



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ «ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟ ΑΝΕΝΕΡΓΟ ΟΡΥΧΕΙΟ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΟΝ
ΚΟΜΑΝΟ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ»**

ΟΝΟΜΑ: ΚΩΤΣΑ ΟΡΕΣΤΗΣ

ΑΕΜ:4163

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΣΠΥΡΟΣ



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΓΓΑΣ.....	3
2. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	3
3. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	4
3.1 ΤΕΚΤΟΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ.....	5
3.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	7
4. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ.....	13
5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	14
6. ΤΟ ΟΡΥΧΕΙΟ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΟΝ ΚΟΜΑΝΟ ΚΑΙ Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	16
7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	19
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	45
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	49
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59

1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

Η περιοχή στην οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα ανήκει στη λεκάνη της Φλώρινας- Βεγορίτιδας- Πτολεμαΐδας. Πρόκειται για μία επιμήκης νεογενής τεκτονική λεκάνη με μήκος 100km περίπου και πλάτος 15km. Ξεκινά από τα ΒΔ, από το Μοναστήρι (Bitola) της F.Y.R.O.M. Και συνεχίζει προς τα ΝΑ στη Φλώρινα, στο Αμύνταιο, τη Πτολεμαΐδα και φτάνει μέχρι τη Κοζάνη και τα Σέρβια. Η διεύθυνσή της λεκάνης είναι ΒΒΔ-ΝΝΑ, η οποία είναι παράλληλη προς τον ορεογραφικό άξονα των Ελληνίδων οροσειρών. Το μέσο απόλυτο υψόμετρο της είναι στα 600m.

Τα φυσικά όρια της λεκάνης προσδιορίζονται, προς τα δυτικά, από τα ορεινά συγκροτήματα Βέρνου-Βαρνούντα (με υψηλότερη κορυφή το Βίτσι στα 2128m) και το Άσκιο (με υψηλότερη κορυφή το Σινιάτσικο στα 2111m). Προς τα ανατολικά το όριο προσδιορίζεται από το ορεινό συγκρότημα Βόρα (Καιμακτσαλάν 2524m) και Βέρμιο (2027m) και μεταξύ τους αναπτύσσεται η λίμνη της Βεγορίτιδας σε υψόμετρο 600m. Προς τα νότια οριοθετείται από τις λοφοσειρές Δρεπάνου- Κοζάνης που βρίσκονται μεταξύ Βερμίου και Άσκιου.

Η λεκάνη αυτή δεν εμφανίζεται ενιαία σαν ένα μεγάλο τεκτονικό βύθισμα αλλά χωρίζεται σε μικρότερες λεκάνες από εξάρματα και λοφοσειρές. Αυτές οι δομές δημιουργήθηκαν από μεταγενέστερες εφελκυστικές δομές που επέδρασαν κάθετα με κάθετη διεύθυνση από από αυτές που επέδρασαν για τη δημιουργία της λεκάνης, δημιουργώντας ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης και τη δημιουργία των εξαρμάτων που διαιρούν τη λεκάνη. Το εξάρμα του Κλειδιού- Ξυρού Νερού- Αετού το οποίο έχει υψόμετρο στα 900m οριοθετεί τη λεκάνη της Φλώρινας με τη λεκάνη του Αμύνταιου- Πτολεμαΐδας.

Ακρότερης σημασίας εξάρματα είναι τα εξής: της Βεγόρας- Νεάπολης το οποίο διαχωρίζει τις υπολεκάνες Πατρών- Αμύνταιου και Βεγορίτιδας- Βεγόρας, το ύψωμα Μπορντό το οποίο διαχωρίζει τις υπολεκάνες Ολυμπιάδος- Γελατειάς και Πτολεμαΐδας και το ύψωμα της Λακιάς- Φυλώτα στο κέντρο της λεκάνης.

Τέλος ως αποτέλεσμα αυτής της νεότερης εφελκυστικής τεκτονικής εκτός από την δημιουργία αυτών των εξαρμάτων δημιούργησε αυτή τη συμμετρική διάταξη των λιμνών Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη.

2. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η Νεοτεκτονική σαν κλάδος αποτελεί έναν σχετικά καινούργιο τομέα της Τεκτονικής Γεωλογίας, ο οποίος μελετά τις πιο “πρόσφατες” γεωλογικές δομές και διεργασίες. Η Γεωτεκτονική δεν διαχωρίζεται από την Τεκτονική γεωλογία αλλά χρησιμοποιεί πιο εξειδικευμένες μεθόδους τεκτονικής ανάλυσης. Οι μελέτες της τεκτονικής προσπαθούν να συνδέσουν τα φαινόμενα των στιγμιαίων τεκτονικών κινήσεων (σεισμοί - Ενεργός τεκτονική) με τις παρατηρήσεις που έχουμε για παλαιότερες τεκτονικές δραστηριότητες, που είναι εκφρασμένες με τους κλασσικούς γεωλογικούς όρους (παραμένονσα παραμόρφωση). Έτσι η Νεοτεκτονική μπορεί να χαρακτηριστεί “ο συνδετικός κρίκος” μεταξύ της Τεκτονικής Γεωλογίας και της Σεισμολογίας.

Στα πλαίσια της Νεοτεκτονικής μελετώνται οι πρόσφατες (γεωλογικά) τεκτονικές παραμορφώσεις και η χρονολόγηση αυτών σε σχέση με τις παλαιότερες τεκτονικές δράσεις. Όταν αναφερόμαστε σε πρόσφατες παραμορφώσεις αναφερόμαστε στα γεγονότα που έλαβαν χώρα, κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές (για τον Ελλαδικό χώρο), ή πιο σωστά μετά την τελική ορογένεση της περιοχής.

Σύμφωνα με όλα αυτά έχουν προταθεί διάφοροι ορισμοί για τη Γεωτεκτονική, όπου μια σύνθεση όλων αυτών είναι να δεχτούμε ότι “*Νεοτεκτονική είναι η μελέτη των νέων τεκτονικών δομών (κληρονομημένων ή νεοσχηματισθέντων) και γεγονότων, τα οποία έχουν συμβεί ή συνεχίζουν να συμβαίνουν σε μία συγκεκριμένη περιοχή, μετά τις τελευταίες ορογενετικές διαδικασίες που έλαβαν χώρα στην περιοχή αυτή (τουλάχιστο για πρόσφατες ορογενετικές διαδικασίες) ή ακριβέστερα κατά την τελευταία αξιοσημείωτη τεκτονική ανακατάταξη της περιοχής*” (Παυλίδης 2003).

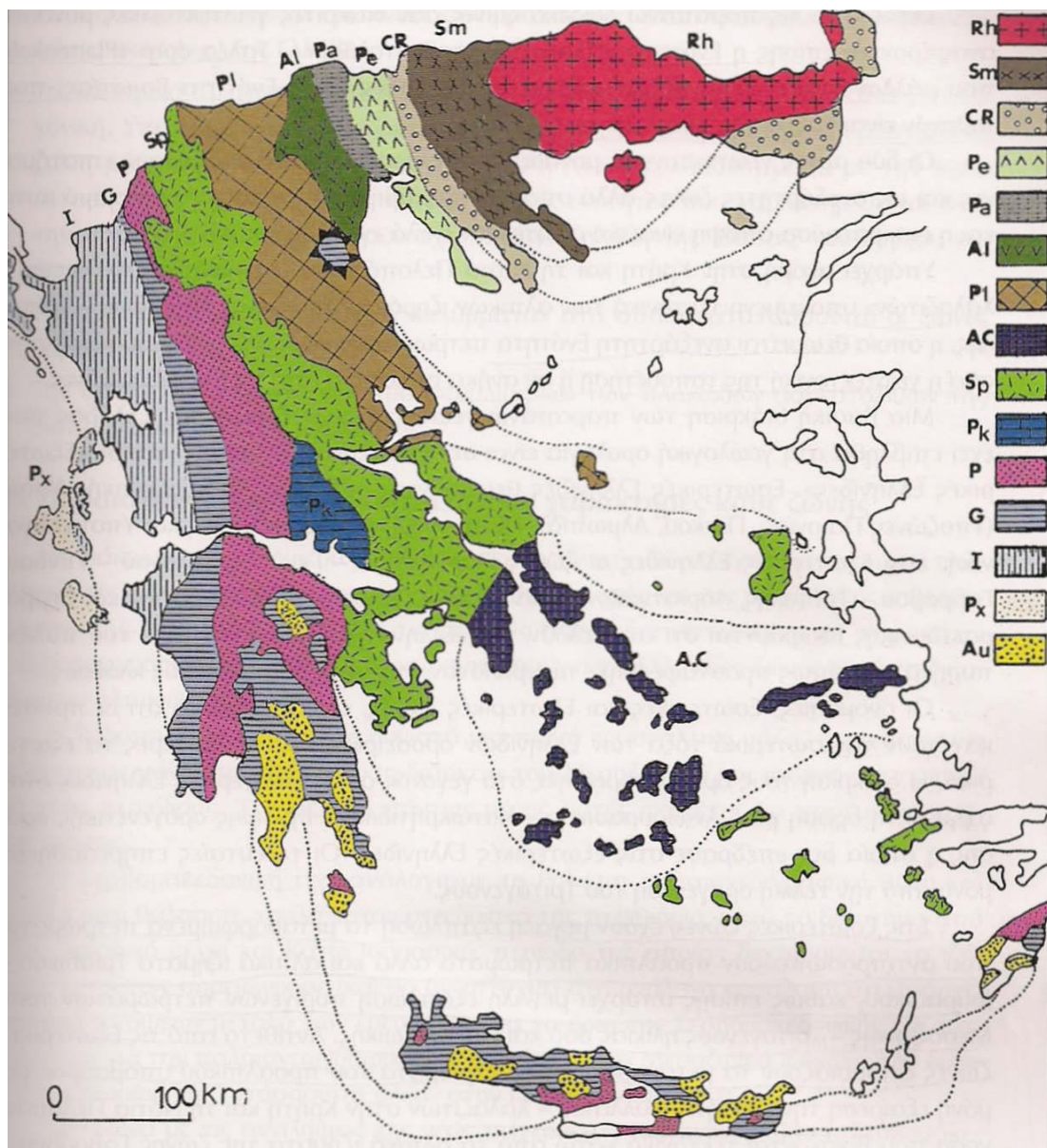
Καλύτερες περιοχές για τη διαπίστωση και ερμηνεία των νεοτεκτονικών κινήσεων αποτελούν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που βρίσκονται είτε στα όρια των σύγχρονων λιθосφαιρικών πλακών, είτε σε νεογενείς - τεταρτογενείς τεκτονικές τάφρους (λεκάνες) στο εσωτερικό των πλακών.

3. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Η Γεωτεκτονική θέση της Ελλάδας στο παρελθόν όπως και σήμερα βρισκόταν στον ευρύτερο χώρο της Ανατολικής Μεσογείου, όπου γίνονταν, και συνεχίζουν ακόμα να δρουν οι τεκτονικές διεργασίες στα όρια των λιθосφαιρικών πλακών Ευρασίας και Γκοτβάνας. Δηλαδή η γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδος συνδέεται στενά με τη γεωτεκτονική εξέλιξη του χώρου αυτού, ο οποίος διαμορφώθηκε από τη σύγκρουση της Αφρικανικής πλάκας με την Ευρασιατική που θα μπορούσε γενικά να ταυτιστεί με τον Μεσογειακό χώρο. Η δημιουργία και η εξέλιξη των Ελληνίδων οροσειρών άρχισε το Μεσοζωικό αιώνα και συνεχίστηκε μέχρι το Μειόκαινο με διάφορες φάσεις πτυχώσεων. Προτάθηκαν πολλά μοντέλα για την εξέλιξη και διαμόρφωση των οροσειρών από Aubouin et al (1963), Smith and Moores (1974), Moundrakis et al (1983b). Σαν γενικό συμπέρασμα όλων των αντιλήψεων αυτών προκύπτει ο διαχωρισμός του Ελληνικού χώρου όπως δίνεται στο σχήμα 1.

Η τεκτονική λεκάνη της Φλώρινας- Βεγορίτιδας- Πτολεμαΐδας ανήκει στον ευρύτερο χώρο της Πελαγονικής ζώνης η οποία συγκροτείται από παλαιοζωικά και προπαλαιοζωικά κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα που συνιστούν μία συμπαγή μάζα καθώς επίσης και το Μεσοζωικό της κάλυμμα. Η Πελαγονική εκτείνεται σαν μία επιμήκης ζώνη διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ που αρχίζει από το νότιο τμήμα της F.Y.R.O.M και διαμέσου Μακεδονίας-Θεσσαλίας φτάνει μέχρι τη Βόρεια Εύβοια και τα νησιά Σκιάθο και Σκόπελο. Πιθανότατα η ζώνη να επεκτείνεται στο Αιγαίο στα νησιά Οινούσσες (Βόρεια της Χίου) και πιθανών περνά στη Βόρεια Μικρά Ασία στη περιοχή Σακάρυα..

Σύμφωνα με τις σημερινές επικρατούσες απόψεις, πιστεύεται ότι η Πελαγονική ήταν ένα τέμαχος της Κιμμερικής ηπείρου που αποσπάστηκε από τη Godwana και εκατέρωθεν του τεμάχους αυτού αναπτύχθηκαν δύο ωκεάνιες περιοχές της Τυθός και της Νεοτιθός (της ζώνης Αξιού και της Υποπελαγονικής) από τις οποίες προήλθαν με επώθηση οι οφειόλιθοι (Μουντράκης 2010).



Σχ. 1. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Υποζώνη Παιονίας, Pa: Υποζώνη Πάικου, Al: Υποζώνη Αλμωπίας)= Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, AC: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβροβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παζών ή Προαπουλία, Au: Ενότητα "Πλακώδεις ασβεστόλιθοι-Τάλεα όρη" πιθανόν της Ιονίου ζώνης. (Κατά Μουντράκης 2010).

3.1 Τεκτοορογενετική Εξέλιξη της Πελαγονικής

1η παραμορφωτική φάση (ERC) Ερκύνιας ηλικίας

Τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Πελαγονικής υπέστησαν μια πρώτη παραμόρφωση πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η φάση αυτή ήταν μεταμορφική με την πρώτη μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους (συνθήκες ορίου πρασινοσχιστολιθικής - αμφιβολιτικής φάσης) και σχημάτισε πτυχές τέλειες ισοκλινής μικροσκοπικής ή εκατοστομετρικής κλίμακας, αξονικής διεύθυνσης 155° - 160° αν και οι υπάρχουσες παρατηρήσεις δεν είναι πολλές.

Η παραμόρφωση αυτή σχημάτισε επίσης την κύρια φύλλωση στα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους με τη μορφή σχιστότητας S1 παράλληλη στα αξονικά επίπεδα των ισοκλινών πτυχών.

2^η Ορογενετική περίοδος Ανωτέρου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού

Στην ορογενετική αυτή περίοδο έγινε η καταστροφή των δυο ωκεάνιων περιοχών Αξιού και Υποπελαγονικής – Πίνδου εκατέρωθεν της Πελαγονικής ηπειρωτικής μάζας, αποτέλεσμα της οποίας ήταν ο ισχυρός τεκτονισμός των πετρωμάτων και η επώθηση των οφειολιθικών μαζών, με τα συνοδεύοντα αυτούς ιζήματα βαθιάς θάλασσας, πάνω στα ηπειρωτικά περιθώρια της Πελαγονικής .

Στο Ανώτερο Ιουρασικό υπολογίζεται ότι έγινε η επώθηση των οφειολίθων από τη ζώνη Αξιού πάνω στο ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής με κατεύθυνση από ΒΑ προς ΝΔ και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE1). αυτή σχημάτισε πτυχές υποίσοκλινείς έως ισοκλινείς αξονικής διεύθυνσης ΒΔ - ΝΑ (50° – 170°) και συνοδεύονταν από σχιστότητα S2 που ήταν η δεύτερη σχιστότητα για τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου αλλά η πρώτη και κύρια σχιστότητα για τα πετρώματα Άνω Παλαιοζωικού και Τριαδικοϊουρασικού. Στην ίδια αυτή φάση έγινε και η επώθηση του ανατολικού ανθρακικού καλύμματος πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Το κλείσιμο της δυτικής ωκεάνιας λεκάνης και η επώθηση των οφειολίθων της από Δ προς Α πάνω στο δυτικό ανθρακικό κάλυμμα της υπολογίζεται ότι έγινε στο Κάτω Κρητιδικό, και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE2). Αυτή προκάλεσε πτυχές κλειστές ανοιχτές, ισοπαχείς, που πολλές φορές συνοδεύονται από σχιστότητα ολίσθησης, και οι οποίες έχουν άξονες διεύθυνσης 0° – 30° και απόκλιση προς Α ή ΝΑ.

Κατά τη διάρκεια της ορογενετικής περιόδου Ανωτέρου Ιουρασικού Κάτω Κρητιδικού έγινε, όπως είδαμε, η δεύτερη (αλπική) μεταμόρφωση των σχηματισμών της Πελαγονικής. Επίσης με την ορογενετική αυτή δράση αναδόθηκε η Πελαγονική όπως και όλες οι εσωτερικές ζώνες και χέρσευσε μέχρι τη Μέσο - Άνω Κρητιδική επίκληση.

3η Ορογενετική περίοδος Τελικού Κρητιδικού - Μέσου Ηώκαινου. Τριτογενείς φάσεις πτυχώσεων.

Η οριστική ανάδυση της Πελαγονικής ζώνης έγινε μετά το τέλος Κρητιδικού και πριν το Μέσο Ηώκαινο. Στο διάστημα αυτό του Τριτογενούς έλαβαν χώρα δυο φάσεις πτυχώσεων: μια (CT1) με πτυχές ανοιχτές, ισοπαχείς, γενικής αξονικής διεύθυνσης ΒΔ - ΝΑ και απόκλισης προς τα ΝΔ και μια άλλη (CT2) με πτυχές κλειστές- ανοιχτές αξονικής διεύθυνσης ΒΑ - ΝΔ (70° - 80°) και απόκλισης προς τα ΝΑ. Δεν είναι εξακριβωμένο ποια από τις δυο έγινε πρώτα ή αν ακόμη ανήκουν σε μια συνεχόμενη συμπιεστική παραμόρφωση του Παλαιογενούς. Οι φάσεις πάντως αυτές σχημάτισαν μεγάλες πτυχές και σπουδαίες δομές όπως πχ: η αντικλινική δομή του βουνού Βόρας με άξονα 125° βυθιζόμενο προς ΝΑ.

Τέλος στην περίοδο Ολιγοκαινού - Μειόκαινου έγινε η τελική παραμόρφωση (CT3) των σχηματισμών προκαλώντας πτυχές κάμψης πολύ ανοιχτές και τύπου knick γενικής αξονικής διεύθυνσης Β-Ν.

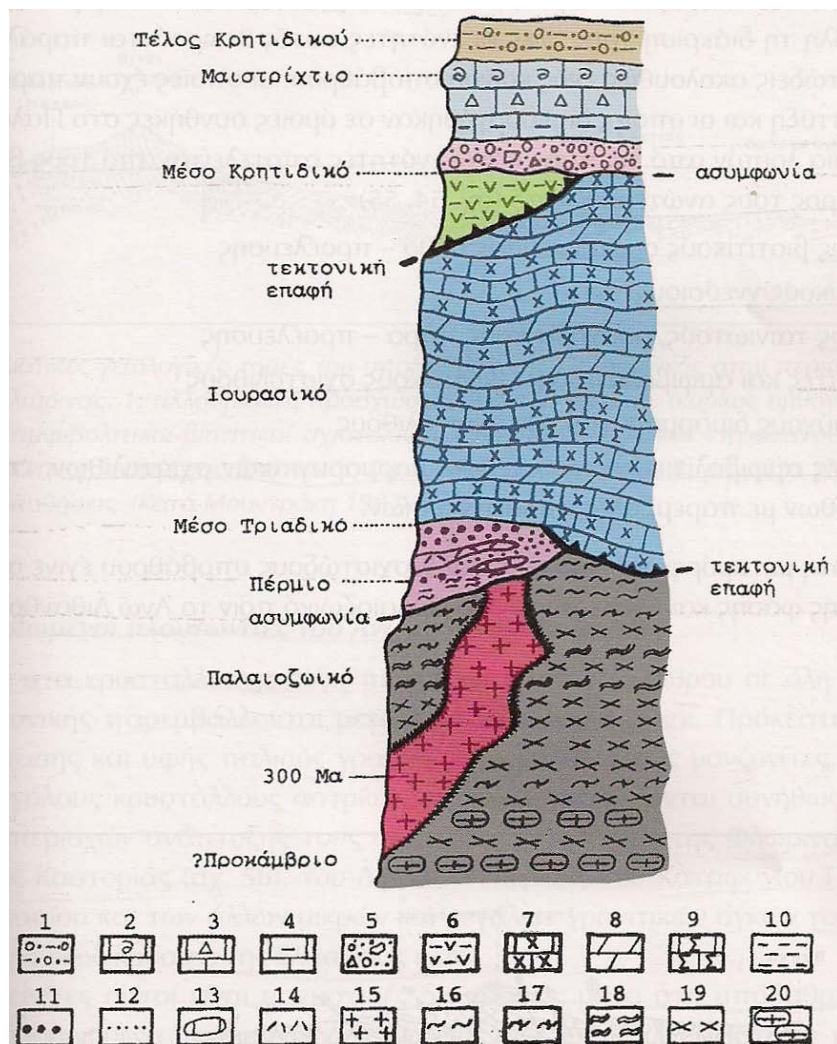
Όλες αυτές οι Μεσοαλπικές φάσεις πτυχώσεων του Τριτογενούς έδρασαν στην ήδη αναδυμένη οροσειρά της Πελαγονικής και προκάλεσαν, λεπίωση των σχηματισμών και επώθηση των λεπίων από Α προς Δ. Αποτέλεσμα της λεπίωσης είναι πολλές φορές και η αναστροφή των σχηματισμών, όπως συμβαίνει, για παράδειγμα, στο δυτικό περιθώριο της Πελαγονικής στη Δυτική Μακεδονία όπου

παρατηρείται πλήρης αναστροφή της δομής με τους βαθύτερους ορίζοντες να επιπνέουν προς Δυσμάς τους ανώτερους . Δεν απόλυτα εξακριβωμένο ποια από τις τρεις παραπάνω φάσεις του Τριτογενούς είναι κύρια υπεύθυνη για τις λεπιώσεις αν και πιστεύεται γενικά ότι τόσο οι λεπιώσεις όσο και η επώθηση του Πελαγονικού τεκτονικού καλύμματος πάνω στο παράθυρο Ολύμπου είναι φαινόμενα συνδεδεμένα με την τελική πύκνωση CT3 του Ολιγοκαίνου. (Μουντράκης 2010)

3.2 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Τα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης της Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαίδας βρίσκονται με ασυμφωνία τοποθετημένα πάνω στα αλπικά και προαλπικά πετρώματα του υποβάθρου. Τα πετρώματα του Προ-Νεογενούς υποβάθρου της λεκάνης ανήκουν στο Βόρειο τμήμα της Πελαγονικής ζώνης. Σύμφωνα με πολλές έρευνες στο χώρο της Πελαγονικής (Brunn 1956, Mercier 1968, Μουντράκης 1976, 1979, 1983, Μουντράκης & Σούλιος 1978, Κίλιας 1980, Kiliass & Mountrakis 1981) έδειξαν ότι συγκροτείται από τους εξής γεωλογικούς σχηματισμούς:

- Το κρυσταλλωσχιστώδες υπόβαθρο ηλικίας Παλαιοζωικής και Προπαλαιοζωικής
- Τα γενευσιωμένα γρανιτικά πετρώματα
- Τα ημιμεταμορφωμένα μετακλαστικά ιζήματα ηλικίας Πέρμιου-Τριαδικού.
- Τα δύο ανθρακικά καλύμματα ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού
- Τους οφειόλιθους και τα σύννοδα τους πετρώματα
- Τα επικλισιγενή Ανωκρητιδικά ιζήματα, ασβεστόλιθους και φλύσχη.



Σχ. 2. Συνοπτική λιθοστρωματογραφική - τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης. 1-5: Επικλισιγενή ιζήματα Μέσου-Άνω Κρητιδικού. 1: Φλύσσης Άνω Μαιστριχτίου-Κάτω Παλαιόκαινου, 2: ασβεστόλιθος Μαιστριχτίου, 3: μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 4: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 5: κροκαλο-λατυποπαγή της βάσης, 6: οφειόλιθοι και σύνοδα πελαγικά, 7-9: πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού Ιουρασικού, 7: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 8: δολομίτες, 9: σιπολίνες, 10-14: πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου-Κάτω Τριαδικού, 10: μετα-πελίτες, φυλλίτες, 11: χαλαζιακά μετα-κροκαλοπαγή, 12: μετα-ψαμμίτες, αρκόζες, 13: φακοί ασβεστολίθων, 14: μετα-ρυόλιθοι, μετα-τόφφοι, 15: γενεσιωμένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου, 16-20: πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου Παλαιοζωικής ή και προ-Κάμβριας ηλικίας, 16: σχιστόλιθοι (χλωριτικοί, μαρμαρυγικοί, αμφιβολιτικοί, επιδοτιτικοί), 17: διμαρμαρυγικοί - γρανατούχοι σχιστόλιθοι, 18: αμφιβολίτες, 19: γενέσιοι, 20: οφθαλμογενέσιοι. (Από Μουντράκης 2010).

Πιο αναλυτικά το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο αποτελείται από δύο παράλληλες ενότητες μεταμορφωμένων πετρωμάτων, οι οποίες θεωρούνται παράλληλες και λιθολογικά ανάλογες. Οι ενότητες αυτές είναι στα Ανατολικά η ενότητα του Βόρα και στα Δυτικά η ενότητα του Βέρνου (Μουντράκης 2010).

Η ενότητα του Βόρα περιλαμβάνει από κάτω προς τα πάνω: ορθογενεσιους, οφθαλμοειδείς γενέσιους, ταινιωτούς μοσχοβιτικούς γενέσιους, αμφιβολίτες, μαρμαρυγικούς σχιστόλιθους, φυλλίτες και μικρές εμφανίσεις γρανοδιοριτών.

Η ενότητα του Βέρνου περιλαμβάνει: ορθογενέσιους, αμφιβολίτες, επιδοτιτικούς – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους, διμαρμαρυγικούς σχιστόλιθους και μαρμαρυγικούς γρανατούχους σχιστόλιθους. Στην ενότητα αυτή έχει διεισδύσει

ένας μεγάλος πλουτωνίτης, γρανίτης της Καστοριάς-Φλώρινας, ηλικίας Άνω Λιθανθρακοφόρου σύμφωνα με ραδιοχρονολογήσεις (*Moundrakis et al 1983b*). Οι γρανίτες που εμφανίζονται είναι γνευσιωμένοι διότι υπέστησαν την Αλπική μεταμόρφωση, στο Άνω Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό, σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

Τα μετακλαστικά ιζήματα ηλικίας Πέρμιου-Κάτω Τριαδικού κατανέμονται στο δυτικό περιθώριο της ζώνης, και αντιπροσωπεύουν την παλιά ιζηματογένεση ηπειρωτικής κατωφέρειας που αναπτύχθηκε κατά την περίοδο εκείνη στο δυτικό περιθώριο της Πελαγονικής κατά την ηπειρωτική διάρρηξη και την ανάπτυξη του ωκεανού Δυτικά της ζώνης. Τα ηφαιστειακά υλικά που περιλαμβάνονται στην ακολουθία, αντιπροσωπεύουν την ηφαιστειότητα κατά την αρχική ηπειρωτική διάρρηξη (bimodal μαγματισμός) (*Moundrakis et al 1983b*).

Κατά την ανάπτυξη του ωκεανού Δυτικά της Πελαγονικής αποτέθηκαν τα ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού – Ιουρασικού όπου ονομάστηκαν “Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής. Το Δυτικό κάλυμμα είναι αυτόχθονο, αποτέθηκε από το Μέσο Τριαδικό μέχρι το Άνω Ιουρασικό πάνω στα μετακλαστικά ιζήματα. Επίσης το κάλυμμα αυτό παρουσιάζει μία βαθμιαία μεταβολή προς τα Δυτικά, όπου από καθαρά νηριτικές σε βαθύτερες (ημι-πελαγικές) φάσεις ιζηματογένεσης.

Απο την άλλη το Ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα είναι πάρα – αυτόχθονο, αποτέθηκε δηλαδή στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής προς τη ζώνη Αλμωπίας και στη συνέχεια επωθήθηκε προς τα Δυτικά πάνω στο κρυσταλλωσχιστώδες της Πελαγονικής. Η φάση ιζηματογένεσης του καλύμματος αυτού είναι καθαρά νηριτική. Και τα δύο καλύμματα υπέστησαν την Αλπική μεταμόρφωση Άνω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού

Οι οφειόλιθοι της Πελαγονικής είναι αλλόχθονοι και προέρχονται από τις δύο ωκεάνιες περιοχές που αναπτύχθηκαν εκατέρωθεν της ζώνης και επωθήθηκαν πάνω στα Τριαδικοιουρασικά ανθρακικά καλύμματα των δύο Πελαγονικών περιθωρίων. Κατά την επωθησή τους σχηματίστηκαν τα χαρακτηριστικά τεκτονικά οφειολιθικά μίγματα, όπου μικρά και μεγάλα τεμάχια αποσπάστηκαν από τα υποκείμενα ανθρακικά πετρώματα και σφηνώθηκαν πάνω στη βάση του οφειολιθικού τεκτονικού καλύμματος προκαλώντας ταυτόχρονα μία τεκτονική ανάμειξη οφειολιθών - ιζημάτων βαθιάς θάλασσας με αποτέλεσμα το σχηματισμό πλύχρωμων τεκτονικών μιγμάτων.

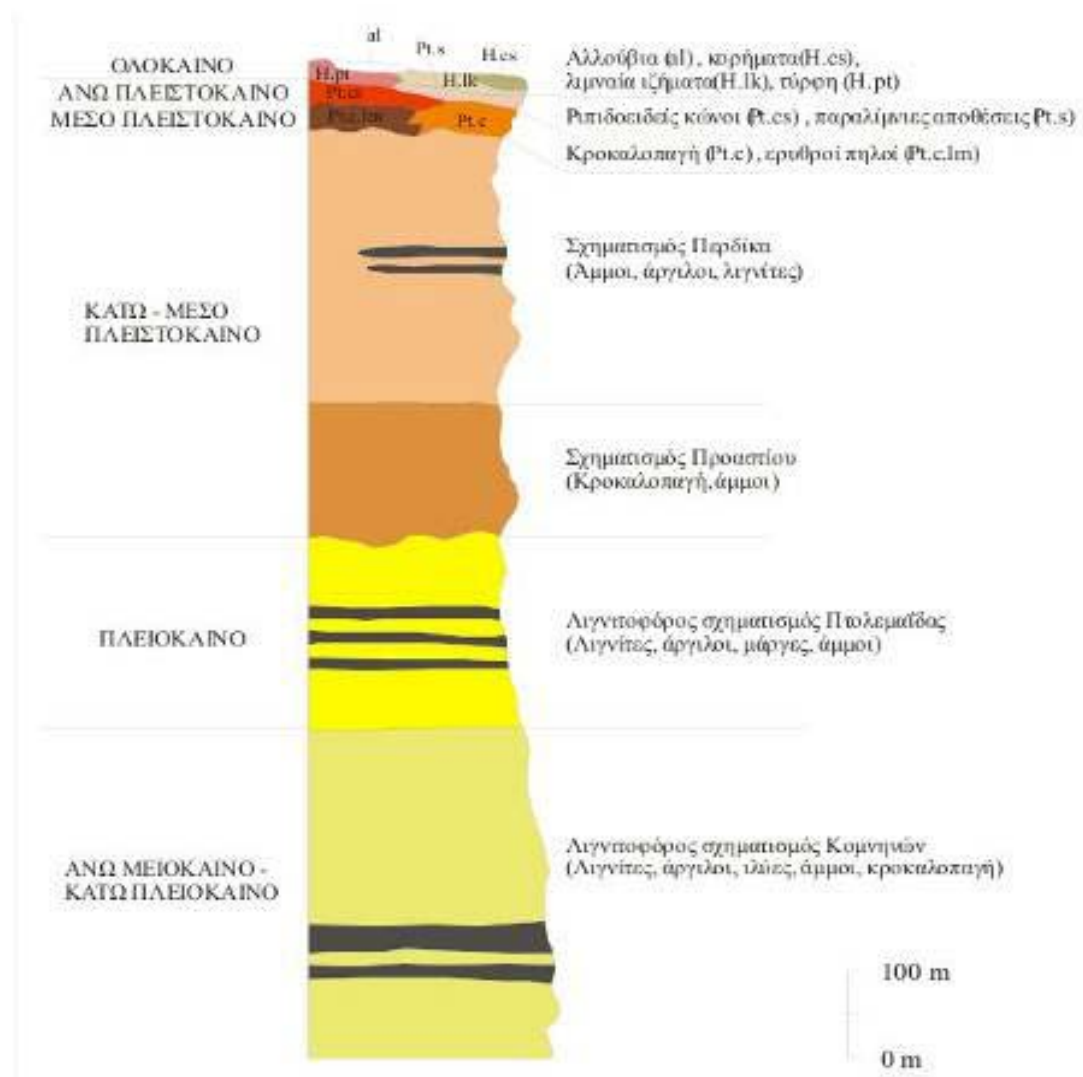
Μετά την ανάδυση των Εσωτερικών ζωνών στην Ανωιουρασική – Κάτωκρητιδική ορογένεση και τη χέρσευση ακολούθησε η επίκληση της θάλασσας το Κενομάνιο-Τουρόνιο του Μέσου Κρητιδικού. Τα ιζήματα της επίκλησης τοποθετούνται με ασυμφωνία πάνω στα ανθρακικά πετρώματα του Μεσοζωικού καλύμματος. (*Μουντράκης 2010*)

ΤΑ ΝΕΟΓΕΝΗ ΙΖΗΜΑΤΑ

Στη λεκάνη στην οποία ανήκει η μελετούμενη περιοχή, τα Νεογενή ιζήματα είναι σχεδόν αποκλειστικά λιμναίας προέλευσης, μάργες, άργιλοι, άμμοι κ.α που πρικλείουν τους λιγνίτες και συνοδεύονται από ποταμοχειμάρριες ή χερσαίες αποθέσεις (χαλαρά κροκαλοπαγή, άμμους κ.α.). Τα ιζήματα αυτά κάθονται ασύμφωνα πάνω στα κρυσταλλωσχιστώδη και ασβεστολιθικά πετρώματα του υποβάθρου και η ηλικία τους τοποθετείται γενικά στο Άνω Μειόκαινο-Πλειόκαινο.

Οι νεογενείς αποθέσεις σύμφωνα με παλιότερη κατάταξη χωρίζονται γενικά σε τρεις σειρές: *κατώτερη σειρά* (υποκείμενη του λιγνίτη τύπου Πτολεμαΐδας), *τη λιγνιτοφόρα σειρά* και *την ανώτερη σειρά* (υπερκείμενη του λιγνίτη) (*Παυλίδης 1985*).

Σύμφωνα όμως με το με το νέο διαχωρισμό στη κατώτερη σειρά αντιστοιχούν οι σχηματισμοί της Βάσης και της Βεγόρας και στη λιγνιτοφόρα σειρά ο Σχηματισμός Πτολεμαΐδας.



Σχ. 3. :Απλοποιημένη συνθετική στρωματογραφική στήλη των μεταλλικών σχηματισμών της λεκάνης Φλώρινας-Πτολεμαΐδας-Σέρβιων. (Από Μαυρίδου Ε. 2007)

I. Σχηματισμός της Βάσης

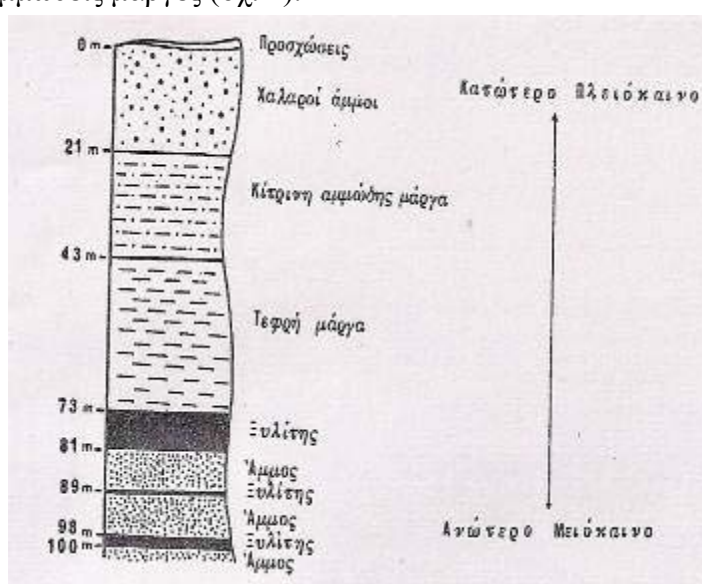
Όλες οι πληροφορίες που γνωρίζουμε για τα βαθύτερα στρώματα είναι απο ορισμένες βαθιές γεωτρήσεις. Αποτελείται κυρίως από κλαστικά ιζήματα και χαρακτηρίζεται από την έλλειψη απολιθωμάτων. Αρχίζει με ένα χαρακτηριστικό οριζόντα χαλαρού γνευσιακού κροκαλοπαγούς, το οποίο πιστεύεται ότι είναι ο ορίζοντας της βάσης και συνεχίζει με συμπαγή “ερυθρά ή ερυθροκίτρινα” κροκαλοπαγή που έχουν αργιλούχα συνδετική ύλη.

Το γενευσιακό κροκαλοπαγές, καθώς επίσης και παρουσία μαρμαρυγία στα βαθύτερα στρώματα δείχνουν ότι αρχικά η τροφοδοσία της λεκάνης γινόταν κυρίως από τα κρυσταλλωσχιστώδη πετρώματα των δυτικών της περιθωρίων. (Παυλίδης 1985)

II. Σχηματισμός Βεγόρας

Ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται επιφανειακά σε τεχνητές τομές στα λιγνιτορυχεία της Βεγόρας, της Βεύης, Αχλάδας, Κομνηνών και του υψώματος του Μπορντό. Χαρακτηριστικό αυτού του σχηματισμού είναι ότι φιλοξενεί τη λιγνιτοφορία τύπου ξυλίτη.

Ο σχηματισμός της Βεγόρας αντιστοιχεί στο β-ορίζοντα κατά το στρωματογραφικό χωρισμό του *Μαρατού* (1968). Σε μία τεχνητή τομή στο ορυχείο της βεγόρας διακρίνονται από κάτω προς τα πάνω τα εξής στρώματα: πράσινη άμμος, εναλλαγές στρωμάτων ξυλίτη, άμμου και μάργας, τεφρές μάργες της οροφής και κίτρινες αμμώδεις μάργες (σχ. 4).



Σχ. 4. Λιθολογική στήλη του Σχηματισμού Βεγόρας στο ομώνυμο λιγνιτορυχείο (Παυλίδης 1985).

III. Σχηματισμός Πτολεμαΐδας

Τα λιγνιτικά στρώματα του γαιώδους λιγνίτη τύπου Πτολεμαΐδας και τα σύνοδα λιμναία ιζήματα, τόσο εκείνα που βρίσκονται σε εναλλασσόμενη διάταξη όσο και εκείνα που υπόκεινται του λιγνίτη συγκροτούν το Σχηματισμό της Πτολεμαΐδας.

Σύμφωνα με το διαχωρισμό του σχηματισμού από τους *Αναστόπουλο και Κουκουζά* (1972) τα λιγνιτικά στρώματα διακρίνονται σε:

- α) Κατώτερη λιγνιτοφόρα στοιβάδα με μέγιστο πάχος 80 μέτρων, η οποία αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα λιγνίτη, μαργών, αργίλων, με μεταβαλλόμενο πάχος και από δύο χαρακτηριστικές ενστρώσεις άμμου και λιμναίας κρητίδος.
- β) Ενδιάμεση στοιβάδα των στείων ιζημάτων, μέγιστου πάχους 14 μέτρων όπου επικρατούν οι ανοιχτόχρωμες μάργες με φακοειδείς ενστρώσεις λιμναίας κρητίδος.
- γ) Ανώτερη λιγνιτοφόρα στοιβάδα, με μέγιστο πάχος 40 μέτρα, η οποία συνίσταται από 9-10 λιγνιτικά στρώματα πάχους μερικών εκατοστών μέχρι ενός έως τριών λεπτομερών στρωμάτων ξυλίτη στην οροφή της στοιβάδας μεταξύ των

οποίων παρεμβάλλονται στείρες ενστρώσεις αργίλου, μαργών και λιμναίας κρητίδος.

Δύο χαρακτηριστικοί λιθολογικοί τύποι, που ανήκουν στο Κατώτερο Μέλος, χρησιμοποιήθηκαν σαν ορίζοντες αναφοράς για τη λιθολογική συσχέτιση των πυρήνων των γεωτρήσεων. Οι ορίζοντες αυτοί είναι:

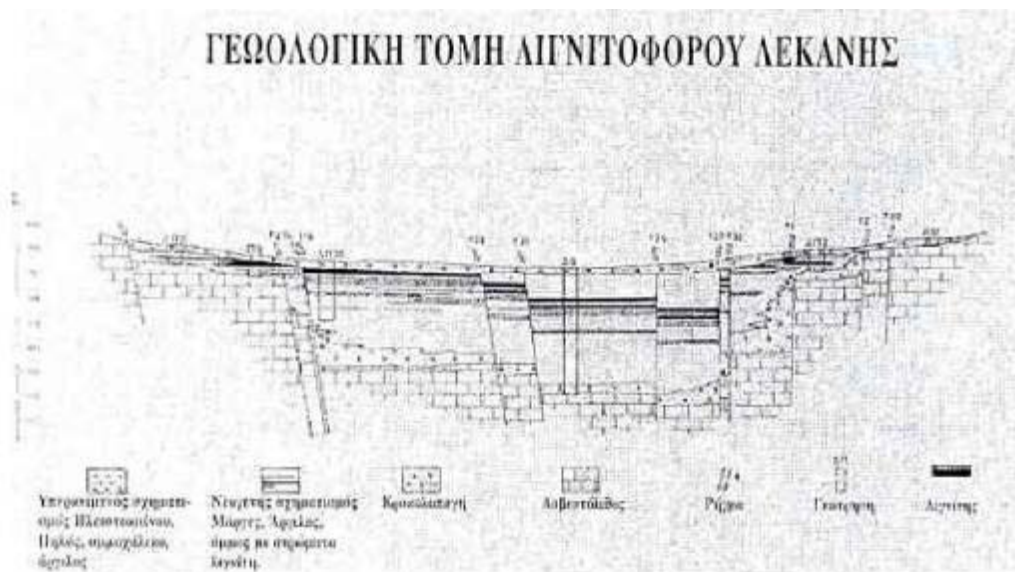
α) Ο ορίζοντας *Neritina*. Είναι ένα λεπτό στρώμα τεφρής μάργας, με πλήθος απολιθωμένων ατόμων *Neritina* και βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα του Κατώτερου Μέλους.

β) Ο ορίζοντας χαλαζιακής άμμου, πάχους 10 – 30m, βρίσκεται στα κατώτερα στρώματα της κατώτερης λιγνιτοφόρας στοιβάδας.

Με βάση το κώδικα Στρωματογραφικής ορολογίας θα μπορούσαμε να χωρίσουμε το σχηματισμό της Πτολεμαΐδας σε μέλη. Έτσι τα υποκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων ιζήματα και η κατώτερη λιγνιτοφόρα στοιβάδα συγκροτούν το *Κατώτερο Μέλος* του σχηματισμού (ή αλλιώς *μέλος Κύριου Πεδίου*), ακολουθεί προς τα πάνω το *Ενδιάμεσο Μέλος* (Καρδιάς) και έπεται το *Ανώτερο Μέλος* (Νοτίου Πεδίου) που περιλαμβάνει τα ανώτερα στρώματα του λιγνίτη και τα υπερκείμενα 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 Αγίου Χριστόφορου, όπου η λιγνιτοφορία είναι ενιαία.

Ο σχηματισμός Πτολεμαΐδας, αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα λιγνίτη, αργίλων, άμμων, μαργαϊκών ασβεστολίθων και όλων των μεταξύ αυτών λιθολογικών τύπων (σχ. 5). Η Σειρά το πάχος και λιθολογία των διαφόρων στρωμάτων ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή, αλλά η γενική λιθοστρωματογραφική εικόνα είναι ίδια σε ολόκληρη την έκταση της λεκάνης. Το πάχος των λιγνιτοφόρων στρωμάτων κυμαίνεται από 20-140m περίπου στα διάφορα πεδία κοιτασμάτων που ερευνήθηκαν μέχρι σήμερα.

Τα στρώματα του Ανώτερου Μέλους εμφανίζονται επιφανειακά σε πολλά σημεία της λεκάνης και υπόκεινται σε άμεση παρατήρηση. Έχουν ποικίλη σύσταση και υφή και αποτελούνται από άμμους, αργίλους, μάργες, χαλαρά κροκαλοπαγή, ψαμμιτικούς φακούς και πολύ λεπτές στρώσεις μαργαϊκού ασβεστολίθου, που κάθονται σύμφωνα στα ανώτερα λιγνιτικά στρώματα. Η άμμος γενικά είναι παρα πολύ λεπτόκοκκη και μερικές φορές φτάνει στα όρια της ιλύος. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι συνυπάρχουν καθαρά λιμναίες φάσεις (λεπτοκλαστικές) με ποταμολιμναίες. Χαρακτηριστικός επίσης είναι ένας σχετικά εκτεταμένος ορίζοντας λιμναίου μαργαϊκού ασβεστολίθου, με πάχος κυμαινόμενο από μερικά εκατοστά μέχρι λίγα μέτρα με πλήθος *Planorbis* (*Παυλίδης 1985*).



Σχ. 5. Χαρακτηριστική γεωλογική τομή λιγνιτοφόρου λεκάνης.

4. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Η λιγνιτογένεση σημειώνεται στον Ελληνικό χώρο από το Ηώκαινο μέχρι και το Κατώτερο Πλειστόκαινο (Κούκουζας 1995). Κατά το Νεογενές και το Πλειστόκαινο σχηματίστηκαν τα περισσότερα και σημαντικότερα λιγνιτικά κοιτάσματα της Ελλάδας. Οι περίοδοι αυτές συνδέονται με την έντονη Μεταλπική ρηξιγενή τεκτονική και ταφρογένεση και δημιουργούνται πολυάριθμες ηπειρωτικές λεκάρες, που είτε δεν έχουν καμιά επικοινωνία με τη θάλασσα (ενδοηπειρωτικές) είτε επικοινωνούν παροδικά μόνο κατά τη διάρκεια της εξέλιξής τους με αυτήν (περιηπειρωτικές). Στις ηπειρωτικές λεκάρες πληρούνταν οι προϋποθέσεις για το σχηματισμό εκτεταμένων κατωτυφώνων και τη διατήρηση της τυρφογένεσης για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα να προκύψουν λιγνιτικά στρώματα με σχετικά μεγάλη εξάπλωση και πάχος, όπως αυτά της Φλώρινας, της Πτολεμαΐδας, του Αλιβερίου, της Μεγαλόπολης κ.ά. Αντίθετα, οι λιγνιτικές αποθέσεις αυτών των περιόδων σε παράκτιες λεκάρες (Κατερίνη, Πρέβεζα-Ακαρνανία, Πύργος-Ολυμπία, Κρήτη) παρουσιάζουν μικρό πάχος, αν και συχνά η έκτασή τους είναι σημαντική.

Η κοινή παλαιογεωγραφική εξέλιξη των λεκανών Φλώρινας, Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας, Κοζάνης- Σερβίων και Ελασσόνας, έχει αποδώσει και κοινά κοιτασματολογικά χαρακτηριστικά σε αυτές, τα οποία μπορούν να συνοψισθούν στα παρακάτω:

Οι Νεογενείς αποθέσεις της λεκάνης Πτολεμαΐδας διακρίνονται σε τρεις σειρές:

- την κατώτερη σειρά (σχηματισμός Κομνηνών),
- τη μεσαία σειρά (σχηματισμός Πτολεμαΐδας) και
- την ανώτερη σειρά. (ΔΕΗ 2010)

5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

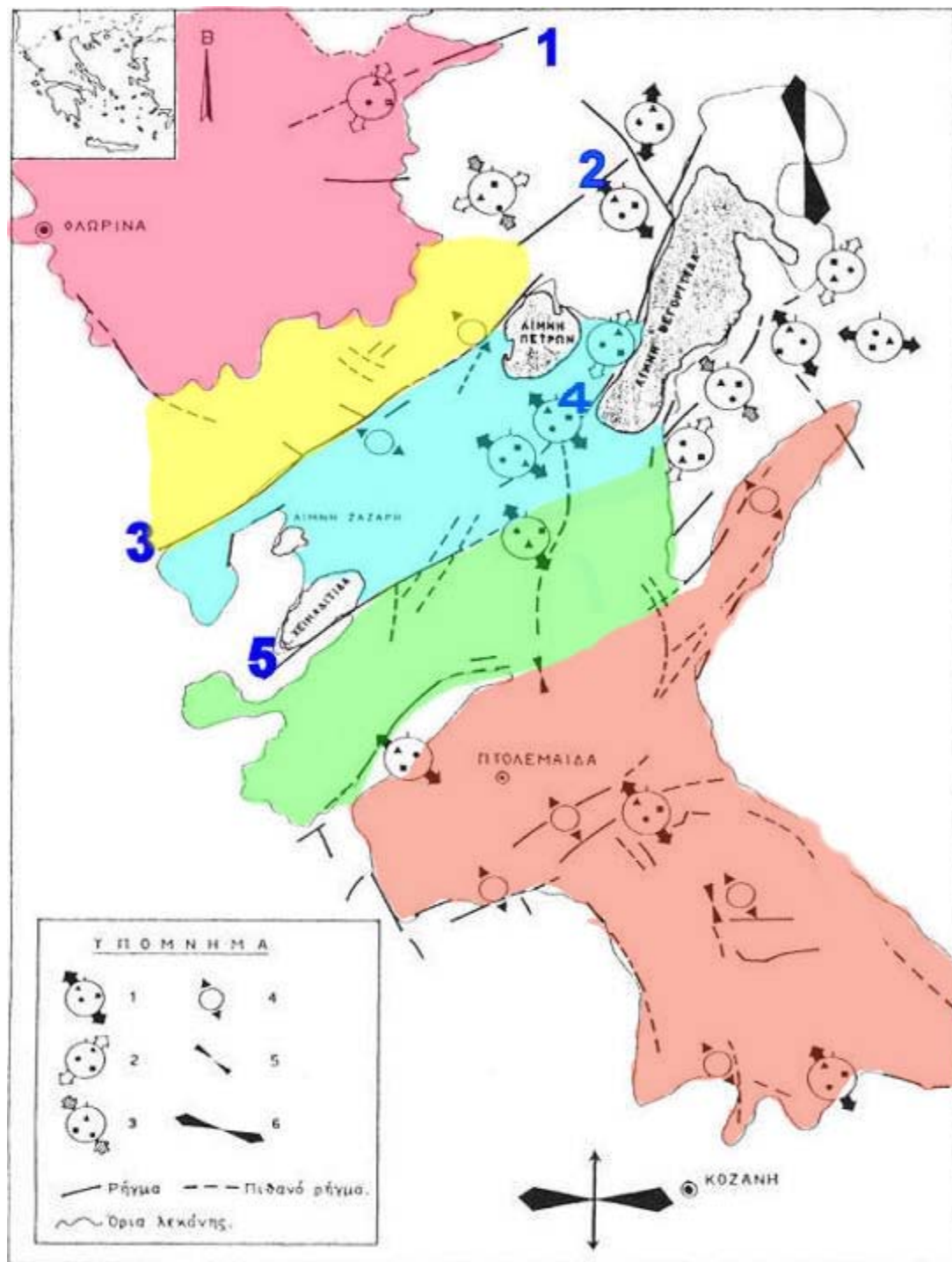
Η λεκάνη Πτολεμαΐδας αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης τεκτονικής μεγαδομής, που περιλαμβάνει διαδοχικά τεκτονικά βυθίσματα και κρασπεδικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Η δομή αυτή εκτείνεται σε μια συνολική απόσταση 120 περίπου km, και αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του Μέσου και Ανώτερου Μειοκαίνου, από ένα εκτεταμένο εφελκυστικό πεδίο.

Αποτέλεσμα των τεκτονικών φάσεων πτυχώσεων, που αναφερθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, που ολοκληρώθηκαν στο Μέσο Μειόκαινο, υπήρξε η σχεδόν τελική διαμόρφωση των οροσειρών της Βόρειας Πελαγονικής. Ο Βόρας παρουσιάζεται σήμερα ως μία μεγάλη αντικλινική μεγαδομή με αξονική διεύθυνση 125° , όχι ως μια συμμετρική μεγαπτυχή αλλά σαν μία παραμορφωμένη πτυχωμένη μορφή με διαφορές στις δύο πτέρυγες. Ακόμα στη δομή του Βόρα συμμετέχουν δομές όπως, εσωτερικές λεπιώσεις του κρυσταλοσχιστώδους υποβάθρου και του Τριαδικοιουρασικού καλύμματος και μεγάλα εγκάρσια ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Απο την άλλη στη δομή του Βέρνου η διάταξη των σχηματισμών είναι λεπιοειδής – ανεστραμμένη με γενική κατεύθυνση των λεπίων από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά (*Μουντράκης 1983*).

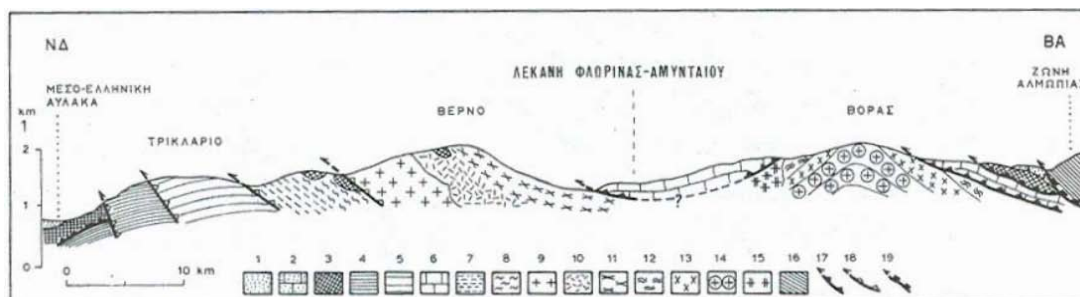
Με αυτόν το τρόπο δημιουργήθηκε μία μεγάλη συγκλινική δομή, η οποία ήταν αποτέλεσμα της προηγούμενης αλπικής δομής στη διεύθυνση του κύριου ορογραφικού άξονα των Ελληνίδων (ΒΒΔ-ΝΝΑ), δημιουργώντας μεγάλα κρασπεδικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, και στη συνέχεια δημιούργησε τη λεκάνη Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαΐδας (σχ 6.2). Η ηλικία δημιουργίας της λεκάνης, κατά τον Βετούλη χρονολογείται κατά τη διάρκεια Κρητιδικού και Τριτογενές, μετά το τέλος των εφαιπτομενικών κινήσεων (*Βετούλης 1951*).

Μετά την απόθεση των Νεογενών ιζημάτων επακολούθησε έντονος τεκτονισμός δημιουργώντας νέα ρήγματα ΒΑ-ΝΔ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ διεύθυνσης, καθώς επίσης νέα βυθίσματα και εξάρματα. Ο Βετούλης (*1951, 1957*) ανάγει την ηλικία αυτού του νέου τεκτονισμού στην αρχή του Τεταρτογενούς, κατά τη διάρκεια της απόθεσης των παχίων κροκαλοπαγών και ψαμμιτών.

Αποτέλεσμα της τεκτονική αυτής ήταν να σχηματιστούν μικρότερα ταφροειδή βυθίσματα και εξάρματα. Στο σχήμα 6.1 φαίνονται τα επιμέρους ταφροειδή βυθίσματα (τα οποία είναι οι χρωματισμένες περιοχές) καθώς επίσης το ριξηγενές έξαρμα που χωρίζει τη λεκάνη της Φλώρινας με αυτήν της Πτολεμαΐδας (κίτρινο τμήμα). (*Pavlides S. and D. Mountrakis 1987*)



Σχ. 6.1. Τεκτονικός χάρτης της περιοχής Φλώρινας - Βεγορίτιδας - Πτολεμαΐδας με πληροφορίες για το πεδίο των νεοτεκτονικών τάσεων. 1) Εφελκυστική φάση Τεταρτογενούς. 2) Εφελκυστική φάση Ανώτερου Μειόκαινου - Πλειόκαινου. 3) Μηχανισμοί ρηγμάτων με συμπιεστική συνιστώσα τάσης. 4) Γενική διεύθυνση τεταρτογενούς εφελκυσμού, όπου δεν έχουν υπολογιστεί οι κινηματικοί άξονες (σ1 σ2, σ3). 5) Γενική διεύθυνση συμπίεσης όπως καθορίζεται από μερικά ανάστροφα ρήγματα. 6) Διεύθυνση εφελκυσμού από απευθείας (in situ) στη φύση μετρήσεις των τάσεων. Οι αριθμοί με μπλε γράμματα, δείχνουν τα ρήγματα που είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία μικρότερων λεκανών (χρωματισμένες περιοχές) καθώς και το διαχωρισμό της λεκάνης της Πτολεμαΐδας απ' αυτή της Φλώρινας. (Τροποποιημένος από Παυλίδη 1985).



Σχήμα 6.2: Απλοποιημένη - σχηματική γεωλογική τομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης στην οποία φαίνονται οι ενότητες Βόρα (με αντικλινική δομή) και Βέρνου (με ανεστραμμένη λεπιοειδή διάταξη): 1: μολάσση της Μεσοελληνικής αύλακας, 2: Ανω Κρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα, 3: οφειόλιθοι και συνοδά ιζήματα, 4: ιζήματα Υποπελαγονικής ζώνης, 5: ανθρακικό κάλυμμα δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου, 6: ανθρακικό κάλυμμα ανατολικού Πελαγονικού περιθωρίου, 7 και 8: μετακλαστικά ιζήματα Περμοτριάδικου, 9: γενευσιωμένος γρανίτης Άνω Λιθανθρακοφόρου, 10 και 11: κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο Βέρνου 12 - 15: κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο Βόρα (σχιστόλιθοι, γενεύσιοι, οφθαλμογενεύσιοι), 16: λέπια Αλμωπίας, 17: επωθήσεις Ανωτέρου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού, 18: επωθήσεις - εφιπυεύσεις Τριτογενούς, 19: επώθηση ζώνης Αλμωπίας. (Μουντράκης 2010)

6. ΤΟ ΟΡΥΧΕΙΟ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΟΝ ΚΟΜΑΝΟ ΚΑΙ Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ



Εικόνα 1. Το Ανενεργό, σήμερα, λιγνιτωρυχείο στον Κόμανο, της περιοχής της Πτολεμαΐδας (Από maps.google.com).

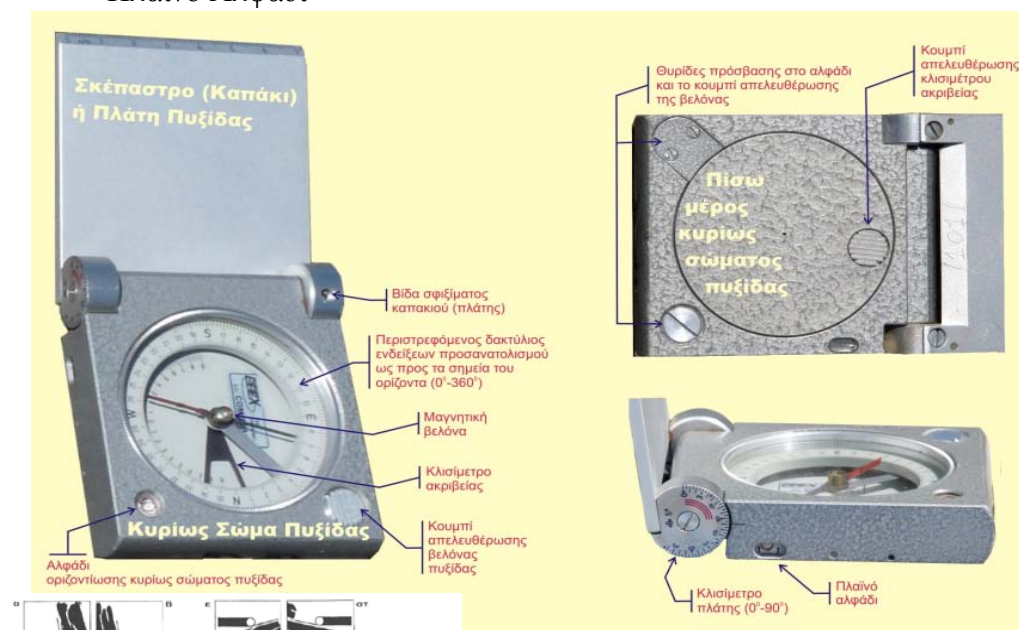
Το ορυχείο Κόμανος, το οποίο βρίσκεται στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας, είναι η περιοχή μελέτης με αντικείμενο τη τεκτονική ανάλυση του. Το χωριό έχει γεωγραφικές συντεταγμένες $40^{\circ}27'15''\text{N}$, $21^{\circ}45'44''\text{E}$ είναι ένας οικισμός του νομού Κοζάνης, έχει υψόμετρο 680 μέτρα και βρίσκεται 20 χλμ. Β της πόλης της Κοζάνης. Διοικητικά ανήκει στον Δήμο Πτολεμαΐδας.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις επιφανειακών και γραμμικών στοιχείων στο έδαφος και στα τεχνητά πρηνή του ορυχείου. Μετρήθηκαν συνολικά 275 διακλάσεις και 29 ρήγματα με τη πυξίδα Clar και σκοπός είναι μέσα από τα κατάλληλα διαγράμματα να βγάλουμε ένα γενικότερο συμπέρασμα για τις δυνάμεις (τάσεις) που επικρατούν στη περιοχή μελέτης, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία ασυνεχειών (ρήγματα και διακλάσεις) με συγκεκριμένες διευθύνσεις.

Στις επόμενες γραμμές θα περιγράψουμε τι είναι μία πυξίδα Clar και πώς μετράμε με αυτήν επιφανειακά και γραμμικά στοιχεία.

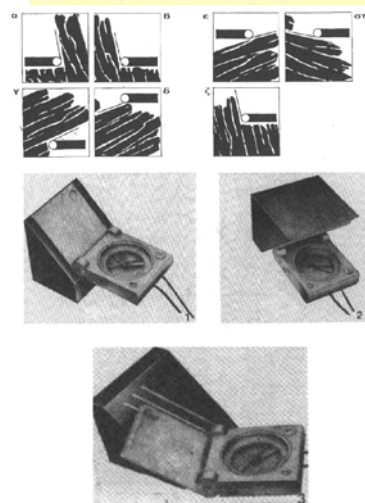
Η πυξίδα Clar όπως φαίνεται και στη φωτογραφία 1.2 αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Καπάκι ή πλάτη της πυξίδας
- Κυρίως σώμα
- Αλφάδι
- Περιστρεφόμενος δακτύλιος ενδείξεων προσανατολισμού
- Μαγνητική βελόνα
- Κλισίμετρο ακριβείας
- Κουμπί απελευθέρωσης βελόνας της πυξίδας
- Κλισίμετρο πλάτης
- Πλαϊνό Αλφάδι



Εικόνα 1.2. Η γεωλογική πυξίδα Clar και τα μέρη που αποτελείται.

(A)



Εικόνα 1.3. (A) Οι δυνατοί τρόποι τοποθέτησης της πυξίδας για τη μέτρηση ενός επιφανειακού στοιχείου και (B) η μέτρηση ενός γραμμικού στοιχείου (γράμμωση).

(B)

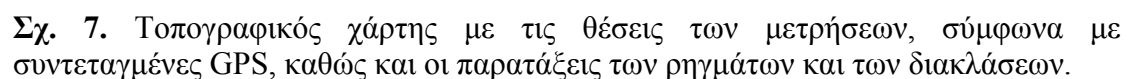
Στο σημείο που θέλουμε να κάνουμε τη μέτρηση ταυτίζουμε την πλάτη της πυξίδας (εσωτερική ή εξωτερική) με την επιφάνεια και με κατάλληλες κινήσεις τη φέρνουμε σε οριζόντια θέση με τη βοήθεια του αλφαδιού. Αν αυτή η επιφάνεια δεν είναι μεγάλη ώστε να εφαρμοστεί η πλάτη της πυξίδας τότε χρησιμοποιούμε βοηθητικές επιφάνειες, για προέκταση της, όπως για παράδειγμα έναν φάκελο. Στην εικόνα 1.3 (Α) φαίνονται οι δυνατοί τρόποι τοποθέτησης της πυξίδας για τη μέτρηση μιας επιφάνειας.

Ανάλογα με το πώς τοποθετούμε την πυξίδα, διαβάζουμε την τιμή της μέγιστης κλίσης στο κλισίμετρο της πλάτης, σε κόκκινη διαγραμμισμένη ή μη διαγραμμισμένη περιοχή. Άρα για διαβάσουμε την φορά της μέγιστης κλίσης θα πρέπει να διαβάσουμε κατά περίπτωση την κόκκινη ή τη μαύρη άκρη της μαγνητικής βελόνας.

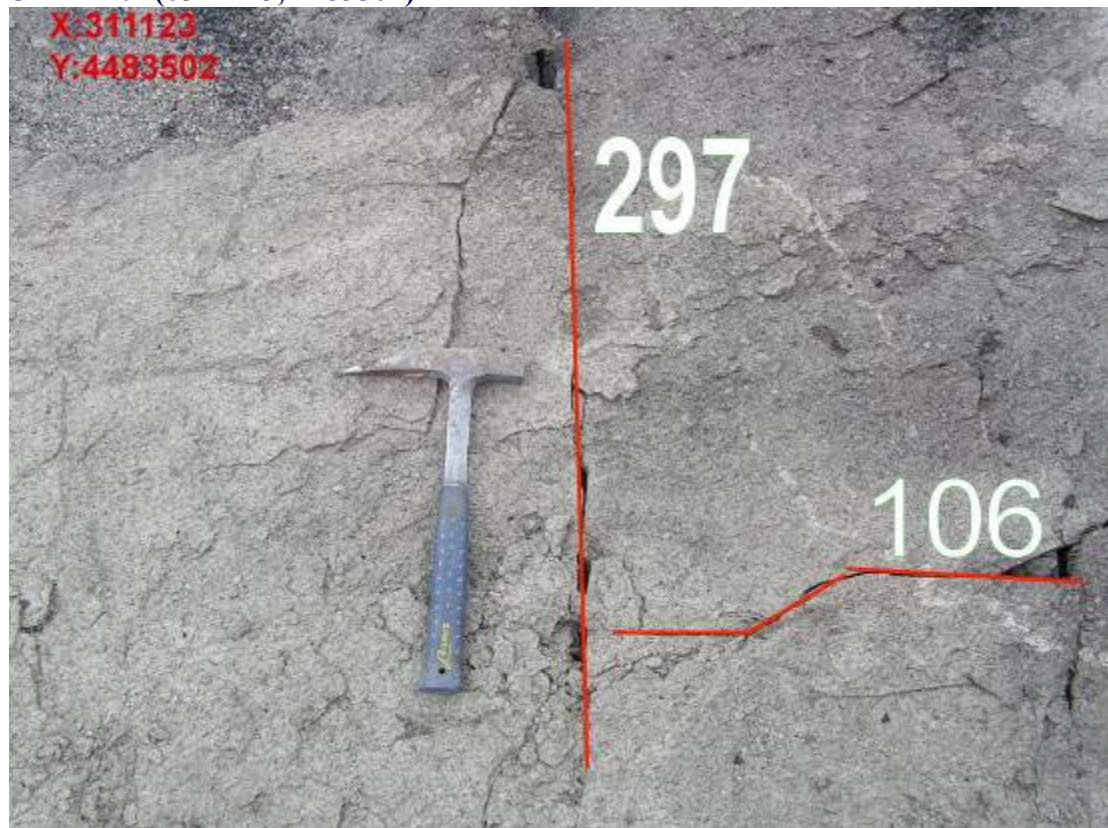
Για τη μέτρηση γραμμικών στοιχείων ακολουθούμε ακριβώς την ίδια διαδικασία με τις επιφάνειες, μόνο που στην περίπτωση αυτή ταυτίζουμε μία από τις δύο πλαϊνές ακμές της πλάτης της πυξίδας με το γραμμικό στοιχείο που θέλουμε να μετρήσουμε (εικόνα 1.3 Β).

Τέλος οι πιο πολλές μετρήσεις οι οποίες πάρθηκαν χαρτογραφήθηκαν, με τη βοήθεια ενός μηχανήματος ανίχνευσης συντεταγμένων GPS μεγάλης ακρίβειας, σε έναν χάρτη όπως φαίνεται στο σχήμα 7.

**Τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής του
λιγνιτορυχείου Πτολεμαΐδας (πεδίο Κόμανος)**



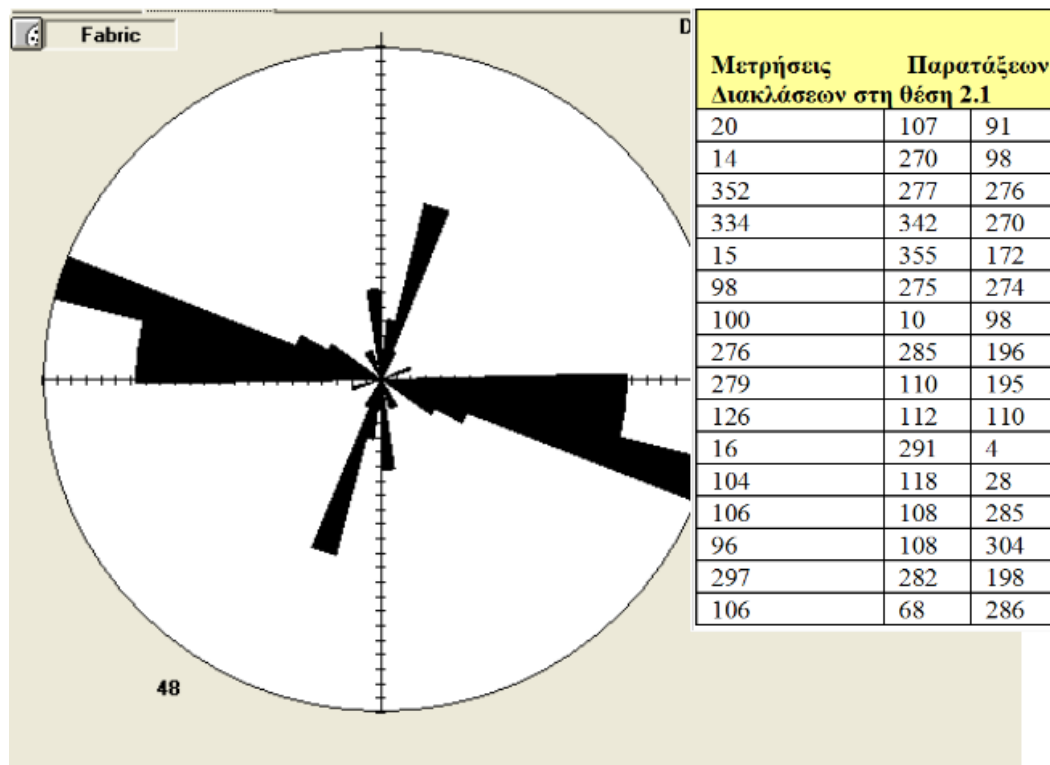
ΘΕΣΗ 2.1 (0311123, 4483502)



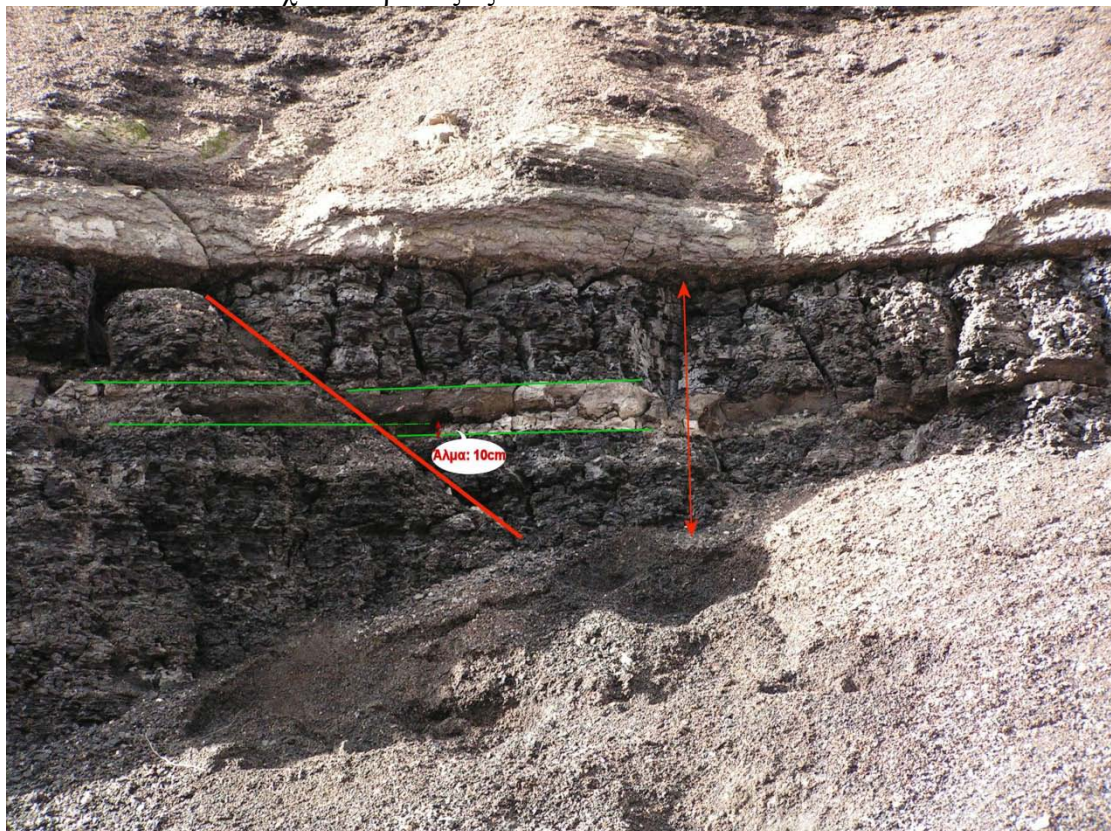
Εικόνα 2.1 Σύστημα διακλάσεων που τέμνονται κάθετα μεταξύ τους με παρατάξεις 297 και 106.



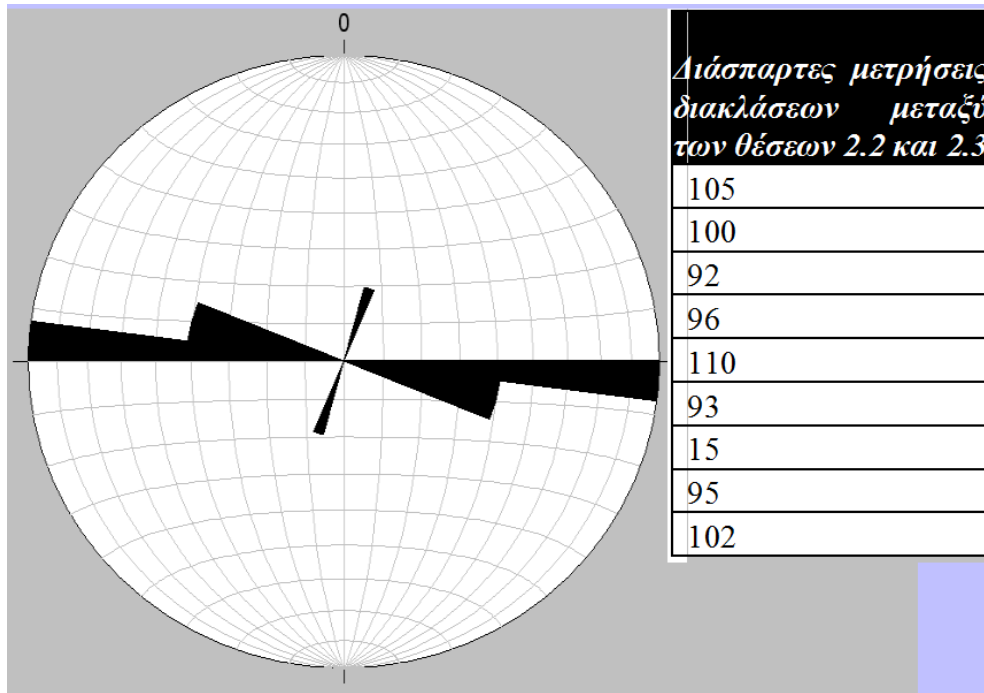
Εικόνα 2.1α. Σύστημα διακλάσεων που τέμνονται κάθετα με παρατάξεις 285 και 196.



Διάγραμμα 2.1. Τα δύο κύρια συστήματα διακλάσεων που επικρατούν στη θέση 2.1 είναι κάθετα και έχουν παρατάξεις 120 και 030.

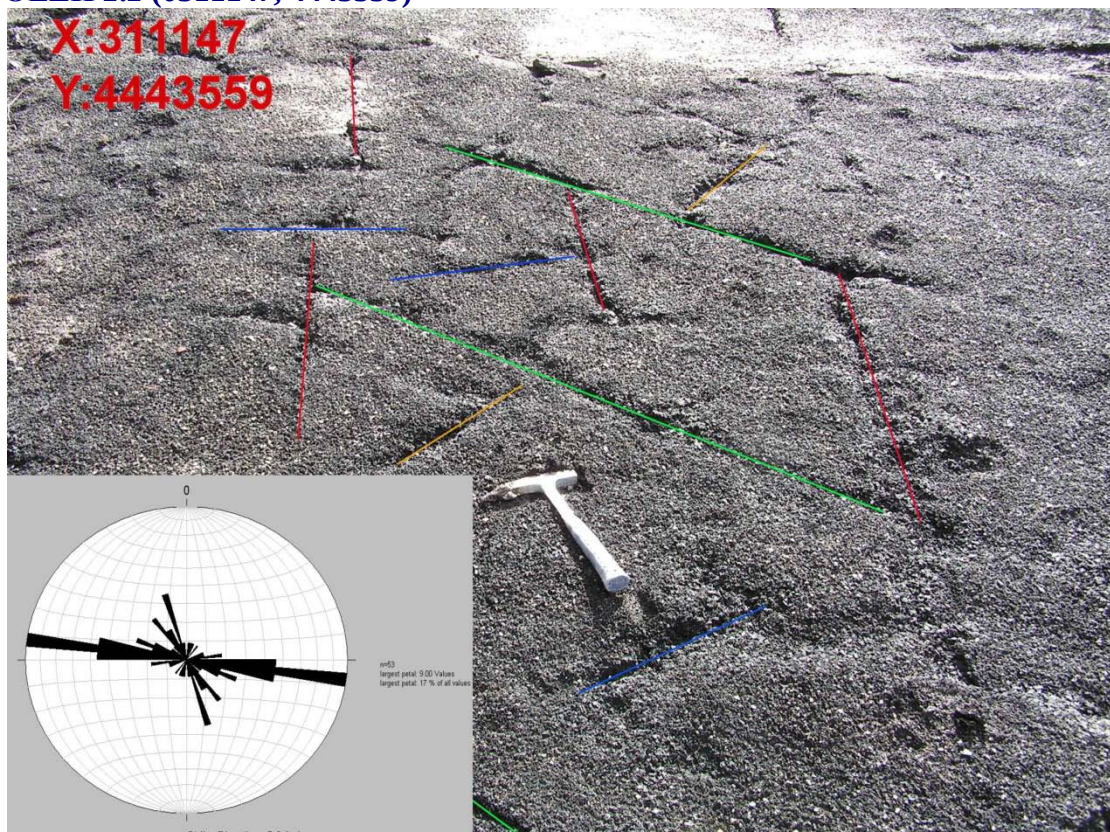


Εικόνα 2.1c. Τομή όπου βλέπουμε επίμηκες διακλάσεις να τέμνουν το λιγνίτη και τη μάργα σε δύο συστήματα. Στη μάργα με στοιχεία 317/80 και στο λιγνίτη με στοιχεία 312/46, 202/ 85, 003/65.



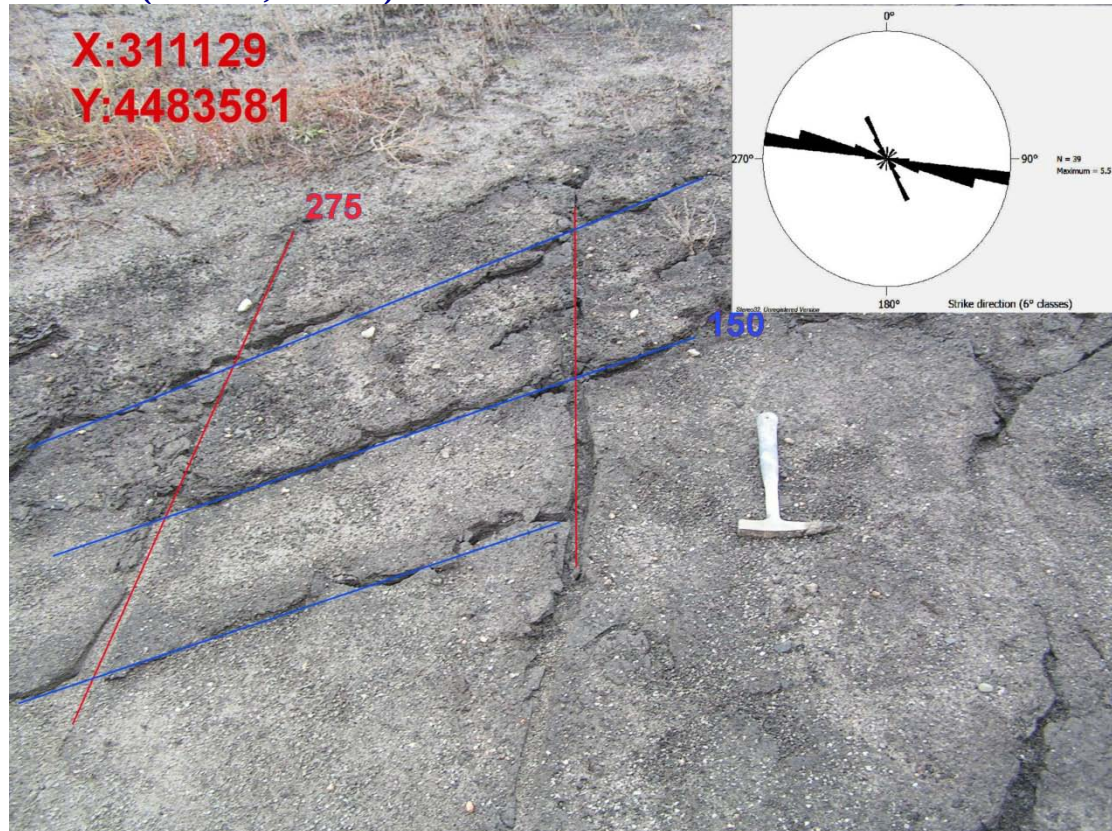
Διάγραμμα 2.2. Το ροδοδιάγραμμα μας δείχνει την επικρατούσα διεύθυνση των τιμών αυτών στις 95°.

ΘΕΣΗ 2.2 (0311147, 4443559)



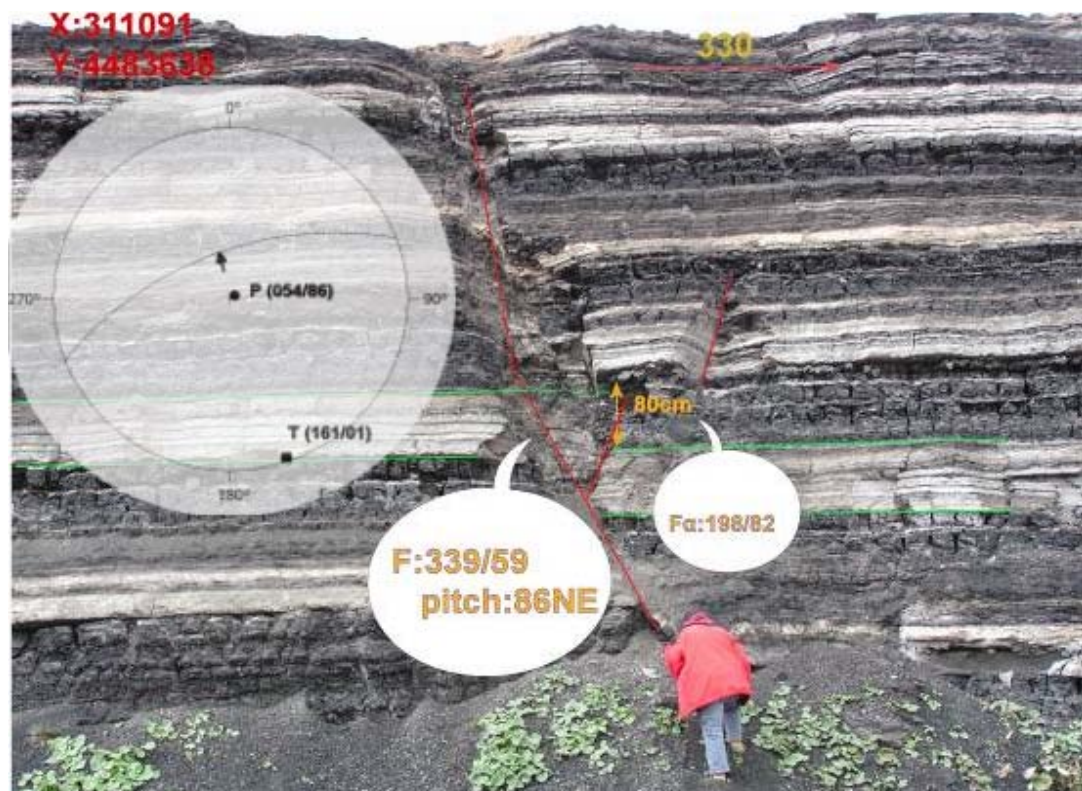
Εικόνα 2.2. Τα κύρια συστήματα διακλάσεων να είναι Α:095, Β:125, Γ:145 και Δ:170

ΘΕΣΗ 2.3(0311129,4483581)



Εικόνα 2.3. Δύο συστήματα διακλάσεων με κύριες διευθύνσεις 275 και 150.

ΘΕΣΗ 2.4(0311091, 4483638)

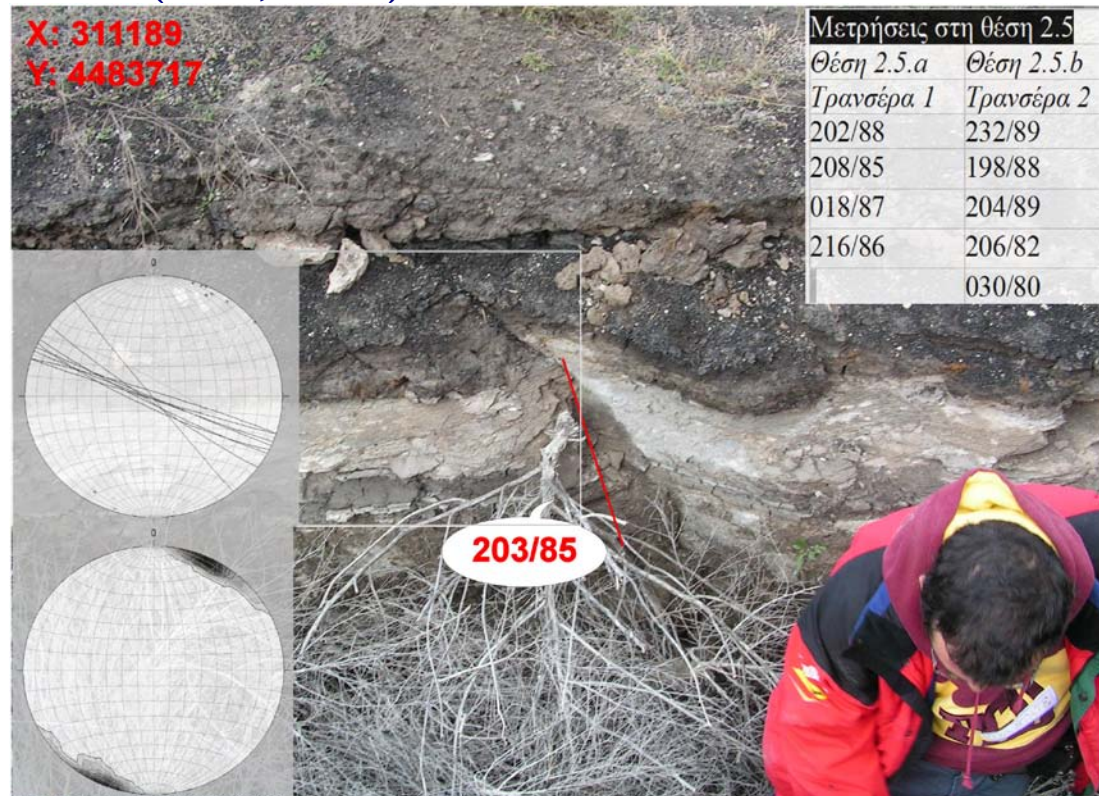


Εικόνα 2.4. Παρατηρούμε το κανονικό ρήγμα με στοιχεία F:339/59 και γωνία pitch 86NE, το αντιθετικό ρήγμα Fa:198/82 και το άλμα του ρήματος στα 80cm.



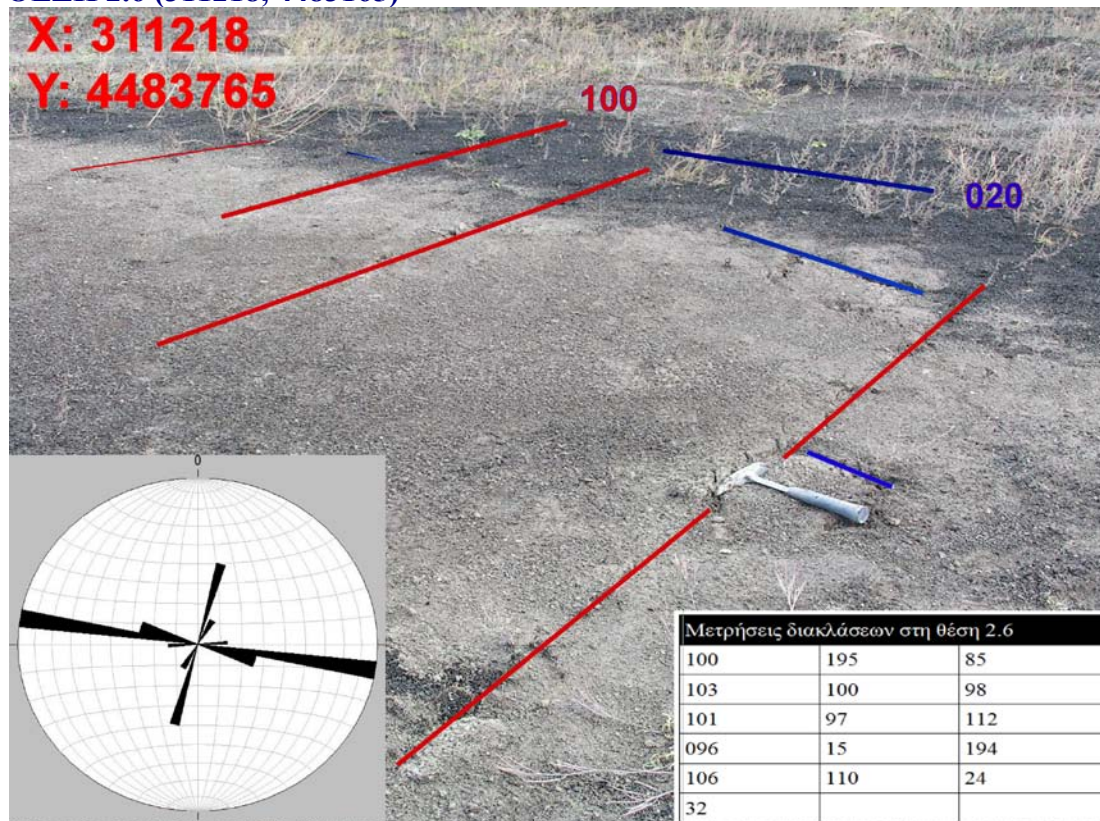
Εικόνα 2.4.1. Από κοντά ο καθρέπτης του ρήματος και η γράμμωση ολίσθησης του ρήματος F.

ΘΕΣΗ 2.5 (311189, 4483717)



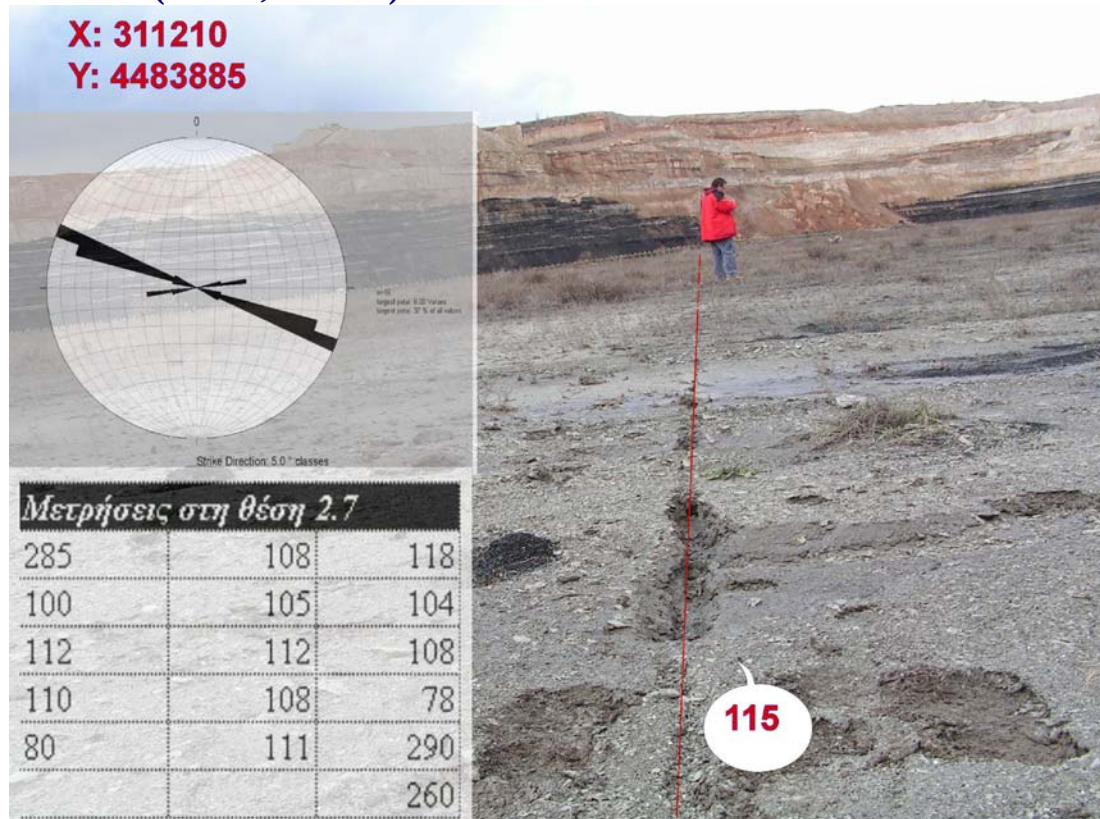
Εικόνα 2.5. Σύμφωνα με τις μετρήσεις η επικρατούσα τιμή των διακλάσεων στις τρανσέρες είναι 203/85.

ΘΕΣΗ 2.6 (311218, 4483165)



Εικόνα 2.6. Δύο σχεδόν κατακόρυφα συστήματα διακλάσεων με παρατάξεις 100 και 020 περίπου, σύμφωνα με τις μετρήσεις.

ΘΕΣΗ 2.7 (311210, 4483885)



Εικόνα 2.7. Παρατηρούμε μία μεγάλη διάκλαση με μήκος μεγαλύτερο των 50m.

Στη συνέχεια της ενδιάμεσης κατολίσθησης εντοπίζουμε διακλάσεις με τις παραπάνω μετρήσεις της εικόνας. Το ροδοδιάγραμμα των μετρήσεων μας δείχνει ότι οι επικρατούσες παρατάξεις είναι 110 και 080.

ΘΕΣΗ 2.8(0311087, 4483981)



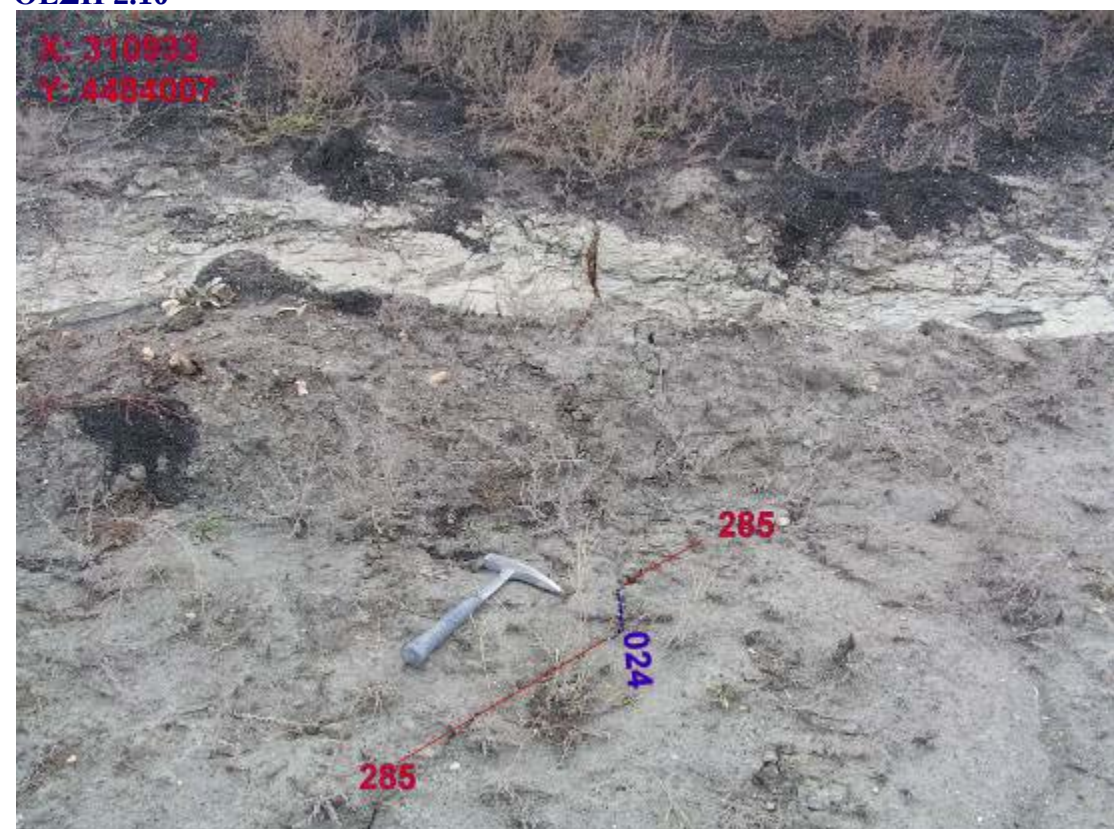
Εικόνα 2.8. Σύστημα διακλάσεων γενικής παράταξης 245-265 με κυκλοφορία ρευστών, που έχουν ως αποτέλεσμα την απόθεση οξειδίων στα κενά. (Οι διακλάσεις με παράταξη 270-280 δεν παρουσιάζουν απόθεση οξειδίων.)

ΘΕΣΗ 2.9.(0311047,4483967)



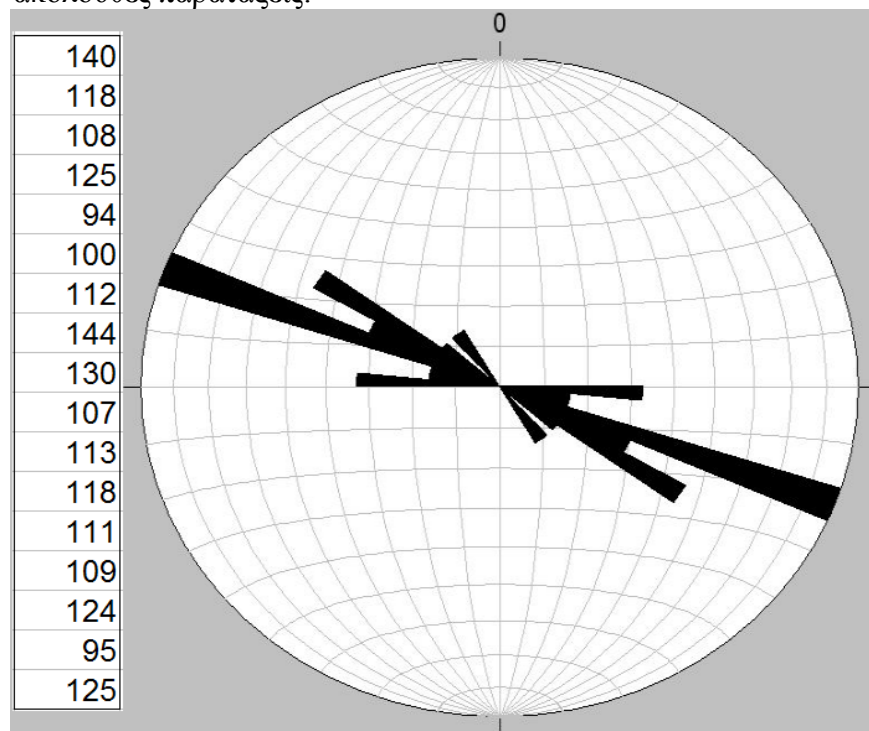
Εικόνα 2.9. Παλιά οξειδωμένη διάκλαση (085) να τέμνεται από τη νεότερη της (112 και 115).

ΘΕΣΗ 2.10

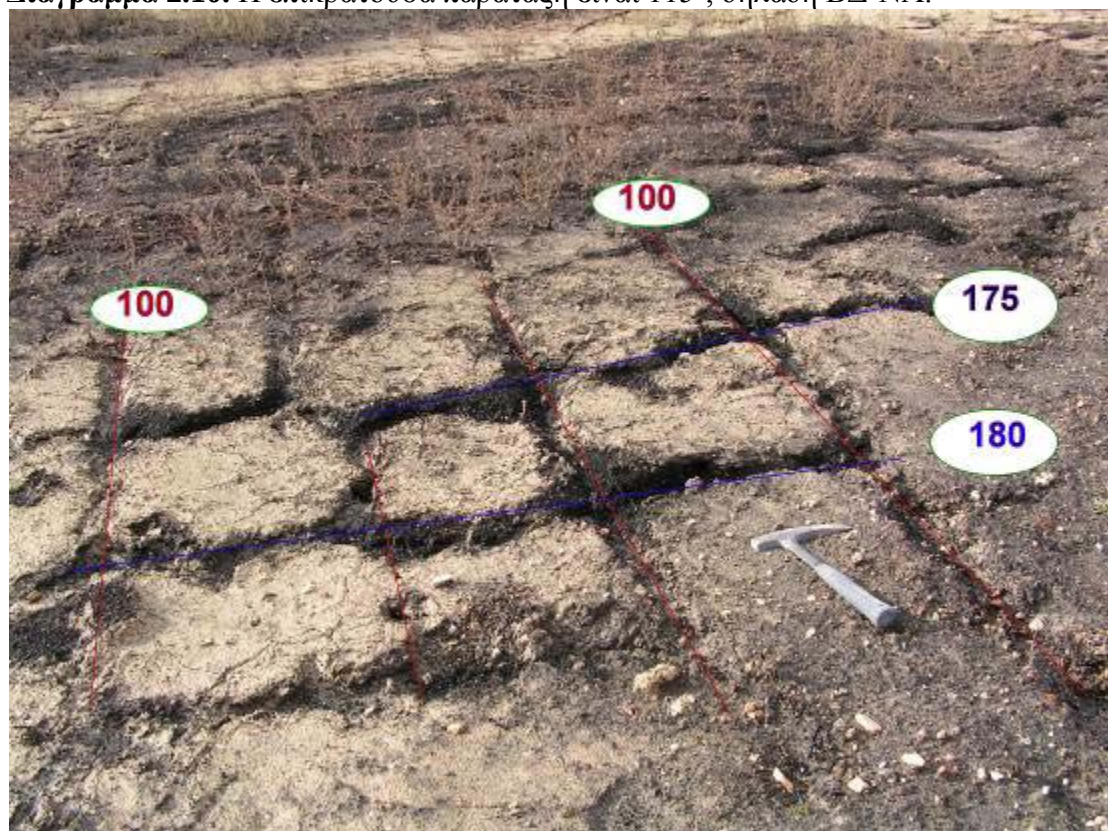


Εικόνα 2.10.1. Στο τέλος της μεγάλης διάκλασης βλέπουμε τις παραπάνω διακλάσεις.

Μεταξύ των θέσεων 2.9 και 2.10 βρέθηκαν επιφανειακές διακλάσεις με τις ακόλουθες παρατάξεις:



Διάγραμμα 2.10. Η επικρατούσα παράταξη είναι 115° , δηλαδή ΒΔ-ΝΑ.



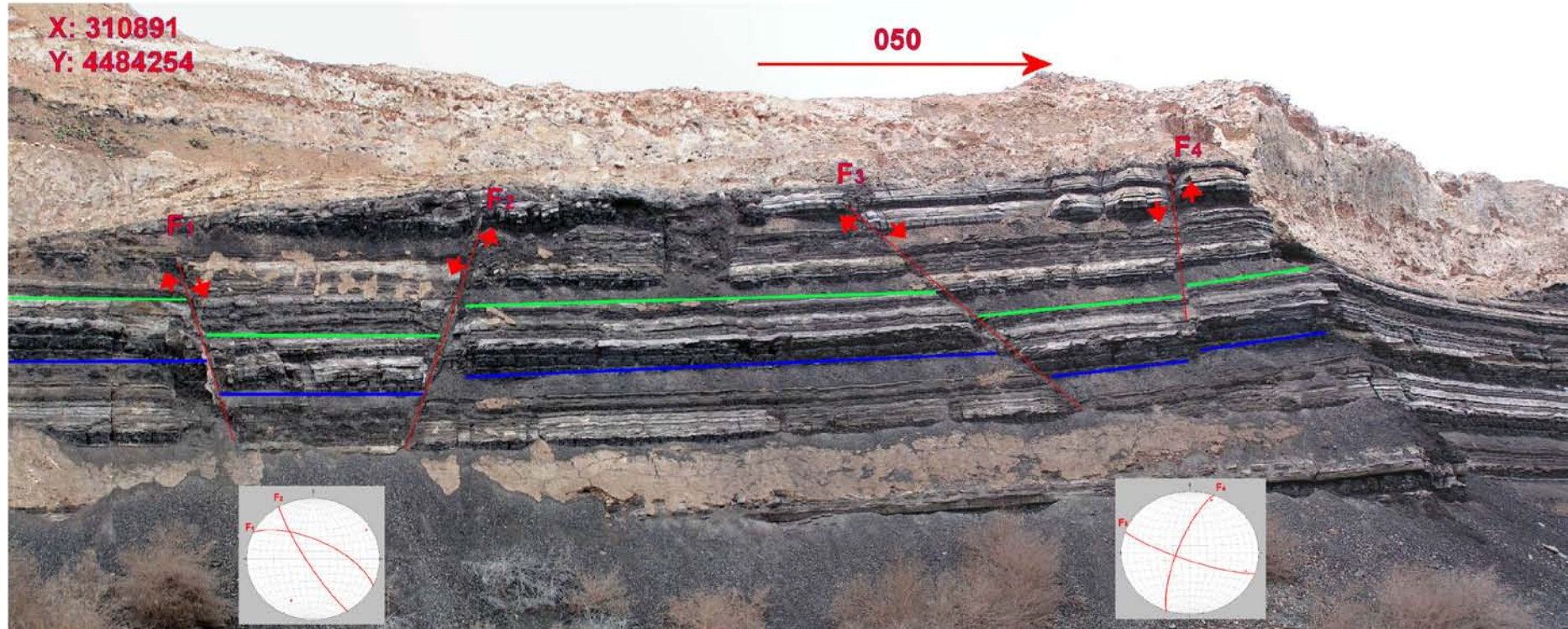
Εικόνα 2.10.2. Ζώνη με διασταυρούμενες διακλάσεις στην ενδιάμεση κατολίσθηση.

ΘΕΣΗ 2.11



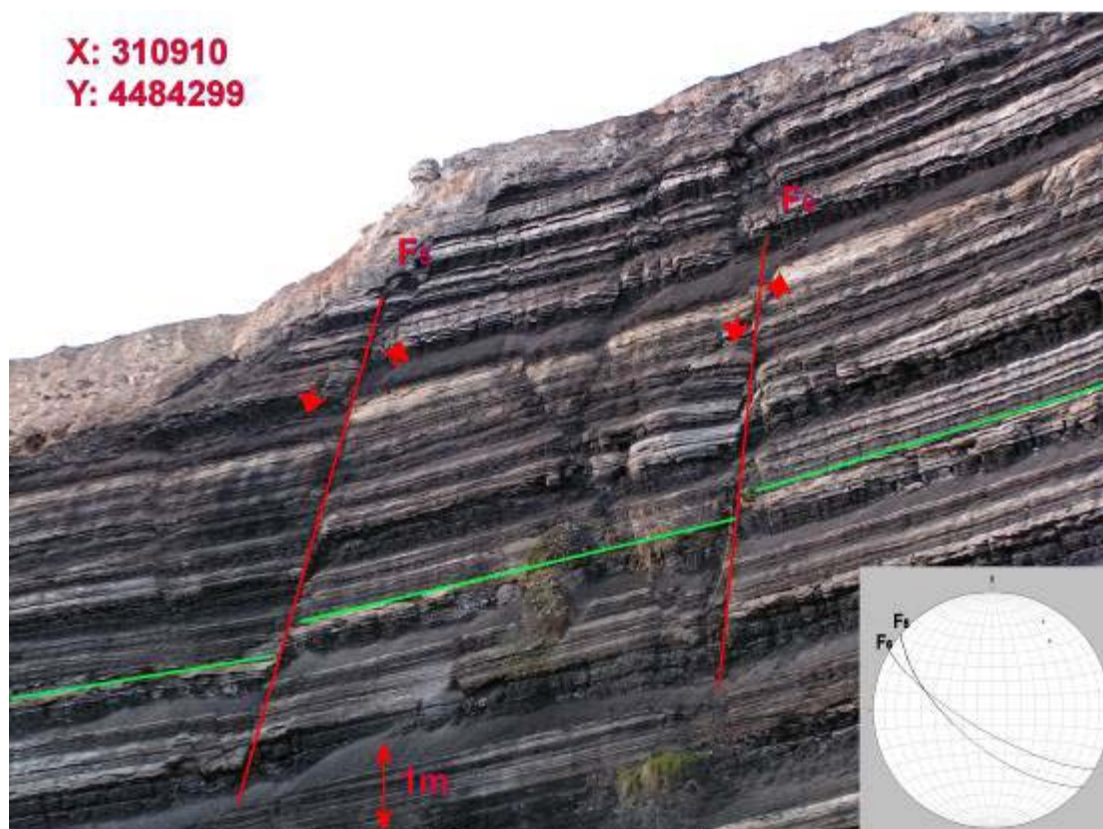
Εικόνα 2.11. Διακλάσεις της μάργας με παρατάξεις 300, 275, 305, 355, 350.

ΘΕΣΗ 2.12



Εικόνα 2.12. Ρήγματα F_1 , F_2 , F_3 , F_4 . F_1 είναι μία συμπαγής ζώνη κατακλαστίτη πάχους 5-6cm, με στοιχεία 026/66 και άλμα 1,20m. F_2 έχει στοιχεία 239/82 και άλμα 90cm. Το F_3 200/80 και άλμα 1,10m και το F_4 με στοιχεία 290/76 και άλμα 30cm.

ΘΕΣΗ 2.13



Εικόνα 2.13. Ρήγματα F₅ (220/65) με άλμα 30cm και F₆ (210/75) με άλμα 20cm.

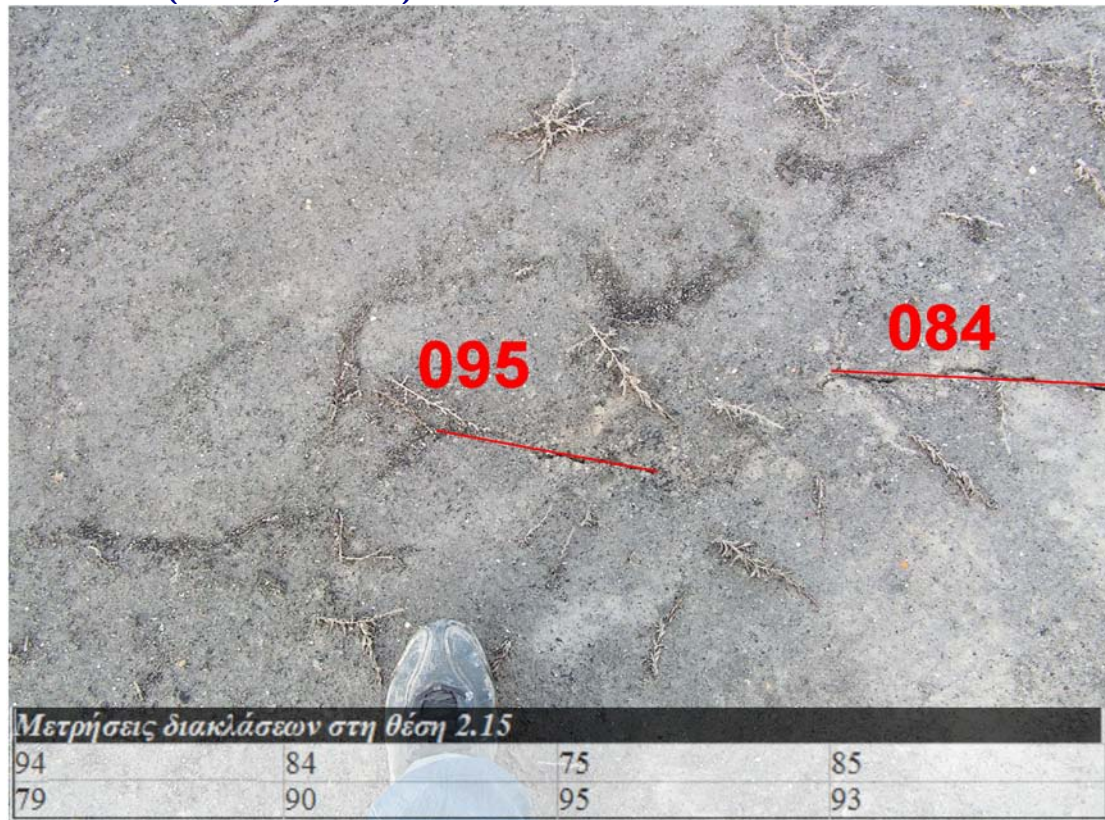
Τα ρήγματα F₅ και F₆ και τα ενδιάμεσα σχηματίζουν μία ζώνη γενικής παράταξης 300° και στη συνέχεια της ζώνης αυτής παρατηρήθηκαν ανοικτές διακλάσεις με στοιχεία:

ΘΕΣΗ 2.14 (0311059, 4484293)

Μετρήσεις διακλάσεων στη θέση 2.14

100	110	101	62
64	96	68	270

ΘΕΣΗ 2.15 (311145, 4484291)



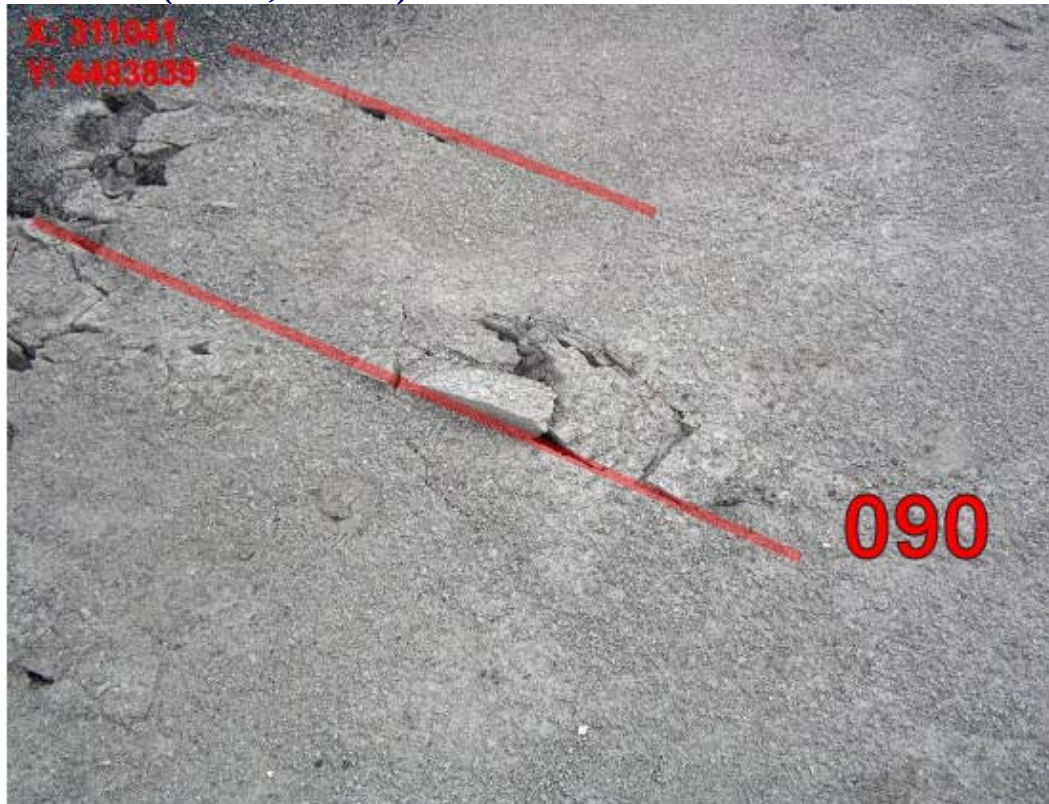
Εικόνα 2.15. Ανοικτές διακλάσεις πάνω στο δρόμο.

ΘΕΣΗ 2.16 (311041, 4483839)



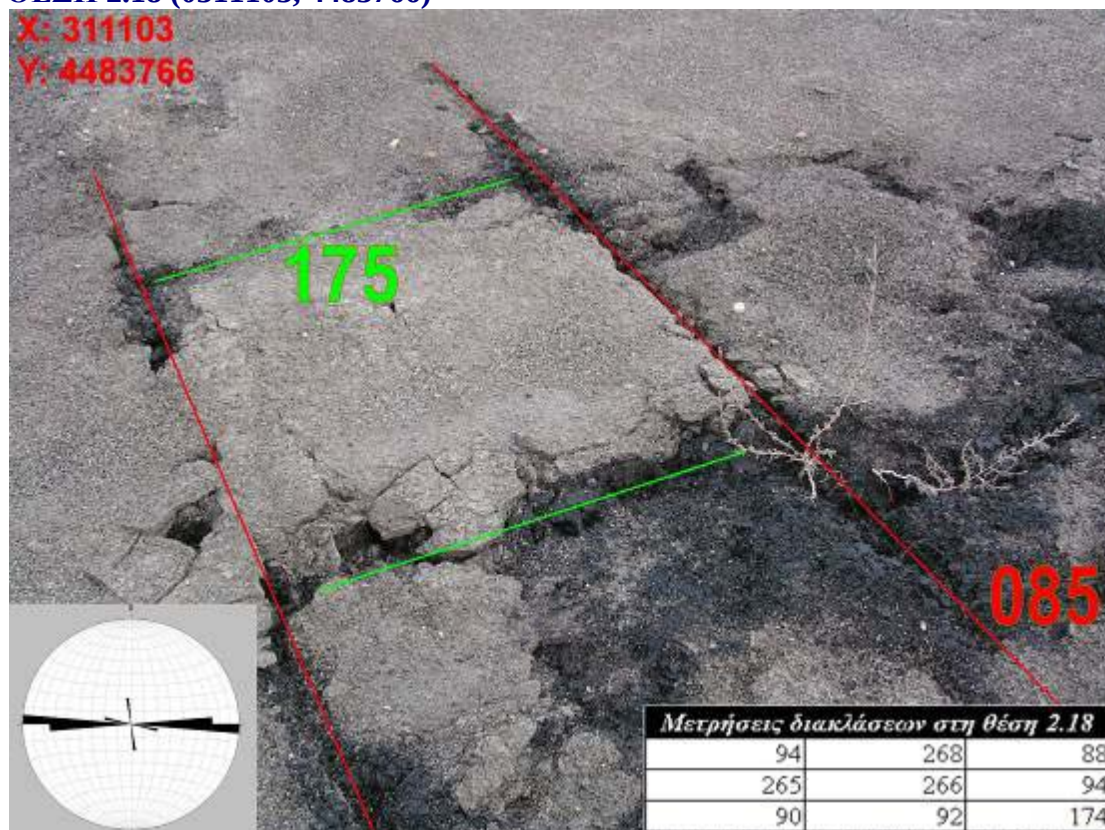
Εικόνα 2.16. Διάκλαση ανοικτή στη συνέχεια της ζώνης των 300°.

ΘΕΣΗ 2.17 (311041, 4483839)



Εικόνα 2.17. Παράλληλες διακλάσεις

ΘΕΣΗ 2.18 (0311103, 4483766)



Εικόνα 2.18. Επιφανειακές διακλάσεις.

ΘΕΣΗ 2.19 (0310943, 4483962)



Εικόνα 2.19. Μεγαδιάκλαση που πιθανόν να παραμορφώνει και τις υπερκείμενες αποθέσεις με γενική παράταξη 300° .

ΘΕΣΗ 3.1



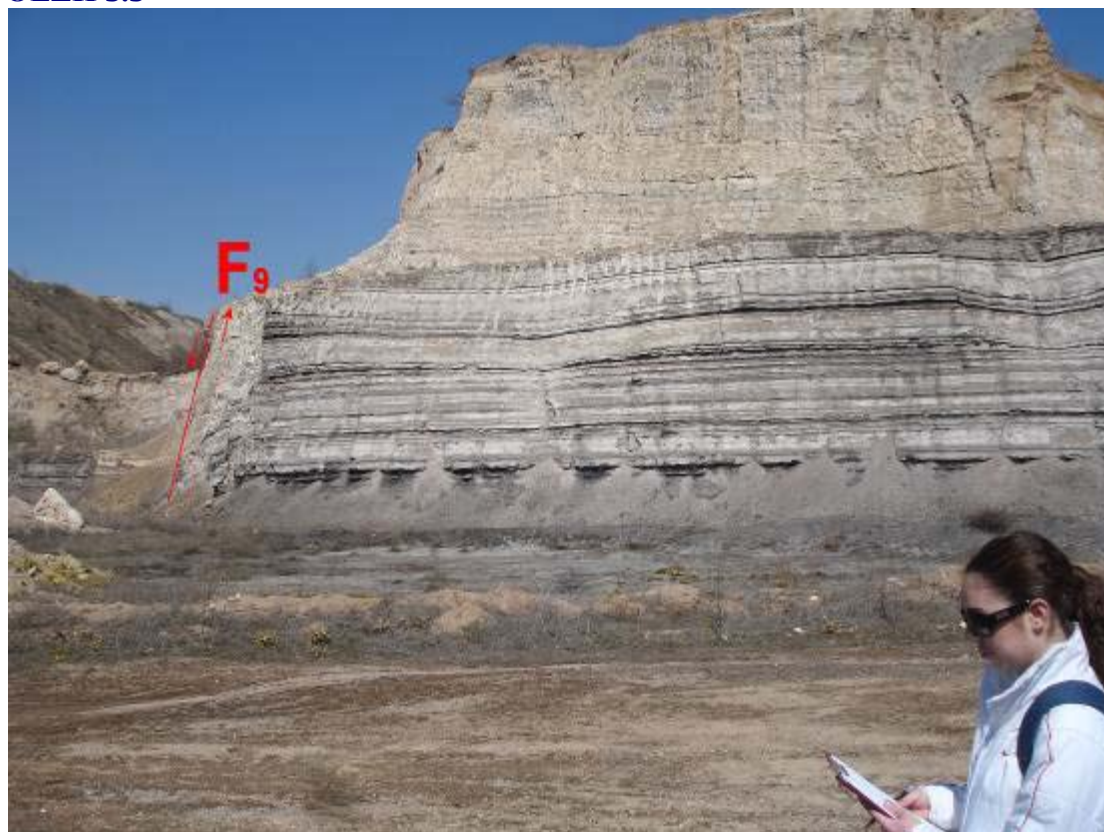
Εικόνα 3.1. Τεκτονικό βύθισμα (graben).

ΘΕΣΗ 3.2

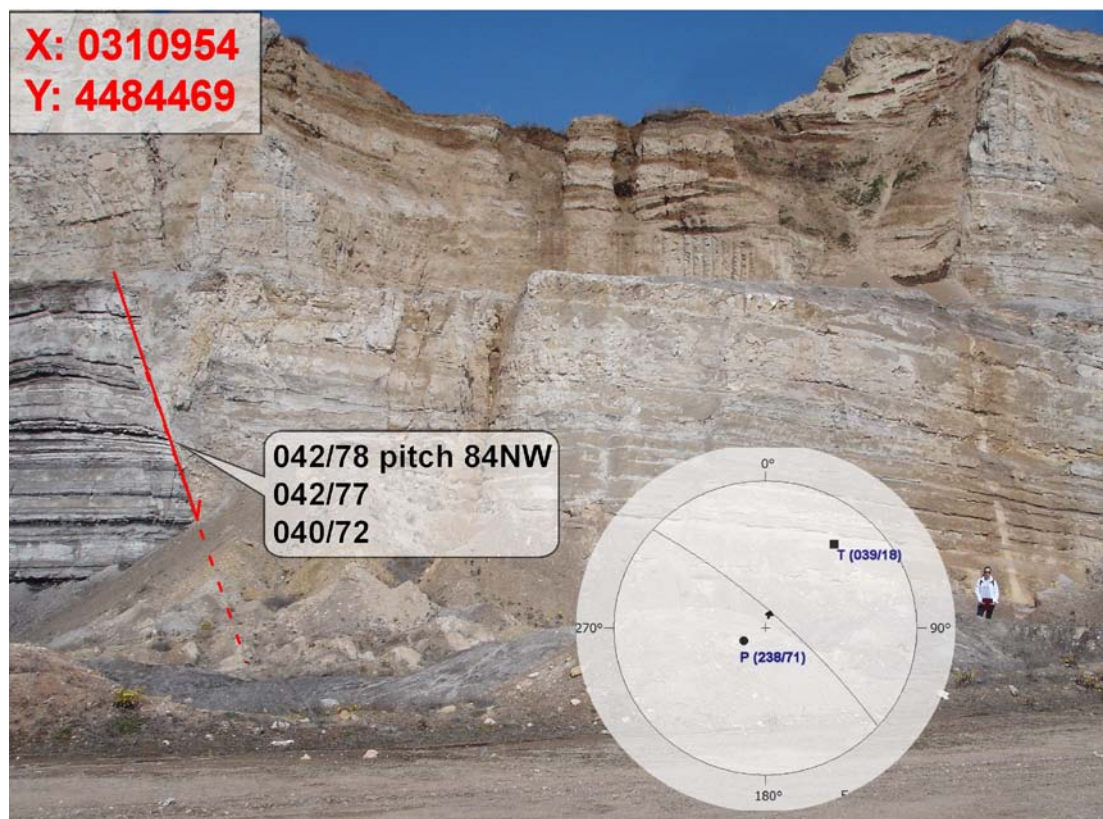


. Εικόνα 3.2. Ζώνη ρηγμάτων και οι άξονες παραμόρφωσης του πλαγιοκανονικού ρήγματος με P: 245/70 και T: 144/04.

ΘΕΣΗ 3.3



Εικόνα 3.3.1. Ρήγμα κανονικό



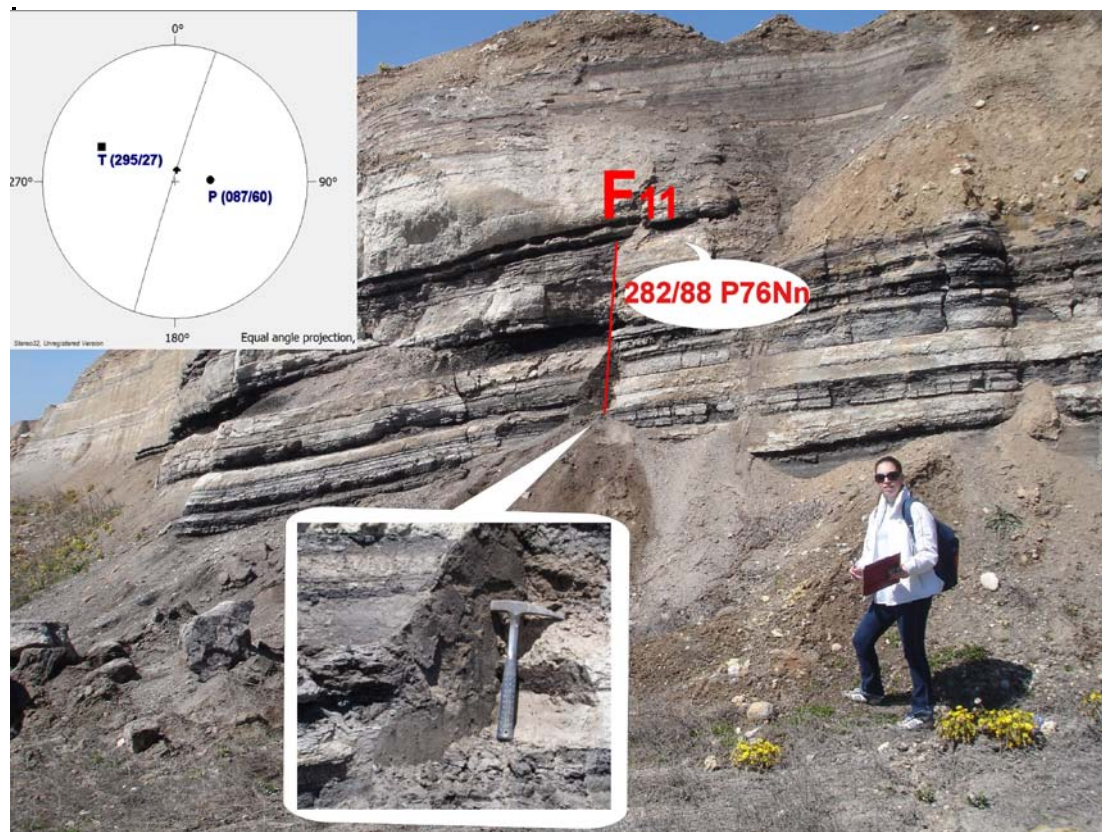
Εικόνα 3.3.2. Ρήγμα F10 με μετρήσεις 042/78, 042/77, 040/70 και γωνία Pitch 84NW.

ΘΕΣΗ 3.4



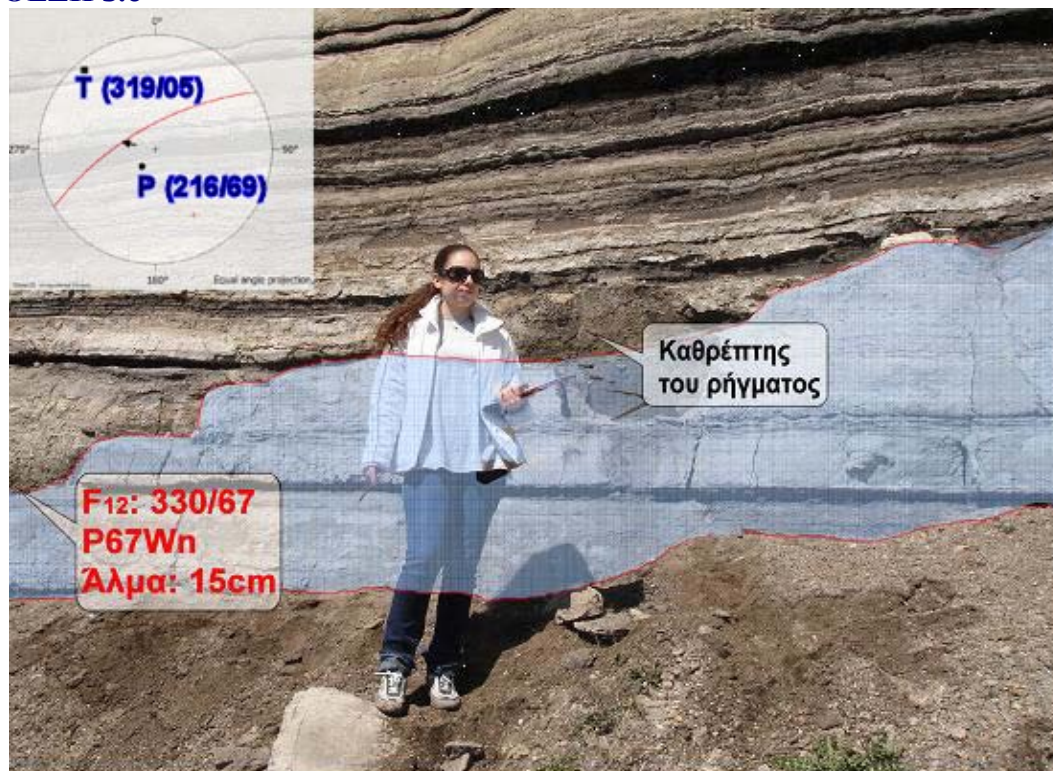
Εικόνα 3.4. Ο λιγνίτης είναι προσανατολισμένος στη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ

ΘΕΣΗ 3.5



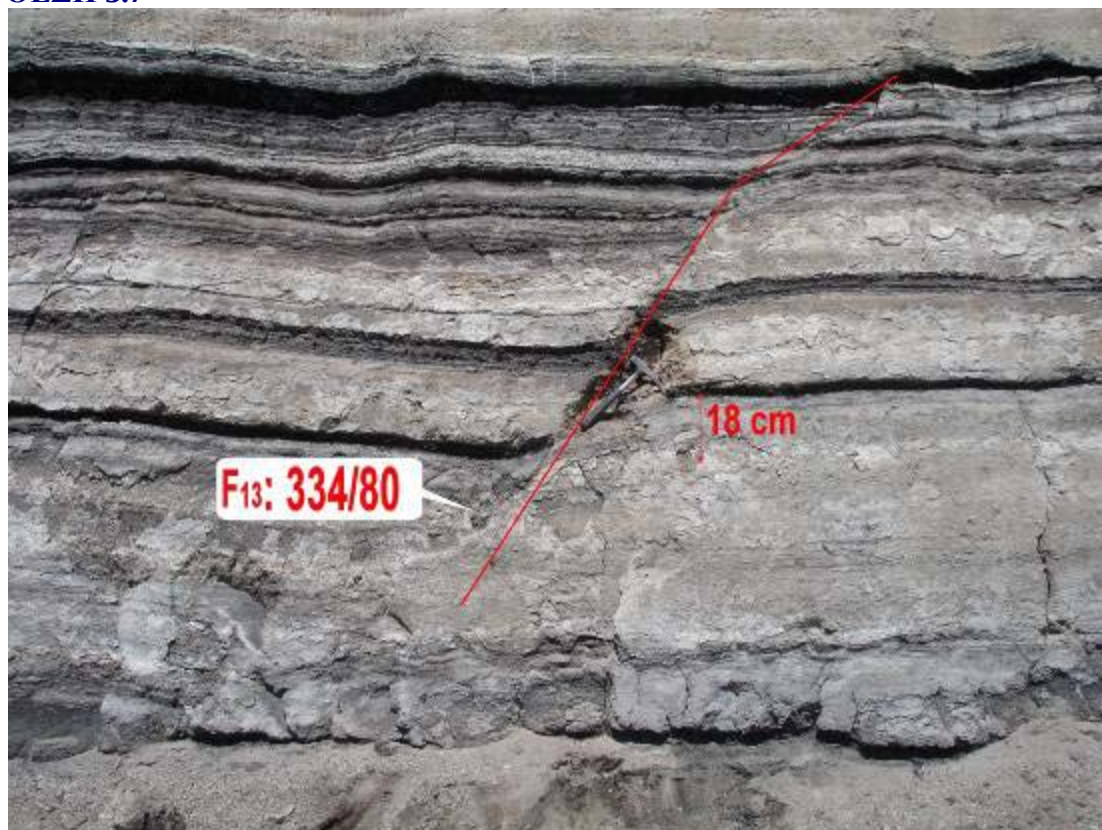
Εικόνα 3.5. Ρήγμα κατακόρυφο με στοιχεία 282/88 και γωνία Pitch 76N.

ΘΕΣΗ 3.6



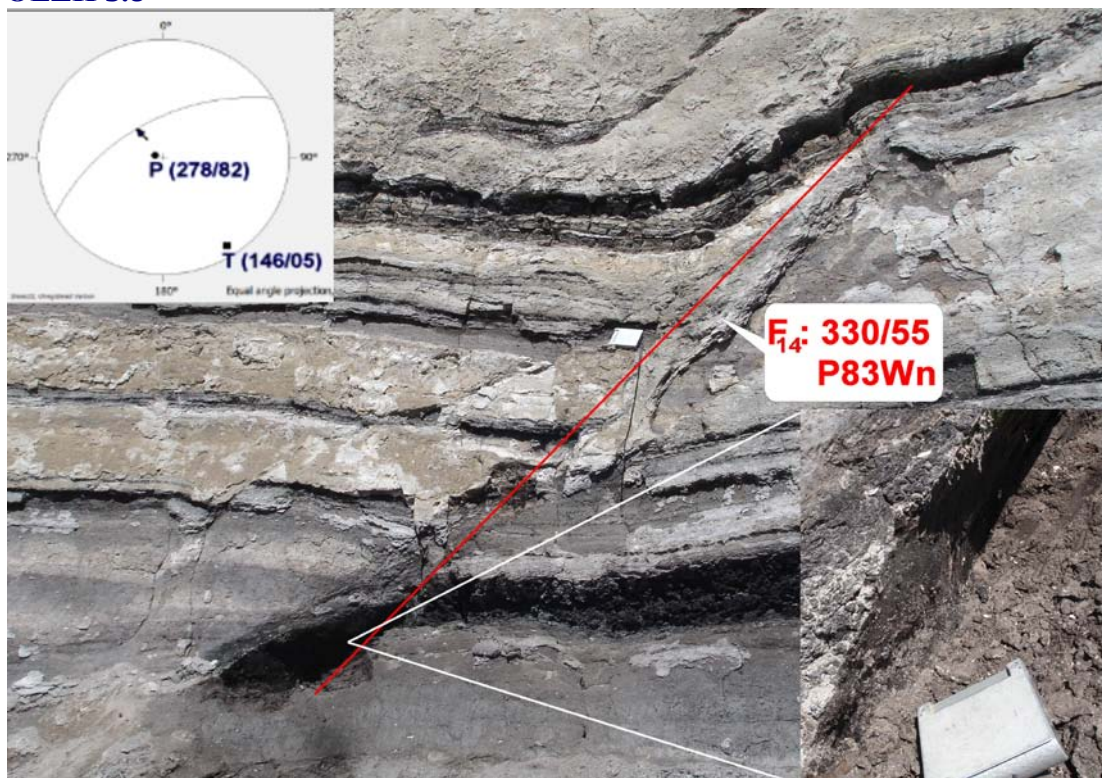
Εικόνα 3.6. Ρήγμα κανονικό με στοιχεία 330/67, γωνία Pitch 67W και άλμα 15cm.

ΘΕΣΗ 3.7



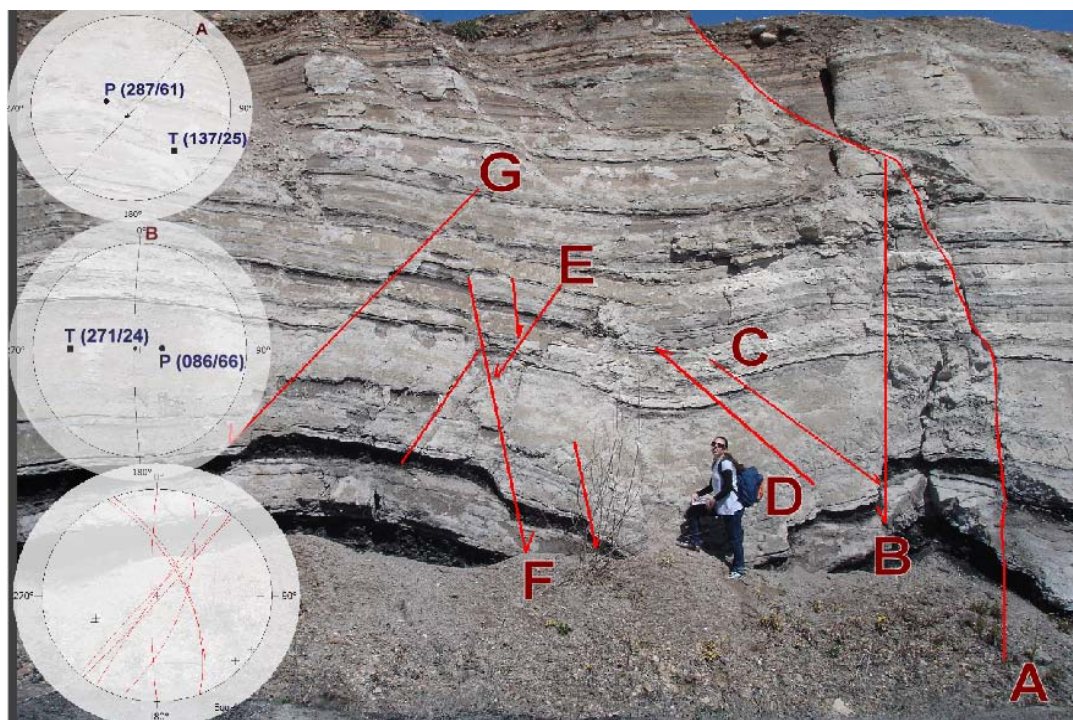
Εικόνα 3.7. Ρήγμα κανονικό με στοιχεία 334/80 και μετάπτωση 18cm.

ΘΕΣΗ 3.8



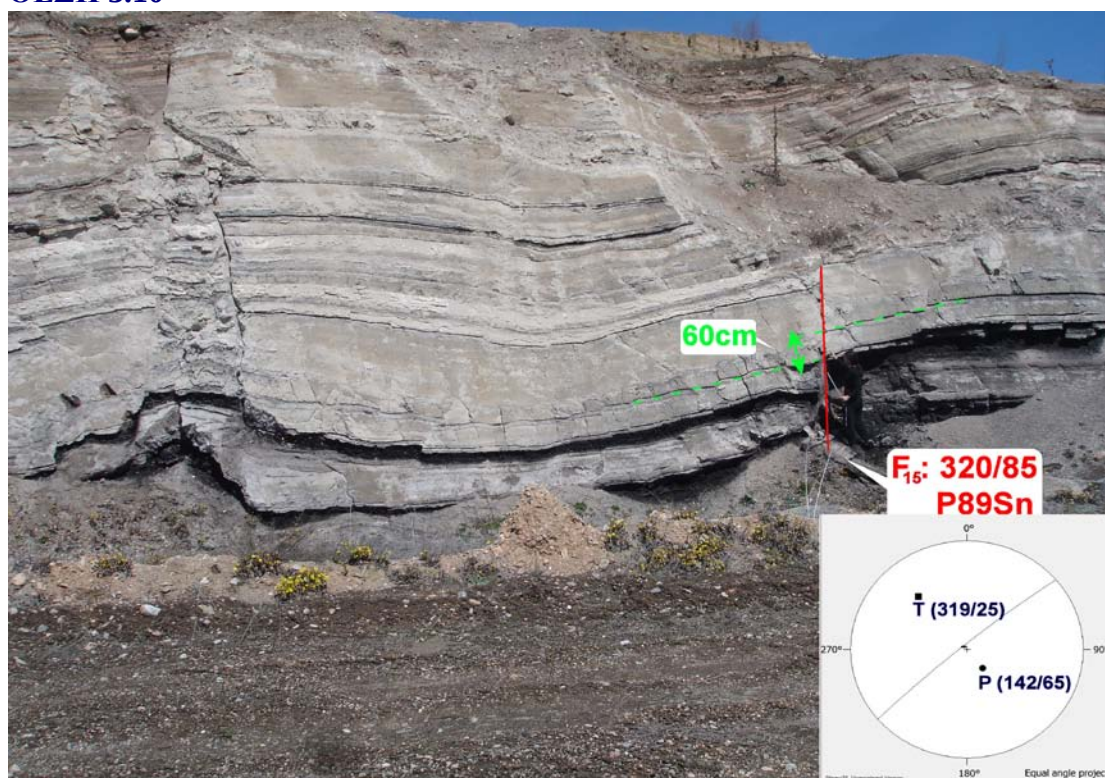
Εικόνα 3.8. Ρήγμα με στοιχεία 330/55 και γωνία Pitch 83W, καθώς και οι τάσεις συμπίεσης (P) και εφελκυσμού (T).

ΘΕΣΗ 3.9



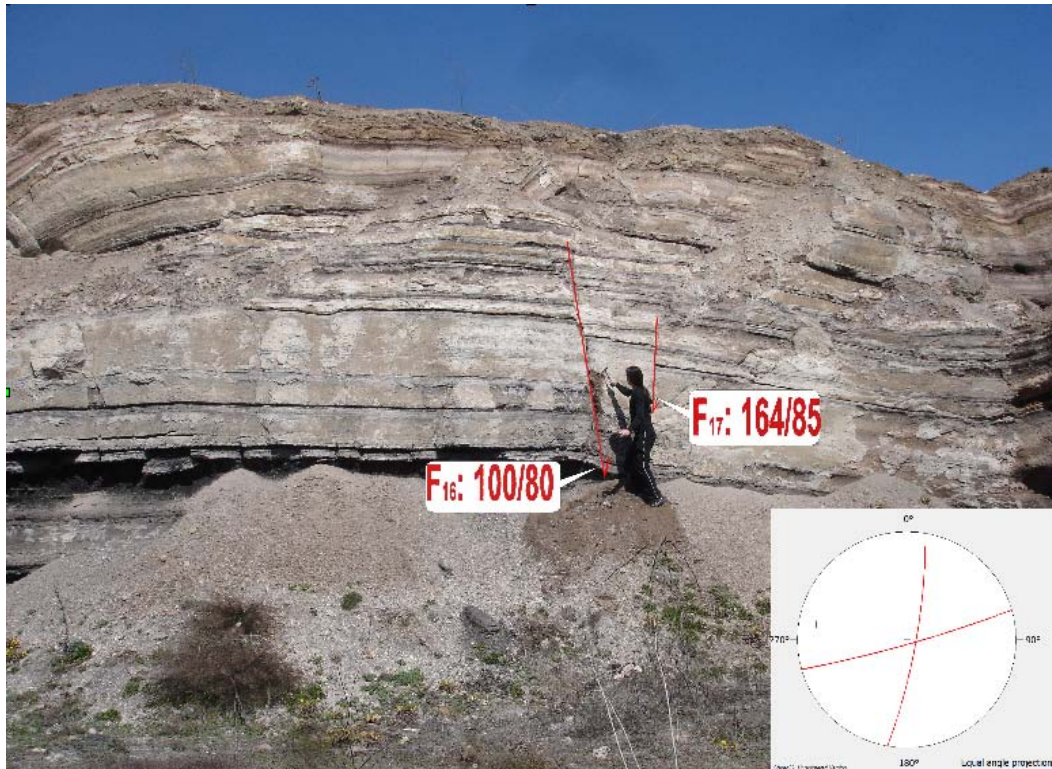
Εικόνα 3.9. Τομή με πολλά ρήγματα: A(130/86P78Sn), B(270/84P88Nn), C(068/60), D(065/62), E(312/85), F(108/63), G(302/88).

ΘΕΣΗ 3.10



Εικόνα 3.10. Ρήγμα κανονικό, σχεδόν κατακόρυφο, με στοιχεία 320/85, γωνία Pitch89Sn και άλμα 60cm.

ΘΕΣΗ 3.11



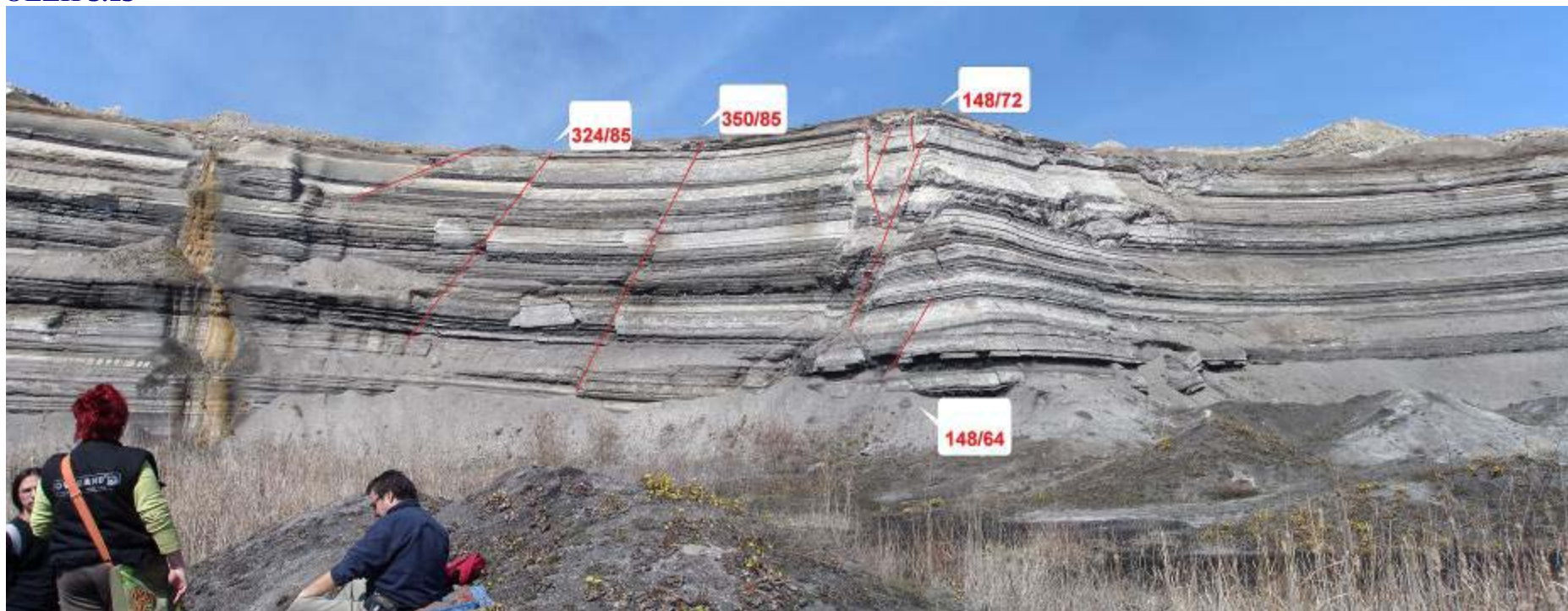
Εικόνα 3.11. Ρήγματα κανονικά με στοιχεία 100/80 και 164/85.

ΘΕΣΗ 3.12



Εικόνα 3.12. Τομή με διακλάσεις και αλλεπάλληλα κανονικά ρήγματα. Δεξιά φαίνεται μία ζώνη οξειδίων, η οποία προήλθε από κυκλοφορία υδροθερμικών διαλυμάτων.

ΘΕΣΗ 3.13



Εικόνα 3.13. Ζώνη Ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

ΘΕΣΗ 3.14



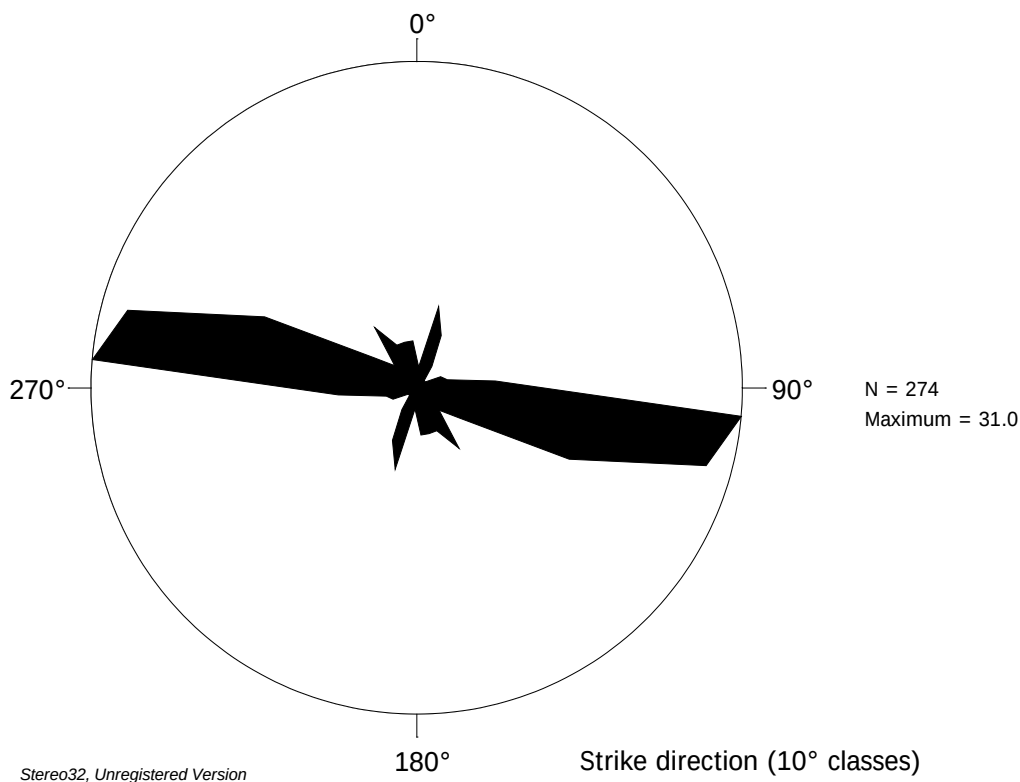
Εικόνα 3.14. Κανονικά ρήγματα με πολύ μικρό άλμα και με στοιχεία 127/70 και 156/55.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτυπώθηκαν όλες οι μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο ορυχείο του Κόμανου. Συνολικά καταγράφηκαν περίπου 310 μετρήσεις εκ των οποίων 275 διακλάσεις και 35 ρήγματα. Στις επόμενες παραγράφους θα προσπαθήσουμε να κατηγοριοποιήσουμε αυτά τα δεδομένα, προκειμένου να βγάλουμε κάποια γενικά συμπεράσματα για την περιοχή μελέτης. Η κατηγοριοποίηση αυτή θα γίνει με βάση το είδος της μέτρησης, την ομαδοποίηση τους ανάλογα με την παράταξή και τέλος θα προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε το τρόπο δημιουργίας αυτών των επιφανειών.

◆ ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ

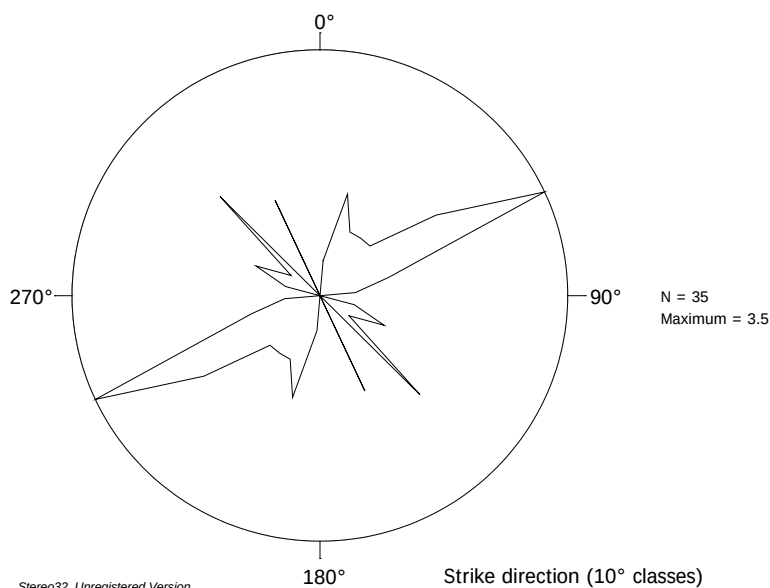
Όλες οι μετρήσεις των διακλάσεων προβλήθηκαν σε ένα ροδοδιάγραμμα παρατάξεων, με τη βοήθεια του προγράμματος Stereo32, για να διακρίνουμε τις επικρατούσες παρατάξεις. Σύμφωνα με το σχήμα 8.1 φαίνεται πώς οι διακλάσεις χωρίζονται σε τρεις ομάδες με διευθύνσεις: (Α) ΔΒΔ-ΑΝΑ η οποία είναι η επικρατέστερη, μία συζυγής προς την προηγούμενη (Β) ΒΒΑ-ΝΝΔ και μία τρίτη (Γ) ΒΔ-ΝΑ.



Σχήμα 8.1 Οι επικρατούσες παρατάξεις των διακλάσεων στη περιοχή μελέτης.

◆ ΡΗΓΜΑΤΑ

Παρόμοια διαδικασία ακολουθήθηκε με τα ρήγματα. Στο ροδοδιάγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 8.2 διακρίνουμε και πάλι τρεις ομάδες ρηγμάτων. Η πρώτη, και μάλιστα η επικρατούσα όλων, έχει διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ (Α), η συζυγής προς αυτή με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (Β), και η τρίτη με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ (Γ).



Σχήμα 8.2. Οι επικρατούσες τιμές των παρατάξεων των ρηγμάτων.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τις μετρήσεις των ρηγμάτων, στα οποία είχαμε παράλληλα μέτρηση της γράμμωσης ολίσθησης (γωνία Pitch), προσπαθήσαμε να βγάλουμε ένα γενικό συμπέρασμα για τις τάσεις που επικρατούν στη περιοχή. Τα ρήγματα αυτά χαρτογραφήθηκαν στο χάρτη στις θέσεις 2.4, 3.2, 3.3, 3.5, 3.6, 3.8, 3.9, και 3.10 και κατηγοριοποιούνται στις εξής κατηγορίες με κριτήριο την παράταξη τους:

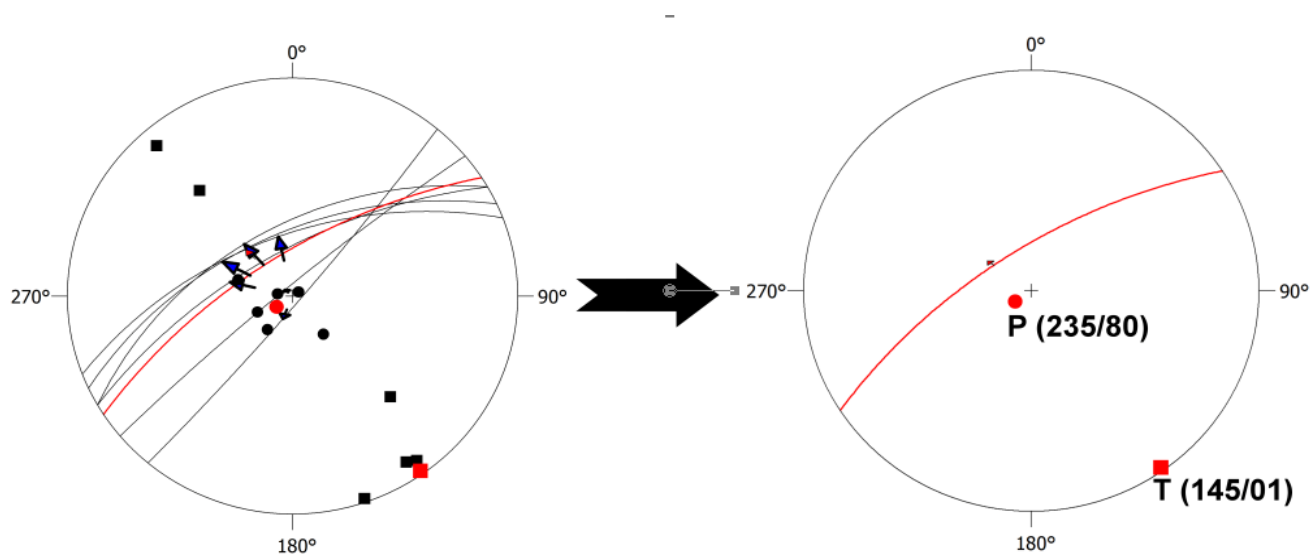
- A) Σε αυτή τη κατηγορία έχουμε τις περισσότερες μετρήσεις και όπως φαίνεται στο σχήμα 8.3 ο άξονας του εφελκυσμού (ή αλλιώς ο σ_1) έχει μία διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και είναι σχεδόν οριζόντιος. Αυτή η δυναμική κατάσταση έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργεί ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης και με μεγάλη γωνία κλίσης έως κάθετα (εφόσον Τ οριζόντιος).
- B) Στη δεύτερη κατηγορία όπως φαίνεται και στο σχήμα 8. 4 ο άξονας του εφελκυσμού βρίσκεται σχεδόν σε παράταξη Α-Δ(πιο συγκεκριμένα ΔΒΔ-ΑΝΑ), δημιουργώντας ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν (πιο συγκεκριμένα ΒΒΑ-ΝΝΑ), τα οποία όμως είναι κάθετα διότι οι άξονες Ρ και Τ διαφέρουν κατά 90° .
- C) Η τελευταία κατηγορία (σχ. 8.5) η διεύθυνση του άξονα του εφελκυσμού είναι ΒΑ-ΝΔ δημιουργώντας κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διευθύνσεως με αρκετά μεγάλη κλίση.

Συμπερασματικά λοιπόν κάθε ένα πεδίο τάσεων οφείλεται για τη δημιουργία ασυνεχειών συγκεκριμένων παρατάξεων. Έτσι το πεδίο (Α) είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία ασυνεχειών ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης όπως βλέπουμε τόσο στις διακλάσεις όσο και στα ρήγματα, ενώ πεδίο (Β) είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία ΒΒΑ-ΝΝΑ διακλάσεων και ρηγμάτων. Τα δύο αυτά πεδία χρονολογούνται στην ίδια φάση, η οποία είναι νεότερη και ενεργή, και ανάγεται στη φάση του Τεταρτογενούς όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5.

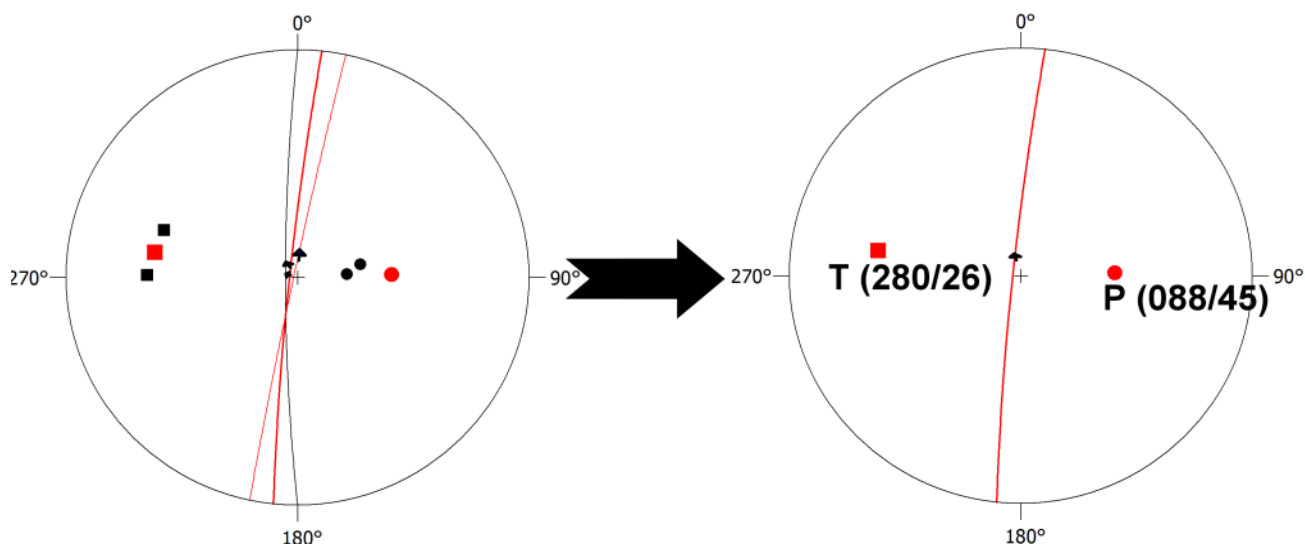
Η κατηγορία (C) αντιπροσωπεύει ένα πεδίο τάσεων, το οποίο είναι παλαιότερο. Ηλικία του ανάγεται στο Τριτογενές και είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία ρηγμάτων με διεύθυνση παράλληλη στον ορεογραφικό άξονα, δηλαδή ΒΔ-ΝΑ, παράλληλο δηλαδή με τα περιθωριακά ρήγματα που δημιούργησαν την αρχική λεκάνη Φλώρινας – Πτολεμαΐδας.

Αξίζει να σημειωθεί σαν μία τελευταία παρατήρηση πως αυτά τα πεδία των τάσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν ερμηνεύουν όλες τις παρατηρήσεις στην ύπαιθρο. Πιο συγκεκριμένα, στο συνολικό ροδοδιάγραμμα των διακλάσεων, η κύρια διεύθυνση, δεν αντιστοιχεί σε κάποιο πεδίο τάσεων που προαναφέρθηκαν ως γενεσιουργός αιτία. Η κύρια διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ ερμηνεύεται ως

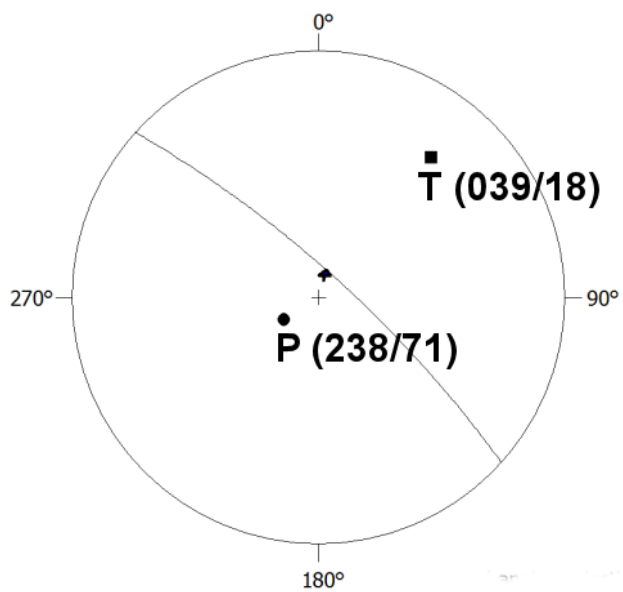
αποτέλεσμα ενός τοπικού πεδίου τάσεων (το οποίο προφανώς θα έχει διεύθυνση εφελκυσμού BBA-NNΔ) που δημιουργεί τις διακλάσεις αυτές.



Σχήμα 8.3. Το πεδίο των τάσεων της ομάδας Α, αριστερά με όλες τις μετρήσεις των ρηγμάτων, των γωνιών Pitch και των αξόνων συμπίεσης και εφελκυσμού. Δεξιά, ένας μέσος όρος των προηγούμενων στοιχείων (οι μετρήσεις με κόκκινο).



Σχήμα 8.4. Το πεδίο των τάσεων της ομάδας Β, αριστερά με όλες τις μετρήσεις των ρηγμάτων, των γωνιών Pitch και των αξόνων συμπίεσης και εφελκυσμού. Δεξιά, ένας μέσος όρος των προηγούμενων στοιχείων (οι μετρήσεις με κόκκινο).



Σχήμα 8.5 Το πεδίο των τάσεων της ομάδας C.

9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οι υπαίθριες μετρήσεις παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες:

A) ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
1	2.1	106	
2		297	
3		285	
4		196	
5		20	
6		14	
7		352	
8		224	
9		15	
10		98	
11		100	
12		276	
13		279	
14		126	
15		16	
16		104	
17		106	
18		96	
19		297	
20		106	
21		107	
22		270	
23		277	
24		342	
25		355	
26		275	
27		10	
28		285	
29		110	
30		112	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
31		291	
32		118	
33		108	
34		282	
35		68	
36		91	
37		98	
38		276	
39		270	
40		172	
41		274	
42		98	
43		196	
44		195	
45		110	
46		4	
47		28	
48		285	
49		304	
50		198	
51		286	
52	2.1c	317	80
53		312	46
54		202	85
55		01/00	65
56	2.2	292	
57		278	
58		126	
59		122	
60		94	
61		276	
62		116	
63		144	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
64		194	
65		15	
66		24	
67		116	
68		144	
69		101	
70		115	
71		142	
72		100	
73		138	
74		8	
75		156	
76		165	
77		215	
78		172	
79		72	
80		68	
81		161	
82		162	
83		148	
84		98	
85		154	
86		94	
87		112	
88		150	
89		76	
90		98	
91		102	
92		108	
93		98	
94		146	
95		94	
96		96	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
97		90	
98		271	
99		162	
100		96	
101		90	
102		271	
103		162	
104		95	
105		262	
106		290	
107		84	
108		162	
109		95	
110		262	
111		290	
112		84	
113		162	
114		278	
115		95	
116		280	
117		107	
118		284	
119	2.2~2.3	105	
120		100	
121		92	
122		96	
123		110	
124		93	
125		15	
126		95	
127		102	
128	2.3	98	
129		92	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
130		215	
131		105	
132		100	
133		136	
134		58	
135		99	
136		98	
137		99	
138		92	
139		4	
140		282	
141		98	
142		40	
143		320	
144		98	
145		105	
146		102	
147		335	
148		100	
149		335	
150		104	
151		88	
152		280	
153		96	
154		284	
155		99	
156		311	
157		285	
158		325	
159		324	
160		334	
161		284	
162		339	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
163		292	
164		331	
165	2.5	202	88
166		208	85
167		18	87
168		216	86
169		232	89
170		198	88
171		204	89
172		206	82
173		30	80
174	2.6	100	
175		103	
176		101	
177		96	
178		106	
179		32	
180		195	
181		100	
182		97	
183		15	
184		110	
185		85	
186		98	
187		112	
188		194	
189		24	
190	2.7	285	
191		100	
192		112	
193		110	
194		80	
195		108	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
196		105	
197		112	
198		108	
199		111	
200		118	
201		104	
202		108	
203		78	
204		290	
205		260	
206	2.8	255	
207		275	
208	2.9	112	
209		85	
210		115	
211	2.9~2.10	140	
212		118	
213		108	
214		125	
215		94	
216		100	
217		112	
218		144	
219		130	
220		107	
221		113	
222		118	
223		111	
224		109	
225		124	
226		95	
227		125	
228	2.10	285	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
229		24	
230		285	
231		100	
232		101	
233		100	
234		175	
235		180	
236	2.11	300	
237		275	
238		305	
239		355	
240		350	
241	2.14	100	
242		110	
243		101	
244		62	
245		64	
246		96	
247		68	
248		270	
249	2.15	94	
250		84	
251		75	
252		85	
253		79	
254		90	
255		95	
256		93	
257	2.16	100	
258	2.18	94	
259		265	
260		90	
261		268	

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης
262		266	
263		92	
264		88	
265		94	
266		174	
267	2.17	208	83
268	3.12	148	70
269	3.13	324	85
270		350	85
271		148	72
272		148	64
273	3.14	127	70
274		156	55
275		164	75

B) ΡΗΓΜΑΤΑ

Αρίθμηση	Θέση	Παράταξη	Γωνία κλίσης	Pitch	Παρατηρήσεις
1	2.4	339	59	86NE _n	
2		198	82		
3	2.12	26	66		
4		293	82		
5		200	80		
6		290	76		
7	2.13	220	65		
8		210	75		
9	3.2	284	62		
10		68	78		
11		336	55		
12		322	47		
13		335	58		Γραμμή ολίσθησης 298/50
14	3.3	42	78	84NW _n	
15		42	77		
16		40	72		
17	3.5	282	88	76N	
18		330	67	67W _n	
19	3.7	334	80		
20	3.8	330	55	83W _n	
21	3.9	130	86	78S _n	
22		270	84	88N _n	
23		68	60		
24		65	62		
25		312	85		
26		302	88		
27	3.10	320	85	89S _n	
28	3.11	100	80		
29		164	85		

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αναστασόπουλος, Ι.Χ. & Κουκουζάς, Κ.Ν. 1972. Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη νοτίου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας

Βετούλης Δ. 1951, Λιγνιτοφόρος λεκάνη Αμυνταίου, Υπηρεσία Ερευνών Υπεδάφους, 30σ

Βετούλης Δ. 1957, Συμβολή εις την γνώσιν της λεκάνης της Πτολεμαΐδας-Μακεδονίας, Ann. Geol. Pays Hell 8, 79σ

ΔΕΗ 2010, *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας*, Ν. Κοζάνης (Ιούνιος 2010), κεφάλαιο 4, σ 24

Μαυρίδου Ε. 2007, Ταξινόμηση αντιπροσωπευτικών λιγνιτώντου Ελλαδικού χώρου σε λιθότυπους και έλεγχος της συμπεριφορά τους σε συνθήκες πυρόλυσης, Διδακτορική διατριβή, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο. 234σ

Aubouin, J., Brunn, J.H., Celet, P., Dercourt, J., Godfriaux, I. & Mercier, J. 1963. Esquisse de la Geologie de la Grèce. Livre Mémoire Prof. Fallot, Mémoires Soc. Geol. France, 383-610.

Brunn, J.H. 1956. Etude géologique du Pinde septentrional et de la Macédoine occidentale. Ann. Gñeol. Pays Hell., 7, 1-358.

Κίλιας, Α. 1980. Γεωλογική και τεκτονική μελέτη της περιοχής του Ανατολικού Βερνούντα (ΒΔ Μακεδονία). Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Θεσ/νίκης.

Kilias, A. & Mountrakis, D. 1981. Das profil von Keimaksalan bis Kleinen Prespa see. Die Kristallinen systeme des Varnous and des W. Kaimaktsalans (NW Macedonien) (Beitrag zur Geologie des Inneren Helleniden). Sei. Ann. Fac. Phys. Math. Univ. Thessaloniki, 21, 95-110.

Koukouzas N. (1995). Greek Perlite: Comparison with some deposits of the Carpatho-Balkan Region. Geol. Soc. Greece, Sp. Publ., No. 4/2: 750-753.

Mercier, J. 1968. Etude geologique des zones Internes des Hellénides en Macédoine centrale (Grèce). Contribution á l' etude du metamorphisme et de l' évolution magmatique des zones internes des Hellénides. Thésés, Paris 1966, Ann, Géol. Pays Héli., 20, 1-792.

Μουντράκης Μ. Δημοσθένης 2010. Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδος. University studio press. 373σ.

Μουντράκης, Δ. 1976. Συμβολή εις την γνώσιν της Φεωλογίας του βορείου ορίου των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής εις την περιοχήν Κ. Λουτρακίου – Όρμας (Αλμωπίας). Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Θεσ/νίκης, 164σ.

- Mountrakis, D. 1979. Resultats préliminaires de l' etudestratigraphique des terrains metamorphiques de Macédoine occidentale (Grèce). Bull. Soc. Géol. France, 24, 697-704.
- Μουντράκης, Δ. 1983. Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων. Πραγματεία για Υφηγεσία, Παν/μιο Θεσ/νίκης, 289σ.
- Μουντράκης, Δ. & Σούλιος, Γ. 1978. Πέρι μιας επωθημένης σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως με οφειολίθους και της παρουσίας οφειολιθικών μιγμάτων στη περιοχή της Αρνισας. Ησημασία αυτών για την τεκτο-ορογενετική εξέλιξη της Πελαγονικής ζώνης. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Ετ., XIII/2, 18-23.
- Παυλίδης Β. Σπύρος, 1985, ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ-ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ-ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ (Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ), Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 265σ
- Pavlides S. and D. Mountrakis (1987). Extensional tectonics of northwesternMacedonia, Greece, since the Late Miocene, Journal of Structural Geology, 9,385 - 392
- Παυλίδης Σ. 2003. Γεωλογία των Σεισμών university studio press, σ 25-35
- Mountrakis, D., Sapountzis, E., Kiliass, A., Eleftheriadis, G. And Christofides, G. 1983b. Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. Can. J. Earth Sci., 20, 1673-1681.
- Smith, A.G, & Moores, E.M. 1974. The Hellenides. In “Mesozoic-Cenozoic orogenic belts, data for orogenic study” Spenser A.M. Ed Geol. Soc. London, Spec. Publ., 4, 159-185.