειοκαίνου και σχετίζεται με διαφορετική γεωμετρία και κινηματική από αυτή της παλαιότερης D3 παραμόρφωσης.

Κατά το Πλειόκαινο, λοιπόν, η επιμήκυνση φαίνεται να συνεχίστηκε με BBD-NNA έως BBA-NNΔ κατεύθυνση με ταυτόχρονα κανονικά ρήγματα dip-slip καθώς και οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα.

Η γενικότερη αυτή επέκταση της D4 δράσης φαίνεται να είναι ενεργή με μικρές αλλαγές του πεδίου τάσεων έως και σήμερα με B-N έως BBD-NNΔ τάση που σχετίζεται με την ενεργό τεκτονική της



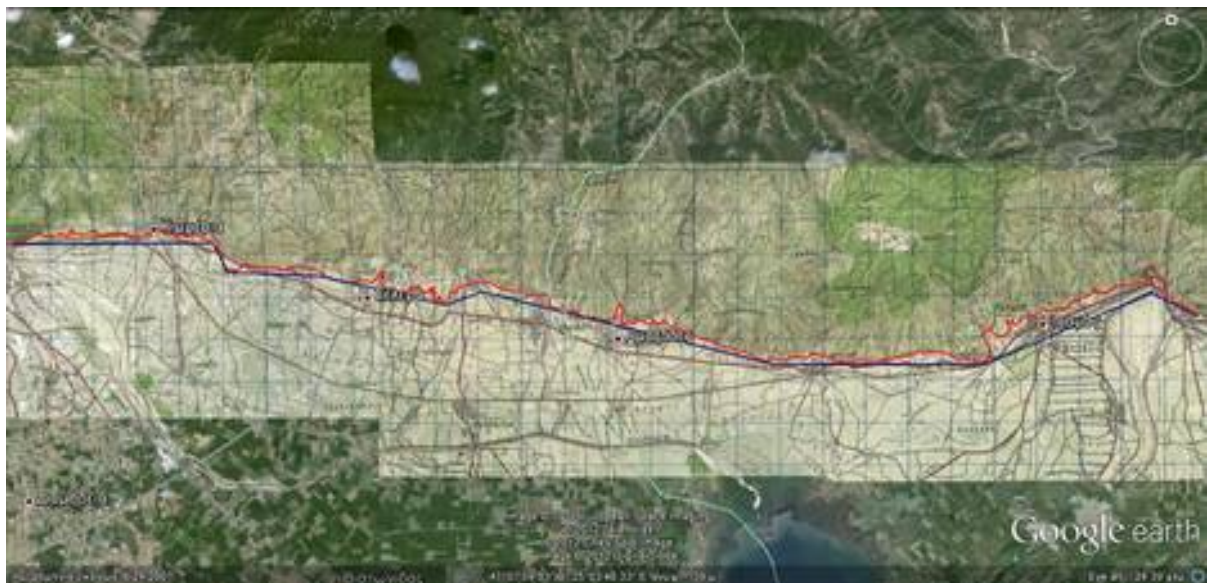
περιοχής, που όπως προαναφέρθηκε αντιστοιχεί στο D5 γεγονός. Η δυναμική αυτή της τελευταίας δράσης φαίνεται να συμβαδίζει με αυτήν του μεγάλου οριζόντιας μετατόπισης δεξιόστροφου ρήγματος της Β.Ανατολίας, για το οποίο επίσης δίνεται επέκταση κατεύθυνσης B-N έως BBA-NNΔ.

Μορφοτεκτονική

Οι κυριότεροι ποσοτικοί μορφοτεκτονικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται στη νεοτεκτονική έρευνα (κατά Παυλίδη, 2003, Η Γεωλογία των Σεισμών) είναι ενδεικτικά:

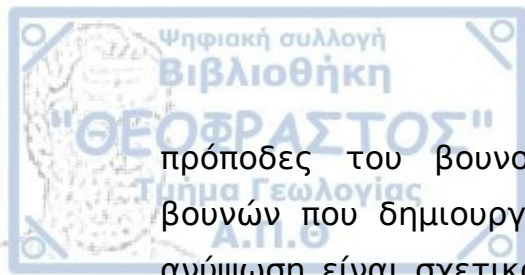
- Υψομετρική Καμπύλη και Υψομετρικό Ολοκλήρωμα
- Ασυμμετρία Λεκάνης Απορροής
- Παράγοντας Συμμετρίας (AF)
- Παράγοντας Εγκάρσιας Τοπογραφικής Τομής (T)
- Μήκος Ρέματος - Δείκτης Κλίσης (SL)
- Δαντέλωση στους Πρόποδες των Βουνών (Smf)
- Λόγος Πλάτους Κοιλιάδας προς Ύψος (Vf)

Από όλους αυτούς θα υπολογίσω, στην παρούσα εργασία, την Δαντέλωση στους Πρόποδες των Βουνών (Mountain-Front Sinuosity, Bull, 1977-78).



Σχ.21 Γενική δορυφορική φωτογραφία περιοχής. Με μπλε γραμμή φαίνεται το μήκος ευθείας γραμμής στους πρόποδες $l=29\text{km}$ και με κόκκινη γραμμή το μήκος ακολουθώντας τους πρόποδες του βουνού για συγκεκριμένες ισοϋψείς $L=36,7\text{km}$ για όλη την περιοχή μελέτης από ανατολικά προάστια Ξάνθης έως Πολύανθο.

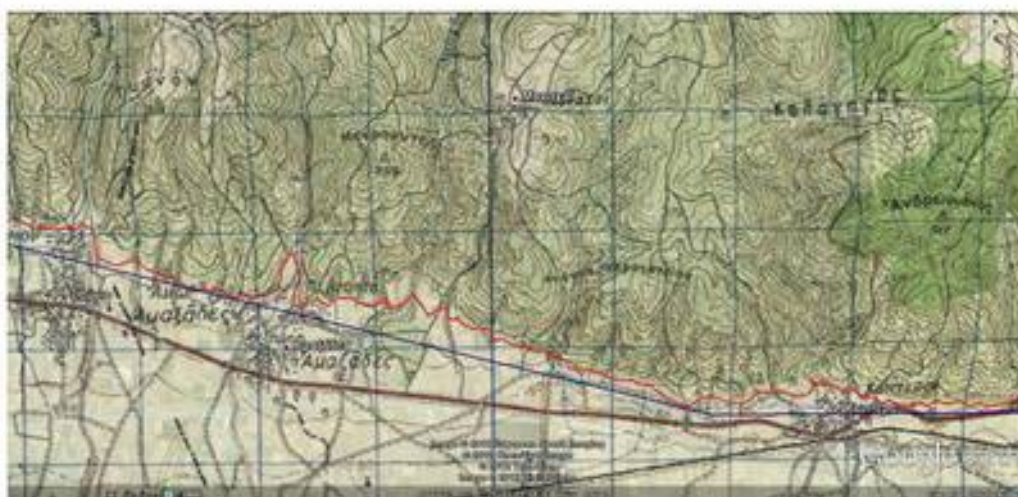
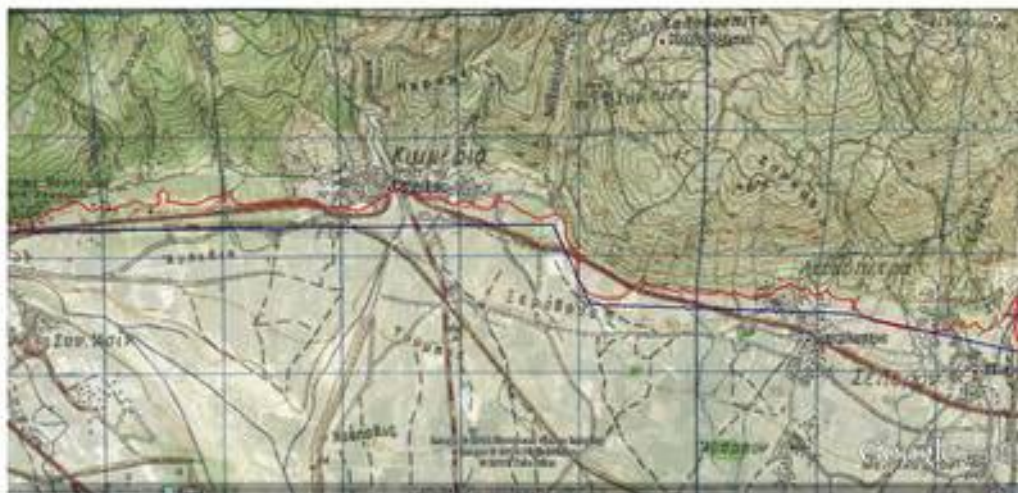
Η **Δαντέλωση στους πρόποδες των βουνών** αντανακλά την ισορροπία ανάμεσα στις δυνάμεις διάβρωσης και τις τεκτονικές δυνάμεις (Keller&Pinter 1996 από Παυλίδης, 2003) και δίνεται από τη σχέση $S=I/L$, όπου S η δαντέλωση, L το μήκος της ευθείας γραμμής στους πρόποδες και I το μήκος ακολουθώντας τους



πρόποδες του βουνού για συγκεκριμένες ισοϋψείς. Πρόποδες βουνών που δημιουργήθηκαν από ρήγματα με ενεργό δράση και ανύψωση είναι σχετικά ευθείς και δίνουν χαμηλές τιμές του S (1-1.3).

Οι τιμές του S στην πράξη υπολογίζονται από τοπογραφικούς χάρτες. Στην προκείμενη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. με κλίμακα 1:50.000, οι οποίοι γεωαναφέρθηκαν στο Google Earth (πρόγραμμα γεωπληροφόρησης με δορυφορικές φωτογραφίες και αεροφωτογραφίες) και επικάλυψαν τη γεωμορφολογία της περιοχής (σχ.21 και 22). Τα μήκη I και L που απαιτούνται μετρήθηκαν με το εργαλείο του χάρακα του προγράμματος και διακρίνονται στις αεροφωτογραφίες.

Συγκεκριμένα, για μήκος ευθείας γραμμής στους πρόποδες **$L=29\text{km}$** και μήκος ακολουθώντας τους πρόποδες του βουνού για συγκεκριμένες ισοϋψείς **$I=36,7\text{km}$** έχουμε δαντέλωση **$S=1.27$** που μαρτυρά έντονη ενεργό δράση.



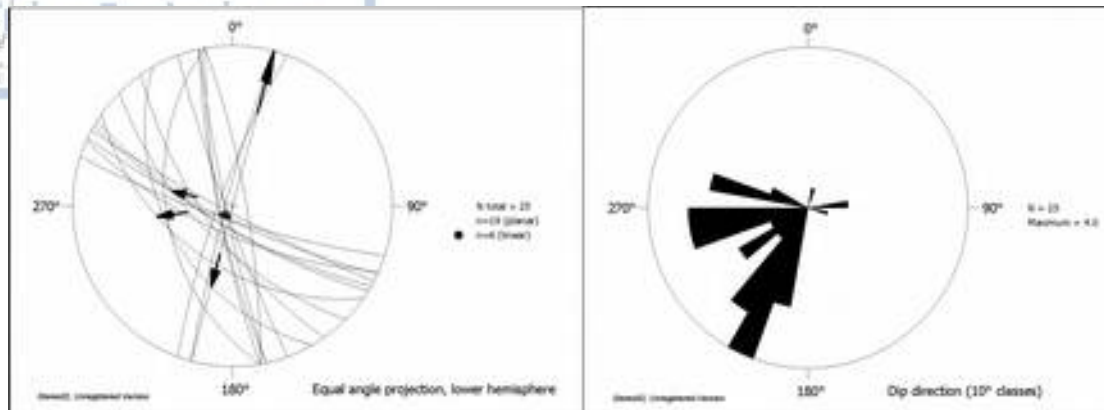
Σχ.22 Με μπλε γραμμή φαίνεται το μήκος ευθείας γραμμής στους πρόποδες και με κόκκινη γραμμή το μήκος ακολουθώντας τους πρόποδες του βουνού για συγκεκριμένες για όλη την περιοχή μελέτης από ανατολικά προάστια Ξάνθης έως Πολύανθο.

Παρατηρήσεις Υπαίθρου

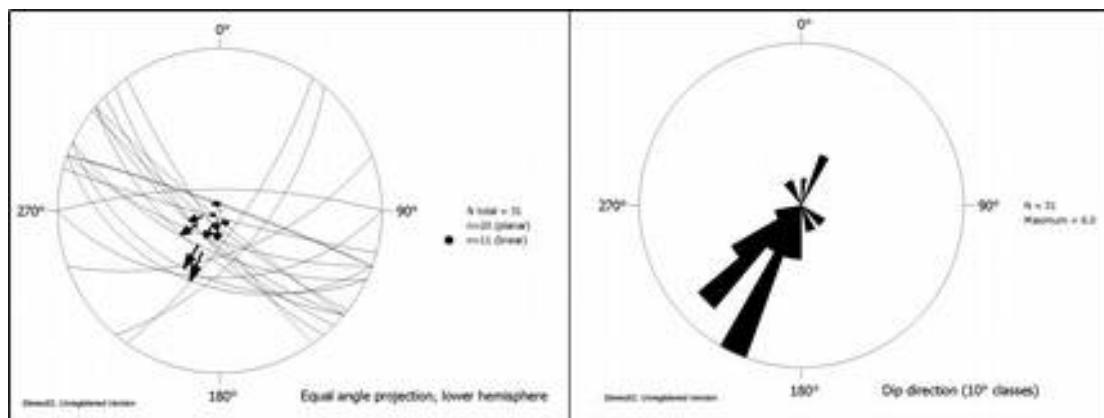
Οι παρατηρήσεις υπαίθρου έγιναν κατά τους θερινούς μήνες με χρήση γεωλογικής πυξίδας και αποτελούνται στο σύνολο από ρηξιγενείς επιφάνειες που εντοπίστηκαν στην περιοχή μεταξύ Ξάνθης-Πολύανθου. Οι περισσότερες από τις επιφάνειες που μελετήθηκαν αντιστοιχούν σε επιφάνειες που πιθανώς δραστηριοποιήθηκαν κατά τα D4 και D5 γεγονότα, σύμφωνα με το διαχωρισμό των Κίλια et al., αν και πολλά από αυτά δημιουργήθηκαν σε παλαιότερες ηλικίες. Στις επόμενες σελίδες παραθέτω μία σειρά από φωτογραφίες τέτοιων ρηξιγενών επιφανειών με τα αντίστοιχα διαγράμματα Schmidt σε ισοεμβαδική προβολή, στο κάτω ημισφαίριο που έγιναν με χρήση του προγράμματος Stereo32 και αντίστοιχη επεξήγηση.



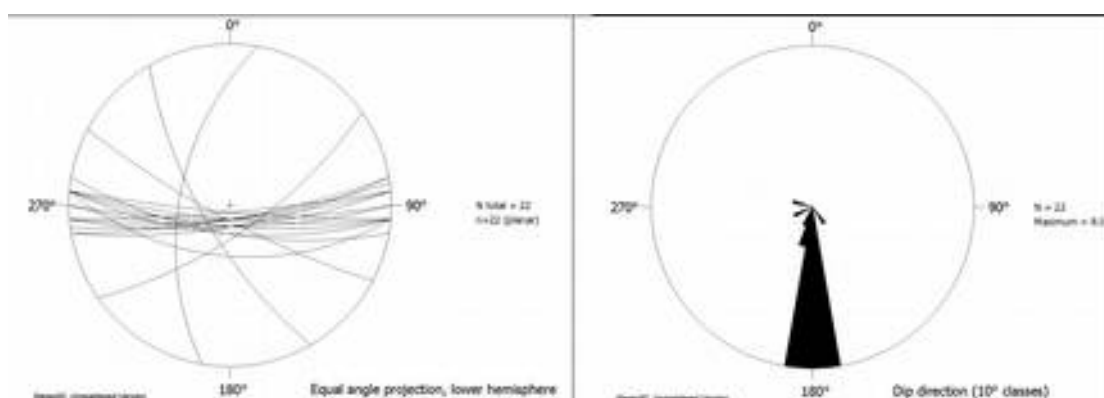
Σχ.27 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μέτρηση 218/80 p80NA.



Σχ.23 Μετρήσεις Ρηξιγενών επιφανειών ανατολικά του χωριού Κιμμέρια. Παρατηρούνται 2 κύριες διευθύνσεις ρηξιγενών επιφανειών, (α) ΒΔΒ-NAN έως ΒΔ-NA και (β) ΔΒΔ-ANA μεγάλης κλίσης καθώς και ένα οριζόντιας μετατόπισης διεύθυνσης ΒΑΒ-NΔΝ.



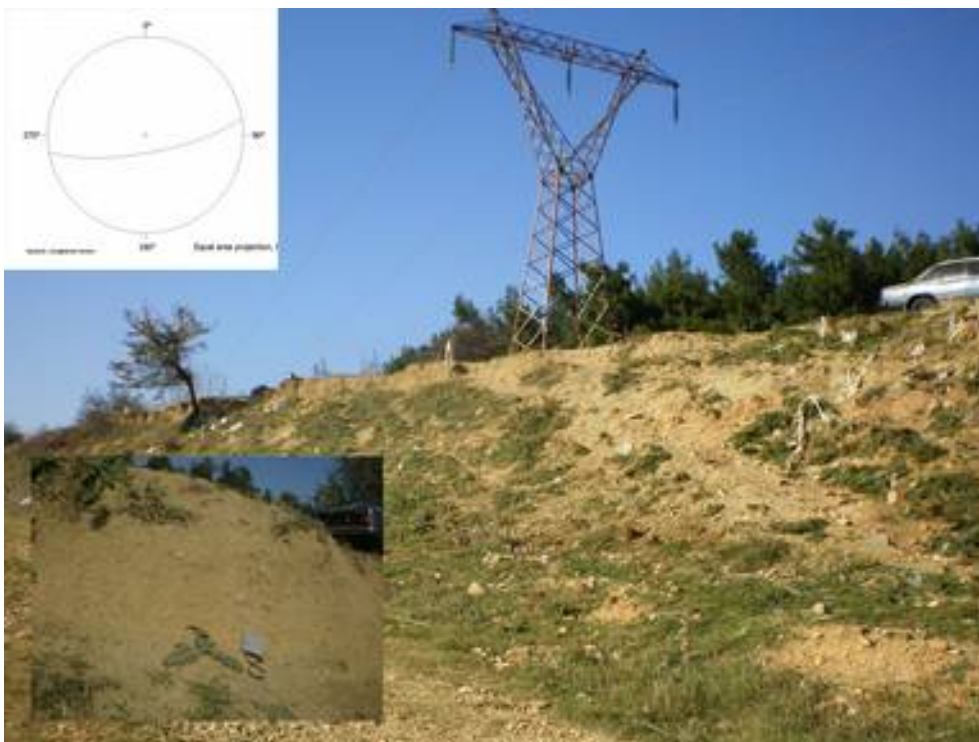
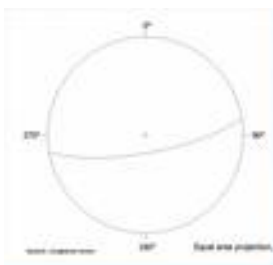
Σχ.24 Μετρήσεις Ρηξιγενών επιφανειών δυτικά του χωριού Κιμμέρια. Παρατηρείται μία κύρια διεύθυνση ρηξιγενών επιφανειών ΒΔ-NA έως μεγάλης ΔΒΔ-ANA.



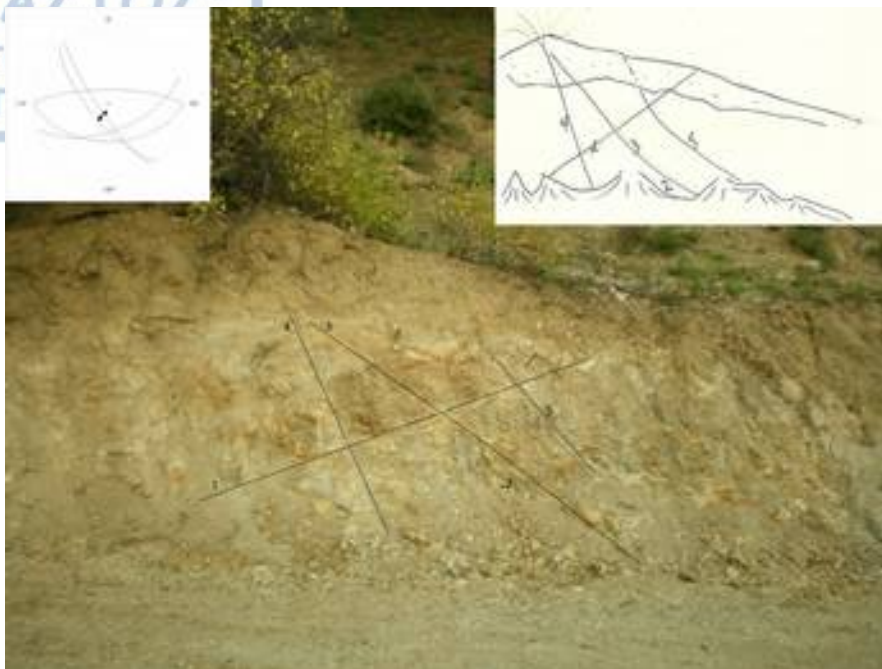
Σχ.25 Μετρήσεις Ρηξιγενών επιφανειών κατά μήκος των χωριών Κιμμέρια-Λευκόπετρα-Σέλερο. Παρατηρείται μία κύρια διεύθυνση ρηξιγενών επιφανειών Δ-Α έως ΔΝΔ-ΑΒΑ μεγάλης κλίσης.



Σχ.26 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε γνεύσιους, με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μέτρηση 205/62 . Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



Σχ.46 Πιθανή επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης περίπου 85 cm, σε χαλαρά ιζήματα έξω από το χωριό Κοπτερό, με γενική διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΒΑ με μέτρηση 170/75.



Σχ.28 Τομή όπου διακρίνονται 5 ρηξιγενείς επιφάνειες πιθανώς κανονικής μετατόπισης, (1) γενική διεύθυνση Δ-Α μέτρηση 000/75, (2) γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ μέτρηση 230/70 ρ82ΝΔ, (3) γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ μέτρηση 235/80 ρ82ΝΔ, (4) γενική διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ μέτρηση 160/60, (5) γενική διεύθυνση Δ-Α μέτρηση 180/45



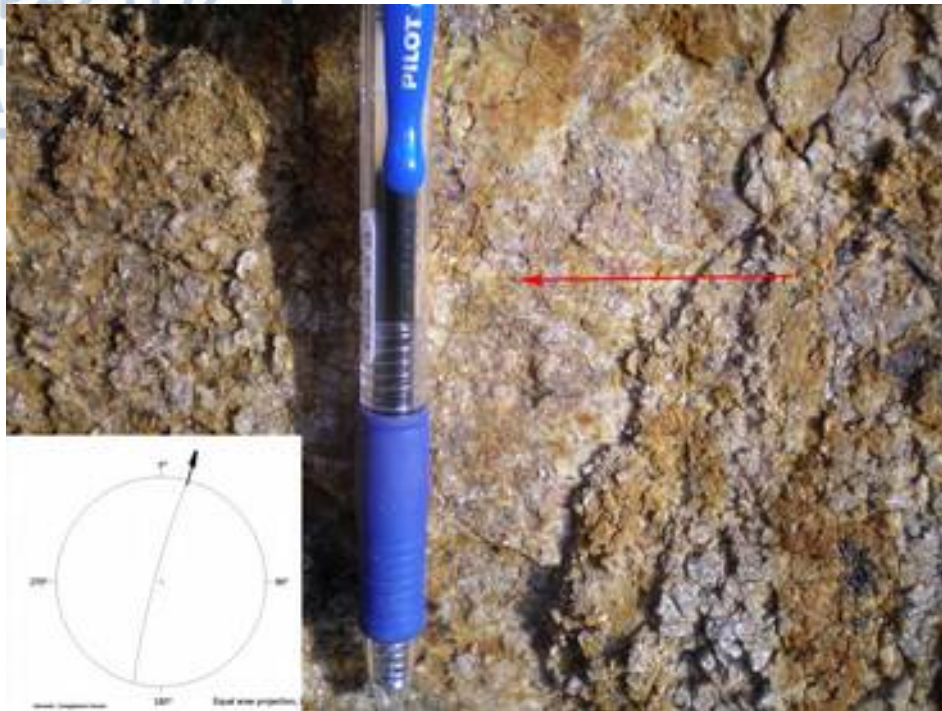
Σχ.29 Επιφάνεια διάρρηξης σε χαλαρά ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΒΔΒ-ΝΑΝ και μέτρηση 260/80. Πιθανό ρήγμα ή επιφανειακό φαινόμενο βαρύτητας.



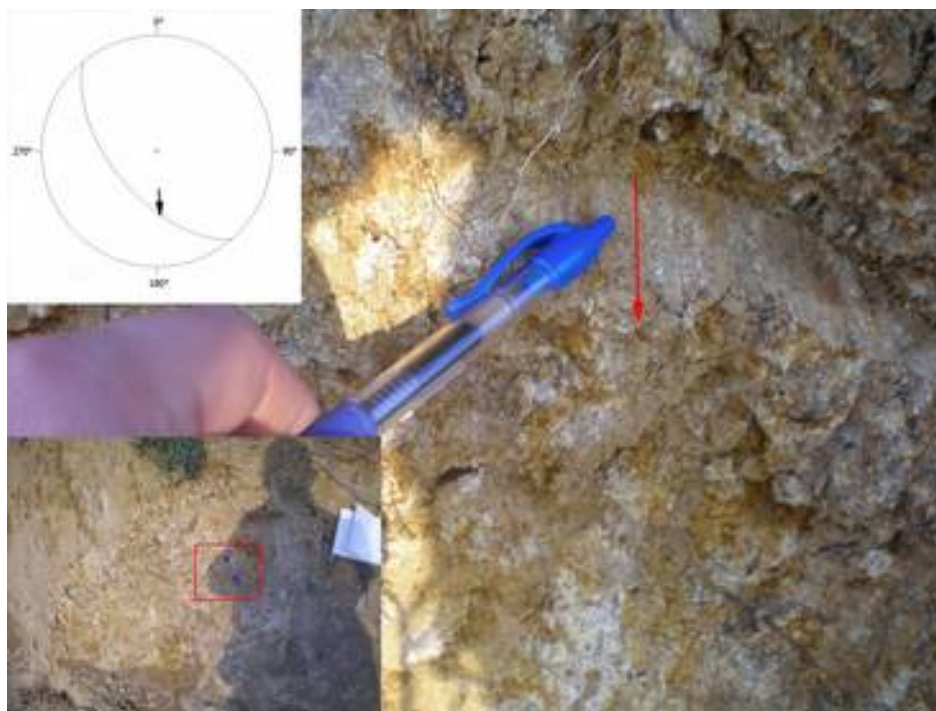
Σχ.30 Πιθανή επιφάνεια Ρήγματος σε χαλαρά ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μέτρηση 235/80.



Σχ.31 Πιθανή επιφάνεια Ρήγματος σε χαλαρά ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ και μέτρηση 260/80.



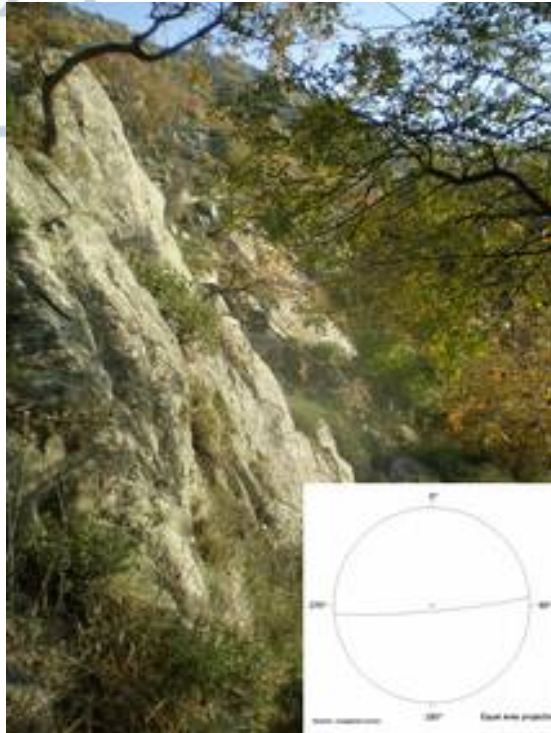
Σχ.32 Επιφάνεια Ρήγματος οριζόντιας μετατόπισης αριστερόστροφης κίνησης, σε μεταφαιστειογενή ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και μέτρηση 285/88 ρ00ΒΒΑ-ΝΝΔ.



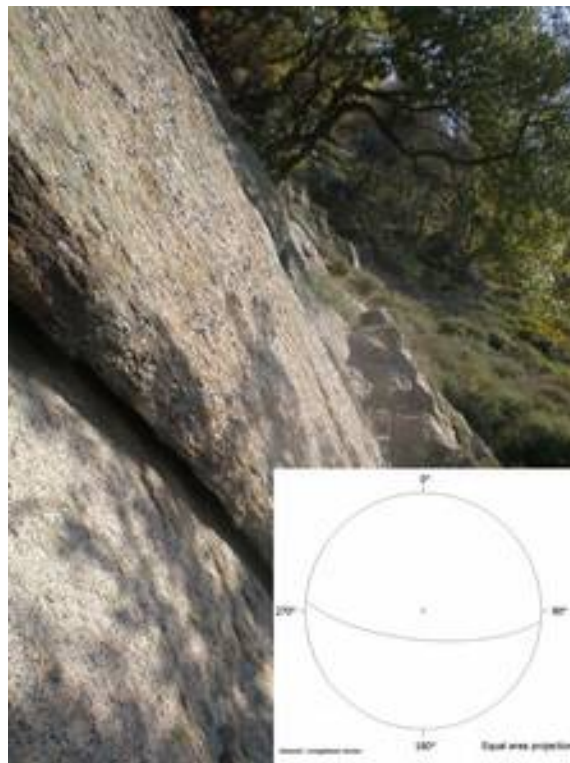
Σχ.33 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μέτρηση 225/65 ρ55ΝΔ.



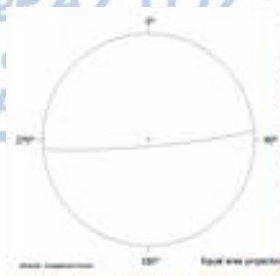
Σχ.34 Πρανές Νεοτεκτονικού Ρήγματος κανονικής μετατόπισης περίπου 80cm, σε χαλαρά ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και μέτρηση 210/75. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



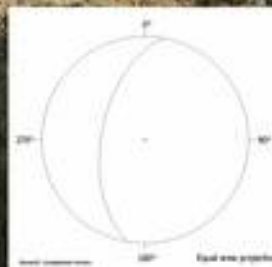
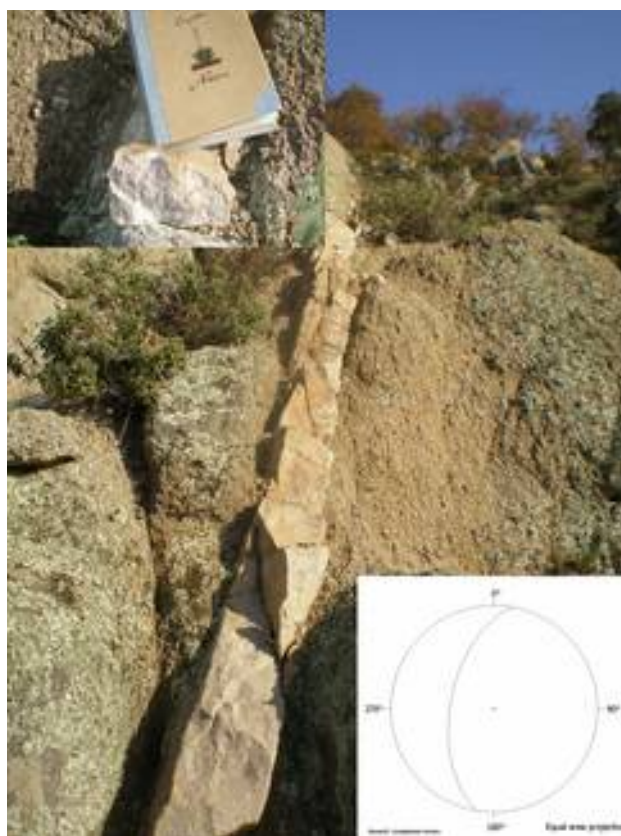
Σχ.35 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε γρανίτη, με γενική διεύθυνση Δ-Α με μέτρηση 175/85. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



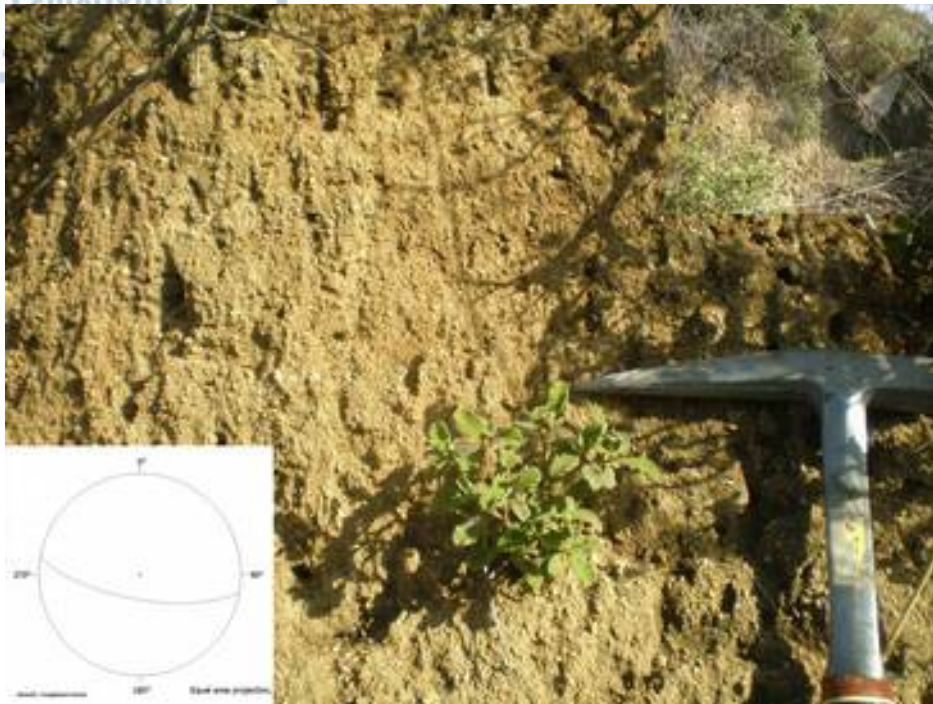
Σχ.36 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε γρανίτη, με γενική διεύθυνση Δ-Α με μέτρηση 185/70. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



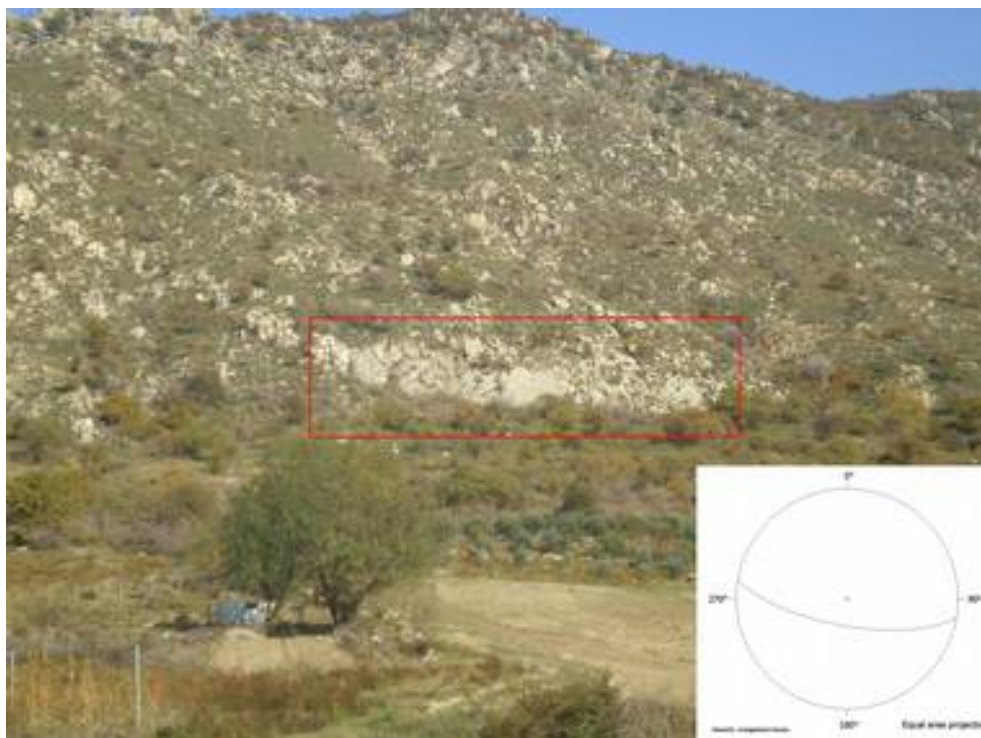
Σχ.37 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε γρανίτη, με γενική διεύθυνση Δ-Α με μέτρηση 175/85. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



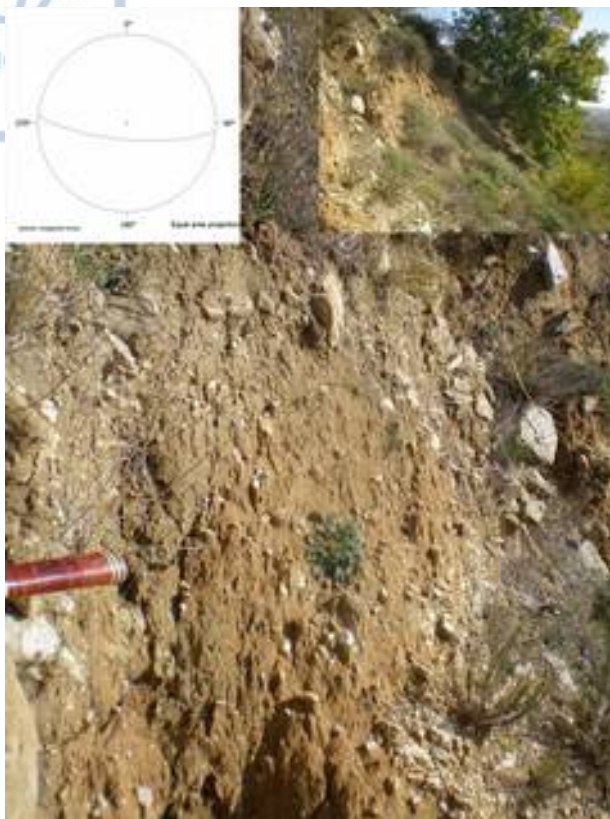
Σχ.38 Φλεβική διείσδυση (1) σε γρανίτη (2) κατά μήκος ρηξιγενούς επιφάνειας, γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και μέτρηση 280/55. Σχετίζεται με το D2 γεγονός και τον μαγματισμό του Τριτογενούς.



Σχ.39 Πιθανή επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε χαλαρά ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ και μέτρηση 190/70.



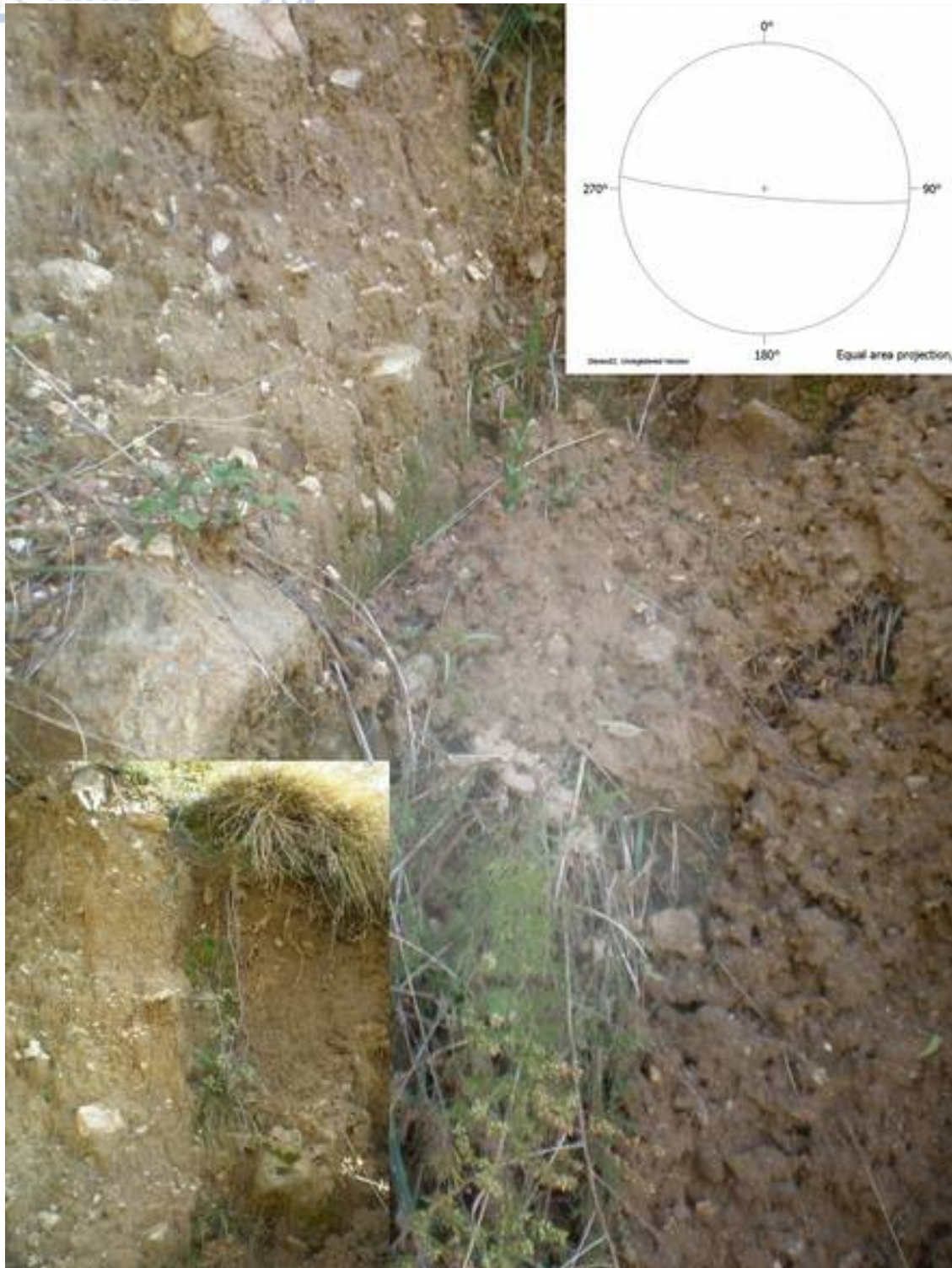
Σχ.40 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε γρανίτη, με γενική διεύθυνση Δ-Α με μέτρηση 185/75. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



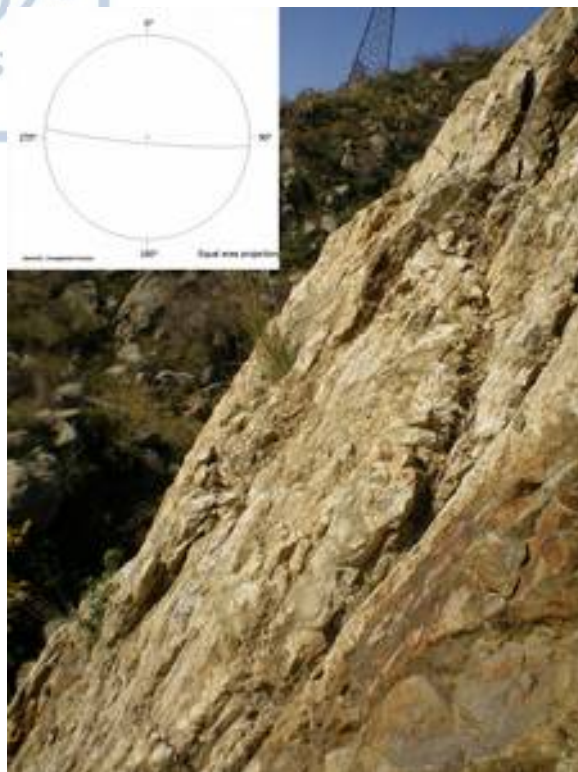
Σχ.41 Πιθανή επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε χαλαρά ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ και μέτρηση 185/75. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



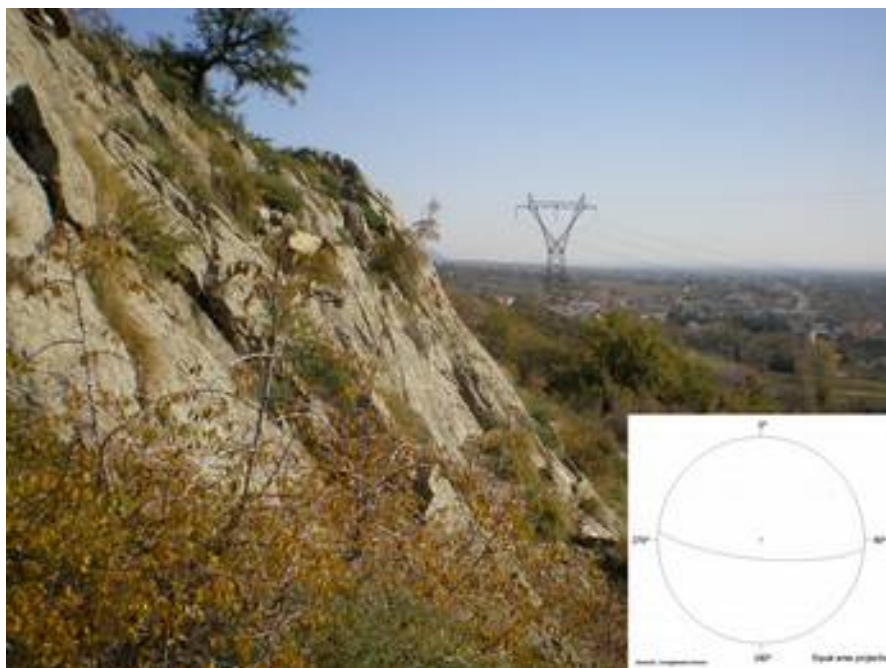
Σχ.42 Πιθανή επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε χαλαρά ιζήματα, με γενική διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ και μέτρηση 185/80. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



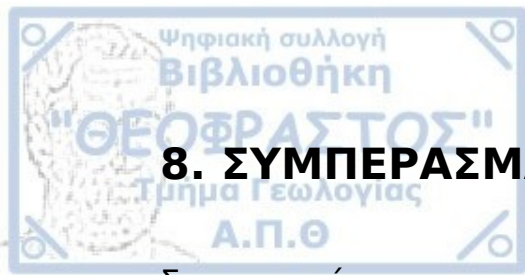
Σχ.43 Κατολίσθηση σε χαλαρά ιζήματα σε ρέμα πριν το χωριό Λευκόπετρα, παράλληλη στη ρηξιγενή ζώνη με γενική διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ και μέτρηση 185/85.



Σχ.44 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε γνεύσιους, με γενική διεύθυνση Δ-Α με μέτρηση 185/85. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



Σχ.45 Επιφάνεια Ρήγματος κανονικής μετατόπισης, σε γρανίτη, με γενική διεύθυνση Δ-Α με μέτρηση 180/75. Σχετίζεται πιθανώς με το D5 γεγονός.



8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν στην ύπαιθρο:

- A) Η γεωμορφολογική εμφάνιση του τμήματος της ρηξιγενούς ζώνης Ξάνθης-Ιάσμου-Πολυάνθου.
- B) Εφαρμόστηκε ο μορφοτεκτονικός δείκτης Δαντέλωσης S (Mount-Front Sinosity), η τιμή της οποίας είναι στα όρια του ενεργού ρήγματος με γεωλογικά κριτήρια.
- Γ) Μετρήθηκαν πολλές ρηξιγενείς επιφάνειες κατά μήκος του ρήγματος με τις αντίστοιχες γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης, όπου ήταν δυνατόν, οι οποίες στην πλειοψηφία τους συνδέονται με το D5 τεκτονικό γεγονός (πλειο-τεταρτογενούς ηλικίας της ευρύτερης περιοχής).



9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andor L.W. Lipsa, Stanley H. Whitea, Jan R. Wijbrans, (1999), Middle-Late Alpine thermotectonic evolution of the southern Rhodope Massif, Greece, *Geodinamica Acta* 13 (2000) 281-292

Azzurra d'Atri, Gian Gaspare Zuffa, William Cavazza, Aral I. Okay, Gianfranco Di Vincenzo, (2011), *Sedimentary Geology* 243-244 (2012) 117-129

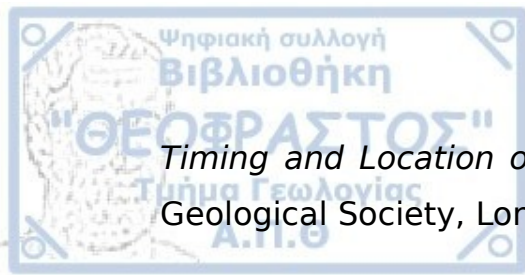
Brun Jean-Pierre, Dimitrios Sokoutis, (2007), Kinematics of the Southern Rhodope Core Complex (North Greece), Springer-Verlag

Catrin E. Jones, John Tarney, James H. Baker and Fani Gerouki, (1991), Tertiary granitoids of Rhodope, northern Greece: magmatism related to extensional collapse of the Hellenic Orogen?, *Tectonophysics*, 210 (1992) 295-314

Kilias Adamantios , George Falalakis, Aristides Sfeikos, Eleftheria Papadimitriou, Agni Vamvaka, Chara Gkarlaouni, (2012), The Thrace basin in the Rhodope province of NE Greece - A tertiary supradetachment basin and its geodynamic implications *Tectonophysics* xxx (2012) xxx-xxx

Koukouvelas Ioannis and Doutsos Theodor, (1990), Tectonic stages along a traverse cross cutting the Rhodopian zone (Greece), *Geologische Rundschau* 79/3] 753-776 | Stuttgart 1990

Krohe Alexandr & Mposkos Ev., (2002), Multiple generations of extensional detachments in the Rhodope Mountains (northern Greece): evidence of episodic exhumation of high-pressure rocks, BLUNDELL, D.J., NEUBAUER, E & VON QUADT, A. (eds) 2002. *The*



Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen.
Geological Society, London, Special Publications, 204, 151-178.

McClay Ken (1987) The Mapping of Geological Structures

Mountrakis D.M. & Tranos M.D., (2004), The Kavala-Xanthi-Komotini fault (KXKF): a complicated active fault zone in Eastern Macedonia-Thrace (Northern Greece) 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Thessaloniki, Greece, 14-20 April 2004

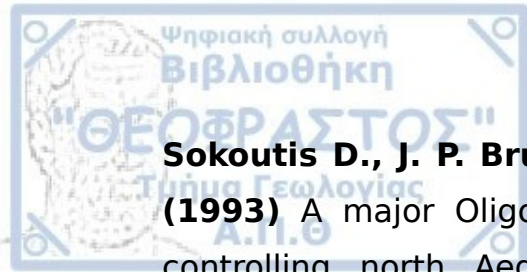
Pavlidis Spyros, Riccardo Caputo, (2004), Magnitude versus faults' surface parameters: quantitative relationships from the Aegean Region Tectonophysics 380 (2004) 159- 188

Pavlidis & Chatzipetros, (2004), Geometry and kinematics of the Maronia-Makri active fault, 4th National Geophysical Conference

Pierre Gautier, Jean-Pierre Brun, Richard Moriceau, Dimitrios Sokoutis, Joseph Martinod, Laurent Jolivet, (1999), Timing, kinematics and cause of Aegean extension: a scenario based on a comparison with simple analogue experiments, Tectonophysics 315 (1999) 31-72

Rondoyanni Th., Ch. Georgiou, D. Galanakis, M. Kourouzidis, (2004), EVIDENCES OF ACTIVE FAULTING IN THRACE REGION (NORTHEASTERN GREECE), Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXVI, 2004

Sboras S., (2012), The Greek Database of Seismogenic Sources: seismotectonic implications for North Greece. PhD Thesis, University of Ferrara, 252 pp.



Sokoutis D., J. P. Brun I, J. Van Den Driessche & S. Pavlides, (1993) A major Oligo-Miocene detachment in southern Rhodope controlling north Aegean extension, *Journal of the Geological Society*; v. 150; p. 243-246

Μουντράκης Δ., (1985), Γεωλογία της Ελλάδος.

Παπαζάχος Β., Παπαζάχου Κ., (2002), Οι Σεισμοί της Ελλάδας

Παυλίδης Σπ., (2003), Γεωλογία των Σεισμών

Software:

Google Inc, (2012), Google Earth, v.6.2.2.6613

Klaus Roller, Claudia A. Trepmann, (2003-2011) Stereo 32 v.1.0.3.

Rod Holcombe, (2010), GeoCalculator v.4.9.3