

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τμήμα : Γεωλογίας

Τομέας : Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

Επιβλέπων καθηγητής : Σ. Παυλίδης



**ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ : ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΣΤΑ
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ (ΠΕΔΙΟ ΚΑΡΔΙΑΣ,
ΤΟΜΕΑΣ 6)**

**ΤΣΑΧΟΥΡΙΔΟΥ ΓΑΛΗΝΗ
ΑΕΜ :3640**

Θεσσαλονίκη 2006

QE
511.42
.T73
2006
D11
C1

HB 874949

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Πτολεμαΐδας και συγκεκριμένα του Ορυχείου Καρδιάς

Στο σημείο αυτό θεωρώ απαραίτητο να ευχαριστήσω τον καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. κύριο Σ. Παυλίδη για την ανάθεση του θέματος, για τις πολύτιμες υποδείξεις του, τη συνεχή καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω θερμά τους γεωλόγους που εργάζονται στη ΔΕΗ Πτολεμαΐδας στον τομέα των γεωτρυπανιστών, για τη διάθεση όλων των στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς επίσης και την υλική βοήθεια που μου παρείχαν η οποία με διευκόλυνε κατά τη διάρκεια της εργασίας μου στο ορυχείο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού είναι η μεγαλύτερη Δημόσια Επιχείρηση στη χώρα μας. Μία από τις μεγάλες δραστηριότητες της ΔΕΗ είναι η έρευνα, μελέτη και εκμετάλλευση των λιγνιτοφόρων περιοχών, όπως αυτή της Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου- Φλώρινας με την ανάπτυξη ορυχείων.

Τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ διοικητικά συνιστούν δύο Λιγνιτικά Κέντρα, της Πτολεμαΐδας (ΛΚΠ-Α) και της Μεγαλόπολης (ΛΚΜ) τα οποία υπάγονται στο Βοηθό Γενικό Δ/ντή Ορυχείων της ΔΕΗ.

Στο ΛΚΠ-Α λειτουργούν σήμερα τα παρακάτω 4 συγκροτήματα ορυχείων :

- **Ορυχείο Κύριου Πεδίου** (περιλαμβάνει τις εκμεταλλεύσεις Βόρειου Πεδίου και Πεδίου Κομάνου)
- **Ορυχείο Πεδίου Καρδιάς** (περιλαμβάνει τις εκμεταλλεύσεις των ΑΟΚ και του τομέα 6)
- **Ορυχείο Νότιου Πεδίου** (περιλαμβάνει την εκμετάλλευση του ομώνυμου Πεδίου)
- **Ορυχείο Πεδίου Αμυνταίου** (περιλαμβάνει τις εκμεταλλεύσεις του Πεδίου Αναργύρων και του κυρίως Πεδίου Αμυνταίου)

ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

Η λεκάνη αυτή αποτελεί μια τεκτονική τάφρο με σαφή και καθορισμένο σχήμα και πληρούται με Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα, τα οποία συνιστούν πολύτιμους οδηγούς για τη διαπίστωση και χρονολόγηση των διαδοχικών νεοτεκτονικών επεισοδίων. Επίσης βρίσκεται εσωτερικά του ελληνικού ιζηματογενούς τόξου και αποτελεί έτσι ένα εξαιρετικό παράδειγμα για τη μελέτη της πρόσφατης τεκτονικής δράσης στο χώρο εσωτερικά του τόξου. Είναι λοιπόν μια ενδοηπειρωτική ευκίνητη λεκάνη. Παρουσιάζει επιπλέον μια ιδιαιτερότητα σε ολόκληρο τον Ελληνικό χώρο. Αν και έχει έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα δε φαίνεται να παρουσιάζει αντίστοιχη σεισμική δράση. Δεν έχει καταγραφεί κανένας ισχυρός σεισμός κατά τον παρόντα αιώνα, αλλά δεν είναι γνωστοί ούτε μεγάλοι ιστορικοί σεισμοί στην περιοχή αυτή. Είναι μια από λίγες περιοχές του Ελληνικού χώρου που φαίνεται ανενεργός. Σ' ένα χάρτη μάλιστα κατανομής των επικέντρων των σεισμών του παρόντα αιώνα, όπως αυτός των *Comninakis & Papazachos* (1982), παρουσιάζεται σαν μια « λευκή (ασεισμική) νησίδα», σ' αντίθεση με τον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο που εμφανίζεται εξαιρετικά σεισμικά ενεργός.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

Η λεκάνη της Πτολεμαΐδας βρίσκεται στο Βορειοελλαδικό χώρο. Είναι τμήμα της επιμήκους νεογενούς λεκάνης, η οποία ξεκινά από το Μοναστήρι (Bitola) της Γιουγκοσλαβίας και διαμέσου της Φλώρινας, Αμυνταίου και Πτολεμαΐδας φτάνει μέχρι την Κοζάνη και τα Σέρβια. Η περιοχή αυτή βρίσκεται στη Δυτική Μακεδονία και συγκεκριμένα στους νομούς Φλώρινας και Κοζάνης. Στο σύνολό της η λεκάνη έχει μήκος 100Km περίπου από το βορειότερό της τμήμα μέχρι τα πρόβουνα της Κοζάνης, και ένα μέσο πλάτος 15Km περίπου. Το μέσο απόλυτο υψόμετρό της είναι 600m. Η διεύθυνσή της είναι ΒΒΔ-ΝΝΑ, παράλληλη προς τον ορεογραφικό άξονα των Ελληνίδων οροσειρών.

Προς τα δυτικά η λεκάνη ορίζεται από τα ορεινά συγκροτήματα του Βέρνου-Βαρνούντα (με ψηλότερη κορυφή το Βίτσι, 2128m) και του Άσκιου (Σινιάτσκο, 2111m). Στα ανατολικά της ορθώνεται το ορεινό συγκρότημα του Βόρα (Καϊμακτσαλάν, 2524m) και το Βέρμιο (2027m). Μεταξύ του Βόρα και του Βερμίου αναπτύσσεται σε υψόμετρο 600m, η λίμνη της Βεγορίτιδος σαν ένα σχεδόν ανεξάρτητο τεκτονικό βύθισμα, περίπου κάθετο προς την κύρια διεύθυνση της μεγάλης επιμήκους

λεκάνης. Προς νότο η λεκάνη κλείνει από τις λοφοσειρές Δρέπανου-Κοζάνης, που αναπτύσσονται μεταξύ Βερμίου και Άσκιου.

Η λεκάνη στο σύνολό της δεν εμφανίζεται ενιαία · εξάρματα και λοφοσειρές την χωρίζουν σε επιμέρους υπολεκάνες. Το πιο χαρακτηριστικό εξάρμα είναι του Κλειδιού-Ξυνού Νερού-Αετού το οποίο χωρίζει το βόρειό της τμήμα που καθορίζεται σαν λεκάνη Φλώρινας και είναι ανοιχτή προς τα βόρεια, με το νότιο τμήμα που ονομάζεται λεκάνη Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας. Το ύψωμα Κλειδιού-Ξυνού Νερού-Αετού έχει μέγιστο απόλυτο υψόμετρο 900m.

Άλλα μικρότερης σημασίας εξάρματα είναι της Βεγόρας-Νεάπολης που εκτείνεται μέχρι τις λοφοσειρές του Σωτήρα και διαχωρίζει τις μικρότερες υπολεκάνες Πατρών-Αμυνταίου από εκείνη της Βεγορίτιδας-Βεγόρας, το ύψωμα Μπορντό που διαχωρίζει τις υπολεκάνες Ολυμπιάδας-Γαλάτειας και Πτολεμαΐδας και το ύψωμα Λακκιάς-Φιλώτα στο κέντρο της λεκάνης.

Η στενή κοιλάδα Κομνηνών-Πύργων αναπτύσσεται ανάμεσα στα πρόβονα του Βερμίου με διεύθυνση παράλληλη προς το βύθισμα της Βεγορίτιδας και σχεδόν κάθετη στη διεύθυνση του άξονα της κύριας λεκάνης. Τέλος τα υψώματα Προαστίου-Καρυχωρίου οριοθετούν την λεκάνη της Πτολεμαΐδας από το υπερυψωμένο τμήμα του λιγνιτωρυχείου. Νοτιότερα βρίσκεται το βύθισμα του Βάλτου (Σαρίγκιολ)

Οι τέσσερις λίμνες: Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη αναπτύσσονται σε συμμετρική διάταξη, αποτέλεσμα του νεότερου τεκτονισμού.

Στη λεκάνη της Φλώρινας ιδιαίτερη νεοτεκτονική σημασία έχουν το υπερυψωμένο τμήμα των νεογενών ιζημάτων της Βεύης και η ενδοορεινή κοιλάδα Αχλάδας - Σκοπού στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης παρά τα Ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα.

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η Νεοτεκτονική αποτελεί ένα σχετικά καινούριο κλάδο των γεωεπιστημών και ειδικότερα της Τεκτονικής Γεωλογίας, που μελετά τις πιο «πρόσφατες» γεωλογικά τεκτονικές δομές και διεργασίες. Ουσιαστικά δε διαχωρίζεται από την Τεκτονική Γεωλογία, γιατί και οι δύο κλάδοι χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους, η Νεοτεκτονική όμως χρησιμοποιεί και περισσότερο εξειδικευμένες μεθόδους τεκτονικής ανάλυσης, καθώς επίσης και τη διαρκώς αυξανόμενη πείρα της σεισμολογίας, αφού προσπαθεί να συνδέσει την πρόσφατη με την ενεργό τεκτονική. Αποτελεί δηλαδή το συνδυαστικό κρίκο μεταξύ της τεκτονικής γεωλογικής μελέτης και της μελέτης των στιγμιαίων τεκτονικών

γεγονότων που είναι οι σεισμοί. Με άλλα λόγια η Νεοτεκτονική μπορεί να χαρακτηριστεί σαν «ενδιάμεση γέφυρα» μεταξύ της Τεκτονικής Γεωλογίας και της σεισμοτεκτονικής.

Με τη συνεχή ανάπτυξή της σαν ξεχωριστού κλάδου, και την αυξανόμενη εφαρμογή της και στη χώρα μας, η νεοτεκτονική καθιερώθηκε πλέον να εξετάζει όλα τα τεκτονικά φαινόμενα και γεγονότα που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του Νεογενούς και Τεταρτογενούς και παρουσιάζεται με ανανεωμένο ενδιαφέρον μετά την επικράτηση στις γεωεπιστήμες της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί στα όρια των σύγχρονων λιθοσφαιρικών πλακών και οι νεογενείς, τεταρτογενείς τεκτονικοί τάφροι (λεκάνες) στο εσωτερικό των πλακών, αποτελούν ιδανικές περιοχές για τη διαπίστωση και ερμηνεία των νεοτεκτονικών κινήσεων.

ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αν και η γεωτεκτονική κατάσταση των πρόσφατων γεωλογικών χρόνων είναι σημαντικά διαφορετική απ' εκείνη των παλιότερων και δεν έχει ακόμα δειχτεί με σαφήνεια ο βαθμός σύνδεσης της παλιάς τεκτονικής με τη νέα, εντούτοις είναι σκόπιμο να αναφερθούν τα γεωλογικά εκείνα στοιχεία που καθορίζουν τον ευρύτερο Ελληνικό χώρο και περισσότερο τη στενή περιοχή έρευνας.

Ο Ελληνικός χώρος αποτελεί τμήμα του Αλπικού συστήματος πτυχώσεων και είναι ιδιαίτερα ενεργός γεωδυναμικά σήμερα. Η σεισμικότητά του είναι από τις υψηλότερες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Η δημιουργία και η βαθμιαία εξέλιξη των Ελληνίδων οροσειρών άρχισε στο Μεσοζωϊκό αιώνα και συνεχίστηκε μέχρι το Μειόκαινο με διαδοχικές φάσεις πτυχώσεων. Στη συνέχεια διαμορφώθηκε μια νέα γεωτεκτονική κατάσταση, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

Οι αντιλήψεις για την εξέλιξη και διαμόρφωση των βουνών του Ελληνικού χώρου άρχισαν να διαμορφώνονται από τις αρχές του αιώνα μας και συγκεκριμενοποιήθηκαν κατά τις τελευταίες δεκαετίες με τα γεωτεκτονικά σχήματα των Ελληνίδων οροσειρών που προτάθηκαν από τους *Aubouin et al* (1963), *Smith & Moores* (1974), *Jacobshagen et al* (1978), *Mountrakis et al* (1983b). Σαν γενικό συμπέρασμα των αντιλήψεων αυτών προκύπτει ο διαχωρισμός γεωτεκτονικών ζωνών του Ελλαδικού χώρου.

Η μελετούμενη περιοχή τοποθετείται στον ευρύτερο χώρο της Πελαγονικής γεωλογικής ζώνης, η οποία βασικά συγκροτείται από παλαιοζωϊκά και προπαλαιοζωϊκά κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα που συνιστούν μια συμπαγή μάζα, καθώς επίσης και το Μεσοζωϊκό της κάλυμμα. Όπως είναι γνωστό η γεωτεκτονική αυτή ζώνη ορίστηκε

αρχικά από τον *Kossmat* (1924) με τον όρο « Πελαγονική μάζα και το κάλυμμά της» και στη συνέχεια ονομάστηκε « Πελαγονική ζώνη» από τους *Brunn* (1956) και *Aubouin* (1957), (βιβλιογραφία Μουντράκης 1985)

Η Πελαγονική εκτείνεται σαν μια επιμήκης ζώνη ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης που αρχίζει από τη Νότια Γιουγκοσλαβία και διαμέσου της Μακεδονίας-Θεσσαλίας, δηλαδή των ορεινών συγκροτημάτων Βόρα, Βαρνούντα , Βέρνου, Άσκιου, Πιερίων, Πηλίου, Ανατολικής Ορθής, φτάνει μέχρι τη Βόρεια Εύβοια και τα νησιά Σκιάθο και Σκόπελο, τμήματα των οποίων ανήκουν στη ζώνη αυτή.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

Τα λιγνιτικά στρώματα του γαιώδους λιγνίτη τύπου Πτολ/δας και τα συνωδά του λιμναία ιζήματα, τόσο εκείνα που βρίσκονται σε εναλλασσόμενη διάταξη όσο και εκείνα που υπόκεινται και υπέρκεινται του λιγνίτη συγκροτούν το Σχηματισμό της Πτολεμαΐδας. Κατά το διαχωρισμό των Αναστόπουλου και Κούκουζα (1972) τα λιγνιτικά στρώματα διακρίνονται σε: α-Κατώτερη λιγνιτοφόρα στιβάδα, β-Ενδιάμεση στείρα και γ-Ανώτερη λιγνιτοφόρα στιβάδα. Σύμφωνα με τον κώδικα Στρωματογραφικής ορολογίας θα μπορούσαμε να χωρίσουμε το Σχηματισμό Πτολεμαΐδας σε μέλη , με βάση την παραπάνω αρχή. Έτσι τα υποκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων ιζήματα και η κατώτερη λιγνιτοφόρα στιβάδα συγκροτούν το Κατώτερο Μέλος του σχηματισμού (ή μέλος Κύριου Πεδίου), ακολουθεί προς τα πάνω το Ενδιάμεσο Μέλος (Καρδιάς) και έπεται το Ανώτερο Μέλος (Νότιου Πεδίου) που περιλαμβάνει τα ανώτερα στρώματα του λιγνίτη και τα υπερκείμενά του. Τα μέλη αυτά είναι διακριτά κυρίως στο νότιο τμήμα της λιγνιτοφόρας λεκάνης της Πτολεμαΐδας, δεν ξεχωρίζουν καθόλου στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης, π.χ. κοίτασμα του χωριού Άγιου Χριστόφορου, όπου η λιγνιτοφορία είναι ενιαία, και περιπτωσιακά μόνο ξεχωρίζουν στη λεκάνη Αμυνταίου, π.χ. κοίτασμα Αναργύρων.

Ο σχηματισμός Πτολεμαΐδας αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα λιγνίτη, αργίλων, μαργών, άμμων, μαργαϊκών ασβεστόλιθων και όλων των μεταξύ αυτών λιθολογικών τύπων (Σχ.1). Η σειρά, το πάχος και η λιθολογία των διαφόρων στρωμάτων ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή, αλλά η γενική λιθοστρωματογραφική εικόνα είναι ίδια σ' ολόκληρη την έκταση της λεκάνης. Το πάχος των λιγνιτοφόρων στρωμάτων κυμαίνεται από 20-140m περίπου στα διάφορα πεδία κοιτασμάτων που ερευνήθηκαν μέχρι σήμερα.

Από τη στατιστική ανάλυση των ρηγμάτων σ' όλη την έκταση του λιγνιτωρυχείου, διαπιστώθηκε ότι επικρατούν δύο κύριες διευθύνσεις. Η πρώτη που περιλαμβάνει τα ρήγματα με τα μεγαλύτερα μήκη και άλματα σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και η δεύτερη με μικρότερο αριθμό ρηγμάτων και μικρού σχετικά μήκους με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Τα ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης «κόβουν» τα στρώματα ολόκληρης της νεογενούς σειράς και συνεχίζουν και στα τεταρτογενή στρώματα. Είναι τα νεότερα σε ηλικία κανονικά ρήγματα και η γεωμετρία τους προϋποθέτει σε γενικές γραμμές μια διεύθυνση εφελκυστικών τάσεων ΒΔ-ΝΑ.

Γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης και αντίστοιχες αυλακώσεις μετρήθηκαν κατά μήκος του μεγάλου ρήγματος, άλματος 50 μέτρων, που χωρίζει το κύριο πεδίο του λιγνιτωρυχείου από το Βόρειο τομέα, σε λειασμένες επιφάνειες λιγνίτη και μάργας. Το ρήγμα έχει διεύθυνση 40° και κλίση 70° ΒΔ, ενώ οι μετρηθείσες γωνίες γράμμωσης (pitch) είναι 80° - 85° , που φανερώνουν καθαρή κανονική συνιστώσα της κίνησης.

Από 14 επιλεγμένες μετρήσεις τεκτονικών γραμμώσεων και αυλακώσεων, τόσο κατά μήκος αυτού του ρήγματος, όσο και σε ορισμένα μικρότερα (άλματος 8-10 μέτρων) αντιθετικά προς αυτό, υπολογίστηκαν οι κύριοι άξονες του ελλειψοειδούς των τάσεων

με τη μέθοδο των δίδρων γωνιών :

$$N_1 : D = 79 \quad , p = 76$$

$$N_2 : D = 238 \quad , p = 14$$

$$N_3 : D = 329 \quad , p = 5$$

και με τη μέθοδο του μέσου τανυστή τάσης :

$$\sigma_1 : D = 172 \quad , p = 71$$

$$\sigma_2 : D = 68 \quad , p = 5$$

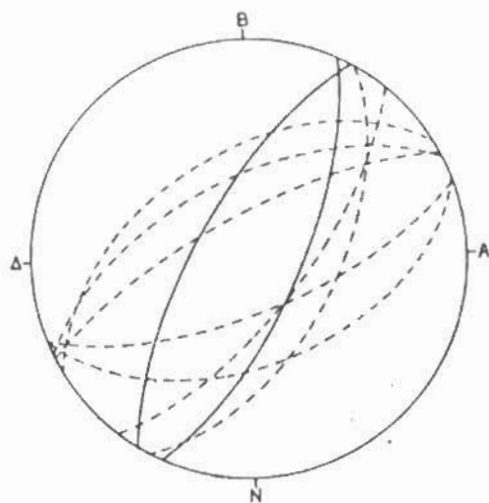
$$\sigma_3 : D = 336 \quad , p = 19$$

Το κύριο ρήγμα του Βόρειου Τομέα-Κύριου Πεδίου δημιουργήθηκε μετά την απόθεση των πλειοκαινικών ιζημάτων και επαναδραστηριοποιήθηκε στο πολύ πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν, όπως διαπιστώνεται από πολύ μικρά σπασίματα (ρήγματα άλματος της τάξης εκατοστών) στα τεταρτογενή κροκαλοπαγή των ανώτερων στρωμάτων των κοκκινοχωμάτων που καλύπτουν την περιοχή και κατά μήκος της ζώνης του ρήγματος.

Όσον αφορά τη γεωμετρία των ρηγμάτων, εκείνα με τα μεγαλύτερα μήκη και άλματα, που διασχίζουν εγκάρσια το ορυχείο και το χωρίζουν σε τομείς διαφόρων επιπέδων, έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

είναι τυπικά ρήγματα βαρύτητας με μέση κλίση 70° περίπου. Εκείνα του βορειοδυτικού τμήματος του ορυχείου κλίνουν προς ΒΔ, ενώ τα αντίστοιχα του νοτιοδυτικού πεδίου κλίνουν προς ΝΑ. Σχηματίζουν, μ' αυτόν τον τρόπο, μια διάταξη εξάρματος (κεντρικό τμήμα ορυχείου), με κλιμακωτές καταβυθίσεις προς ΒΔ και ΝΑ. Περιπτωσιακά εμφανίζονται ρήγματα Β-Ν και ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης, τα οποία είναι λιγότερα σε αριθμό και μικρότερα σε μήκη και άλματα.

Τα μεταποθετικά τεταρτογενή ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, που διασχίζουν ολόκληρη την πλειοκαινική σειρά, συναντιούνται σ' όλη την έκταση του ορυχείου και μπορούν να μελετηθούν σε τεχνητές τομές. Μια ομάδα τέτοιων ρηγμάτων, άλματος από μερικές δεκάδες εκατοστών μέχρι μερικά μέτρα, από το πεδίο Καρδιάς είναι αυτά που προβάλλονται στο διάγραμμα ίσων γωνιών του σχ. 2. Οι διευθύνσεις τους κυμαίνονται από 20° - 80° και οι κλίσεις τους μεταξύ 60° και 80° . Εκείνα που προβάλλονται εντονότερα ($25^\circ/72^\circ$ ΝΑ και $30^\circ/70^\circ$ ΒΔ) καθορίζουν ένα μικρό τεκτονικό βύθισμα πλάτους 15m και βάθους 2m περίπου.



Σχ.2 Στερεογραφική προβολή (δίκτυο Schmidt, νότιο ημισφαίριο) μιας ομάδας κανονικών τεταρτογενών ρηγμάτων από το πεδίο Καρδιάς του λιγνιτορυχείου Πτολεμαΐδας. (Πανλίδης 1985).

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΟΡΥΧΕΙΟΥ ΚΑΡΔΙΑΣ

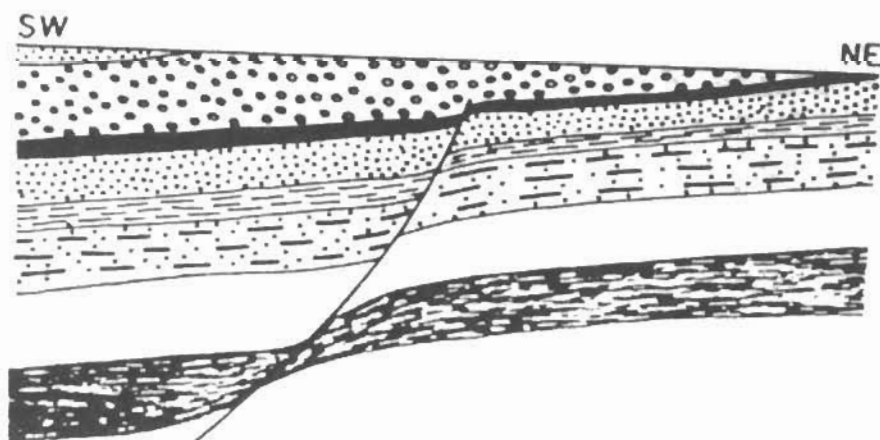
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΡΗΓΜΑΤΑ

Ρήγμα στην τεκτονική ονομάζουμε κάθε ρηξιγενή δομή εκατέρωθεν της οποίας παρατηρούνται μετακινήσεις των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που παραμορφώνεται. Οι μετατοπίσεις αυτές μπορεί να είναι της τάξης μεγέθους από 1cm μέχρι και πάνω από 1000m, πολλές φορές. Η επιφανειακή εξ' άλλου εξάπλωση ενός ρήγματος είναι δυνατόν να φτάνει σε μήκος πολλών χιλιομέτρων. Ολόκληροι ήπειροι μπορεί να μετατοπίζονται κατά μήκος τέτοιων, μεγάλου μήκους, ρηγμάτων (ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης, ταφρογενείς ζώνες κλπ.)

Οι ρηξιγενείς επιφάνειες μπορεί να είναι, 'όπως γενικά και κάθε επιφανειακό στοιχείο στη Γεωλογία, κατακόρυφες, κεκλιμένες ανάλογα, ή οριζόντιες. Μπορεί να εμφανίζονται επίσης όπως και οι επιφάνειες των διακλάσεων, λείες επίπεδες, κεκαμμένες ή και σιγμοειδώς κεκαμμένες.

Συνήθως τα ρήγματα στους γεωλογικούς σχηματισμούς, είτε αυτοί είναι ιζηματογενείς, είτε μαγματογενείς, είτε μεταμορφωσιγενείς, προκαλούνται μετά τον σχηματισμό τους, από την επίδραση μεταγενέστερων παραμορφωτικών δυνάμεων.

Υπάρχουν εν τούτοις περιπτώσεις, ιδίως στα ιζηματογενή πετρώματα, όπου ο σχηματισμός των ρηγμάτων μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια της ιζηματογένεσης. Τα ρήγματα αυτά αποτελούν μια ιδιαίτερη, μεγάλης σημασίας για τη σχετική χρονολόγηση τεκτονικών συμβάντων στη φύση, κατηγορία ρηγμάτων, που χαρακτηρίζονται ως **συνιζηματογενή ρήγματα**. (Σχ. 3)



Σχ. 3 Συνιζηματογενές ρήγμα (Κίλιας 1985).

Ορισμένα γνωρίσματα των ρηξιγενών αυτών δομών, που τις διακρίνουν από τις υπόλοιπες κανονικές ρηξιγενείς δομές είναι τα εξής:

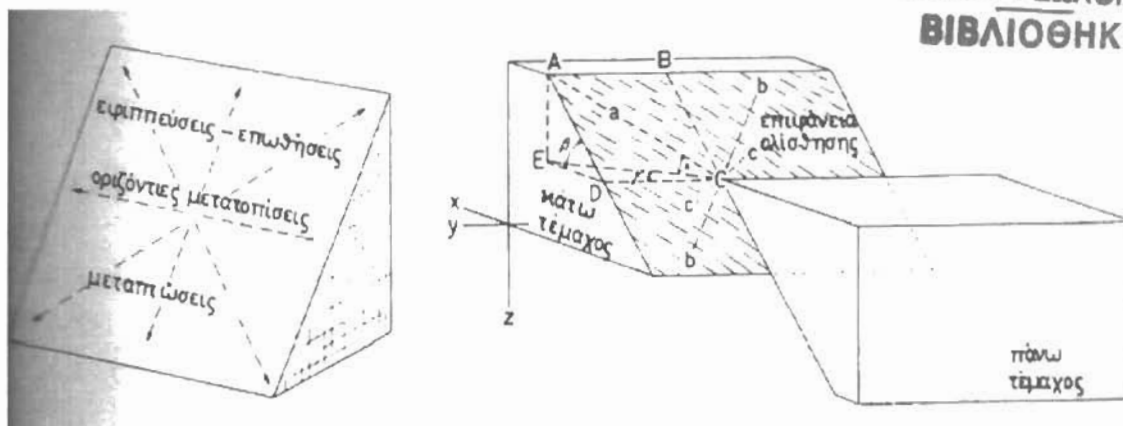
1. Τα ρήγματα αυτά περιορίζονται σε ορισμένα μόνο στρώματα των ιζηματογενών σχηματισμών και δεν κόβουν όλες τις στρωσιγενείς επιφάνειες του ιζήματος.
2. Είναι συνήθως μικρών διαστάσεων.
3. Με το βάθος αυξάνει συνήθως το άλμα της μετατόπισης των τμημάτων εκατέρωθεν της ρήξεως.

Κατά μήκος των ρηγμάτων κυκλοφορεί συνήθως νερό (Σχ.4), με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολλές φορές πηγές σε ορισμένα σημεία τους, ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής. Υπάρχουν εν τούτοις περιπτώσεις, κατά τις οποίες διαπιστώθηκε ότι τα ρήγματα, ιδίως αυτά που αναπτύσσονται κάθετα στη διεύθυνση ροής του νερού μέσα στο πέτρωμα και το υλικό πληρώσεως έχει συμπαγοποιηθεί, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα στην κίνηση του νερού, σχηματίζοντας έτσι κατά κάποιο τρόπο, ένα αδιαπέρατο για το νερό διάφραγμα. (μια τέτοια περίπτωση αναφέρεται στην περιοχή της Αγιάς της Δ. Κρήτης).



Σχ. 4

Οι διευθύνσεις των μετατοπίσεων, που δυνατόν να λάβουν χώρα κατά μήκος μιας ρηξιγενούς επιφάνειας ενός ρήγματος, δίνονται στο παρακάτω σχήμα. (Σχ. 5)



Σχ. 5 Οι δυνατές μετατοπίσεις κατά μήκος μιας κεκλιμένης ρηξιγενούς επιφάνειας (Κίλιας 1985)

Έτσι ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού εκατέρωθεν του ρήγματος, διακρίνονται με τη σειρά τους τα ρήγματα σε τρεις μεγάλες κατηγορίες. Οι κυριότεροι τύποι των ρηγμάτων φαίνονται στο Σχ. 6

α) **Ρήγματα σμίκρυνσης (ή ανάστροφα ρήγματα).**

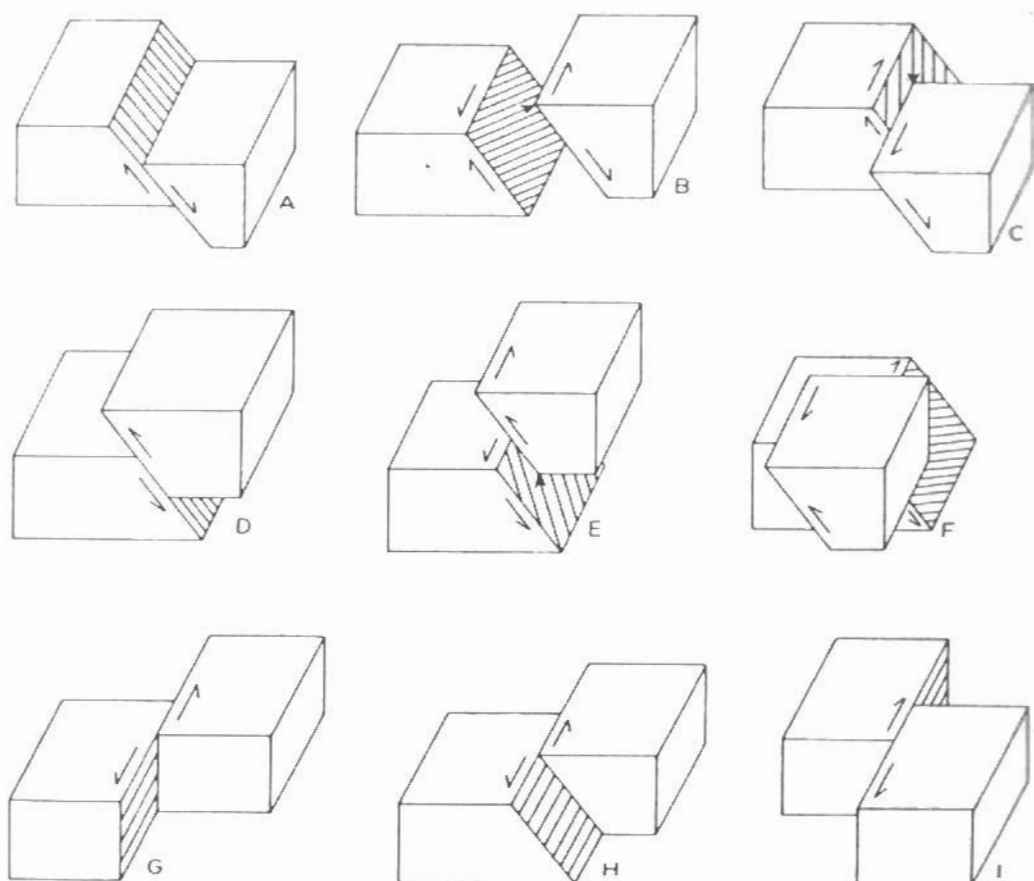
Ως αποτέλεσμα δράσης αυτών των ρηγμάτων είναι η δημιουργία **επιπλεύσεων, επωθήσεων, υποθήσεων, λεπιώσεων και τεκτονικών καλυμμάτων.**

β) **Ρήγματα απομάκρυνσης (ή ρήγματα εκτάσεως ή κανονικά ρήγματα**

Τα ρήγματα αυτά προκαλούν τις **μεταπτώσεις.**

γ) **Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης.** Προκαλούν **οριζόντια μετατόπιση** των εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού.

Πολλές φορές εντούτοις, παρατηρούνται μεταβατικές μορφές μεταξύ των α και γ κατηγοριών ρηγμάτων, καθώς επίσης και μεταξύ των β και γ κατηγοριών. Δημιουργούνται έτσι στην πρώτη περίπτωση τα **πλάγια ανάστροφα ρήγματα**, ενώ στη δεύτερη τα **πλάγια κανονικά.**

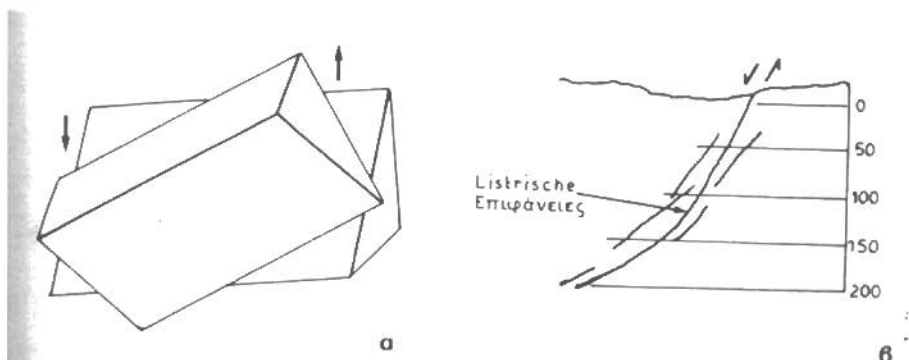


Σχ. 6 Οι κυριότεροι τύποι των ρηγμάτων. **A.** Κανονικό ρήγμα, **B.** Πλάγιο κανονικό ρήγμα αριστερόστροφο, **C.** Πλάγιο κανονικό ρήγμα δεξιόστροφο, **D.** Ανάστροφο ρήγμα, **E.** Πλάγιο ανάστροφο ρήγμα αριστερόστροφο, **F.** Πλάγιο ανάστροφο ρήγμα δεξιόστροφο, **G.** Ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, **H.** Ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κεκλιμένη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, **I.** Ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια δεξιόστροφο (Τεκτονική Κίλιας 1985)

Κατά τη γεωλογική εξέλιξη επίσης ενός ρηγματος, είναι δυνατόν να αλλάξει η αρχική φορά κίνησης των εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας, έτσι ώστε ένα ανάστροφο ρήγμα να μεταπίπτει σ'ένα κανονικό ή και αντίστροφο. Αλλά και κατά μήκος του ίδιου του ρηγματος, συμβαίνει καμιά φορά, οι παρατηρούμενες κινήσεις να έχουν αντίθετη φορά σε ορισμένα σημεία της ρηξιγενούς επιφάνειας, με αποτέλεσμα το ίδιο το ρήγμα αλλού να εμφανίζεται ως ανάστροφο και αλλού ως κανονικό (Σχ. 7). Τα φαινόμενα αυτά μαζί με το γεγονός, ότι η γωνία κλίσης της ρηξιγενούς επιφάνειας μπορεί να διαφοροποιείται με το βάθος (συνήθως ελαττώνεται) θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη, κατά τη μελέτη των ρηγμάτων.

Γενετικά τα ρήγματα (μετατοπίσεις) θεωρούνται, αντίθετα με τις διακλάσεις και τις ρωγμώσεις, ως διατμητικές ρηξιγενείς δομές, που προκαλούνται έστω και δευτερογενώς από διατμητικές τάσεις, ως αποτέλεσμα συμπιεστικών ή εφελκυστικών κύριων δυνάμεων, ανάλογα. Υπενθυμίζουμε εδώ, ότι ο μέγιστος εφελκυσμός, παρατηρείται κατά τη διεύθυνση της ελάχιστης τάσης (σ_3).

Τέλος η μορφολογική εικόνα και ο τρόπος γένεσης κάθε ρήγματος, συνδέεται επίσης στενά με τη γεωμετρική ταξινόμησή του. Φυσικά το παραπάνω ισχύει και αντίστροφα.



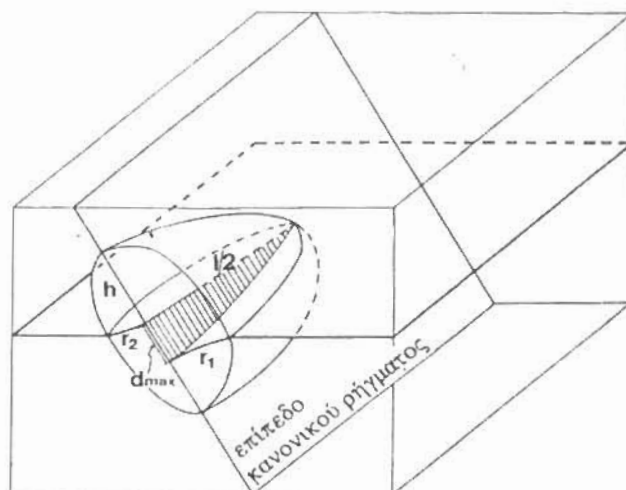
Σχ.7 α) Αλλαγή της φοράς της κίνησης κατά μήκος μίας ρηξιγενούς επιφάνειας. Κανονικό και ανάστροφο ρήγμα. β) Μεταβολή της γωνίας κλίσης της ρηξιγενούς επιφάνειας με το βάθος. (Τεκτονική Κίλιας 1985).

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

Τα λιγνιτωρυχεία στη νεογενή λεκάνη της Πτολεμαΐδας (για βιβλιογραφία Παυλίδης 1985) προσφέρουν μια εξαιρετική ευκαιρία για να αναλυθούν δέσμες κανονικών ρηγμάτων σε τεχνητές τομές μήκους 2500m όπου τα πετρώματα αποκαλύπτονται πλήρως. Πλήθος καθοδηγητικών οριζόντων χρησιμοποιήθηκαν για τον ακριβή προσδιορισμό των μετατοπίσεων των ρηγμάτων, ενώ επάλληλες εκσκαφές ύψους έως και 100m χρησιμοποιήθηκαν για μετρήσεις του βάθους μέχρι το οποίο φθάνουν ορισμένα ρήγματα.

Το γεωμετρικό σχήμα ενός κανονικού ρήγματος μπορεί να περιγραφεί από μια έλλειψη που έχει ως κύριο επίπεδο την ίδια ρηξιγενή επιφάνεια. Η έλλειψη αυτή έχει ένα μεγάλο οριζόντιο άξονα που ονομάζεται «εύρος ρήγματος» και ένα μικρό άξονα παράλληλο προς τη διεύθυνση κλίσεως του ρήγματος που ονομάζεται «ύψος κατά την κλίση του ρήγματος» (Σχ.8, l και h). Η μέγιστη μετατόπιση (d_{max}) συμβαίνει στο κεντρικό τμήμα της ρηξιγενούς επιφάνειας και μειώνεται προς τις άκρες της. Η μετατόπιση αυτή μειώνεται στο μηδέν κατά μήκος μιας

καθέτου προς τη ρηξιγενή επιφάνεια ώστε να σχηματιστεί η χαρακτηριστική καμπυλωτή τομή των κανονικών ρηγμάτων. Η αλλαγή της μετατόπισης κατά μήκος αυτής της διεύθυνσης εκφράζεται με μια μεγαλύτερη καμπύλωση της οροφής και μια μικρότερη καμπύλωση βάσεως (δες Σχ.8: r_1 και r_2).



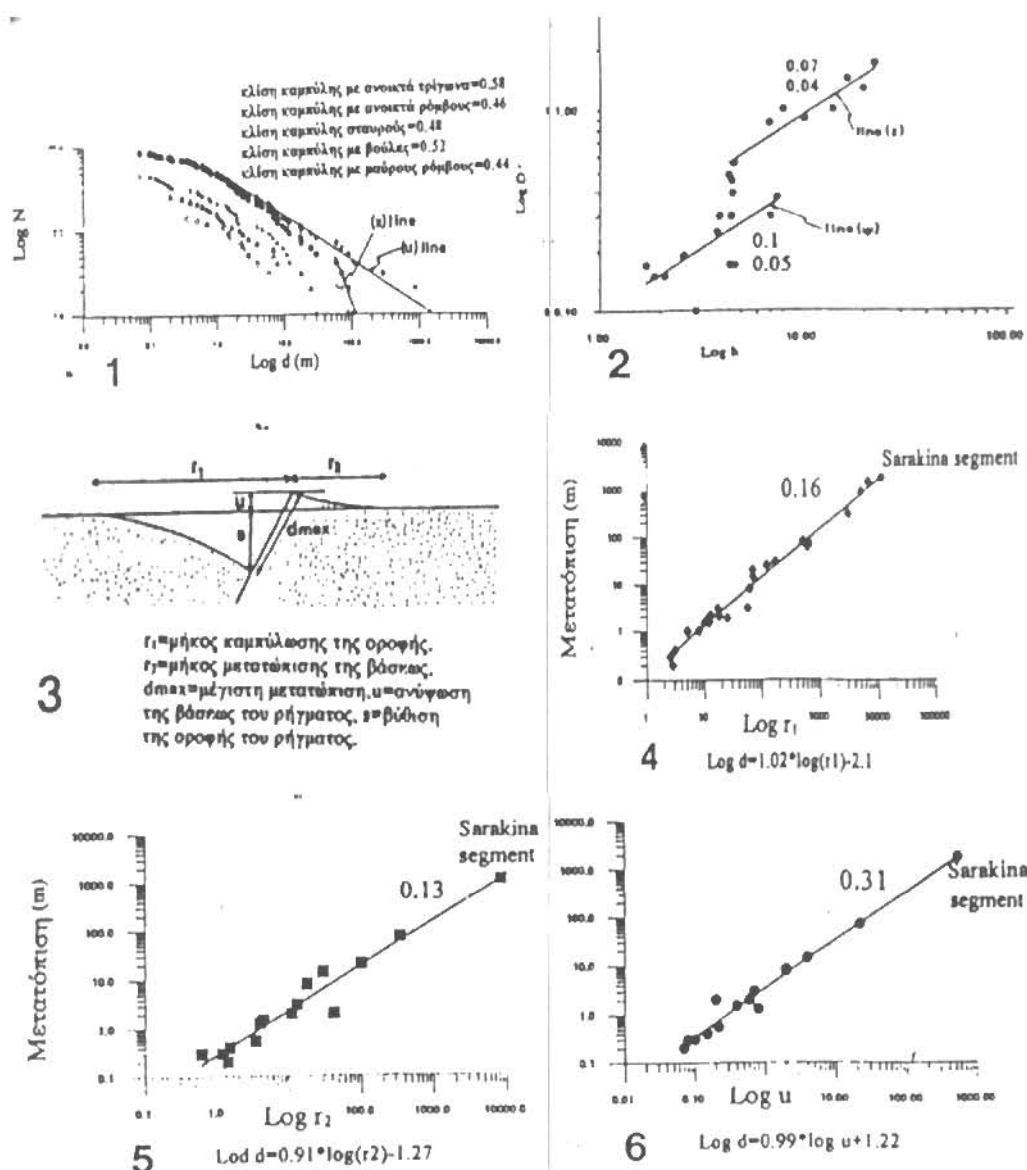
Σχ.8 Γεωμετρικοί παράμετροι ενός κανονικού ρήγματος r_1 = μήκος καμπύλωσης της οροφής, r_2 = μήκος μετατόπισης της βάσεως, d_{max} = μέγιστη μετατόπιση, l = εύρος του ρήγματος, h = ύψος του ρήγματος κατά την κλίση. (Δούτσος και Κουκουβέλας 1996)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΑΠΟ ΡΗΞΙΓΕΝΕΙΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ

Μετρήθηκε η μέγιστη μετατόπιση (κυμαίνεται από 5mm. έως 100m.) 90 ρηγμάτων κατά μήκος των τριών τομών στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας. Οι καμπύλες της κατανομής των μετατοπίσεων παρουσιάζουν μία γεωμετρία τεμαχισμού (Σχ.9:1). Το κεντρικό τμήμα κάθε καμπύλης κατέχει μια ευθεία γραμμή που δείχνει τη σχέση «fractal» μεταξύ της μετατόπισης και του συνολικού αριθμού των ρηγμάτων της περιοχής. Η ευθεία γραμμή εκτείνεται πάνω από δύο τάξεις μεγέθους και έχει κλίσεις από 0,44 έως 0,48. Το αριστερό τέμαχος της καμπύλης έχει ηπιότερες κλίσεις που δείχνουν ότι μικρότερα ρήγματα διέφυγαν της δειγματοληψίας είτε ότι μικρά ρήγματα με μετατοπίσεις $< 0,7m$. σχηματίζονται με ένα διαφορετικό μηχανισμό από αυτά των μεγαλύτερων ρηγμάτων.

Το δεξιό τέμαχος της καμπύλης στο Σχ.9:1 που αντιπροσωπεύει μετατοπίσεις μεγαλύτερες των 70m (γραμμή x) έχει εντονότερες κλίσεις και δείχνει ότι μεγαλύτερης μετατοπίσεως ρήγματα δεν έχουν συμπεριληφθεί στη στατιστική ανάλυση. Αυτό είναι πολύ πιθανό καθώς οι τρεις τομές δειγματοληψίας βρίσκονται στο εσωτερικό της λεκάνης Πτολεμαΐδας όπου μεγάλης μετατοπίσεως περιθωριακά ρήγματα

απουσιάζουν και γι' αυτό τα ρήγματα αυτά δεν είναι στατιστικώς αποτιμημένα. Για να αποφευχθεί το σφάλμα αυτό υποθέτουμε ότι όλα τα ρήγματα στην περιοχή δειγματοληψίας ανήκουν στην οροφή ενός μεγάλου περιθωριακού ρήματος όπως το ρήγμα των Πετρών. Η πραγματική μετατόπιση των 1100m. του ρήματος αυτού (Παυλίδης 1985) μπορεί να προγνωστεί αν το ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης επεκταθεί (γραμμή u) ώστε να συναντήσει τον άξονα του d στα 1100m. Έτσι λοιπόν, αν και υπάρχει ένα κενό παρατήρησης των μετατοπίσεων των ρηγμάτων μεταξύ 100m. και 1000m. μπορεί να υποστηριχτεί ότι οι μετατοπίσεις άνω των 0,7m. είναι «fractal».



Σχ. 9 Στατιστική ανάλυση γεωμετρικών παραμέτρων σε κανονικά ρήγματα της λεκανής της Πτολεμαΐδας.

1: Διάγραμμα συχνοτήτων από ρηξιγενείς μετατοπίσεις.

- 2: Διάγραμμα μετατοπίσεων σε σχέση με το ύψος και την κλίση των ρηγμάτων.
- 3: Γεωμετρικά στοιχεία σε μία τομή παράλληλα προς την κλίση του ρήγματος.
- 4: Διάγραμμα που δείχνει τη σχέση μεταξύ της μετατόπισης και του μήκους της καμπύλωσης της οροφής των ρηγμάτων.
- 5: Διάγραμμα που δείχνει τη σχέση μεταξύ της μετατόπισης και του μήκους της καμπύλωσης των βάσεων των ρηγμάτων.
- 6: Διάγραμμα που δείχνει τη σχέση μεταξύ της μετατόπισης και της ανύψωσης της βάσεως των ρηγμάτων. (Δούτσος και Κουκουβέλας 1996)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΛΙΣΗ ΤΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Οι μετατοπίσεις και το ύψος κατά την κλίση ρηγμάτων μετρήθηκε κατ' ευθείαν στο ύπαιθρο ή από φωτογραφίες και συνεπώς δεν παρουσιάζεται κάποιο σφάλμα. Μολονότι παρατηρείται μια μεγάλη διασπορά των μετατοπίσεων σε σχέση με το ύψος κατά την κλίση του ρήγματος και αντιστρόφως, μπορούμε να πιστοποιήσουμε ότι η κατανομή των στοιχείων είναι συμβατή με δύο παράλληλες ευθείες με κλίση 1 (45°, Σχ 9.:2). Έτσι αποδεικνύεται ότι τα μικρά ρήγματα μετατόπισης έως 1.5μ δεν έχουν σχέσεις «fractal» μεταξύ των, γεγονός που οφείλεται πολύ πιθανώς στην συχνή εναλλαγή στρωματογραφικών ενοτήτων με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες.

ΤΟΜΕΣ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΣΕΩΝ

Οι τομές αυτές, είναι παράλληλες προς την κλίση των ρηγμάτων και κατασκευάστηκαν με βάση τη μετακίνηση καθοδηγητικών οριζόντων εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας. Επειδή συνήθως ισχύουν οι σχέσεις $l > r > h$ και $l = 2h$ το διάγραμμα που δείχνει τη σχέση r προς d φαίνεται ότι είναι πολύ χρήσιμο. Καθόσον υπάρχει μια συστηματική διαφορά μεταξύ του μήκους καμπύλωσης της οροφής και μήκους καμπύλωσης της βάσεως θέτουμε r_1 και r_2 για τα μήκη τους αντίστοιχα και κατασκευάζουμε δυο διαφορετικά διαγράμματα (Σχ. 9:3 και 9:4). Στο Σχ. 9:4 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ d_{max} και r_1 και 2l ρήγματα. Η διασπορά των τιμών αυτών εκτείνεται σε τρεις τάξεις μεγέθους, ώστε να προσδιοριστεί μια γραμμική σχέση μεταξύ των παραμέτρων αυτών, η οποία εκφράζεται με την εξίσωση $\log d_{max} = 1,02 \log r_1 - 2,1$ και $\gamma = 0,16$.

Η κλίση της ευθείας γραμμής που σχηματίζεται είναι περίπου 1 και δείχνει ότι το μήκος της καμπύλωσης στην οροφή (r_1) αυξάνεται αναλόγως με κάθε επί μέρους κίνηση του ρήγματος. Την ίδια σχέση

περίπου δείχνουν μεταξύ τους το d_{max} και r_2 (Σχ. 9:5). Η σχέση αυτή για 14 ρήγματα δίνεται από την εξίσωση

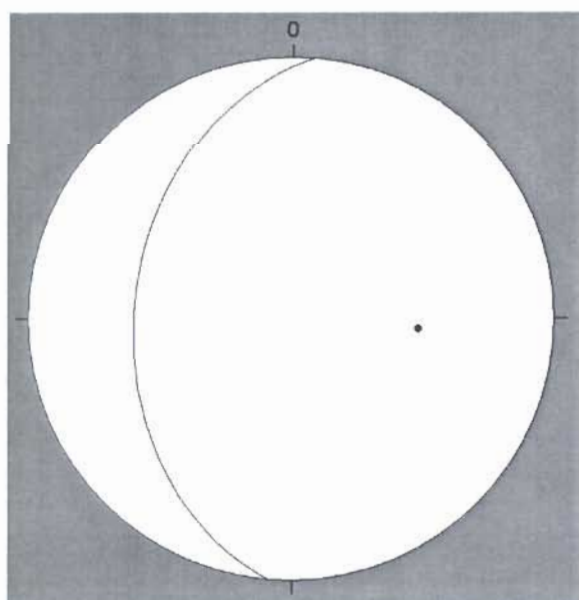
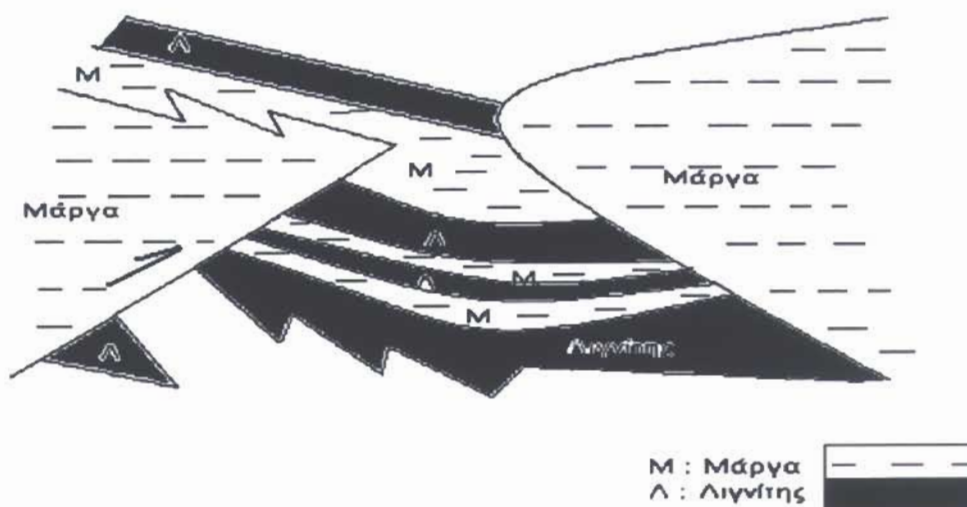
$$\text{Log}d_{max}=0.91.\log r_2-(1.27) \text{ και } \gamma=0,13.$$

Στο Σχ. 8:6 δίνεται η σχέση μεταξύ μέγιστης μετατόπισης και ανύψωσης της οροφής (u) του ρήγματος που εκφράζεται με την εξίσωση $\log d_{max}=0.99.\log u+1.22$ και $\gamma=0,31$. Παίρνοντας υπόψη ότι η μέση κλίση των κανονικών ρηγμάτων της περιοχής που μελετάται είναι 65° και χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση μπορούμε να υπολογίσουμε το λόγο ανύψωση βάσεως/βύθιση οροφής $=1/2$. Ο λόγος αυτός είναι περίπου ο ίδιος με αυτόν που προσδιορίστηκε με γεωδαιτικές μεθόδους κατά μήκος του σεισμογενούς ρήγματος του Αιγίου (Koukouvelas & Doutsos 1996) στην Κορινθιακή τάφρο.

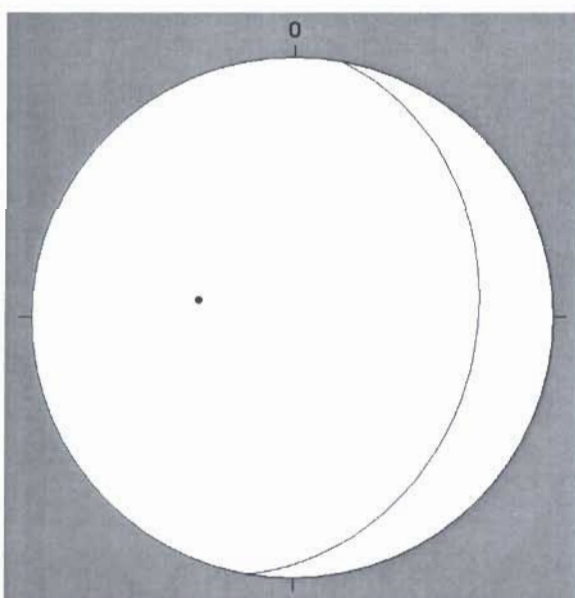
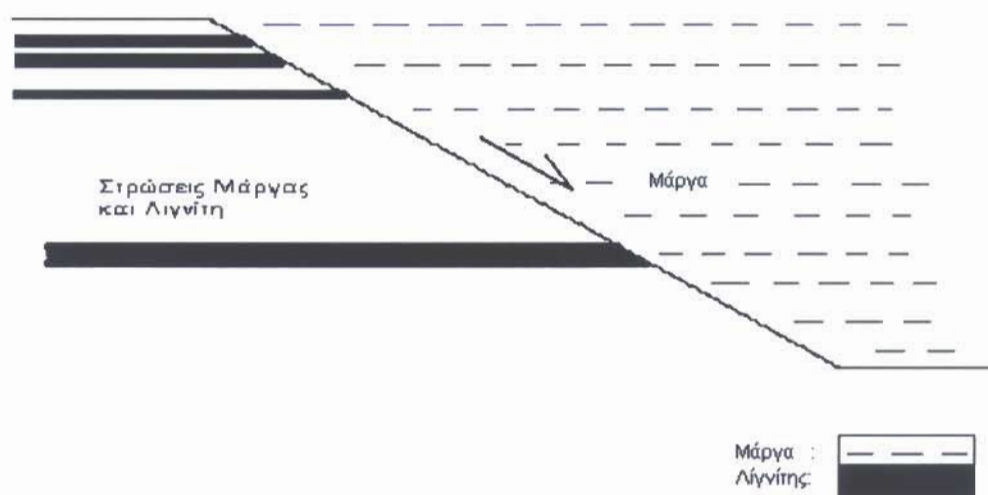


Σχ. 10 Πανοραμική φωτογραφία του ορυχείου Καρδιάς

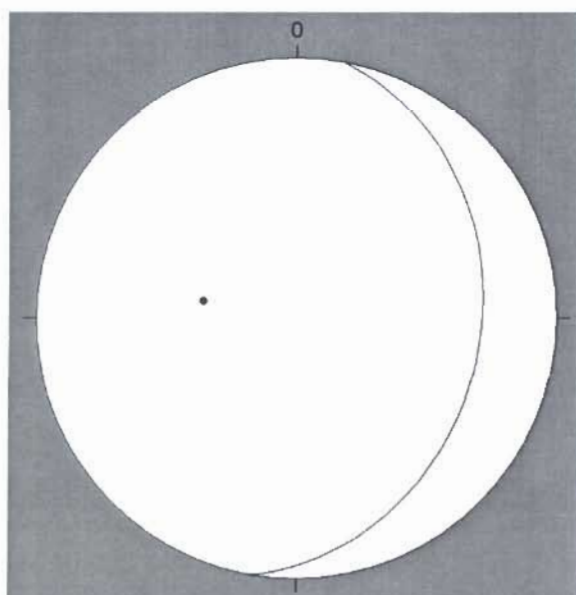
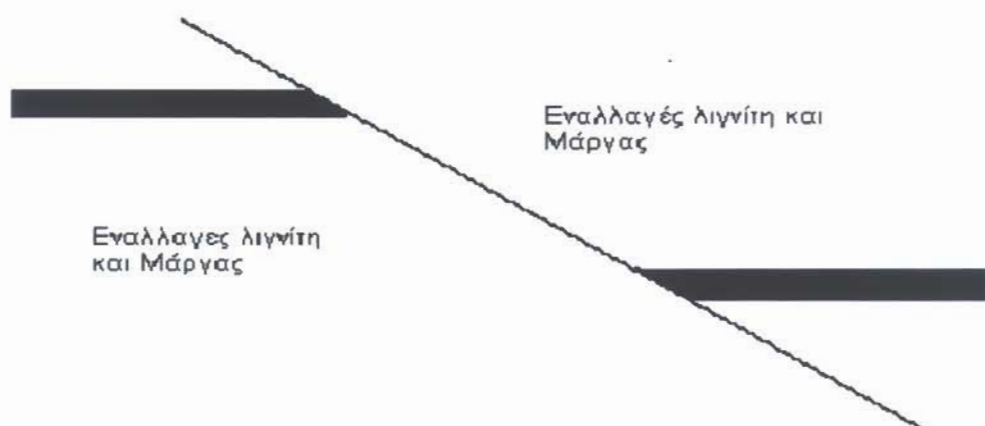
ΡΗΓΜΑΤΑ ΤΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΤΟΥ ΟΡΥΧΕΙΟΥ ΚΑΡΔΙΑΣ



Σχ. 11 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $275^{\circ}/40^{\circ}$, τιμές mars : $185^{\circ}/40^{\circ}$ ΒΔ). Στο κάτω μέρος παρατηρείται κάμψη των μαργαϊκών στρωμάτων.

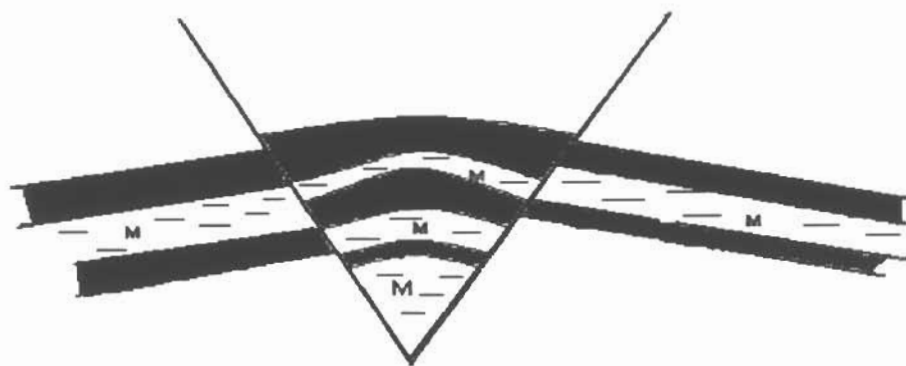


Σχ.12 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt κανονικού ρήγματος (τιμές clar : $100^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars : $190^{\circ}/30^{\circ}$ NA).

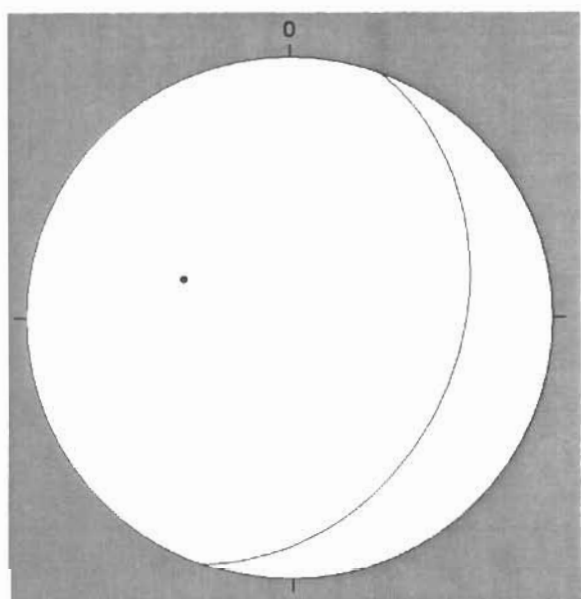


Σχ.13 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt κανονικού ρήγματος (τιμές clar : $100^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars : $190^{\circ}/30^{\circ}$ NA).



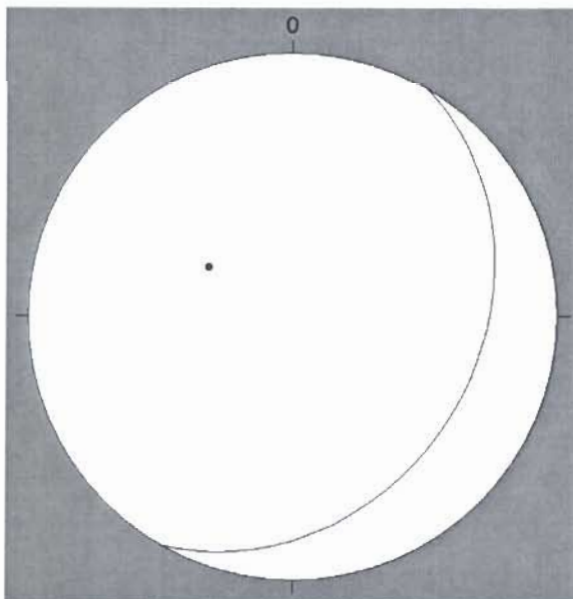
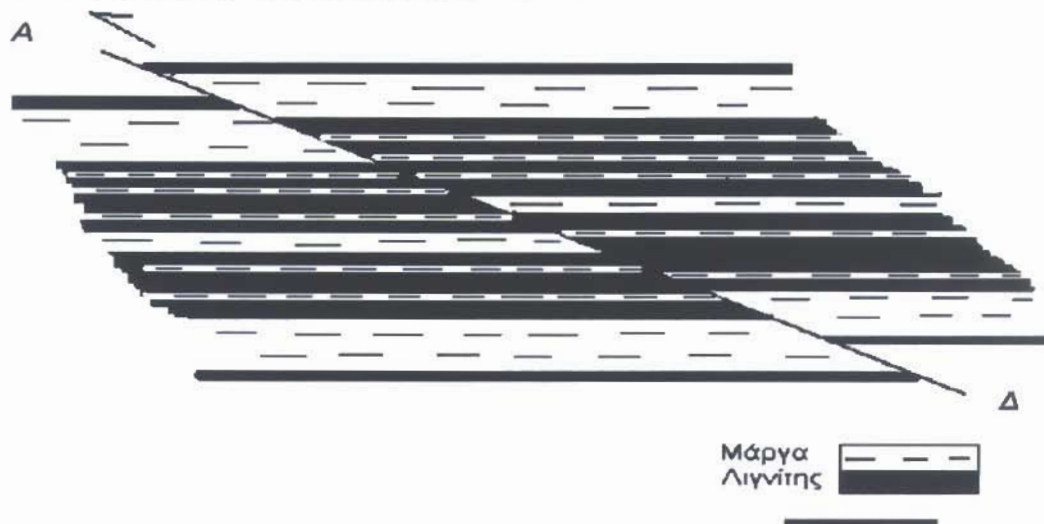


A: ΛΙΓΗΤΗΣ
M: ΜΑΡΜΑ

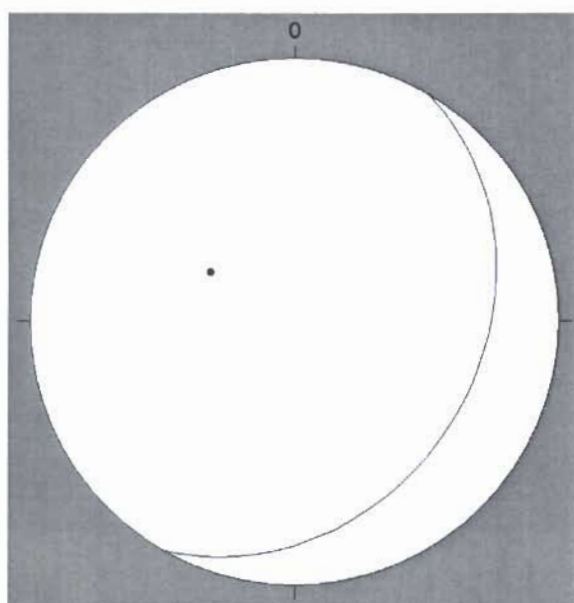
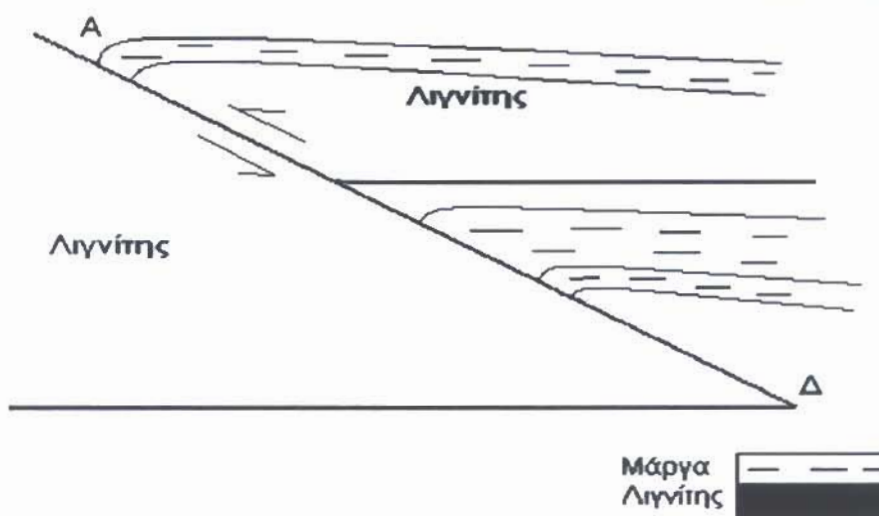


Σχ.14 Φωτογραφίες, σκίτσο και
δίκτυο Schmidt ανάστροφου
ρήγματος (τιμές clar : $110^{\circ}/35^{\circ}$
, τιμές mars : $200^{\circ}/35^{\circ}$ NA).

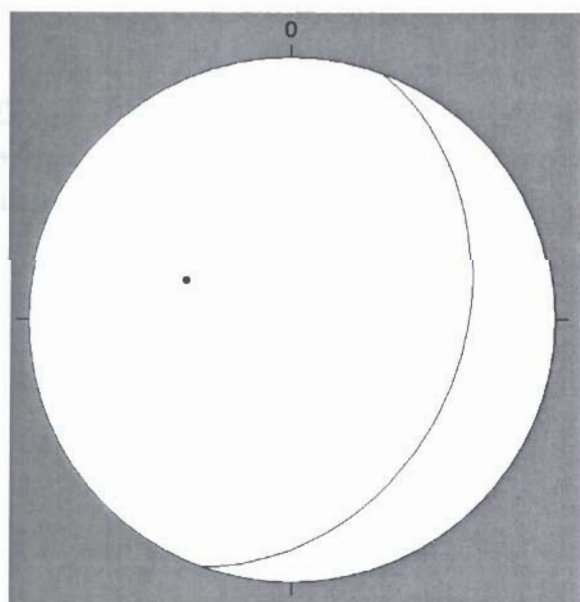
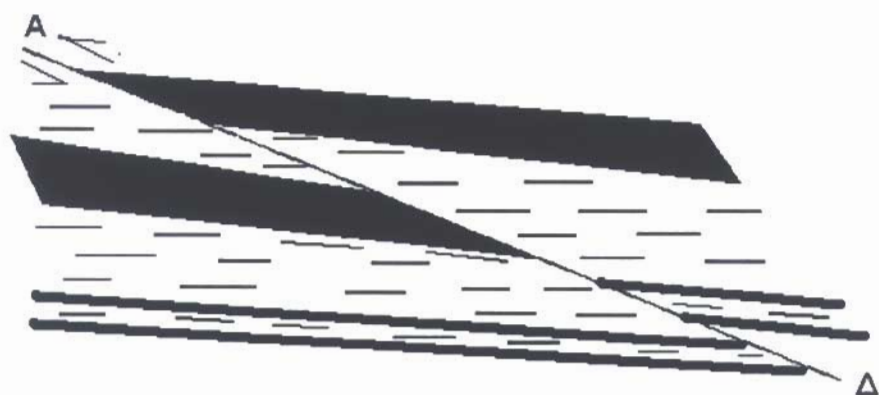
ΡΗΓΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΟΜΗΣ 6 ΤΟΥ ΟΡΥΧΕΙΟΥ ΚΑΡΔΙΑΣ



Σχ.15 Φωτογραφία, σκίτσο και
δίκτυο Schmidt ανάστροφου
ρήγματος (τιμές clar : $120^{\circ}/30^{\circ}$,
τιμές mars : $210^{\circ}/30^{\circ}$ NA).



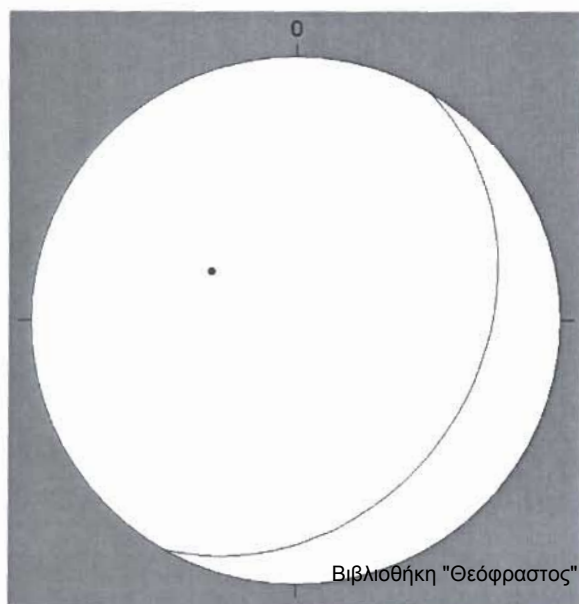
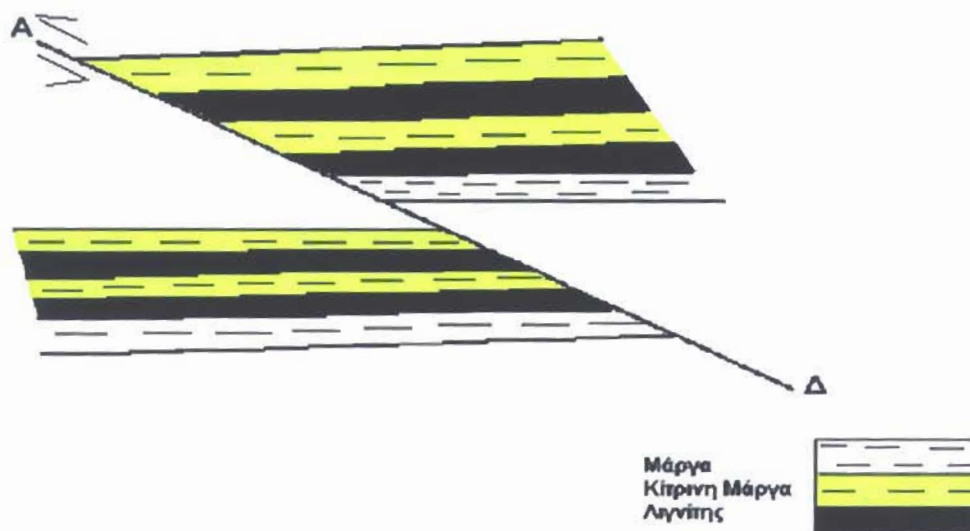
Σχ.16 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $120^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars : $210^{\circ}/30^{\circ}$ NA).



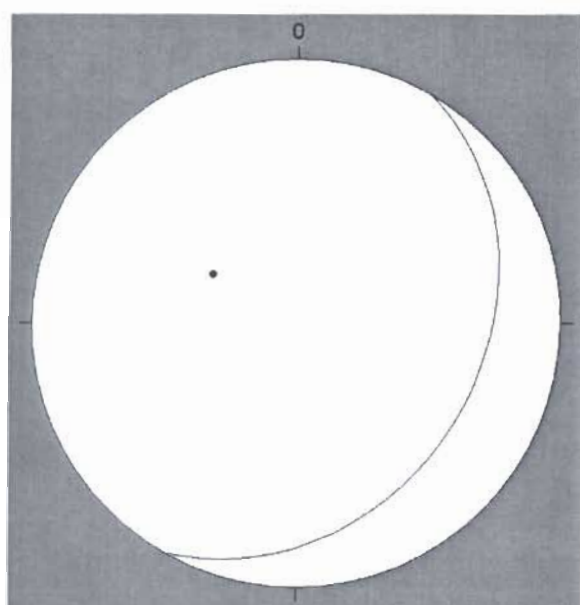
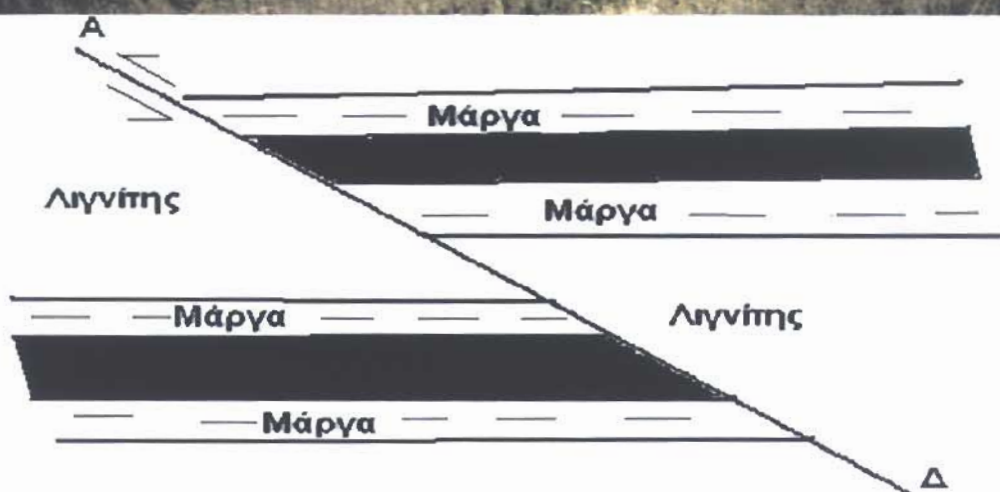
Σχ.17 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $110^{\circ}/40^{\circ}$, τιμές mars : $200^{\circ}/40^{\circ}$ NA).



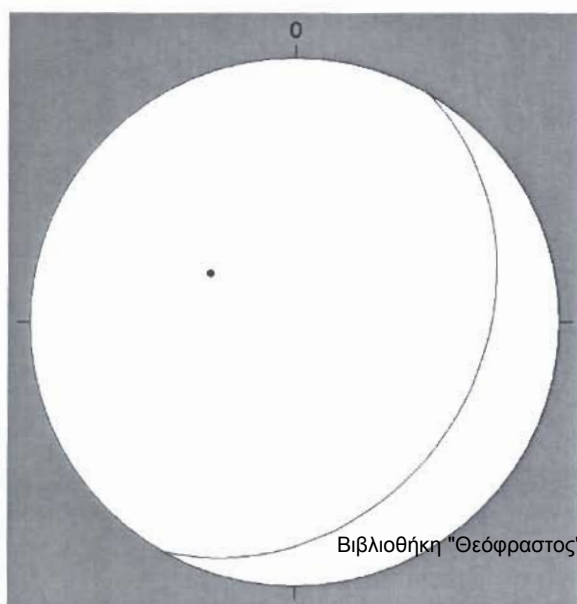
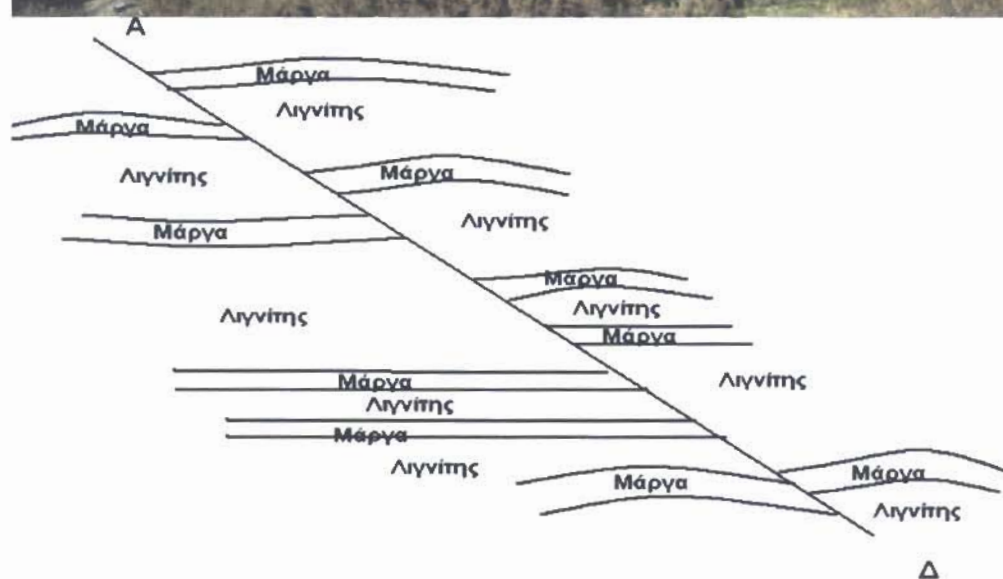
Σχ. 18 Φωτογραφία και σκίτσο πιθανών ψευδοανάστροφων ρηγμάτων στις κάμψεις του επιφανειακού λευκού στρώματος της μάργας



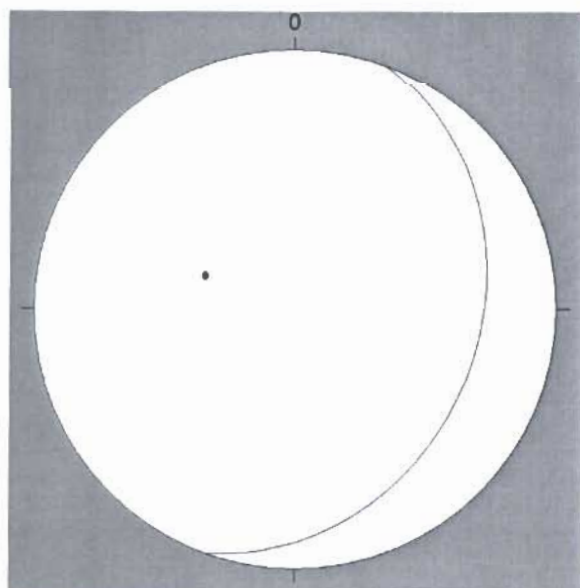
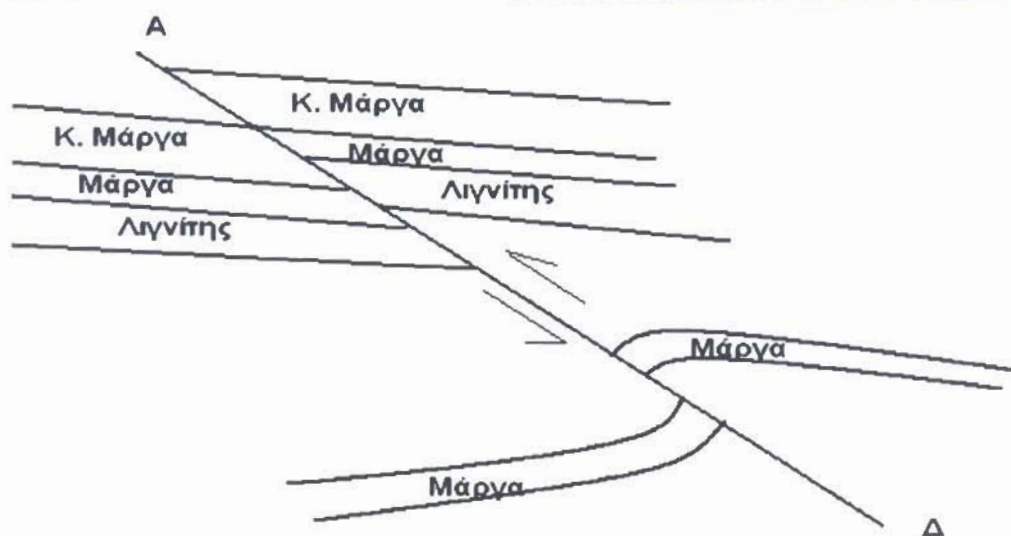
Σχ.19 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $120^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars : $210^{\circ}/30^{\circ}$ NA).



Σχ.20 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $120^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars : $210^{\circ}/30^{\circ}$ NA).

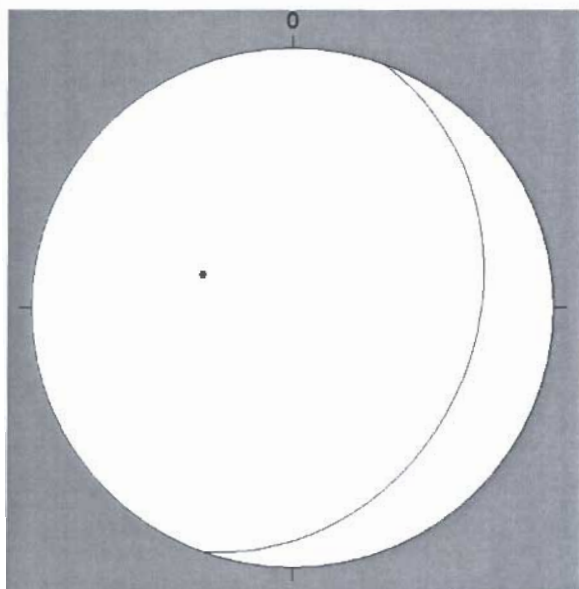
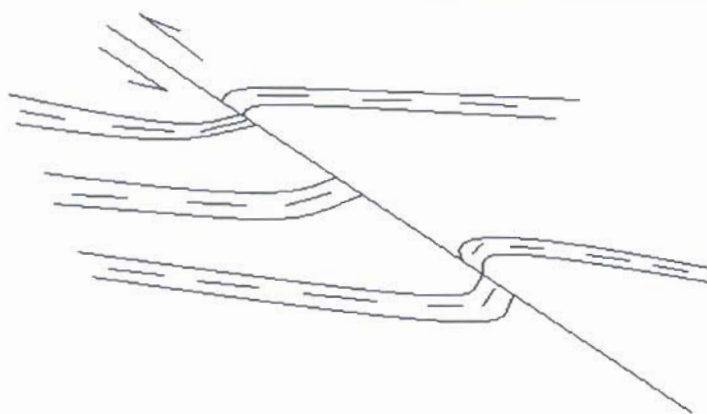


Σχ.21 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : 120°/30°, τιμές mars : 210°/30° NA).

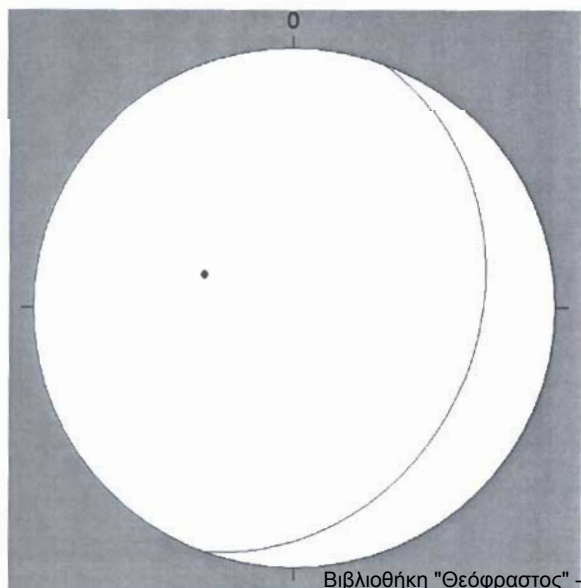
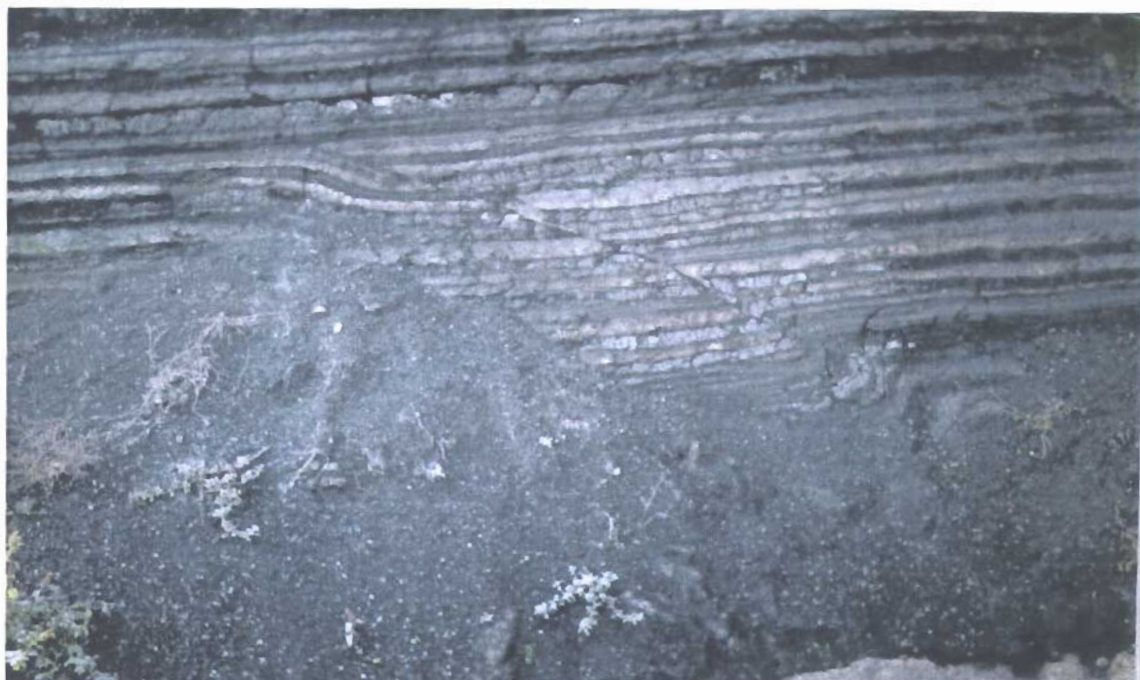


Σχ.22 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $110^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars : $200^{\circ}/30^{\circ}$ NA).

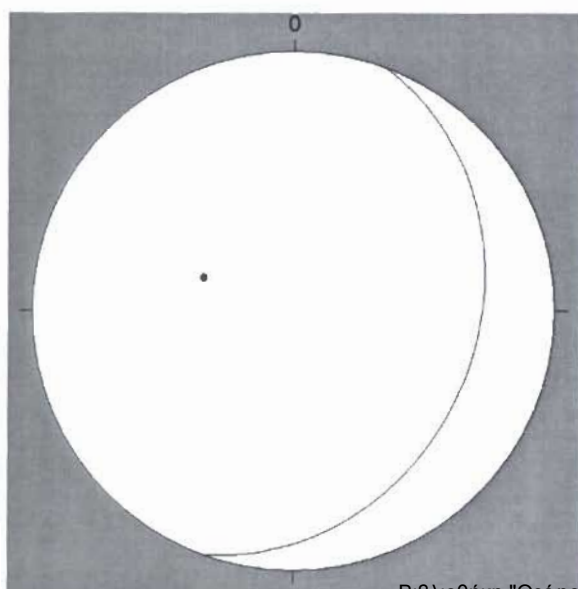
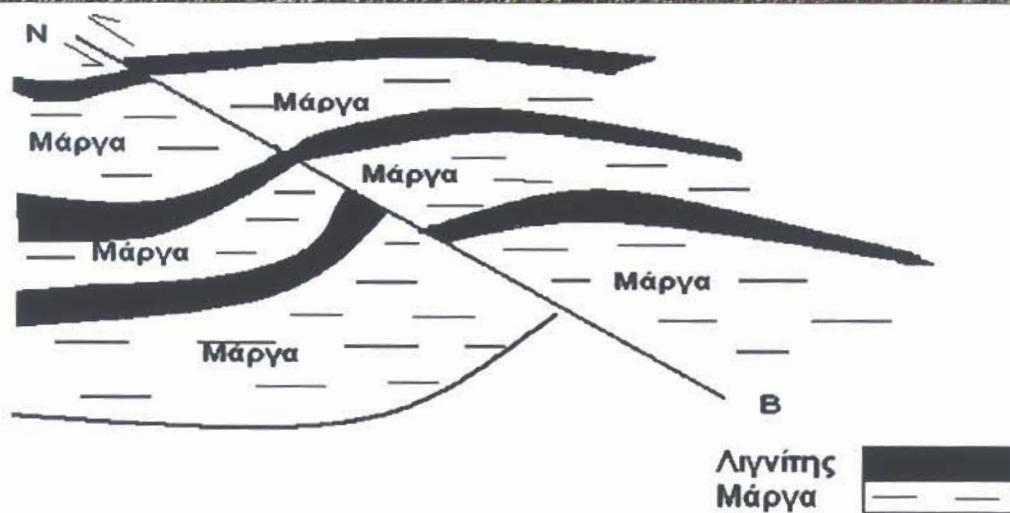
Ρήγματα της τομής 7 του ορυχείου Καρδιάς



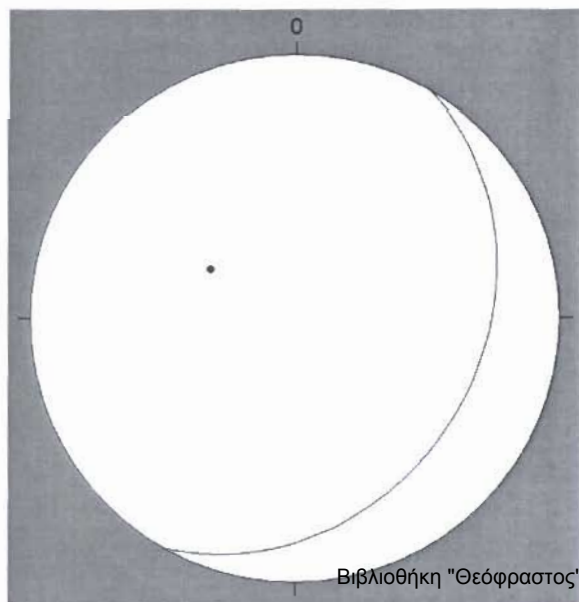
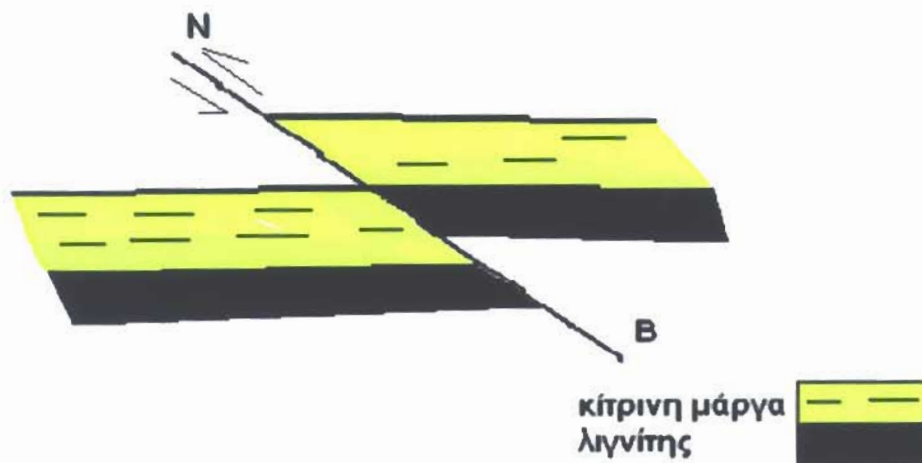
Σχ.23 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $110^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars : $200^{\circ}/30^{\circ}$ NA).



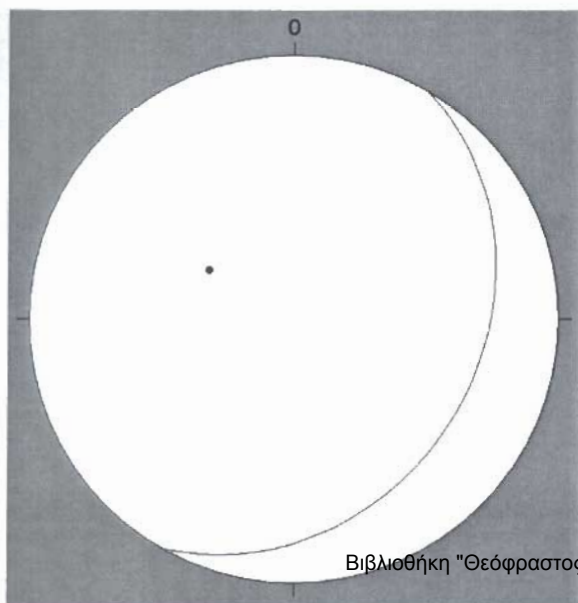
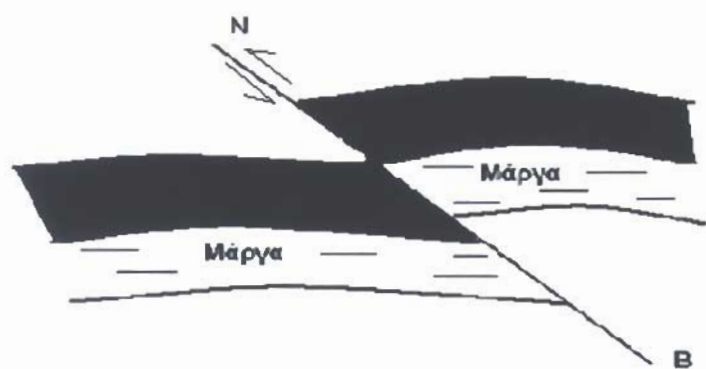
Σχ.24 Φωτογραφία, σκίτσο
και δίκτυο Schmidt
ανάστροφου ρήγματος (τιμές
clar : $110^{\circ}/30^{\circ}$,
τιμές mars : $200^{\circ}/30^{\circ}$ NA).



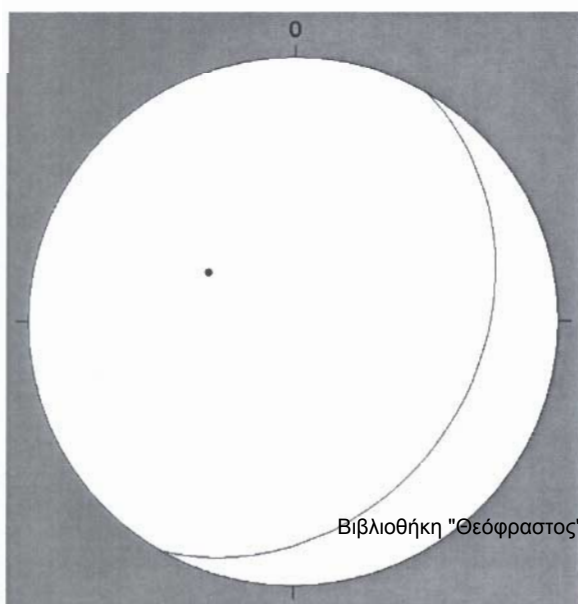
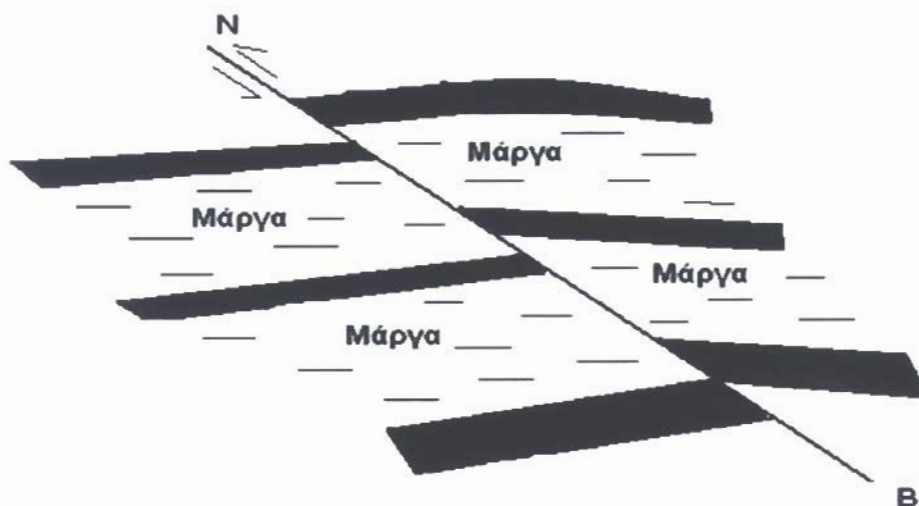
Σχ.25 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές clar : $110^{\circ}/25^{\circ}$, τιμές mars : $200^{\circ}/25^{\circ}$ NA).



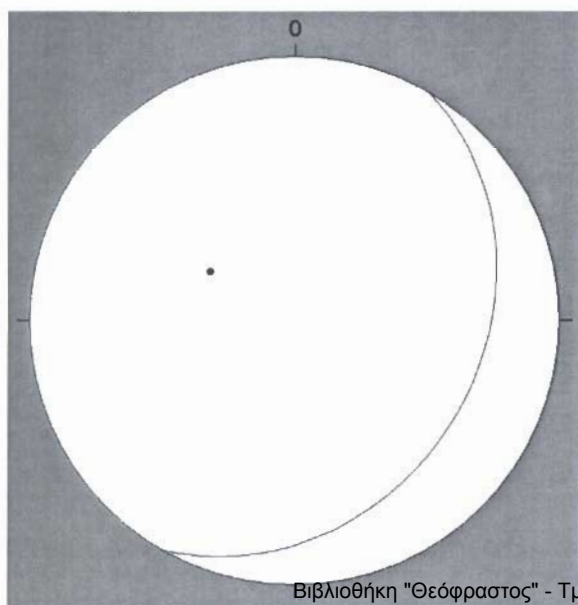
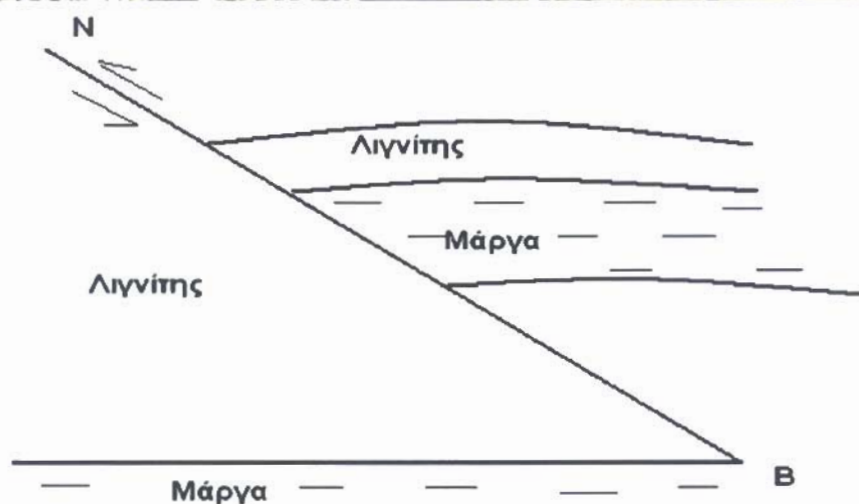
**Σχ.26 Φωτογραφία, σκίτσο
και δίκτυο Schmidt
ανάστροφου ρήγματος (τιμές
clar : $120^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars :
 $210^{\circ}/30^{\circ}$ NA).**



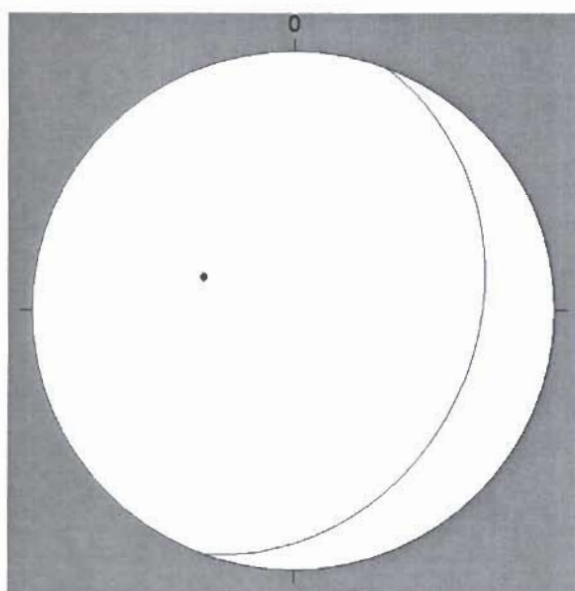
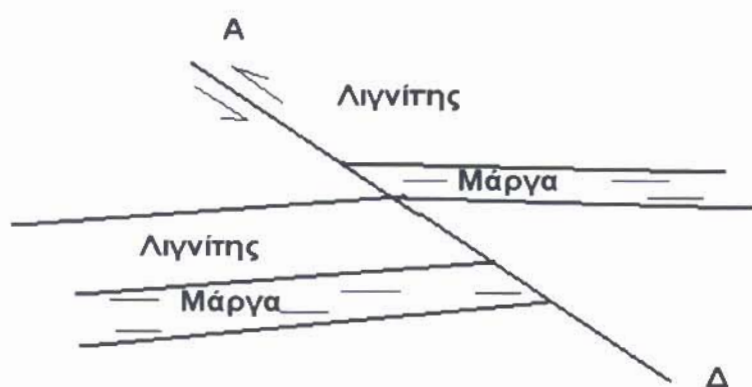
**Σχ.27 Φωτογραφία, σκίτσο και
δίκτυο Schmidt ανάστροφου
ρήγματος (τιμές clar : $120^{\circ}/30^{\circ}$,
τιμές mars : $210^{\circ}/30^{\circ}$ NA).**



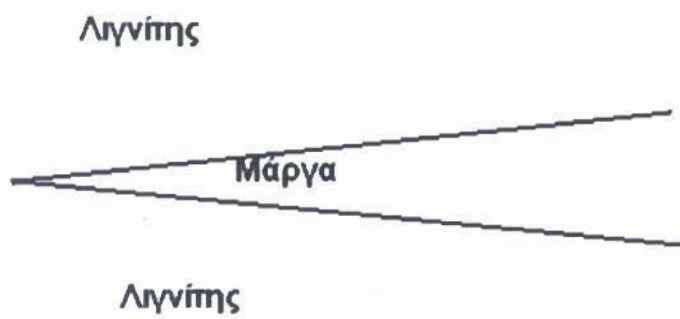
Σχ.28 Φωτογραφία, σκίτσο και δίκτυο Schmidt ανάστροφου ρήγματος (τιμές $\text{clar} : 120^\circ/30^\circ$, τιμές $\text{mars} : 210^\circ/30^\circ \text{ NA}$).



**Σχ.29 Φωτογραφία, σκίτσο
και δίκτυο Schmidt
ανάστροφου ρήγματος (τιμές
clar : $120^{\circ}/30^{\circ}$, τιμές mars :
 $210^{\circ}/30^{\circ}$ NA).**



**Σχ.30 Φωτογραφία, σκίτσο
και δίκτυο Schmidt
ανάστροφου ρήγματος (τιμές
clar : $110^{\circ}/30^{\circ}$,
τιμές mars : $200^{\circ}/30^{\circ}$ NA).**



Σχ.30 Φωτογραφία και σκίτσο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρούμε ότι στην περιοχή που μελετάμε συναντάμε κανονικά αλλά και ανάστροφα ρήγματα. Το ερώτημα που γεννάται είναι το εξής: Πως δημιουργήθηκαν τα ανάστροφα ρήγματα αφού σεισμολογικές, αλλά και διάφορες γεωλογικές (νεοτεκτονικές) έρευνες που έγιναν στον ευρύτερο ελληνικό χώρο απέδειξαν ότι στο εξωτερικό (κυρτό) μέρος του ελληνικού τόξου ασκούνται ισχυρές συμπιεστικές τάσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανάστροφων ρηγμάτων στα θαλάσσια ιζήματα νότια της Κρήτης και Πελοποννήσου αλλά και στα πετρώματα των Ιόνιων νησιών, ενώ σε όλο το χώρο εσωτερικά του ελληνικού τόξου από την Κρήτη μέχρι Βόρεια στη Μακεδονία – Θράκη σ' ολόκληρο το Αιγαίο και τον ηπειρωτικό χώρο (τμήμα του οποίου είναι και η περιοχή που μελετάμε), ασκούνται εφελκυστικές τάσεις που είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία κανονικών ρηγμάτων.

Γνωρίζουμε ότι το σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς του Αιγαίου και του ελληνικού τόξου με τη βύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την ευρασιατική λιθόσφαιρα, άρχισε να διαμορφώνεται στο Μέσο Μειόκαινο, δηλαδή πριν 10 Ma. Στα πλαίσια των νεοτεκτονικών μελετών που έγιναν τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν δύο τάσεις στις απόψεις των γεωεπιστημόνων. Η μία τάση υποστηρίζει ότι όλα αυτά τα 10 Ma ο ελληνικός χώρος εσωτερικά του τόξου βρισκόταν συνεχώς σε εφελκυσμό. Η δεύτερη ομάδα επιστημόνων υποστηρίζει ότι οι συμπιεστικές τάσεις στα εξωτερικά του ελληνικού τόξου ήταν συνεχής, όμως στα εσωτερικά η εφελκυστική διαδικασία δεν ήταν συνεχής, αλλά διακόπηκε και από μια περίοδο συμπιεστικών τάσεων στα όρια Πλειο- Πλειστόκαινου. Η φάση αυτή συμπίεσης ανιχνεύεται με την παρατήρηση ορισμένων ανάστροφων ρηγμάτων και κάμψεων των πετρωμάτων σε πολλές περιοχές του Αιγαίου και του ηπειρωτικού χώρου. Θα πρέπει όμως να διευκρινιστεί ότι οι επιστήμονες που στηρίζουν την πρώτη άποψη δε θεωρούν ότι τα συμπιεστικά αυτά φαινόμενα καθορίζονται από λιθοσφαιρικές τάσεις. Αντίθετα παραδέχονται ότι είναι φαινόμενα που συνδέονται με μεγάλης έκτασης εφελκυστικά επεισόδια ή αντίστοιχα περιστροφής και είναι σποραδικά χωρίς να αποτελούν ενιαία σύνολα ώστε να τεκμηριώνουν συμπιεστικές τεκτοφάσεις.

Ανεξάρτητα αν υπήρξε ή όχι κάποια ενδιάμεση συμπιεστική διεργασία στον εσωτερικό χώρο του Αιγαίου, σημασία έχει ότι ο χώρος αυτός δοκιμάστηκε κατά βάση από εφελκυστικές τάσεις, οι οποίες σήμερα μεν έχουν γενική διεύθυνση Βορρά- Νότο στο άμεσο όμως παρελθόν δηλαδή στο Πλειόκαινο οι τάσεις είχαν διαφορετική διεύθυνση και συγκεκριμένα ΒΑ-ΝΔ. Αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία κανονικών ρηγμάτων και η ανάπτυξη τάφρων- λεκανών κατά τη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας τάφρου- λεκάνης αποτελεί αυτή της Πτολεμαΐδας- Φλώρινας καθώς και οι λεκάνες Θεσσαλονίκης-Αξιού, Στρυμόνα κ.α.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναστόπουλος, Ι.Χ. Κούκουζας, Κ.Ν. 1972. Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη νότιου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης 6. Πτολεμαΐδας. Ι. Γ. Ε.Υ., Γεωλογική. Γεωφυσική μελέτη, Νο1, XVI, 1-189
- Αναστόπουλος, Ι. Χ. Μρυσούλης Δ. Ι. 1973. Λιγνιτοφόρος λεκάνη Κοζάνης- Σερβίων (Γεωλογία- Κοιτασματολογία- Γεωτρητική έρευνα). Κοιτασματολογική έρευνα , Ι. Γ. Μ. Ε., Νο1, 77σ
- Αναστόπουλος , Ι., Κούκουζας, Κ. & Faugeres, L. 1980. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας Φύλλο Κοζάνης, κλ. 1: 50.000, Ι. Γ. Μ. Ε. , Αθήνα
- Παυλίδης, Σ. (1985 Νεοτεκτονική εξέλιξη των λεκανών Φλώρινας Βεγορίτιδας και Πτολεμαΐδας Διδακτορική διατριβή Α. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 256pp
- Δούτσος Θ. , Κουκουβέλας Ι. Ανάλυση κατακόρυφων κινήσεων σε κανονικά ρήγματα στα λιγνιτικά πεδία της Πτολεμαΐδας και η εφαρμογή τους στον υπολογισμό των κινηματικών παραμέτρων της σεισμογενούς ζώνης ρηγμάτων του Αλιάκμονα (ΒΔ Μακεδονία, Ελλάδα) Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου, Ο σεισμός της 13^{ης} Μαΐου 1995 Κοζάνης · Γρεβενών : Επιστημονική και κοινωνική προσέγγιση Εκδόσεις: Ινστιτούτο βιβλίου και αναγνώσης Κοζάνη 1998
- Κίλιας, Α. (1985). Εισαγωγή στην τεκτονική γεωλογία, 117
- Μουντράκης, Δ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδος
- Μουντράκης, Δ. (1988). Συνοπτική γεωτεκτονική εξέλιξη του ευρύτερου ελληνικού χώρου, διδακτικές σημειώσεις 76-78.
- Παυλίδης, Σ. (1985). Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας – Βεγορίτιδας- Πτολεμαΐδας (Δ. Μακεδονία), 5, 11-17, 31, 163.
- Pavlidis, S. and Mountrakis, D. (1987) Extensional tectonics of northwestern Macedonia, Greece, since the late Miocene. J. Struct. Geol. 9.385-392.