



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΜΟΥΣΤΑΦΑ ΑΧΜΕΤ ΚΕΧΑΓΙΑ

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ
ΚΑΒΑΛΑΣ – ΞΑΝΘΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2019





ΜΟΥΣΤΑΦΑ ΑΧΜΕΤ ΚΕΧΑΓΙΑ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας ΑΕΜ : 4969

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ –
ΞΑΝΘΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας Τομέα Γεωλογίας

Επιβλέπων :

Επίκουρος Καθηγητής Αλέξανδρος Χατζηπέτρος



© Μουσταφά Αχμέτ Κεχαγιά, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2019
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ –
ΞΑΝΘΗΣ – *Διπλωματική Εργασία*

©Moustafa Achmet Kechagia, School of Geology, Dept. of Geology, 2019

All rights reserved.

STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL STUDY OF KAVALA – XANTHI'S
FAULT. -*Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



1. ΣΚΟΠΟΣ- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΣΚΟΠΟΣ	
1.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	
1.2.1. Γενικά για την Ροδόπη:	
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	
2.1.1. Η θέση της Ελλάδας στο Παγκόσμιο γεωτεκτονικό σύστημα και στον Ευρωπαϊκό χώρο.....	
2.1.2. Αλπικό γεωσυνκλίνο.....	
2.1.3. Το Αλπικό ορογενετικό σύστημα.....	
2.1.4. Προ - Αλπική και Αλπική Ελλάδα	
2.1.5. Διαχωρισμός της Ελλάδας σε Γεωτεκτονικές μονάδες.....	
2.2.1. Γεωλογία της Ροδόπης	
2.2.2. Απλοποίηση της μάζας Ροδόπης σε τεκτονικές μονάδες.....	
2.2.3. Μαγματικές ενότητες της περιοχής μελέτης.....	
2.2.4. Γεωλογικό Περιβάλλον.....	
3. ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	
3.1.1. Γενικά για την μόρφο- τεκτονική της περιοχής.....	
4. ΜΙΚΡΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	
4.1. Μικροτεκτονική ανάλυση του τμήματος του ρήγματος Καβάλας – Ξάνθης.....	
4.1.1. Ορισμός.	
4.1.2. Περιοχή παρατήρησης Νέα Καρβάλη	
4.1.3. Περιοχή παρατήρησης Ρεβουλ	
4.1.4. Περιοχή παρατήρησης Άνω Ποντολίβαδου	
4.1.5. Περιοχή παρατήρησης Γαλάνη	
4.1.6. Περιοχή παρατήρησης Λατομίου Παραδείσου.....	
4.1.7. Περιοχή παρατήρησης Παλαιάς Χρύσας.....	
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ- ΣΚΟΠΟΣ

1.1.ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της γεωλογικής, τεκτονικής και μορφολογικής δομής του ρήγματος (segment) της περιοχής Καβάλας- Ξάνθης, το οποίο αυτό τμήμα (segment) ανήκει στο γνωστό ρήγμα Καβάλας- Ξάνθης - Κομοτηνής. Το μεγάλο αυτό ρήγμα, όπου το μήκος του ξεπερνάει τα 120 χλμ. είναι ένα από τα πιο γνωστά ρήγματα του Ελλαδικού χώρου και μοναδικό ρήγμα της Βορειοανατολικής Ελλάδας με τέτοιο μήκος. Το ρήγμα αυτό, της Καβάλας- Ξάνθης- Κομοτηνής, διεύθυνσης Δ-Α, ΔΝΔ-ΑΒΑ, διασχίζει τις πόλεις της Καβάλας, Ξάνθης και Κομοτηνής, όπου και από εκεί έχει πάρει το όνομα του. Πολύ κοντά σε αυτές τις πόλεις, έχουν παρατηρηθεί κατά τους ιστορικούς χρόνους μεγάλης κλίμακας καταστροφικοί σεισμοί, στους οποίους θα αναφερθούμε στην συνέχεια της εργασίας. Ο σκοπός όμως της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του τμήματος της ρηξιγενούς αυτής ζώνης (segment) Καβάλας-Ξάνθης, η οποία όπως γνωρίζουμε έχει διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ,ΔΝΔ-ΑΒΑ και της οποίας το μήκος ξεπερνάει τα 40 χλμ.

Η περιοχή μελέτης της εργασίας αυτής, γεωγραφικά βρίσκεται στο σημείο από το οποίο περνάει το γνωστό έργο του φυσικού αερίου (TransAdriaticPipeline), που ακολουθεί την διαδρομή από τα Έλληνο-Τουρκικά σύνορα, περιοχή Κήποι και διασχίζει όλη την Βόρεια Ελλάδα, φτάνοντας στα σύνορα με την Αλβανία όπου και συνεχίζει προς τα δυτικά, στην Αδριατική θάλασσα ακολουθώντας μια υποθαλάσσια διαδρομή που θα κατασκευαστεί και θα καταλήξει στην Ιταλία, όπου θα γίνεται και ο έλεγχος στην διανομή του φυσικού αερίου στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες. Όλα όσα αναφέρθηκαν μέχρι στιγμής θα αναλυθούν όσο το δυνατόν πιο αναλυτικά στη συνέχεια της εργασίας.

1.2.1. Γενικά για την Ροδόπη.

Η μάζα της Ροδόπης ή αλλιώς γνωστή και ως Ροδόπη είναι οροσειρά η οποία ανήκει στην Νοτιοανατολική Ευρώπη, με 83% της έκτασής της να ανήκει στη νότια Βουλγαρία και το υπόλοιπο της στην Ελλάδα. Η ψηλότερη κορυφή της στην Ελλάδα είναι η Δελημπόσκα (1.953 μέτρα). Γενικά η περιοχή της Ροδόπης έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, ένα από αυτά είναι οι καρστικοποιημένες δομές των ασβεστιτικών πετρωμάτων που συνοδεύουν την περιοχή από μικρές έως και μεγάλες εκτάσεις, με αποτέλεσμα σε αυτές της μεγάλες εκτάσεις να παρατηρούνται και τα γνωστά σπήλαια της ευρύτερης περιοχής ένα ακόμη χαρακτηριστικό της περιοχής θα μπορούσε να σημειωθεί και ο Νέστος ποταμός, με την ιδιαίτερή του μορφή. Η Ροδόπη εκτείνεται περίπου σε 14 χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα, από τα οποία τα 12 χιλιάδες ανήκουν στη Βουλγαρία και περίπου τα 2 χιλιάδες και κάτι βρίσκονται σε Ελληνικό έδαφος.

Η Ροδόπη είναι ένα σύνθετο σύστημα ανυψώσεων και ποτάμιων κοιλάδων. Η οροσειρά έχει άφθονους υδάτινους πόρους με πυκνό δίκτυο ποταμών. Σχεδόν το 80 % των εδαφών της οροσειράς ανήκει στη λεκάνη απορροής του ποταμού Έβρου και το μεγαλύτερο μέρος των υπολοίπων στον ποταμό Νέστο.

Λόγω της τεκτονικής που συνοδεύει τον χώρο αυτόν της μάζας της Ροδόπης, παρατηρούνται πηγές με θερμά ύδατα, στην Ελληνική πλευρά της Ροδόπης παρατηρούνται τέτοιες πηγές στο Πομακοχώρι Θέρμες, του Νομού Ξάνθης και είναι ένα από τα πιο γνωστά χωριά της περιοχής, ιαματικές πηγές υπάρχουν και στα Θέρμια του Νομού Δράμας, σε απόσταση 25 χλμ. βόρεια του Παρανεστίου, σε υψόμετρο 620μ. και σε άλλες διάφορες περιοχές σε πολύ μικρότερα γεωθερμικά πεδία με πολύ χαμηλότερες τιμές θερμοκρασιών.

Τέλος, Νότια της Μάζας της Ροδόπης παρατηρείται η απότομη υψομετρική διαφορά λόγω της γνωστής ρηξιγενής ζώνης που παίρνει θέση στην περιοχή της Βόρειας Ελλάδας διασχίζοντας από πολύ κοντά τις Πόλεις της Καβάλας, Ξάνθης και Κομοτηνής. Συνεχίζοντας ανατολικά της πόλης παρατηρούνται και άλλες ρηξιγενείς ζώνες όπως είναι η ρηξιγενής ζώνες της Αλεξανδρούπολης, όπου παρατηρείται η ζώνη να κόβει παραλιακά αλλά και σε σημεία ΒΑ της Αλεξανδρούπολης. Ρήγματα επίσης παρατηρούνται και στη περιοχή του Ν. Έβρου. Το ενεργό ρήγμα αυτό, της Βορειοανατολικής Ελλάδας, είναι γνωστό και ως ρηξιγενής ζώνη Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής, έχει διεύθυνση Α-Δ ΔΝΔ-ΑΒΑ, ενώ η βύθιση της περιοχής γενικά προς τα Νότια νοτιοανατολικά, όσο για το μήκος της ξεπερνάει και τα 120 χλμ. (Lyberis 1984). Για ορισμένους γεωγράφους η Ροδόπη υποδιαιρείται στην Δυτική, την Κεντρική και την Ανατολική Ροδόπη.



Θα πρέπει να σημειωθεί πως η οροσειρά αυτή της Ροδόπης, το τμήμα που ανήκει στον Ελληνικό χώρο, ο οποίος καλύπτει γεωγραφικά τις περιοχές από Ανατολικά, βόρειο τμήμα της Αλεξανδρούπολης προς τα Δυτικά, την περιοχή του Στρυμόνα ποταμού, παράλληλα στο ποτάμι το οποίο θεωρείται πως είναι το όριο της Ροδόπης το οποίο βρίσκεται σε επαφή με τα πετρώματα της Σερβομακεδονικής ενότητας. Αυτές οι δύο μάζες- ενότητες θεωρούνταν από κάποιους ερευνητές πως είναι έναενιαίο τμήμα, επειδή υποστήριζαν πως δεν υπάρχει σαφές τεκτονικό όριο μεταξύ των δυο μαζών που να έχει παρατηρηθεί. Στη συνέχεια της εργασίας αναφερόμαστε στο πως οι μάζες αυτές διαχωρίζονται και δεν θεωρούνται ως μια ενιαία. Η μάζα της Ροδόπης θεωρείται ότι αποτελεί τμήμα του παλιού πυρήνα το οποίο περιβαλλόταν από τους δύο αλπικούς κύκλους ορογενέσεων. Με όρους γεωμορφολογίας η Ροδόπη είναι τμήμα του ορεινού όγκου Ρίλα-Ροδόπης, που είναι η αρχαιότερη μάζα ξηράς της Βαλκανικής χερσονήσου. Πέραν όμως αυτών των δυο μαζών λοιπόν, υπάρχουν άλλες 10 τέτοιες μάζες – ζώνες που διαφέρουν μεταξύ τους, οι οποίες είναι γνωστές ως γεωτεκτονικές ζώνες, οι οποίες χωρίζονται, απότα Ανατολικά προς τα Δυτικά τις εσωτερικές, η οποία αποτελείται από τις ζώνες της Περιοδοπικής, Αξιού (Υπό - ζώνες Παιονίας, Πάικου, Αλμωπίας), Πελαγονική, Αττικοκυκλαδική και Υποπελαγονική και τις εξωτερικές Ελληνίδες οι οποίες αποτελούνται από τις ζώνες Παρνασσού - Γκιώνας, Ωλονού – Πίνδου, Γαβρόβου - Τρίπολης, Αδριατικοίονιος και Παξών.

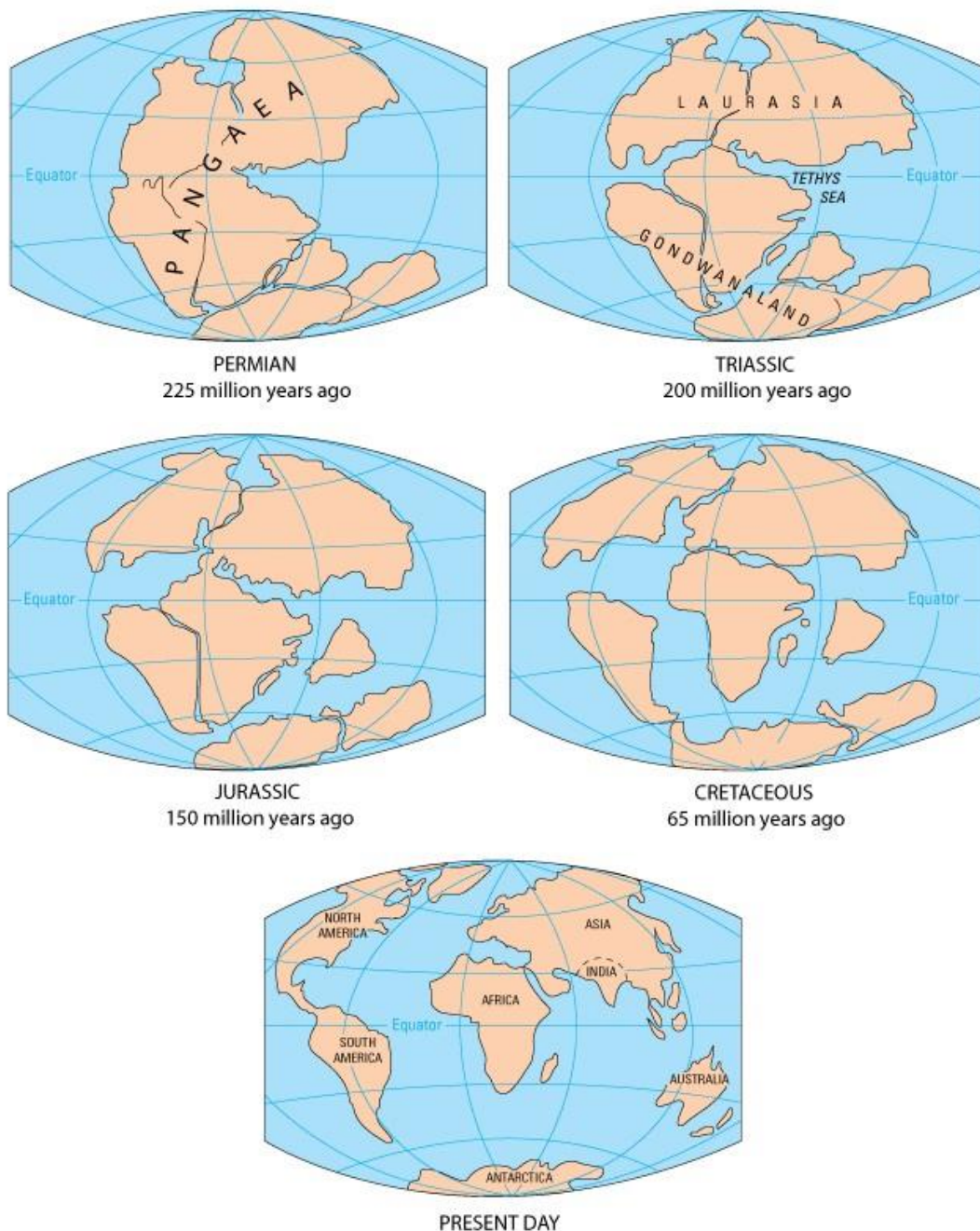


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

2.1.1. Η Θέση της Ελλάδας στο Παγκόσμιο γεωτεκτονικό σύστημα και στον Ευρωπαϊκό χώρο

Η σημερινή λοιπόν γεωτεκτονική θέση της Ελλάδας βρίσκεται στο χώρο ακριβώς του ορίου σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών της Ευρώπης και της Αφρικής με αποτέλεσμα τη δημιουργία των οροσειρών που αναφέρθηκαν πιο πάνω στον Ελλαδικό χώρο. Λόγω της τεκτονικής διαδικασίας που λαμβάνει χώρα στην περιοχή, στις διάφορες αυτές περιόδους που αναφέρουμε στη συνέχεια της εργασίας, μπορεί κανείς εύκολα να παρατηρήσει τη τελική μορφή της χώρας πως μοιάζει αρκετά με τόξο, έχει δηλαδή μια τοξοειδή μορφή η οποία είναι παγκόσμια γνωστή ως το Ελληνικό τόξο. Αυτή η εξέλιξη αντικατοπτρίζεται στη γεωλογική δομή του Ελληνικού χώρου, η διαμόρφωση της οποίας είναι αποτέλεσμα πολλών τεκτοορογενετικών διεργασιών. Η σημερινή γεωτεκτονική θέση της Ελλάδας βρίσκεται στο χώρο σύγκλισης των δύο πλακών μπορεί σε γενικές γραμμές να θεωρηθεί ανάλογη με την αντίστοιχη γεωτεκτονική θέση που είχε και στο γεωλογικό παρελθόν. Τότε δηλαδή βρίσκονταν στον ευρύτερο χώρο όπου λάμβαναν χώρα οι τεκτονικές διεργασίες στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών Ευρασίας και Γκοτβάνας. Ο χώρος αυτός καλύπτονταν από τη μεγάλη ωκεάνια θάλασσα της Τηθύος η οποία εκτείνονταν σχεδόν από το σημερινό ατλαντικό ωκεανό μέχρι τον Ειρηνικό, περίπου παράλληλα προς το σημερινό Ισμηρινό της Γης. Η ωκεάνια αυτή περιοχή της Τηθύος θάλασσας έπαιξε το βασικότερο ρόλο στη γεωλογική διαμόρφωση των κυριότερων οροσειρών που καλύπτουν σε μεγάλο ποσοστό μέρος της Γης, όπου σε μια από αυτές ανήκει και η Ελλάδα. Η γεωτεκτονική τοποθέτηση της Ελλάδας συνδέεται με τη μεγάλη, ενιαία ορογενετική λωρίδα που εκτείνεται από τις Άλπεις της Ευρώπης μέχρι τα βουνά Ζάγκρος της Περσίας και τα Ιμαλάια της Ασίας, παρόλα αυτά για λόγους γεωγραφικούς, η τοποθέτηση της Ελλάδας τοποθετείται στον Ευρωπαϊκό χώρο. Στις

παρακάτω εικόνες του σχήματος 1.Α, διακρίνονται η θάλασσα της Τηθύος και η μέγα-ήπειρος Παγγαία στα διάφορα στάδια της εξέλιξης της.



Σχήμα 1.α. : Μοντέλο απεικόνισης της μορφής της Παγγαίας και διάσπασης αυτής κατά τις περιόδους Περμίου, δηλαδή 225 εκατομμύρια χρόνια πριν μέχρι και σήμερα (Πέρμιο 225 εκατομμύρια χρόνια , Τριαδικό 220 εκατομμύρια χρόνια, Ιουρασικό 150 εκατομμύρια χρόνια και τέλος Κρητιδικό στα 65 εκατομμύρια χρόνια). (Image: © U.S. Geological Survey).

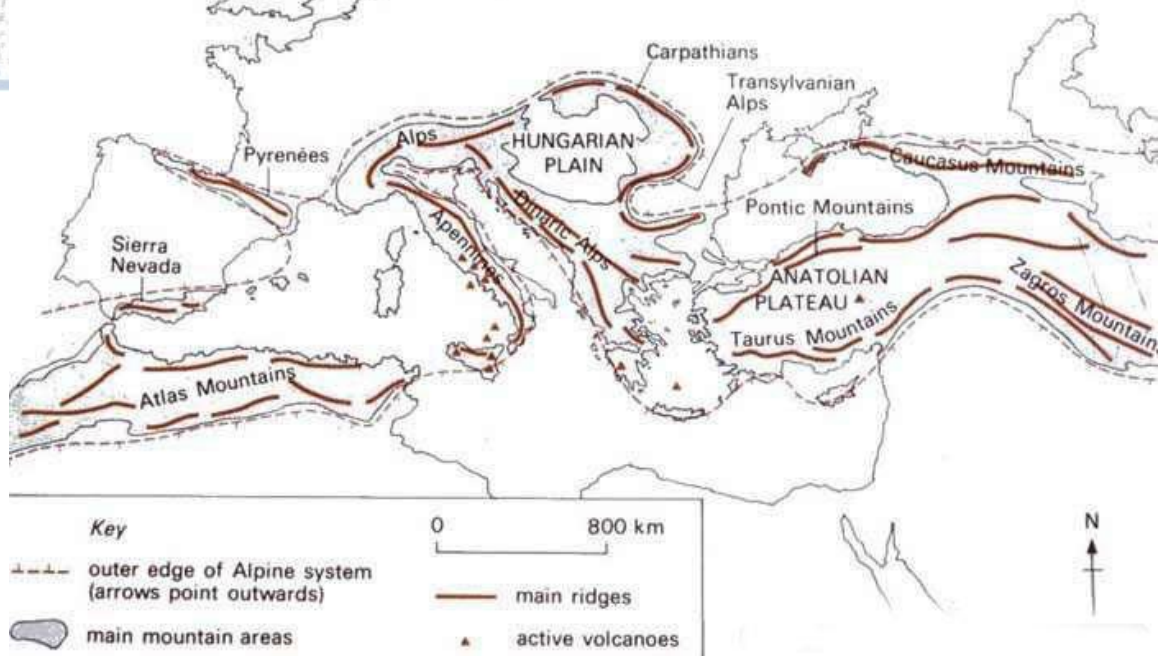


Ο Ευρωπαϊκός χώρος έχει διαχωρισθεί βάση της διαμόρφωσης και της γεωλογικής του εξέλιξης στην Πανάρχαια Ευρώπη, το οποίο είναι το βορειότερο τμήμα της Ευρώπης, η οποία αποτελείται από τις περιοχές της Ρωσίας και της Ανατολικής Σκανδιναβίας επίσης και από τις περιοχές του Ατλαντικού ωκεανού με την Ισλανδία. Τα τμήματα αυτά θεωρούνται ότι είχαν σχηματιστεί κατά τον Προτεροζωικό και ήταν αυτές οι οποίες αποτέλεσαν τις γνωστές κρατονικές μάζες κατά την εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής της Ευρώπης. Την Παλαιά Ευρώπη, κυρίως Δυτική Σκανδιναβία και Βρετανία η οποία κατατάχθηκε πως ανήκει στην Καλιδονική ορογένεση κατά το Κάμβριο με Κάτω Δεβόνιο . Είναι αποτέλεσμα σύγκρουσης προγενέστερων λιθοσφαιρικών πλακών. Τη Μέση Ευρώπη, από την περιοχή της σημερινής θέσης της Γαλλίας και γενικά της Κεντρικής Ευρώπης, η οποία διαμορφώθηκε στην Ερκύνια ορογένεση κατά το Μέσο Δεβόνιο- Πέρμιο.

Τέλος την Νέα Ευρώπη η οποία καλύπτει γεωγραφικά τις περιοχές της σημερινής Ιταλίας γενικά όλη την οροσειρά των Άλπειων και την Βαλκανική χερσόνησο. Η Νέα Ευρώπη σχηματίστηκε από ιζήματα γνωστά ως προ αλπικά, αλπικά ιζήματα, τα οποία αποτέθηκαν στο Αλπικό γεωσύγκλινο και διαμορφώθηκαν με τις Αλπικές πτυχώσεις κατά την διάρκεια του Μεσοζωικού και Καινοζωικού. Η νέα Ευρώπη λοιπόν καλύπτει δηλαδή το νοτιότερο τμήμα της Ευρώπης και είναι αποτέλεσμα της Αλπικής Ορογένεσης.



Σχήμα 1.β : Γεωλογικός χάρτης της Ευρώπης.(Wikipedia, Surficial geology of Europe).



Σχήμα 1.γ :Νέα Ευρώπη. Απεικόνιση του Αλπικού Ορογενούς.(geo.auth.gr, Γεωτεκονική Εξέλιξη του του Ελληνικού Χώρου).

2.1.2. Αλπικό γεωσύγκλινο

Σύμφωνα λοιπόν με την γεωτεκτονική διαίρεση, η Νέα Ευρώπη όπως είδαμε, είναι αποτέλεσμα των Αλπικών ορογενετικών διεργασιών και αποτελείται κυρίως από νεότερης ηλικίας πετρώματα-ιζήματα που αποτέθηκαν στο χώρο του Αλπικού γεωσυσγκλίνου σε σχέση με τα βορειότερα τμήματα της Ευρώπης τα οποία όπως είδαμε πάνω αποτελούνται από παλαιότερους σχηματισμούς κάποιοι γνωστοί και ως κρατονικές ασπίδες. Αλπικό γεωσύγκλινο λοιπόν ονομάστηκε η αύλακα του στερεού φλοιού της γης που εκτεινόταν κατά το γεωλογικό παρελθόν από τον σημερινό Ατλαντικό Ωκεανό μέχρι τον Ειρηνικό, παράλληλα προς τον σημερινό Ισημερινό της γης και καλύπτονταν από τη μεγάλη θάλασσα που ονομάστηκε Τηθύς και μέσα σε αυτήν αποτέθηκαν τα αντίστοιχα ιζήματα των εποχών κατά την περίοδο λειτουργίας του γεωσυσγκλίνου η οποία θεωρήθηκε ότι ξεκίνησε στις αρχές του Μεσοζωικού αιώνα, δηλαδή κατά το Τριαδικό με τη σταδιακή επίκλιση της Τηθύος παν θάλασσας επάνω στην παλιά Ερκύνια χέρσο, και συνεχίστηκε μέχρι και τον Καινοζωικό.

2.1.3. Το Αλπικό ορογενετικό σύστημα.

Σύμφωνα με τη σύγχρονη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών ο μηχανισμός λειτουργίας που οδήγησε στην Αλπική ορογένεση, οφείλεται στην σύγκρουση των δύο ηπειρωτικών πλακών, της Ευρασίας και της Γκοντβάνας, η οποία σύγκρουση προκάλεσε την πτύχωση των ιζημάτων που αποτέθηκαν στον ωκεανό της Τηθύος κατά τον παλαιοζωικό μέχρι και την τριτογενή περίοδο, η οποία χώριζε τις δύο ηπείρους. Τα πτυχωμένα αυτά νέα ιζήματα μαζί με τμήματα του κατεστραμμένου ωκεάνιου πυθμένα, τα οποία ενσωματώθηκαν στον ηπειρωτικό φλοιό των περιθωρίων των δυο ηπειρωτικών πλακών και σχημάτισαν τις αλυσίδες οροσειρών του Αλπικού ορογενετικού συστήματος. Κατά τη διάρκεια της αλπικής ορογένεσης αλλά και πριν, δηλαδή στο στάδιο του Αλπικού γεωσύγκλινου αποτέθηκαν ιζήματα τα οποία έχουν ηλικία Τριαδική και νεότερη, και ονομάζονται αλπικά ιζήματα. Το ίζημα που αποτίθεται κατά την διάρκεια της ορογένεσης, θεωρείται ο φλύσχος, ο οποίος έτσι είχε καθορισθεί ως το νεότερο αλπικό ίζημα ανεξάρτητα από την ακριβή ηλικία που έχει σε κάθε περιοχή. Για τον Ελληνικό χώρο ο φλύσχος έχει παλαιότερη ηλικία προς τα Ανατολικά και νεότερη προς τα Δυτικά αφού η απόθεση του γινόταν κατά την ορογένεση η οποία γινόταν από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Τέλος όλα τα ιζήματα που αποτέθηκαν μετά την ανάδυση της νέας οροσειράς και δεν υπέστησαν τη δράση των αλπικών πτυχώσεων χαρακτηρίστηκαν ως μετά - αλπικά ιζήματα, γνωστά και ως μολάσσα και άλλα νεογενή και τεταρτογενή κυρίως ιζήματα.

Είναι πολύ εύκολο κανείς να παρατηρήσει, εφόσον μιλάμε για ιζήματα τα οποία αποτίθενταν κατά τις περιόδους αυτές του παλαιοζωικού μέχρι και την τριτογενή περίοδο, ότι βασικό ρόλο στην εξέλιξη του Αλπικού ορογενετικού συστήματος έπαιξε η Τηθύς θάλασσα. Σύμφωνα με υπολογισμούς που έχουν γίνει σε σχηματισμούς της περιοχής, πιστεύεται ότι ο ωκεανός της Τηθύος αναπτύχθηκε στο χώρο ανάμεσα στην Ευρασία και την Γκοντβάνα, αλλά πριν αποχωρισθούν από την τελευταία οι μικροπλάκες της Απουλίας, της Αραβίας, αυτό μπορεί να το δει κανείς στο Σχήμα 1.

2.1.4. Προ- Αλπική και Αλπική Ελλάδα

Ο Ελληνικός χώρος, όπως είδαμε, ανήκει στη Νέα Ευρώπη και κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού- Καινοζωικού, καλύπτονταν από την Τηθύς θάλασσα.

Τα μεγάλου πάχους αυτά ιζήματα που αποτέθηκαν εκείνες τις περιόδους στον τότε Ελληνικό χώρο, ο οποίος δεν ήταν τίποτα παραπάνω από μια περιοχή καλυμμένη με την θάλασσα της Τηθύος, δεν υπήρχαν ούτε οροσειρές ούτε κάτι άλλο, επειδή πολύ απλά



εκείνες τις περιόδους δεν υπήρχε αυτή η τεκτονική διαδικασία, με το κλείσιμο της θάλασσας της Τηθύος στη συνέχεια είχαμε τη δημιουργία των οροσειρών που κατανέμονται στην αλπική ορογένεση του τμήματος του Ελλαδικού χώρου

Διαβάζοντας κάποιος αυτήν την εργασία εύκολα μπορεί να συμπεράνει πώς κατά την απόθεση όλων αυτών των ιζημάτων, κάτω από αυτά τα ιζήματα βρίσκεται κάποιο υπόβαθρο, το οποίο βάση λογικής είναι μεγαλύτερης ηλικίας, εφόσον πάνω της αποτίθενται ιζήματα από την Τηθύος θάλασσα. Αργότερα εφόσον ξεκινάει το κλείσιμο της θάλασσας της Τηθύος, πράγμα που σημαίνει πως έχει ξεκινήσει η συμπίεση αυτή της περιοχής με αποτέλεσμα να πτυχώσει την περιοχή δίνοντας τις οροσειρές- τμήματα του Ελλαδικού χώρου. Σε ορισμένα τμήματα λοιπόν έχει παρατηρηθεί αυτό το υπόβαθρο και μέσα σε κάποια ιζήματα του έχουν βρεθεί χαρακτηριστικά απολιθώματα του Παλαιοζωικού. Με αυτές τις πληροφορίες λοιπόν συμπεραίνουμε πως υπήρχε προ - αλπικό υπόβαθρο στον Ελληνικό χώρο και όπως φαίνεται από την εξάπλωση των των κρυσταλλοσχιστώδων πετρωμάτων, αυτό πρέπει να ήταν αρκετά εκτεταμένο και το ονομάζουμε γενικά Προ- αλπική Ελλάδα. Στην πραγματικότητα όμως τα παλαιοζωικά ή και προ κάμβρια αυτά πετρώματα, που θεωρούμε ως προ αλπικό υπόβαθρο, αποτελούν τμήματα του ηπειρωτικού φλοιού των παλαιών ηπειρωτικών λιθοσφαιρικών πλακών της Γκοντβάνας και της Ευρασίας, τα οποία κατά τα διάφορα στάδια της σύγκλισης των δυο πλακών αποσπάστηκαν από αυτές, συν πτυχώθηκαν με τα πετρώματα του ωκεανού της Τηθύος που είναι αλπικά ιζήματα και οφειόλιθοι δηλαδή πετρώματα του ωκεάνιου πυθμένα, μετακινήθηκαν μαζί με αυτά υπό μορφή τεκτονικών καλυμμάτων κατά την τελική σύγκρουση και βρίσκονται πλέον σήμερα μετά την τελική ορογένεση ως, προ - αλπικό υπόβαθρο.

2.1.5. Διαχωρισμός της Ελλάδας σε γεωτεκτονικές μονάδες.

Η Ελλάδα όπως προαναφέρθηκε και πιο πάνω, αποτελεί ένα τμήμα της Αλπικής ορογένεσης που είναι γνωστό ως Ελληνίδες. Οι σχεδόν ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμένες Ελληνίδες προέρχονται από την σύγκρουση της Ευρασιατικής, της μικροπλάκας του Αιγαίου και της Αφρικανικής πλάκας. Οι Ελληνίδες διαιρούνται σε δύο ομάδες, που υποδιαιρούνται περαιτέρω σε αρκετές τεκτονικές ενότητες. Στο Σχήμα.1.ε. φαίνονται αναλυτικά οι γεωτεκτονικές ζώνες που αποτελούν τον Ελληνικό χώρο.

Η Ελληνική Ενδοχώρα αποτελείται από τις τεκτονικές ενότητες:

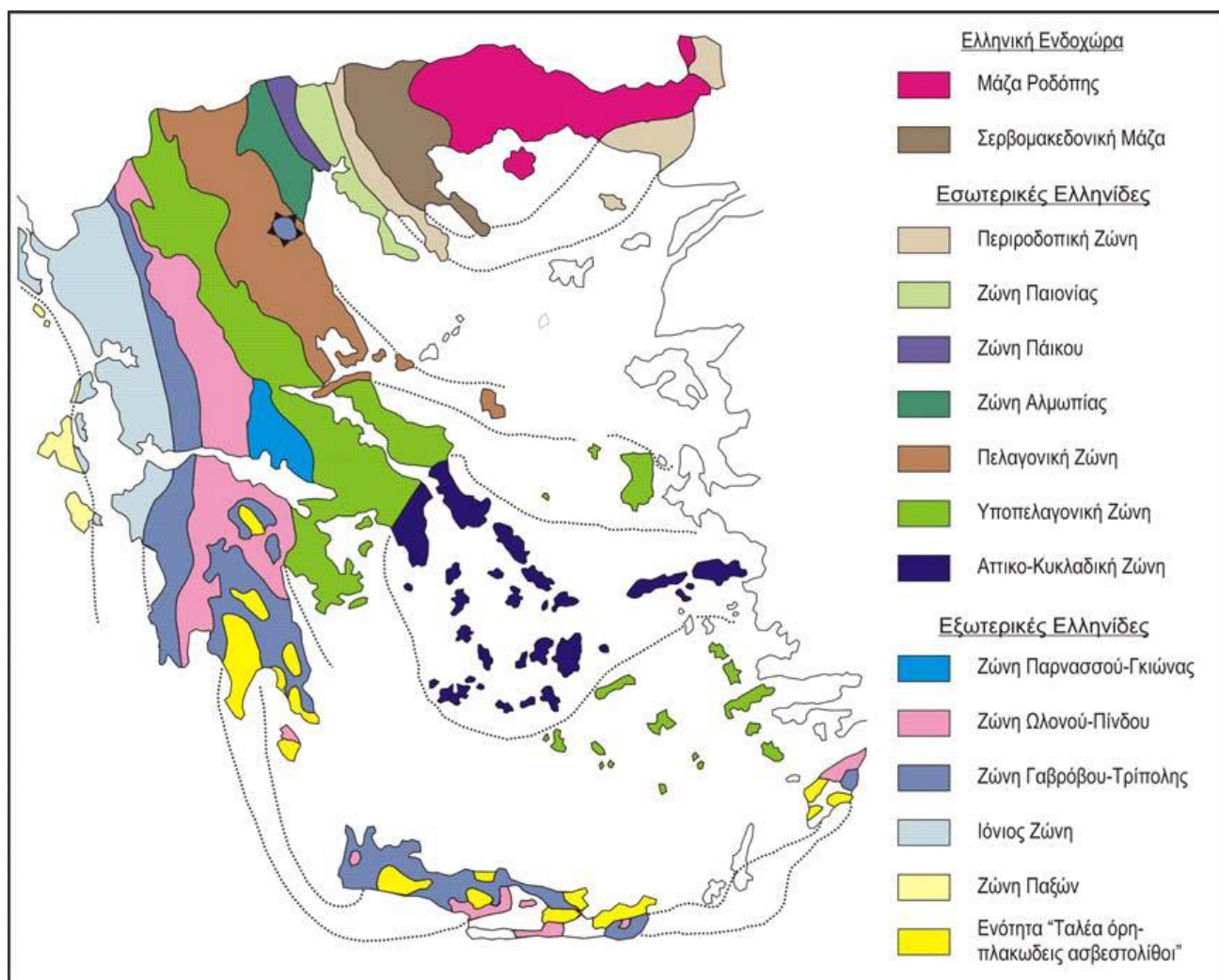
- Μάζα της Ροδόπης
- Σερβομακεδονική Μάζα

Οι Εσωτερικές Ελληνίδες συντίθενται από τις ακόλουθες τεκτονικές ενότητες:

- Περιοδοπική Ζώνη,
- Ζώνη Αξιού (Υπό -ζώνες, Αλμωπίας, Πάικου και Παιώνιας) και
- Πελαγονική Ζώνη.

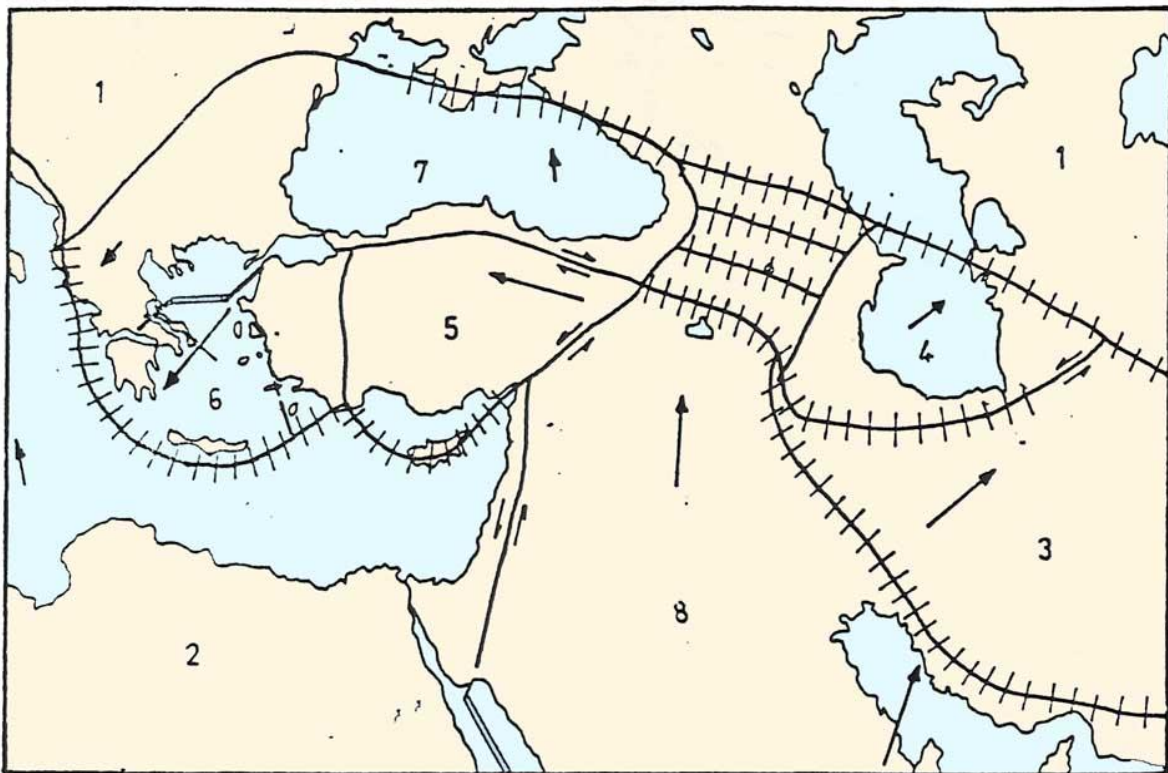
Και τέλος οι εξωτερικές Ελληνίδες, όπου αποτελούνται από τις ακόλουθες τεκτονικές ενότητες:

- Ζώνη Πίνδου,
- Ζώνη Παρνασσού,
- Ιόνια Ζώνη και
- Ζώνη

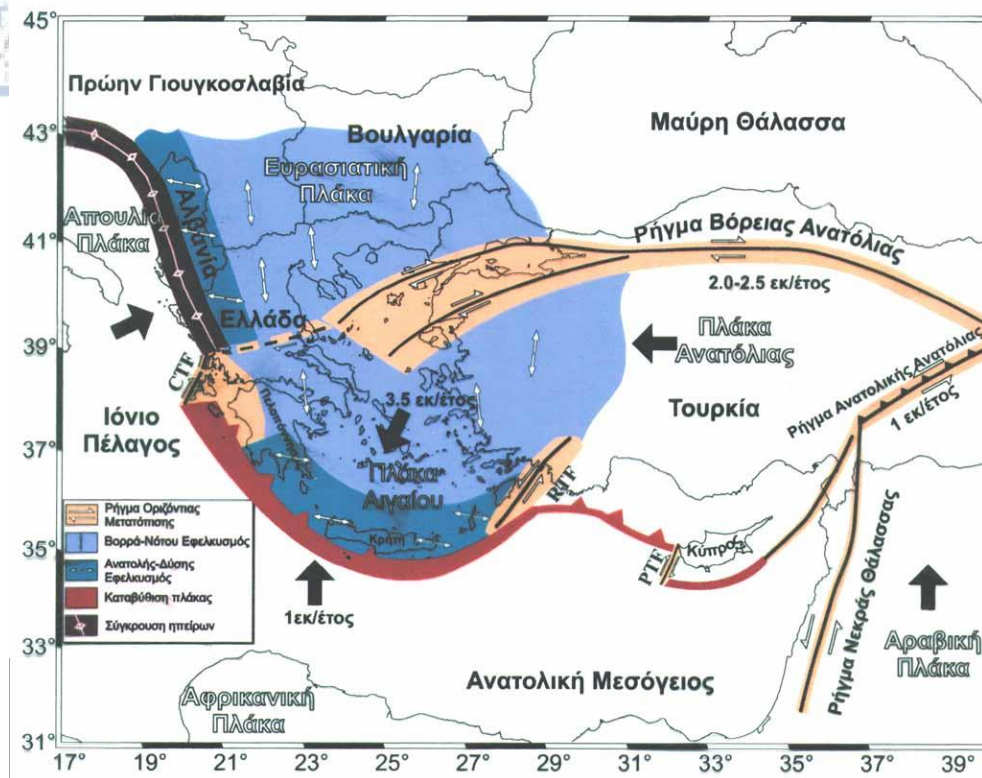


Σχήμα 1. δ. : Αναλυτικό Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. (Κατά Mountrakis et al 1983).

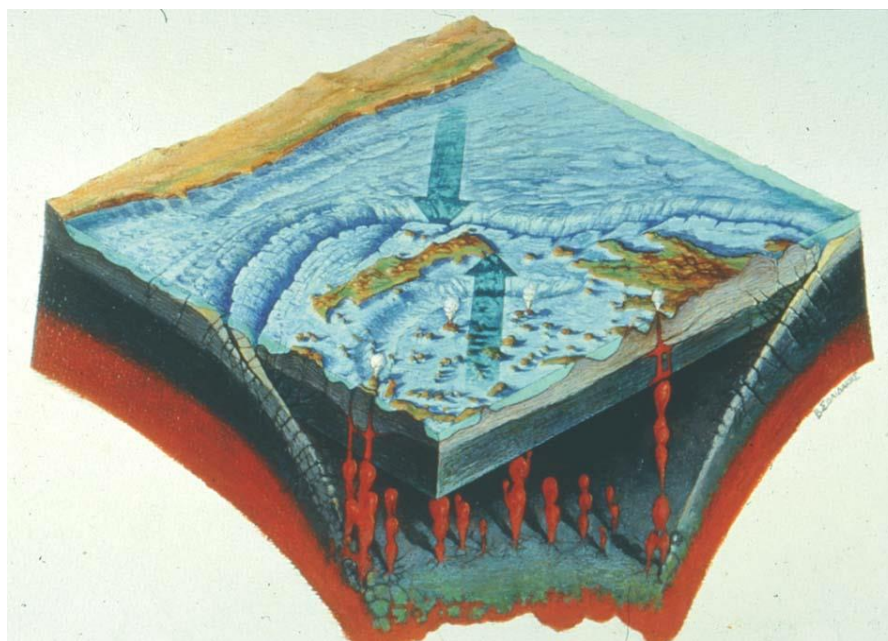
Στην Ελληνική ηπειρωτική χώρα και τα Ιόνια Νησιά, όλες οι τεκτονικές ενότητες καθορίζονται από ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Η συνολική κινηματική υποδεικνύει μια κίνηση προς τα Δυτικά που κατευθύνεται από τον πυρήνα του Αιγαίου Πελάγους προς την Δυτική Νοτιοδυτική περιφέρεια, στο Ιόνιο και Λιβυκό Πέλαγος (Αφρικανική πλάκα). Οι Ελληνίδες έχουν υποστεί δύο κύριους ορογενετικούς κύκλους. Ο πρώτος έλαβε χώρα την Άνω Ιουρασική - κάτω Κρητιδική περίοδο κυρίως στις Εσωτερικές Ελληνίδες. Η δεύτερη (η κύρια Αλπική ορογένεση) έλαβε χώρα κατά το κάτω Νεογενές. Ξεκίνησε την Άνω Ηωκαινική και κορυφώθηκε κατά τη διάρκεια της Ολιγοκαινικής και Μειοκαινικής περιόδου. Αυτή η ορογένεση συνεχίζεται μέχρι και σήμερα κατά μήκος του Ελληνικού τόξου και του συστήματος της τάφρου του Αιγαίου.



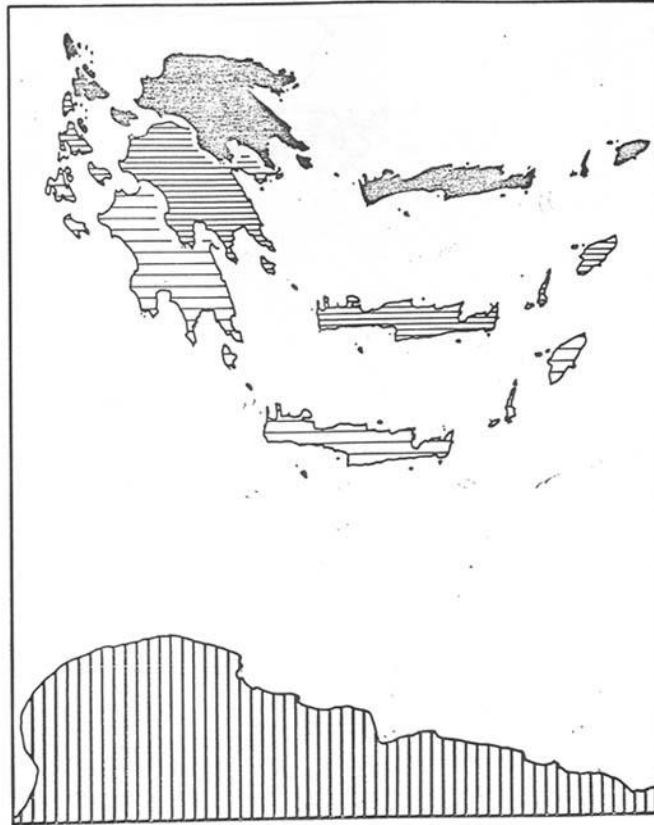
Σχήμα 1. ε : Αρχικό σχήμα διαίρεσης του χώρου της Ανατολικής Μεσογείου σε μικρο-πλάκες από τον McKenjie (1970).



Σχήμα 1. ζ. : Χάρτης της Ανατολικής Μεσογείου που δείχνει την ενεργό γεωδυναμική κατάσταση, τις κινήσεις των μικρο- πλακών στην περιοχή και τη διαμόρφωση του Ελληνικού - Αιγαίου Τόξου και του Κυπριακού Τόξου (κατά Παπαζάχος 2001).



Σχήμα 1. η. : Στερεογραφικό σκαρίφημα που δείχνει τη βύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από Ευρασιατικό περιθώριο στο χώρο του Νοτίου Αιγαίου (Κατά Angelier 1979).



Σχήμα 1. θ. : Σχηματική απεικόνιση της κίνησης και των διαδοχικών θέσεων του Ελληνικού τόξου σε σχέση με την Αφρική που ορίζεται σταθερή. Με μαύρο χρώμα παριστάνεται η θέση του τόξου κατά το Ανώτερο Μειόκαινο (13 Ma), με πυκνή γραμμοσκίαση η θέση κατά το Μεσσήνιο (5-6 Ma) και με αραιή γραμμοσκίαση η σημερινή θέση (Κατά Angelier 1979)

2.2.1. Γεωλογία της Ροδόπης

Ο σκοπός της εργασίας αυτής όπως είπαμε είναι η μελέτη της Ελληνική Ενδοχώρας, η οποία όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω αποτελείται από τις τεκτονικές ενότητες της Μάζας της Ροδόπης και την ενότητα της Σερβομακεδονικής. Όπου και οι δυο αυτές μάζες έχουν παρόμοια σύσταση όπου και αναλύονται λεπτομερώς στη συνέχεια.



Γενικά είναι γνωστό, από έρευνες που έχουν γίνει στη περιοχή της μάζας της Ροδόπης, ότι αντιπροσωπεύει ένα σύνθετο μεταμορφικό πυρηνικό σύμπλεγμα (Metamorphic Core Complex) καθαρά ηπειρωτικής προέλευσης και Καινοζωικής ηλικίας.

Η γνωστή αυτή σε όλους μας μάζα της Ροδόπης λόγω της πολύ μεγάλης ηλικίας της και της σύνθετης, περίεργης και ασαφής τεκτονικής της δομής, αλλά και του συνολικού του Ελλαδικού χώρου που την έχει επηρεάσει κατά καιρούς, έχει κινήσει το ενδιαφέρον διάφορων επιστημόνων από όλων τον κόσμο. Λόγω της γεωγραφικής της θέσης που βρίσκεται η Ροδόπη, έχει μελετηθεί αρκετά από Έλληνες γεωλόγους αλλά και σε μεγάλο βαθμό από Βούλγαρους συναδέλφους μας, εφόσον της ανήκει το 83% του συνόλου της μάζας αυτής. Αλλά όπως αναφέραμε και πιο πάνω λόγω αυτών των δυσκολιών και της τεράστιας έλλειψης σαφούς στρωματογραφίας και γενικότερα ιζηματογενών πετρωμάτων, παρατηρείται μια δυσκολία για την ολοκληρωμένη μελέτη και την γεωλογική τοποθέτηση της. Η μάζα αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω αλλά και από μεγάλες μάζες πυριγενών πετρωμάτων που διείσδυσαν μέσα σε αυτήν στα πολύ πιο πρόσφατα της τα χρόνια και έτσι οι περισσότερες έρευνες έγιναν κυρίως γύρω από τη λιθολογική σύσταση του κρυσταλλοσχιστώδους, το πάχος του, το οποίο υπολογίζεται περίπου στα 10 χλμ το πολύ μέχρι 20 χλμ.

Η πρώτη μελέτη τη Ελληνικής Ροδόπης έγινε από τον Osswald (1938), ο οποίος διαίρεσε το κρυσταλλοσχιστώδες της Ροδόπης μαζί με τη Σερβομακεδονική σε τέσσερις ορίζοντες, που από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες αναλύεται στην: σειρά Ε των γνευσίων της βάσης, τη σειρά F των μαρμάρων, τη σειρά G των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, τη σειρά Η των σχιστόλιθων και μαρμάρων. Η ηλικία των πετρωμάτων αυτών σύμφωνα με τον Osswald (1938) είναι προ – κάμβρια έως κάτω Παλαιοζωική.

2.2.2. Απλοποίηση της μάζας Ροδόπης σε τεκτονικές μονάδες.

Ο διαχωρισμός της μάζας έγινε για να βοηθήσει την κατάσταση στη μελέτη της περιοχής και φυσικά από της τεκτονικές διεργασίες που την συνοδεύουν, εν τέλη η μάζα της Ροδόπης χωρίστηκε σε δύο μεγάλες ενότητες.

Πρώτη έρχεται η ενότητα του Σιδηρόνερου, η οποία βρίσκεται γεωγραφικά Βόρεια-βορειοανατολικά αποτελείται κυρίως από ορθογνευσίους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους,

αμφιβολίτες, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιγματίτες . Αν και είναι η ανώτερη τεκτονική ενότητα η ηλικία των πετρωμάτων είναι παλαιότερης ηλικίας.

Τέλος ακολουθεί η ενότητα του Παγγαίου η οποία βρίσκεται στα Νότια- Νοτιοδυτικά, συγκροτείται στα κατώτερο τμήματα του από ορθογνευσίους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων, αποτελούμενο από μεγάλο πάχος και έναν ανώτερο ορίζοντα το οποίο αποτελείται από εναλλαγές σχιστόλιθων και μαρμάρων. Επίσης σε σχέση με τη ενότητα του Σιδηρόνερου, η ενότητα του Παγγαίου θεωρείται η νεότερη ενότητα.

Λεπτομερείς έρευνες που έλαβαν χώρα από τον Μπόσκο (Mposkos 1998, Mposkos & Krohe 2000, Krohe & Mposkos 2002) διαίρεσαν την τεκτονική ενότητα του Σιδηρόνερου σε μικρότερες ενότητες με πετρολογικά - μεταμορφικά κριτήρια. Οι ενότητες αυτές είναι από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά οι εξής:

- Η κυρίως Ενότητα Σιδηρόνερου, αποτελούμενη από: μιγματίτες, ορθογνευσίους, παραγνευσίους, αμφιβολίτες, μεταπελίτες και εκλογίτες. Βρίσκεται στην περιοχή βόρεια της Δράμας και της Ξάνθης.
- Η Ενότητα Κάρδαμου αποτελούμενη από αλβιτικούς γνευσίους, πελιτικούς γνευσίους, μεταπελίτες, παραγνευσίους, μιγματίτικούς γνευσίους, μεταβασίτες και εν στρώσεις μαρμάρων. Βρίσκεται στην περιοχή βόρεια της Κομοτηνής.
- Η Ενότητα Κεχρίου αποτελούμενη από ορθογνευσίους, πελιτικούς γνευσίους, μεταπελίτες, μιγματίτες, εκλογίτες- αμφιβολίτες και υπερβασικά σώματα τα οποία παρατηρούνται από το Κεχρί μέχρι και τα Ελληνο- βουλγαρικά σύνορα.
- Η Ενότητα της Κύμης, η οποία αποτελείται από νεότερης ηλικίας, μετά - ιζήματα και μετά -πυριγενή πετρώματα πολύ υψηλής μεταμόρφωσης, αμφιβολιτωμένους εκλογίτες, γρανιτικούς ορθογνευσίους και υπερβασικά πετρώματα μανδυακής προέλευσης (περιδοτίτες, πυροξενίτες). Μέσα στα μετά - ιζήματα (μεταπελίτες) εντοπίστηκαν εγκλείσματα διαμαντιών μέσα σε γρανάτες που δημιουργήθηκαν από την πολύ υψηλής πίεσης μεταμόρφωση που έφθανε μέχρι και τα 25 kbars. Η ενότητα της Κύμης βρίσκεται στο ανατολικό άκρο της Ροδόπης στην περιοχή του Έβρου - Ορεστιάδας καθώς και σε μια μικρή εμφάνιση στην κεντρική Ροδόπη (ΒΔ της Κομοτηνής) μεταξύ των ενοτήτων Σιδηρόνερου και Καρδάμου. Παρόλα αυτά όλες οι παραπάνω επιμέρους ενότητες αναφέρονται συνήθως ως μία ενιαία ενότητα γνωστή ως ενότητα του Σιδηρόνερου.

2.2.3. Μαγματισμός της Ροδόπης.

Όπως είπαμε και νωρίτερα μέσα στη μάζα της Ροδόπης, λόγω της συνεχούς υποβύθισης της Αφρικάνικης πλάκας κάτω από την Ευρωπαϊκή, παρατηρούνται σε διάφορα σημεία του Ελλαδικού χώρου μαγματισμός σε διάφορους βαθμούς, αυτοί λοιπόν οι μεγάλοι και μικροί πυριγενείς όγκοι διατρύπουν τα κρυταλλοσχιστώδη πετρώματα της Ροδόπης και δημιουργούν πολλές φορές σημαντικά φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής, SKARN, τέτοιο παράδειγμα είναι ο γρανίτης της Ξάνθης, ο οποίος διεισδύει μέσα στα βασικής σύστασης πετρώματα και δίνει χαρακτηριστικές μεταλλοφορίες με πολύ χαρακτηριστικά ορυκτά.

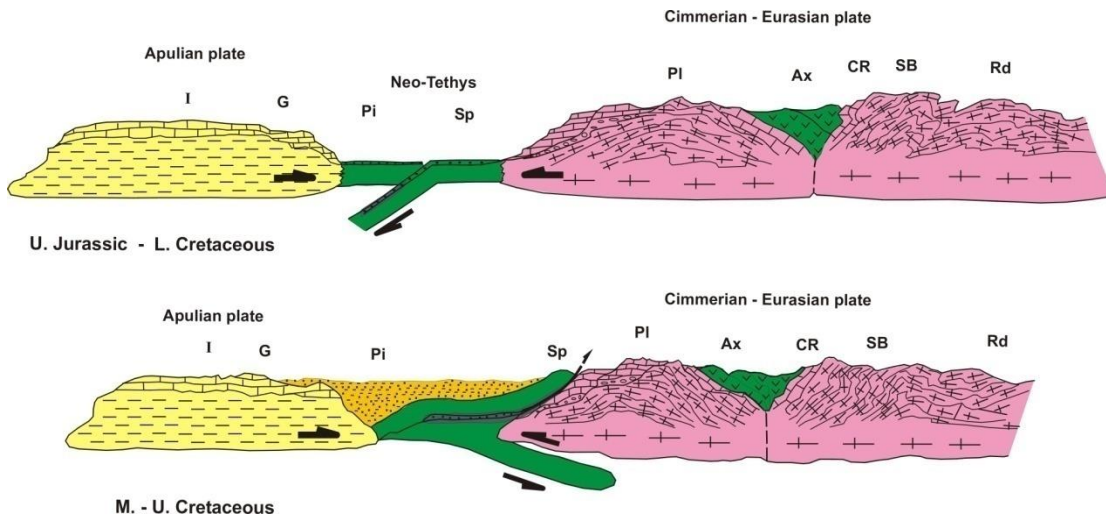
Τα πυριγενή πετρώματα της Ροδόπης είναι κυρίως πλουτωνικά και ηφαιστειακά. Οι πλουτωνίτες είναι κυρίως μοσχοβιτικοί, βιοτιτικοί και κεροστιλβικοί γρανίτες, γρανοδιορίτες, μονζονίτες, χαλαζιακοί μονζονίτες, τοναλίτες και διορίτες.

Η ηλικία των πλουτωνιτών αυτών της περιοχής έχει διαπιστωθεί με τη μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης, ως Τριτογενής, δηλαδή Ηωκαινική - Ολιγοκαινική – Μειοκαινική, με τιμές να κυμαίνονται γύρω στα 50 με 14 Εκατομμύρια χρόνια, και συνοδεύονται με την εφελκυστική τεκτονική που έλαβε χώρα κατά την εξέλιξη της υποβύθισης της Τηθύος κάτω από την Ελληνική Ενδοχώρα. Τέτοιοι πλουτωνικοί όγκοι της Ελληνικής Ροδόπης είναι αυτή του Παγγαίου, του Συμβόλου-Καβάλας, της Βροντούς, του Παρανεστίου, της Ξάνθης, του Πανοράματος κ.ά.

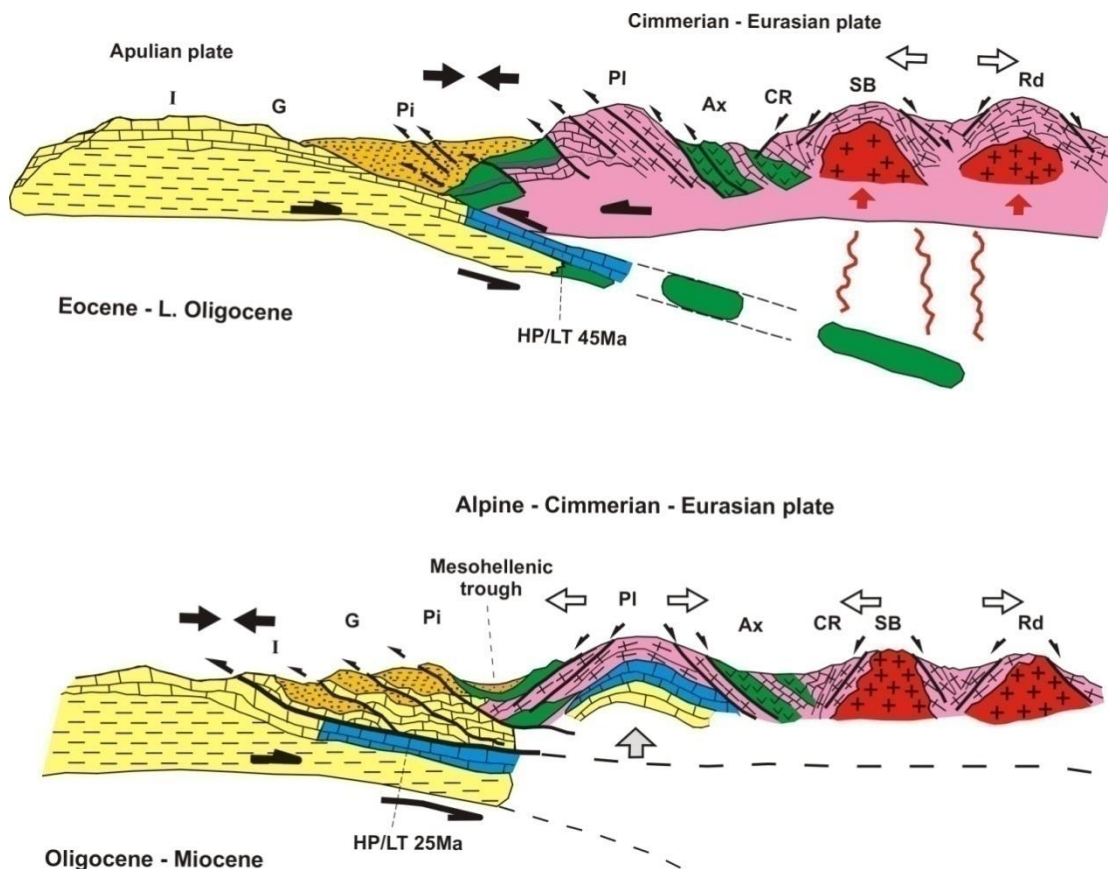
Ιδιαίτερα για τον γρανίτη Συμβόλου- Καβάλας, ο οποίος παρουσιάζεται κατά διάφορες θέσεις με έντονη γενευσιακή υφή και τεκτονικές ζώνες μυλωνίτη- υπερμυλωνίτη, οι ραδιοχρονολογήσεις με Ουράνιο-Μόλυβδο, U-Pb που έγιναν σε ζirkόνιο, έδωσαν ηλικίες 95, 101 και 335 εκατομμύρια χρόνια, ενώ με τις μεθόδους Ρουβιδίου- Στροντίου, Rb-Sr και Καλίου-Αρσενικού, K-Ar οι ηλικίες ήταν γύρω στα 14 με 22 εκατομμύρια χρόνια. Αυτές οι πολύ μεγάλες διαφορές ηλικιών στον ίδιο πλουτωνικό όγκο, από το Λιθανθρακοφόρο, στο Κρητιδικό και στο Ολιγόκαινο με Μειόκαινο, δημιούργησαν υπόνοιες για διάφορες γενεές κρυστάλλωσης του πλουτωνίτη. Σήμερα όμως θεωρείται τελικά ότι ο γρανίτης Συμβόλου- Καβάλας είναι Τριτογενής και οι παλιές αυτές ηλικίες οφείλονται στην απορρόφηση από το μάγμα Παλαιοζωικής ηλικίας σχιστολιθικών πετρωμάτων που περιείχαν παλιά ζirkόνια.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα της Ελληνικής Ροδόπης κατανέμονται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους σε δύο κύριες περιοχές εμφανίσεων. Η πρώτη βρίσκεται στην περιοχή Φερρών- Σαπών του Έβρου ενώ η δεύτερη βόρεια της Ξάνθης – Κομοτηνής, κοντά στα Ελληνο - βουλγαρικά σύνορα. Η σύσταση των ηφαιστιτών κυμαίνεται από βασαλτικής έως ρυολιθικής (βασάλτες, ανδεσίτες, λατίτες, δακίτες, τραχύτες, ρυόλιθοι) και ανήκουν σε ασβεσταλκαλικές και σονσονιτικές σειρές που σχηματίστηκαν κατά την Τριτογενή εφελκυστική τεκτονική, όπως αναφέρθηκε και για τον πλουτωνισμό, δεδομένου ότι η

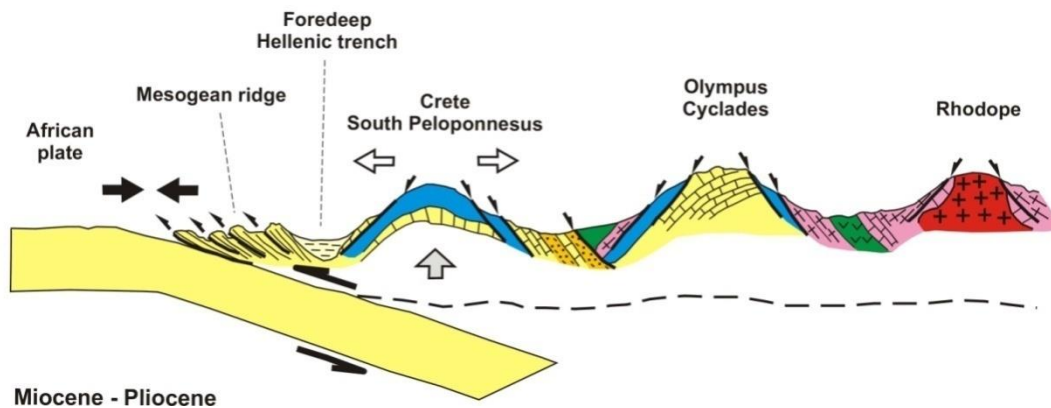
ηλικία και των ηφαιστειακών πετρωμάτων όπως προέκυψε από τις ραδιοχρονολογήσεις είναι ανάλογη, κυρίως Ολιγοκαινική (35-25 εκατομμύρια χρόνια).



Σχήμα Α :Σχηματικές τομές που αναπαριστούν τη γεωδυναμική εξέλιξη των Ελληνίδων κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου της Αλπικής ορογένεσης. Δείχνονται επίσης η ένδο ωκεάνια υποβύθιση της Νέο- Τηθύος που οδηγεί στο σχηματισμό της μεταμορφικής σόλας, η υποβύθιση του ωκεάνιου φλοιού κάτω από την ενιαία Κιμμερική- Ευρασιατική ηπειρωτική πλάκα και η τεκτονική τοποθέτηση των οφειολίθων στο Κιμμερικό (Πελαγονικό) ηπειρωτικό περιθώριο. (Κατά Mountrakis 2005, 2006).



Σχήμα Β : Σχηματικές τομές που αναπαριστούν τη γεωδυναμική εξέλιξη των Ελληνίδων στη δεύτερη περίοδο της Αλπικής ορογένεσης. Δείχνονται οι κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών, η υποβύθιση του ωκεανού της Νέο-Τηθύος κάτω από την ενιαία ηπειρωτική πλάκα, η συμπιεστική τεκτονική παραμόρφωση- λεπίωση και η πάχυνση του φλοιού στη θέση σύγκλισης, καθώς και η εφελκυστική τεκτονική στο εσωτερικό της ηπείρου και η επακόλουθη λέπτυνση του φλοιού, ανύψωση, εκταφή τμημάτων της κάτω πλάκας και η μαγματική άνοδος. (Κατά Mountrakis 2005, 2006).



Σχήμα Γ : Αναπαράσταση της γεωδυναμικής εξέλιξης των Ελληνίδων κατά τη Μεσογειακή ορογένεση. Δείχνονται η μετανάστευση της συμπιεστικής παραμόρφωσης στη Μεσογειακή ράχη Νότια της Κρήτης, η εφελκυστική τεκτονική στο εσωτερικό των Ελληνίδων που προκαλεί ανύψωση, αναθόλωση και εκταφή των τεκτονικών παραθύρων. (Κατά Mountrakis 2005,2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

3.1. Γενικά για την μορφοτεκτονική της περιοχής.

Πέραν του ότι η Μάζα της Ροδόπης έχει τραβήξει το ενδιαφέρον του επιστημονικού και όχι μόνο κοινού με τις διάφορες αυτές ηλικίες των σχηματισμών της, τον διαφορετικό βαθμό μεταμόρφωσης του με τη γειτονική ενότητα, την ενότητα της Σερβομακεδονικής, η οποία δεν έχει μεταμορφωθεί σε τόσο υψηλές συνθήκες μεταμόρφωσης όσο η Ροδόπη (Georgiev et al. 2010; Kounov et al. 2010, 2012). Όπου η Σερβομακεδονική μαζί με την μάζα της Ροδόπης αποτελούν την Ελληνική ενδοχώρα και γενικά την περίπλοκη θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε γεωλογική δομή, μας τραβάει το ενδιαφέρον και η μορφή της περιοχής.

Μεγάλο ενδιαφέρον λοιπόν εμφανίζει η "εικόνα" της περιοχής από αεροφωτογραφίες ή και δορυφορικές φωτογραφίες που έχουν συλλεχθεί και το ενδιαφέρον μας πέφτει κατευθείαν πάνω στο γεγονός ότι στα Βόρεια – Βορειοανατολικά (μαζί με την Βουλγαρία) της η ενότητα αποτελείται αποκλειστικά από Βουνά τα οποία έχουν εξαιρετικά μεγάλα υψόμετρα τα οποία παρατηρούνται να διακόπτονται απότομα στα Νότια της περιοχής, όπου παρατηρείται μια έντονη υψομετρική αλλαγή και πέρα από αυτήν στα νότια να αποτελείται αποκλειστικά από πρόσφατης ηλικίας ιζήματα έως τα παράλια της περιοχής.

Η μάζα της Ροδόπης διασπάται από το μεγαλύτερο ρήγμα της Βορείου Ελλάδος το οποίο έχει διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ, ΔΝΔ-ΑΒΑ και σε μήκος ξεπερνάει τα 120 χιλιόμετρα. Το ρήγμα αυτό διαπερνάει από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά τις πόλεις της Κομοτηνής, Ξάνθης και τέλος της Καβάλας, σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει, το ρήγμα αυτό στο Δυτικό του κομμάτι, δεν σταματάει στην περιοχή της Νέας Καρβάλης, αλλά συνεχίζει υποθαλάσσια, Νότια της πόλης της Καβάλας (παραλία της Καβάλας).

Όπως γνωρίζουμε η μάζα της Ροδόπης αποτελείται από δυο μεγάλες Τεκτονικές Ενότητες, η οποίες είναι :

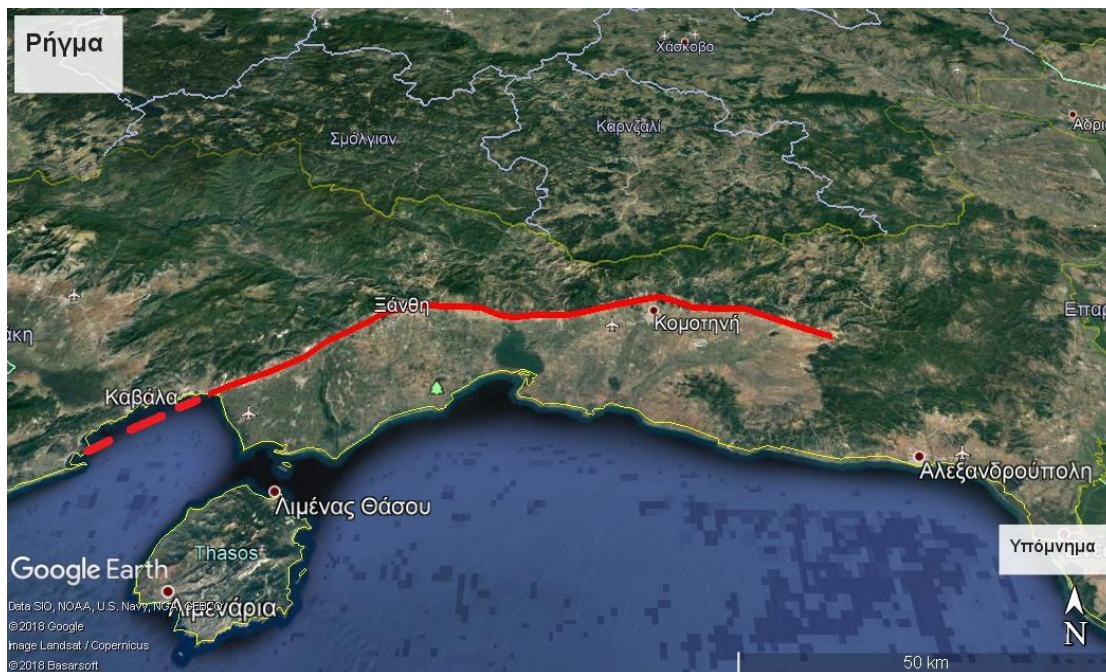
- Τεκτονική Ενότητα Σιδηρόνερου
- Τεκτονική Ενότητα Παγγαίου

Κατά τις έρευνες που έλαβαν χώρα στις περιοχές αυτές υπήρξε η δυνατότητα παρατήρησής της τεκτονικής πάνω σε αυτές τις ενότητες με αποτέλεσμα των μετρήσεων, δόθηκαν οι απαντήσεις πως η τεκτονική ενότητα του Σιδηρόνερου επιπεύει την

τεκτονική ενότητα του Παγγαίου με ΒΔ – ΝΑ κατεύθυνση και παρατηρήθηκαν όπως αναφέραμε και πιο πάνω τρεις φάσεις πτυχώσεων, οι οποίες είναι οι εξής :

- Ως πρώτη φάση: παρατηρήθηκαν ισοκλινείς συ μεταμορφικές πτυχές, διεύθυνσης Β-Ν.
- Ως δεύτερη φάση : παρατηρήθηκαν υπό - ισοκλινείς πτυχές, διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ έως ΑΒΑ - ΔΝΔ , με εμφανή γράμμωση προερχόμενη από την τομή της Παλαιοζωικής φυλλώσεως με μια δεύτερη σχιστότητα.
- Ως τρίτη φάση : παρατηρήθηκαν ανοιχτές πτυχές με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ οι οποίες επαναπτυχώνουν τις προηγούμενες

Θα πρέπει να αναφερθεί πως οι επικρατέστερες δομές από αυτές πάνω, είναι οι υπό - ισοκλινείς πτυχές ΑΒΑ – ΔΝΔ διεύθυνσης που συνοδεύονται από μια πολύ εμφανή γράμμωση, ώστε στην πλειονότητά τους τα πετρώματα της Ροδόπης να είναι προσανατολισμένα με την διεύθυνση των αξόνων των δομών αυτών.

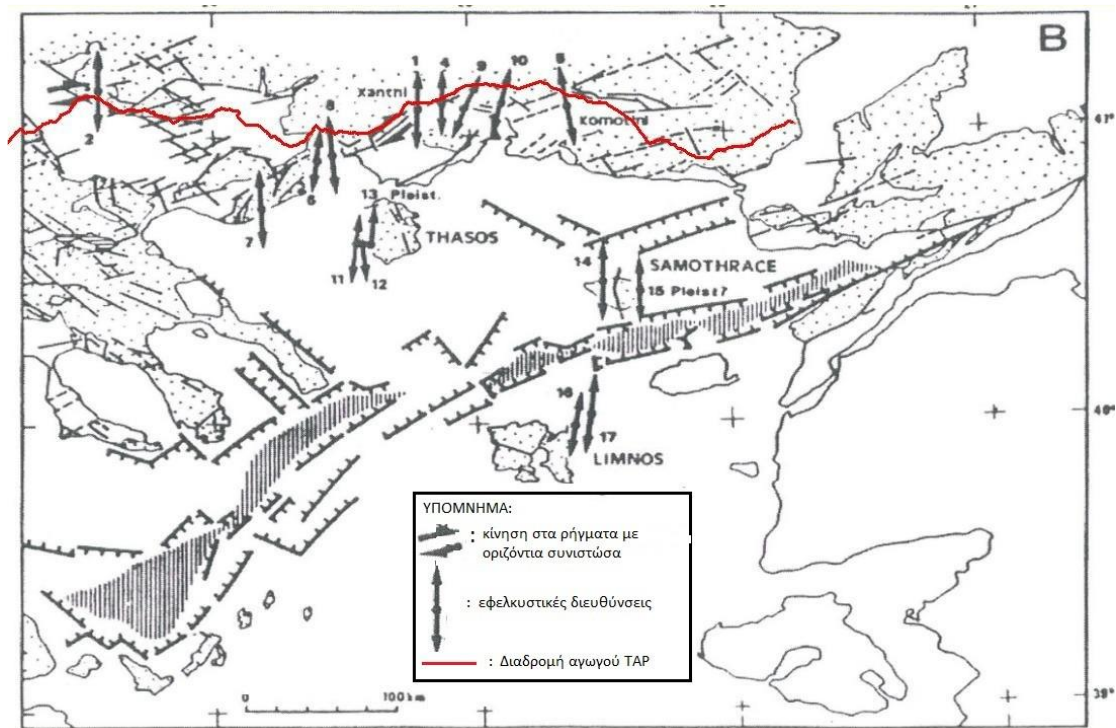


Εικόνα 3.1.α : Αποτύπωση του ρήγματος Καβάλας – Ξάνθης – Κομοτηνής πάνω στον Χάρτη.

Η περιοχή που εκτείνεται ανατολικά της Κομοτηνής, όπως και ο ευρύτερος χώρος του Βορείου Αιγαίου, χαρακτηρίζεται από την παρουσία μεγάλων νεογενών – τεταρτογενών λεκανών, οι οποίες ακολουθούν τις διευθύνσεις των κυριότερων ρηγμάτων της Α. Μακεδονίας – Θράκης, που είναι Β-Ν έως ΒΔ-ΝΑ, ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΑΝΑ-ΔΒΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ. Ίδιες είναι και οι διευθύνσεις των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών που προσδιορίστηκαν με υποθαλάσσιες γεωφυσικές και γεωλογικές μελέτες στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου που έγιναν κατά τη διάρκεια των ερευνών για πετρέλαιο.

Επιπλέον, τα μορφολογικά στοιχεία των λεκανών της Α. Μακεδονίας και της Θράκης αλλά και η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου των ποταμών επιβεβαιώνουν την ύπαρξη και επίδραση των προαναφερθέντων κύριων συστημάτων ρηγμάτων.

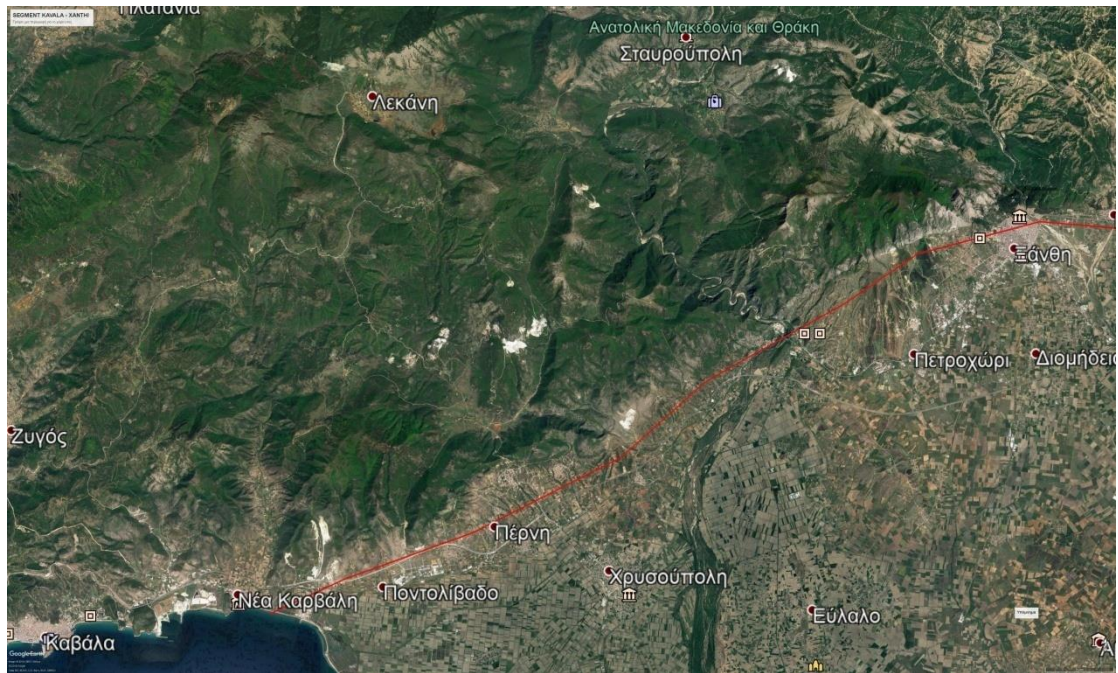
Η πρώτη εφελκυστική φάση τοποθετείται κατά το Ανώτερο Μειόκαινο και έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, η δεύτερη φάση, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, έδρασε κατά το Πλειόκαινο-Κατώτερο Πλειστόκαινο ενώ από το Μέσο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα το πεδίο των τάσεων έχει διεύθυνση περίπου Β-Ν. Σχήμα 3.1.α.



Σχήμα 3.1.α.: Απλοποιημένο τεκτονικό σχήμα της περιοχής του Βορείου Αιγαίου (Μέσο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα – τελευταία 5.105 χρόνια). (Mercier et al, 1989.).

Στο παραπάνω σχήμα, παρατηρείτε λοιπόν μια κανονική τεκτονική εφελκυστικής τάση στην ευρύτερη περιοχή της μάζας της Ροδόπης, ενώ στο τμήμα του ρήγματος που μελετάμε παρατηρούμε ότι το ρήγμα συμπεριφέρεται ως ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης και χρονικά αργότερα το ρήγμα ανάμεσα στην Καβάλα και Ξάνθη εξελίσσεται σε ένα πλαγκιοκανονικής μορφής ρήγμα. Κατά την εποχή που αρχικά το τμήμα του ρήγματος ήταν οριζόντιο, ευνόησε θετικά στο ανατολικό τμήμα της μάζας να διεισδύσει ο πλουτωνίτης της Ξάνθης, το γεγονός αυτό λαμβάνει χώρα κατά το Ολιγόκαινο. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί στο σχήμα 3.1.α, στο Δυτικό (αριστερό κομμάτι) της το κομμάτι όπου μπορεί εύκολα να βγει το συμπέρασμά πως αλλάζει όλη η τεκτονική της περιοχής αυτής. Επίσης πάνω στο σχήμα σημειώνεται με κόκκινο χρώμα η διαδρομή που θα ακολουθήσει ο αγωγός φυσικού αερίου, TAP (Trans Adriatic Pipeline).

Η περιοχή μελέτης αυτής της εργασία είναι το τμήμα της Καβάλας – Ξάνθης όπως έχουμε πει πιο πάνω και μπορούμε να το δούμε στην Εικόνα 3.2.β.



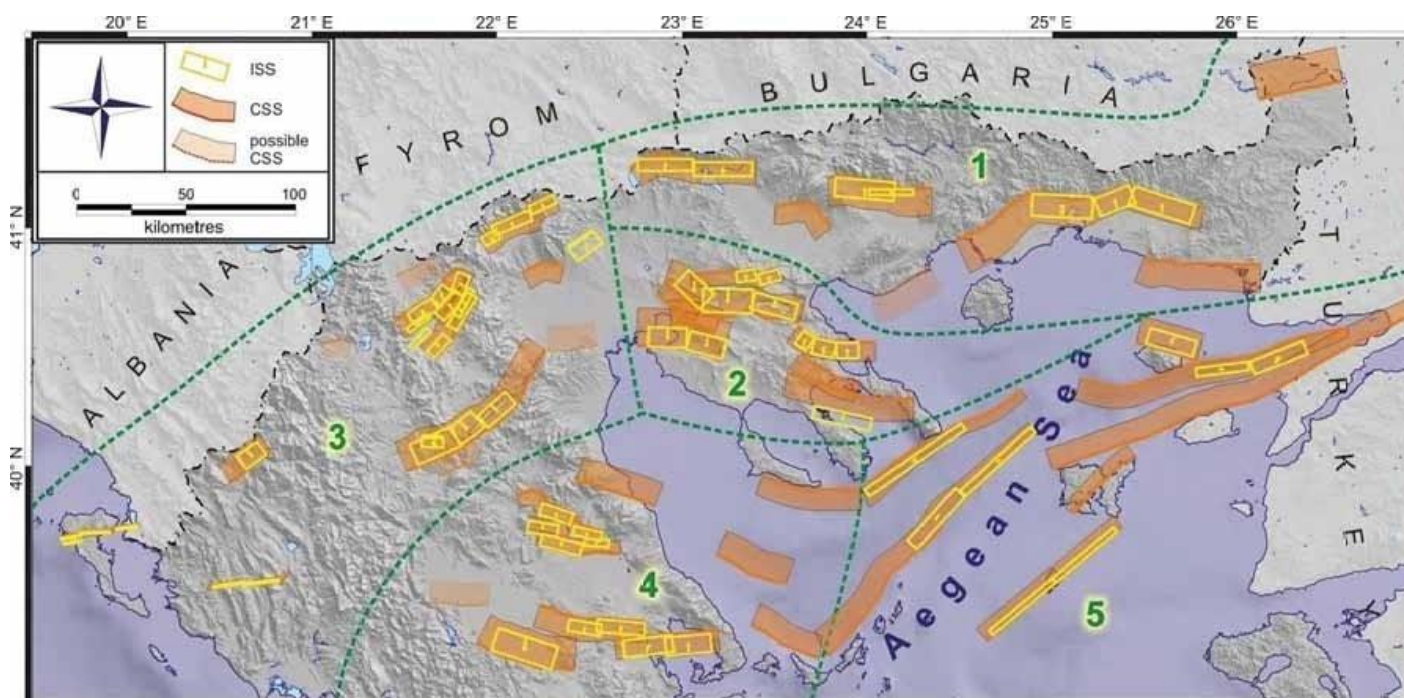
Εικόνα 3.2 .β : Περιοχή μελέτης, τμήμα Καβάλας – Ξάνθης

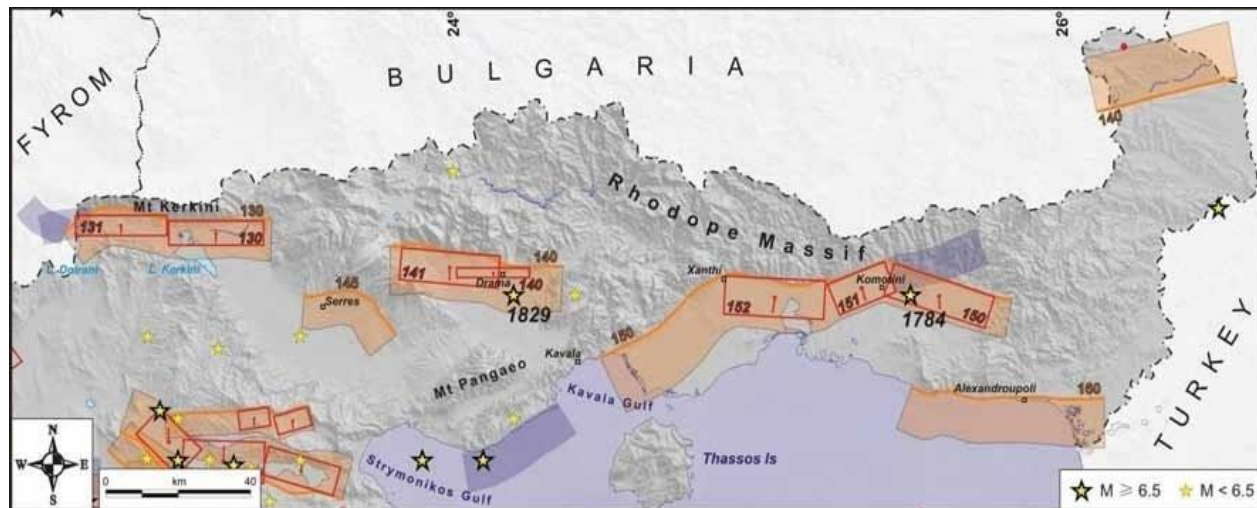
Είναι αναγκαίο να σημειωθεί όσες φορές και να χρειαστεί πως όταν αναφερόμαστε σε ρήγματα ή όρους όπως τεκτονική, τεκτονισμός θα πρέπει ακόμη και ο απλός αναγνώστης αυτής της εργασίας να μπορεί να καταλάβει πως όλοι οι παραπάνω ορισμοί σχετίζονται με σεισμούς.

Είναι γνωστό πως ζούμε σε μια από τις πιο σεισμογενείς χώρες αυτού του πλανήτη, οι σεισμοί στη χώρα μας είναι αναπόφευκτοι και ως πολίτες αυτής της χώρας θα πρέπει να μάθουμε τα βασικά για τους σεισμούς, όπως είναι το πρώτο και βασικότερο, να μάθουμε να ζούμε με αυτούς και να παίρνουμε τα κατάλληλα μέτρα για τις ζωές μας .

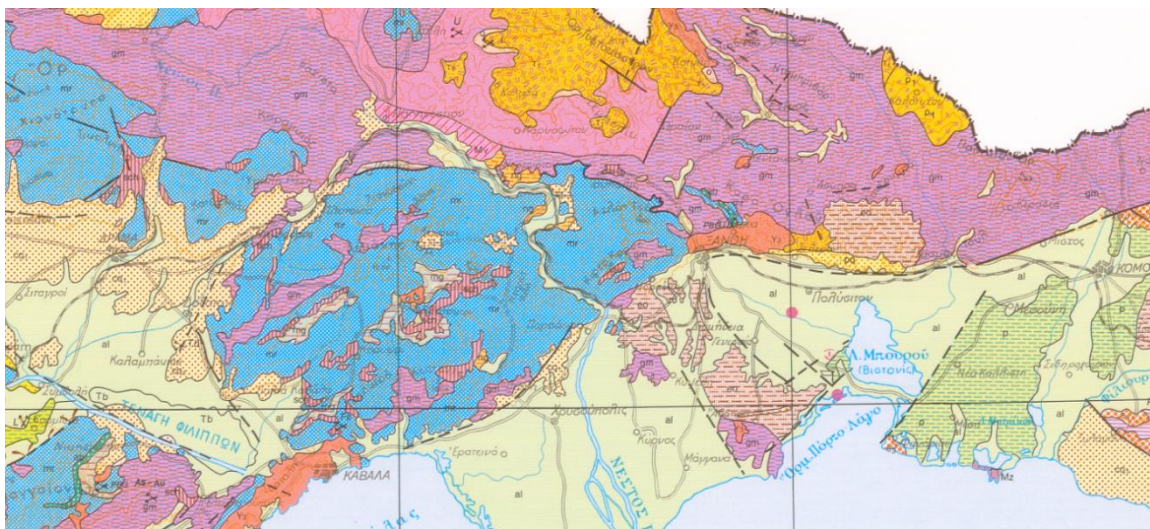
Εν τέλη για να είναι ένας πολίτης ενήμερος σχετικά με την σεισμικότητα της περιοχής του συνιστάται, εφόσον υπάρχει η όρεξη ερευνών σχετικά με τις περιοχές τους, υπάρχουν εργασίες, διάφορα βιβλία και άρθρα που έχουν γραφτεί σχετικά με τους σεισμούς και τη σεισμικότητα των περιοχών αυτών, παρακάτω στους χάρτες του σχήματος 3.2.α & β μπορεί ο καθένας να παρατηρήσει τα ρήγματα που υπάρχουν στο βόρειο Ελληνικό χώρο και πώς ορισμένα από αυτά συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν αυτές της τεράστιες ρηξιγενής ζώνες. Στο σχήμα 3.2.α στο τμήμα 1 σημειωμένο με πράσινο πάνω στον χάρτη, είναι η περιοχή μελέτης αυτής της εργασίας και γενικά μπορούμε να παρατηρήσουμε ρήγματα που την συνοδεύουν. Τα ρήγματα

λοιπόν που συνοδεύουν τον ελληνικό χώρο κατά ένα τεράστιο ποσοστό είναι ενεργά, η περιοχή της μάζας της Ροδόπης όντας το τμήμα με την ονομασία ενδοχώρα, αποτελείται από τους παλαιότερους γεωλογικούς σχηματισμούς θα μπορούσαμε να πούμε, καθαρά ηπειρωτικής προέλευσης και ίσως φέρει αμφιβολίες για το αν τελικά είναι ενεργή τεκτονικά η περιοχή. Το μόνο σίγουρο είναι ότι η περιοχή είναι ενεργή με μόνη διαφορά από το υπόλοιπο της χώρας είναι ότι σε αυτήν παρατηρούνται σε τεράστια θα μπορούσε να χαρακτηριστεί για τον άνθρωπο χρονικό διάστημα σεισμοί. Στο αρχείο δεδομένων παρατηρούνται 5 κύριες ρηξιγενείς ζώνες, όπου κάποιες από αυτές εμπεριέχουν άλλα μικρότερα τμήματα από αυτά (ISSs). Από ιστορικούς σεισμούς, το 1752 με επίκεντρο πολύ κοντά στην Ορεστιάδα, το 1893 στη Σαμοθράκη, που ισοπέδωσε τη Χώρα και προκάλεσε ένα τσουνάμι πέντε περίπου μέτρων στο νησί και ενός περίπου μέτρου στην Αλεξανδρούπολη, το μοναδικό γνωστό τσουνάμι στην ιστορία του βορείου Αιγαίου, της Κομοτηνής το 1784 και της Δράμας – Ξάνθης το 1829ο οποίος σεισμός κατέστρεψε ολοκληρωτικά τις πόλεις αυτές. Στο σχήμα 3.2.β με κίτρινα αστεράκια σημειώνονται τα επίκεντρα των σεισμών μικρότερα της τάξης του 6,5 και με κίτρινο με μαύρο πλαίσιο αστεράκια σημειώνονται οι σεισμοί μεγαλύτεροι της τάξης των 6,5 με την αντίστοιχη χρονολογία τους. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως από τότε δεν έχει σημειωθεί κάποιο μέτριας ή υψηλής κλίμακας σεισμικό γεγονός από εκείνη την περίοδο.

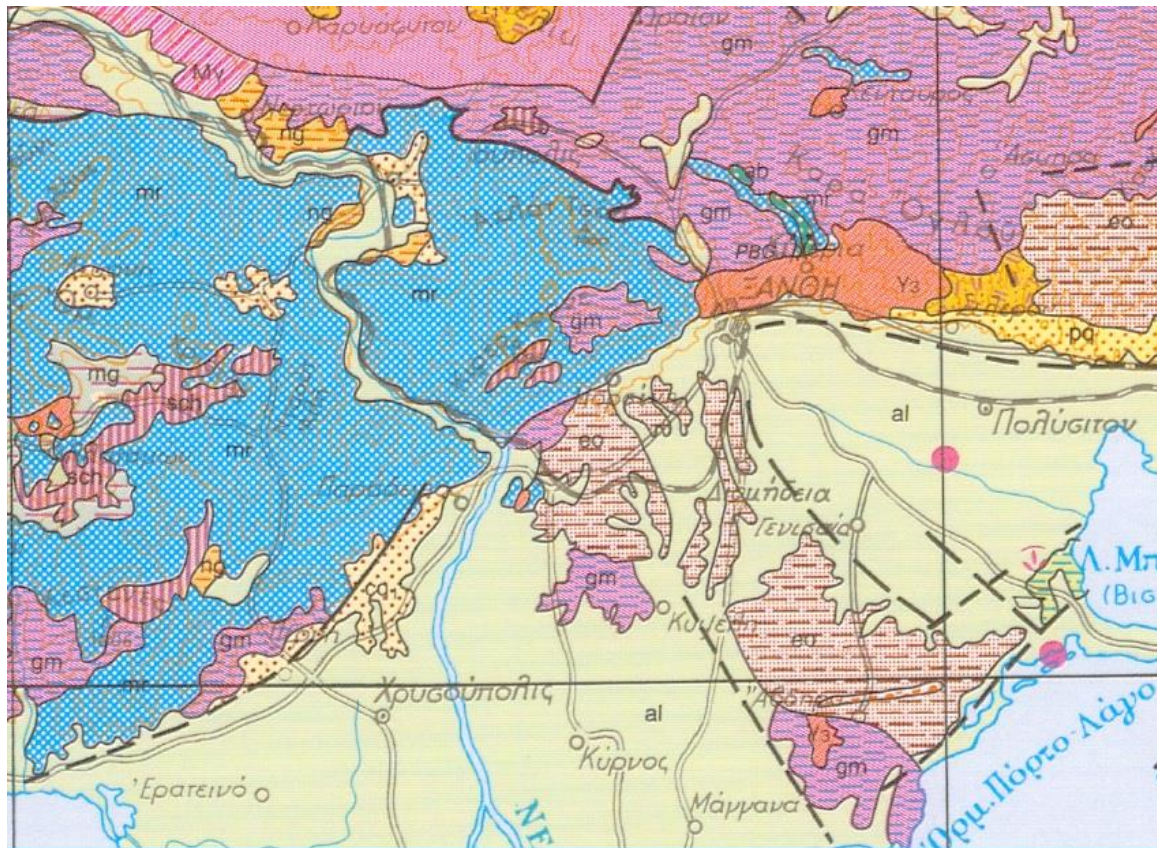




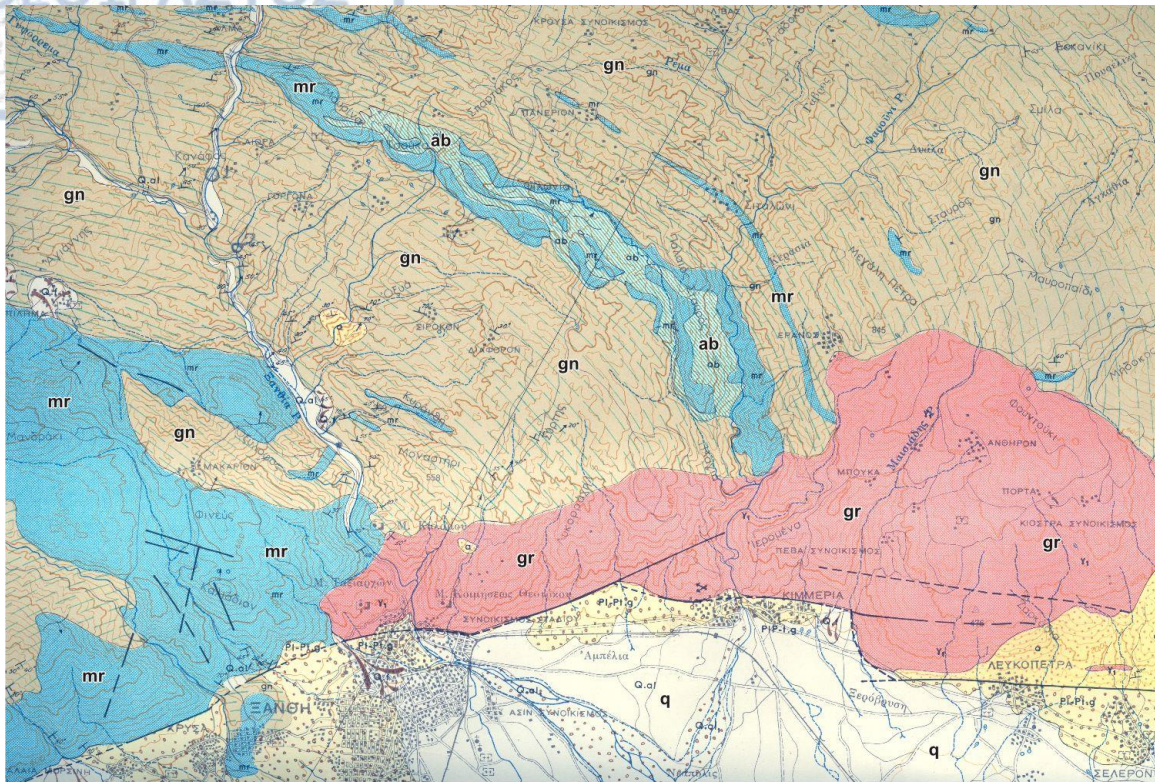
Σχήμα.3.2.α. &β.: απεικόνιση του ρήγματος μελέτης περιοχής, και γενικά όλης της Βόρειας Ρηξιγενής ζώνης, στον χάρτη με κίτρινα αστεράκια σημειώνονται τα επίκεντρα των ιστορικών σεισμών. Τα επίκεντρα των σεισμών αυτών λήφθηκαν από τον κατάλογο σεισμών του Παπαζάχου. (Papazachos *et al.* 2000; 2009)



Σχήμα 3.3 :Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης, του ρήγματος Καβάλας Ξάνθης. (ΓΓΜΕ : 1983)



Σχήμα 3.4: Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης σε μεγέθυνση, η γραμμές πάνω στον χάρτη δηλώνουν τα ρήγματα της περιοχής, ενώ οι διακεκομμένες γραμμές δηλώνουν την υποτιθέμενη παράταξη του ρήγματος, πιθανό ρήγμα, παρατηρείται μεγάλη δυσκολία γιατί είναι καλυμμένα με νεότερα ιζήματα, gm:Αμφιβολίτες και Γνέυσιοι, σχιστόλιθοι με εν στρώσεις μαρμάρων, mr: Μάρμαρα ή κρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι γ3:Οξίνοι γρανίτες, γρανοδιορίτες και μονζονίτες τριτογενούς ηλικίας, eo: Μολασσικοί σχηματισμοί με λιγνίτες Ηωκαινικής- Ολιγοκαινικής ηλικίας, α1: Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις, άργιλος, πηλός, άμμοι, κροκαλοπαγή, κοκκινοχώματα, ηλικίας πλειστοκαίνου al:Ολοκαινικά αλλούβια , σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις . (ΙΓΜΕ : 1983).



Σχήμα 3.5: Στον γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:50000 της Ξάνθης, στο βόρειο- βορειοανατολικό τμήμα της πόλης της Ξάνθης παρατηρείται η πιθανή θέση του ρήγματος το οποίο περνάει κάτω από τα αλλούβια , όπου βρίσκονται σε επαφή τα μάρμαρα με τα όξινα plutonic πετρώματα της περιοχής, σε αυτό το σημείο λοιπόν που βρίσκονται τα μάρμαρα στο βόρειο τμήμα της πόλης επηρεάζονται από την διείδυση των plutonic ενώ κάτω από τα αλλούβια και γενικά τα νεότερης ηλικίας ιζήματα στο βόρειο τμήμα της πόλης το plutonic σώμα πιθανόν συνεχίζει και απλά καλύπτεται από αυτά. (IGME : 1973).

Όπως είδαμε πιο πάνω στους γεωλογικούς χάρτες της Ξάνθης παρατηρήσαμε την επαφή του plutonic με τα γειτονικά πετρώματα της περιοχής, σε αυτήν την περιοχή της πόλης παρατηρείται και η θερμομεταμόρφωση, Skarn, η οποία εμφανίζει χαρακτηριστικά ορυκτά. Στο σχήμα 3.5 παρατηρήσαμε πως η πιθανή θέση του ρήγματος βρίσκεται κάτω από τα αλλουβιακά, όμως μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε πώς αυτά τα Oligocene ιζήματα αποτίθενται σύμφωνα με την κλίση του υποκείμενου σώματος που σε αυτή τη περίπτωση, στη συγκεκριμένη περιοχή είναι τα plutonic που διεισδύουν μέσα στο κρυσταλλοσχιστώδες της Ροδόπης. Πέρα από αυτό, από την περιοχή του παλαιού λατομείου της Χρύσας, ΔΝΔ της Ξάνθης παρατηρείται πως η παράταξη του ρήγματος είναι NNΔ- BBA και συνεχίζει έτσι μέχρι και την επαφή του με την επαφή διείδυσης, αλλά όπως ήδη γνωρίζουμε η διείδυση αυτή έπαιξε σημαντικό ρόλο στην περιοχή επειδή επηρεάζει τεκτονικά την περιοχή λόγω νεότερης ηλικίας, παρατηρούνται αλλαγές στην παράταξη του ρήγματος από NNΔ – BBA σε B – N.



Σχήμα 3.6: Δορυφορική εικόνα της πόλης της Ξάνθης όπου με κόκκινο σημειώνεται η τεκτονική επαφή παρατάξης ΝΝΔ – ΒΒΑ και με κίτρινο χρώμα η επαφή διείσδυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΙΚΡΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

4.1.1 Μικροτεκτονική ανάλυση του τμήματος του ρήγματος Καβάλας – Ξάνθης

4.1.1.1. Ορισμός

Μικροτεκτονική είναι ο κλάδος της Γεωλογίας που ασχολείται με τη μελέτη, ανάλυση και ερμηνεία των τεκτονικών δομών και της παραμόρφωσης στη μικρή κλίμακα παρατήρησης, δηλαδή από την κλίμακα των λίγων μέτρων μέχρι την κλίμακα του μικροσκοπίου.

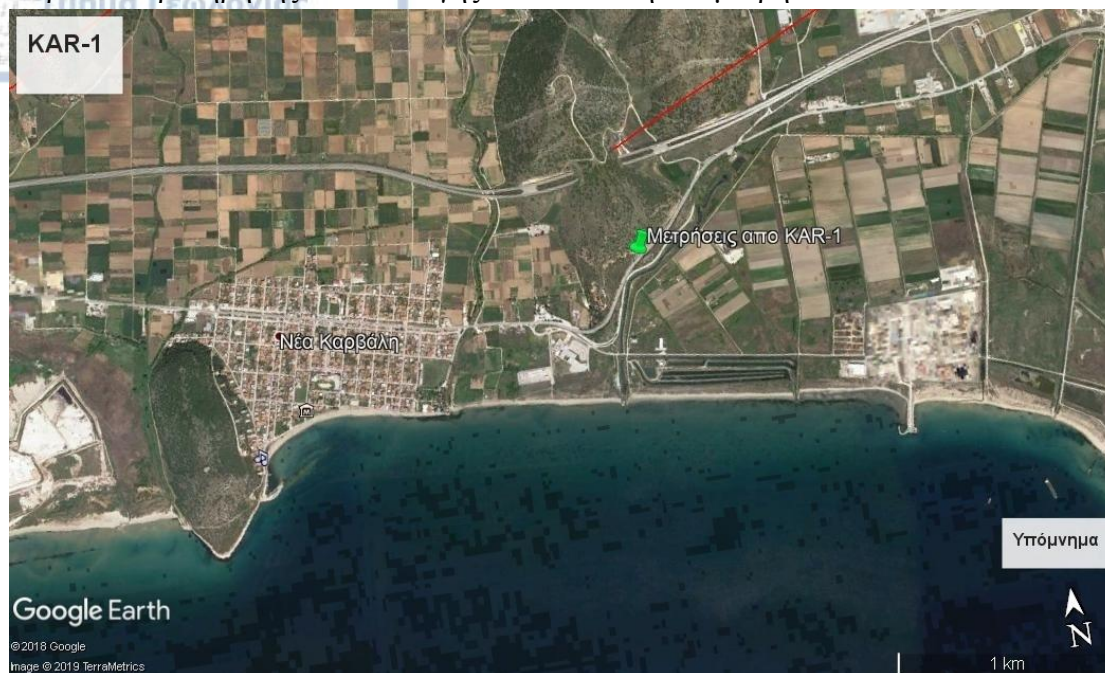
4.1.1.2. Λογισμικό Win Tensor

Λόγω των υπαίθριων παρατηρήσεων και συλλογής μετρήσεων που έγιναν για αυτήν την εργασία θα πρέπει κάπου αυτές οι μετρήσεις να αποτυπωθούν για να μπορέσουν να βγουν τα συμπεράσματα για το πως συμπεριφέρεται το ρήγμα στις αντίστοιχες θέσεις που έγιναν οι παρατηρήσεις, χρειαστήκαμε λοιπόν ένα πρόγραμμα το οποίο θα μας έδινε τα γνωστά διαγράμματα Schmidt, επεξεργάζοντας τις μετρήσεις που συλλέξαμε από το ύπαιθρο. Το πρόγραμμα αυτό που μας βοήθησε λέγεται Win Tensor και χρησιμοποιήσαμε την έκδοση 5_8_9.

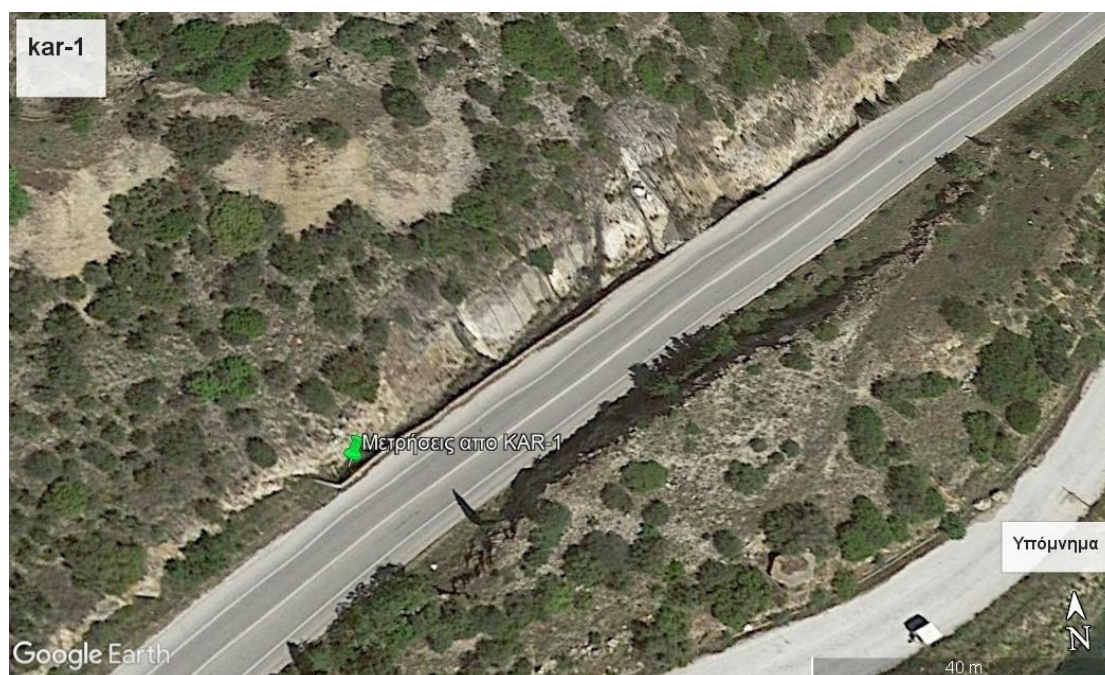
4.1.2 Περιοχή παρατήρησης Νέας Καρβάλης

Η λεπτομερής παρατήρηση των σχηματισμών και εν μέρει η χαρτογράφηση του ρήγματος ξεκίνησε από τα δυτικά νοτιοδυτικά του ρήγματος, από την περιοχή της Νέας Καρβάλης πλησίον της πόλης της Καβάλας και συνεχίστηκε προς τα Βόρειο - Ανατολικά του ρήγματος κοντά στα χωριά που υπήρχαν στη γύρω περιοχή. Παρακάτω δίνονται οι κατάλληλες δορυφορικές εικόνες της περιοχής, φωτογραφίες που λήφθηκαν κατά τη

διάρκεια παρατήρησης και συλλογής των κατάλληλων μετρήσεων.



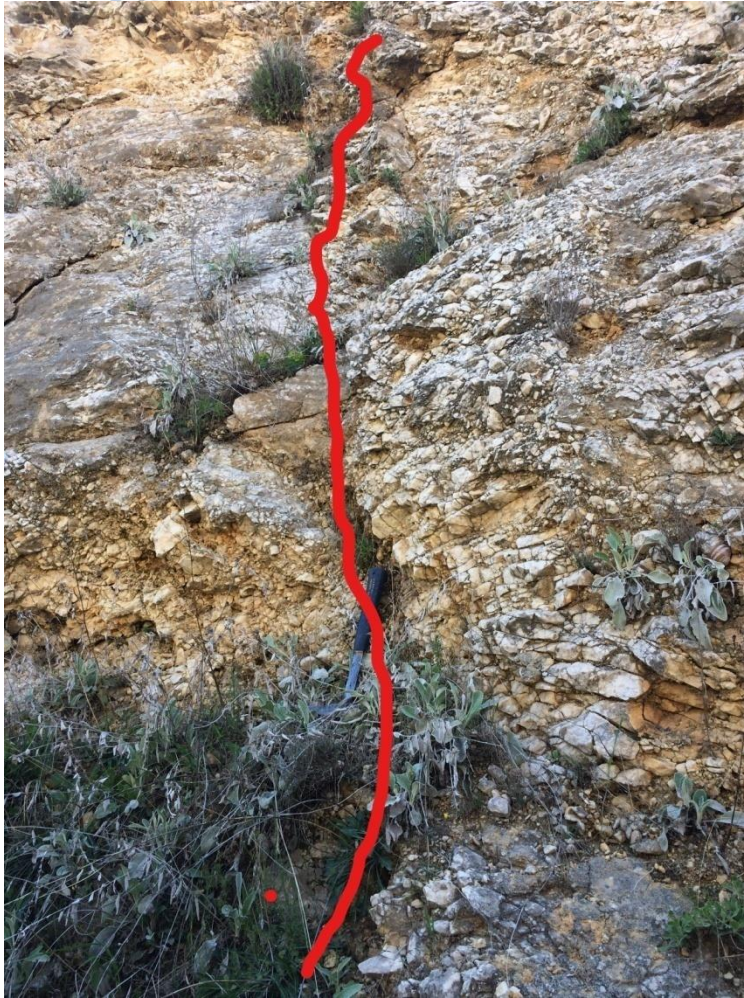
Εικόνα 4.1.2.1 : Δορυφορική εικόνα της περιοχής Νέας Καρβάλης, όπου με πράσινο είναι σημειωμένο το σημείο παρατήρησης και συλλογής δεδομένων.



Εικόνα 4.1.2.2. : Δορυφορικός χάρτης της περιοχής Νέας Καρβάλης, όπου πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις και συλλογή δεδομένων, η εικόνα 4.2. είναι μεγεθυμένη για λόγους παρατήρησης λεπτομερέστερα σε σχέση με εικόνα 4.1.



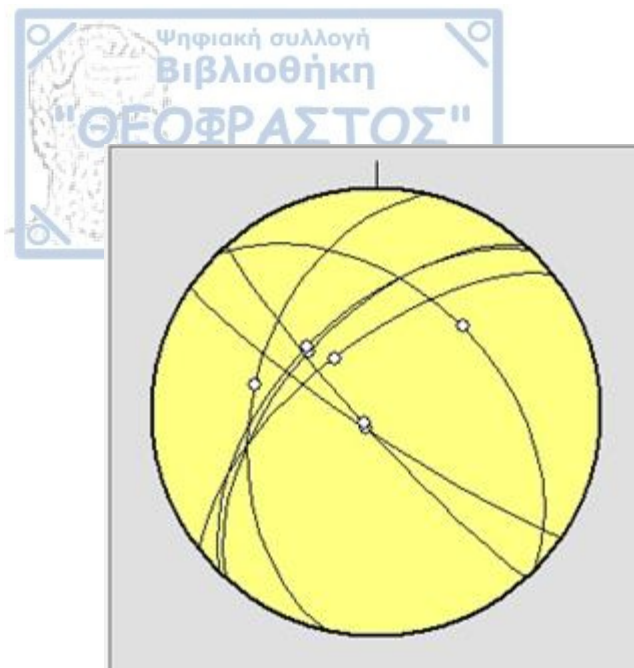
Εικόνα 4.1.2.3.: Αποτύπωση των κανονικών ρηγμάτων της περιοχής της Νέας Καρβάλης .



Εικόνα 4.1.2.4 : (αριστερή εικόνα) κοντινή λήψη ζώνης ρήγματος, παρατήρηση του θρυμματισμένου κατακλαστικού υλικού και (δεξιά εικόνα) παρατήρηση των γραμμών ολίσθησης, κανονικό ρήγμα, συνήθεις μορφές ρηγμάτων είναι τα πλάγιο -κανονικά ρήγματα.

Πίνακας 4.1: μετρήσεις από την περιοχή.

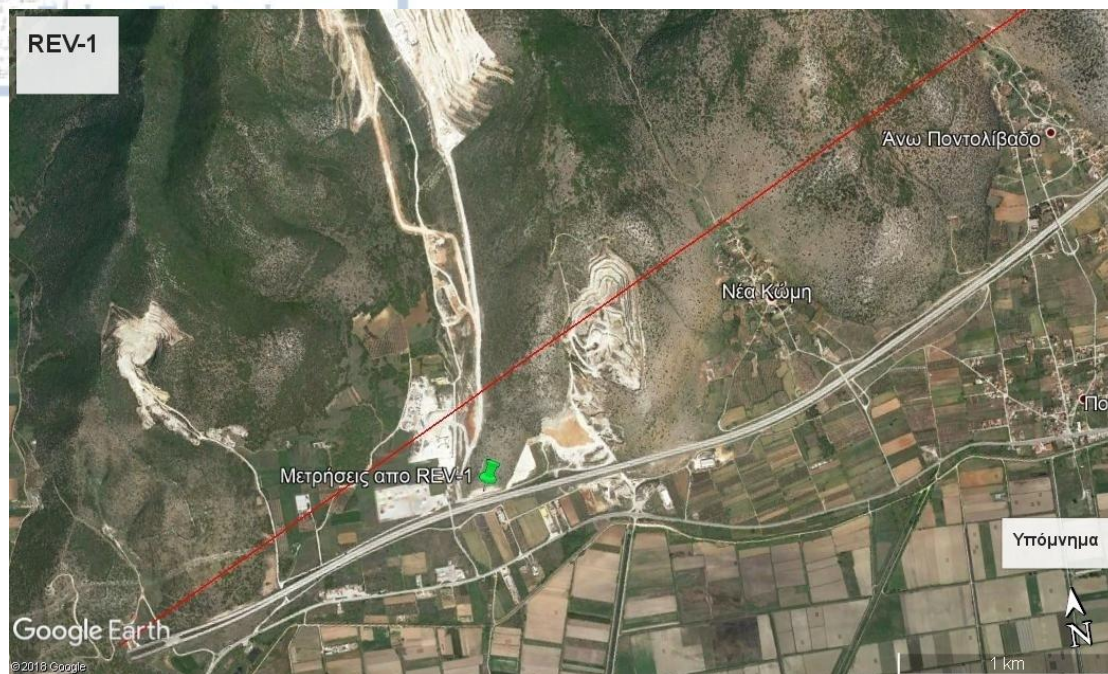
MET.1	MET.2	MET.3	MET.4	MET.5	MET.6	MET.7
045/45	214/83	228/84	322/65	312/57	283/44	314/55



Εικόνα 4.1.2.5.: Αποτύπωση των μετρήσεων από τον πίνακα.1, οι οποίες μετρήσεις ανήκουν στα ρήγματα στις παραπάνω εικόνες. (Win_Tensor_5-8-9.)

4.1.3. Περιοχή παρατήρησης REVOIL

Στο σημείο αυτό παρατηρήθηκαν δύο μεγάλα ρήγματα όπου τέμονταν μεταξύ τους δηλαδή το ένα κόβει το άλλο, το οποίο είναι και το κύριο ρήγμα, παράταξης ΔΝΔ – ΑΒΑ, το οποίο ανήκει στη ρηξιγενή ζώνη όπου μελετάμε, ενώ η άλλη με παράταξη ΒΒΔ – ΝΝΑ. Παρατηρήθηκε επίσης πως η περιοχή αυτή μελέτης ήταν έντονα τεκτονισμένη, δηλαδή έντονα καταπονημένη η οποία συνοδεύεται από διάφορες οικογένειες ασυνεχειών οι οποίες έχουν δώσει αρκετές αστοχίες στη περιοχή και αυτό μπορεί να το δει κανείς από τις φωτογραφίες που λήφθηκαν παρακάτω. Δεν έπαιξε μόνο ρόλο όμως το γεγονός της έντονης τεκτονικής διεργασίας στη περιοχή. Μεγάλο επίσης ρόλο έπαιξε το πέτρωμα το οποίο αποτελείται η περιοχή, ο σχηματισμός, το οποίο είναι μάρμαρο, αλλά επιφανειακά εμφανίζεται σε μεγάλα ποσοστά διαβρωμένος - καρστικοποιημένος.



Εικόνα 4.1.3.1. :Δορυφορική εικόνα της περιοχής παρατήρησης





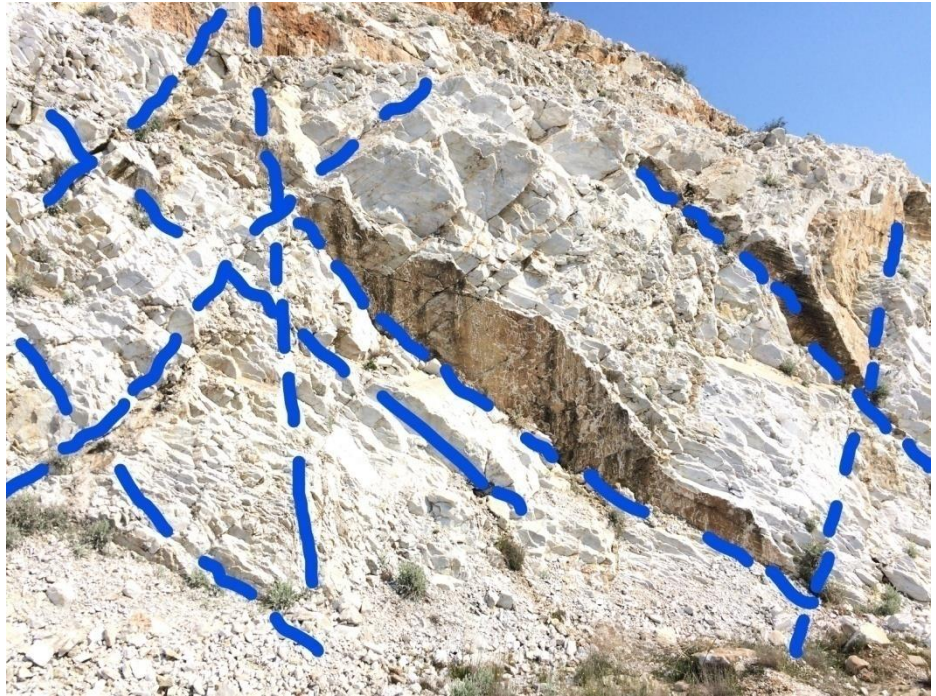
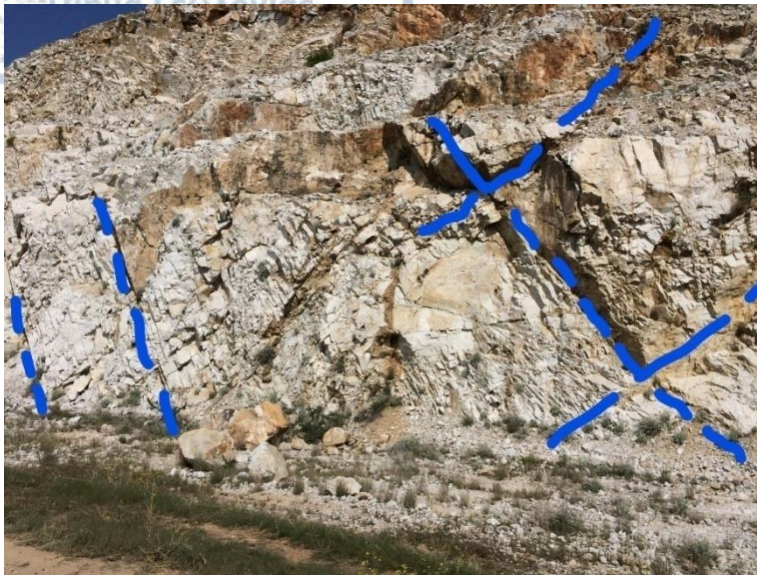
Εικόνα 4.1.3.2 : Παρατήρηση του ρήγματος και αποτύπωση του στις εικόνες. Παράταξη ρήγματος ΔΝΔ-ΑΒΑ με αρκετά μεγάλη γωνία κλίσης. Παρατήρηση επίσης των έντονα καρστικοποιημένων μαρμάρων της περιοχής, όπου μπορεί να παρατηρηθεί και έντονη αποσαθρωμένη ζώνη και έντονα καρστικοποιημένη.

Α.





Εικόνα 4.1.3.3 : Παρατήρηση του ρήγματος το οποίο είναι κάθετο σε αυτόν της εικόνας 4.1.3.2 με παράταξη BBD – NNA, το οποίο ρήγμα και αυτό σαν το άλλο βρίσκεται σε μάρμαρα τα οποία θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν αρκετά καρστικοποιημένα, η εικόνα A λήφθηκε από την NNA πλευρά, ενώ η εικόνα B, BBD.



Εικόνα 4.1.3.4 :Απεικόνιση των ασυνεχειών πάνω στα έντονα τεκτονισμένα και καρστικοποιημένα μάρμαρα της περιοχής που βρίσκονται κάθετα στην επιφάνεια του ρήγματος. Παράταξη ρήγματος ΔΝΔ – ΑΒΑ. Η περιοχή είναι έντονα τεκτονισμένη και καρστικοποιημένη.



Πίνακας 4.2.α. και β.: α) Μετρήσεις από την περιοχή, τα στοιχεία αυτά ανήκουν στο ρήγμα το οποίο είναι κάθετο στο κύριο ρήγμα, του οποίου τα στοιχεία είναι στον από κάτω β) πίνακα.

α)

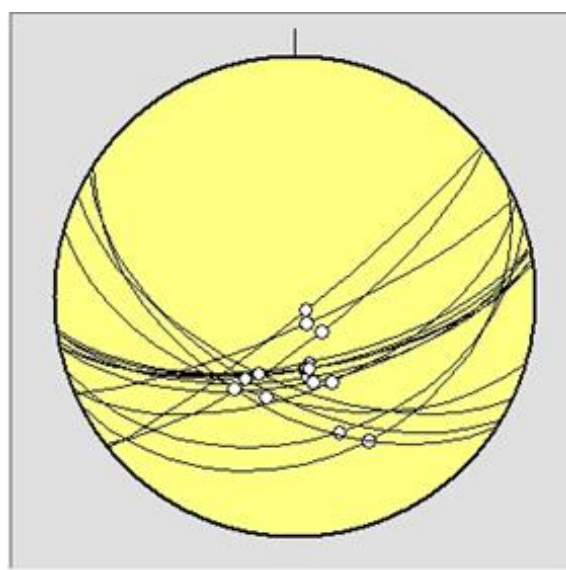
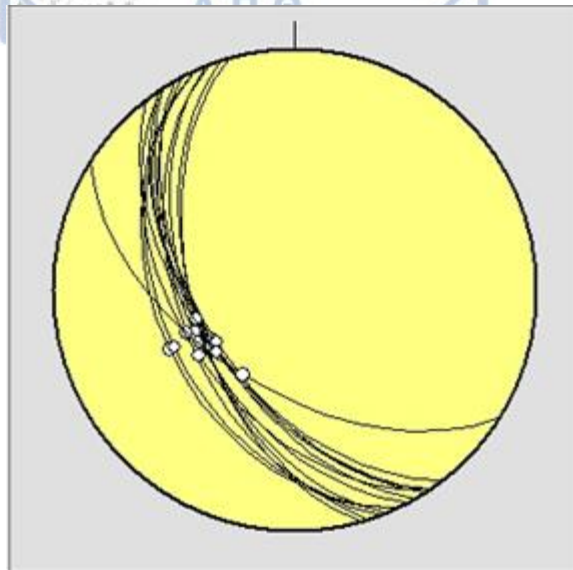
ME T.1	ME T.2	ME T.3	ME T.4	ME T.5	ME T.6	ME T.7	ME T.8	ME T.9	ME T.10	ME T.11	ME T.12	ME T.13	ME T.14
242 /53	240 /57	252 /55	236 /56	236 /57	248 /54	245 /42	249 /50	236 /50	254/ 55	245/ 44	237/ 58	232/ 56	212/ 56

β)

ME T.1	ME T.2	ME T.3	ME T.4	ME T.5	ME T.6	ME T.7	ME T.8	ME T.9	MET .10	MET .11	ME T.12	ME T.13	MET .14	MET .15	MET .16	MET .17
172 /65	156 /80	168 /67	156 /80	171 /65	153 /33	162 /40	171 /62	169 /65	168/ 60	157/ 58	142/ 75	141/ 84	205/ 61	211/ 57	196/ 54	213/ 52

Πίνακας 4.3. : Μετρήσεις από τις διακλάσεις της περιοχής μελέτης.

	ΔΙΑΚΛΑΣΗ 1	ΔΙΑΚΛΑΣΗ 2	ΔΙΑΚΛΑΣΗ 3
MET1	026/75	028/74	250/45
MET2	024/74	024/72	282/45
MET3	025/72	026/74	252/40
MET4	023/78	-----	248/45
MET5	034/79	-----	-----
MET6	035/84	-----	-----



Εικόνα 4.1.3.5.: Αποτύπωση των μετρήσεων από πίνακα 4.2.α. και β. Σε δίκτυο Schmidt.
(Win_Tensor_5-8-9.)

4.1.4. Περιοχή παρατήρησης Άνω Ποντολίβαδου

Στη συνέχεια της υπαίθριας παρατήρησης κατευθυνθήκαμε προς την περιοχή του Άνω Ποντολίβαδου, όπου οι παρατηρήσεις μας έγιναν σε ένα παλιό και παρατημένο λατομείο της περιοχής όπου συλλέχθηκαν αρκετές πληροφορίες οι οποίες θα μπορούσαν να βοηθήσουν αρκετά στην παρούσα εργασία.



Εικόνα 4.1.4.1. :Δορυφορική εικόνα της περιοχής παρατήρησης



Εικόνα 4.1.4.2 : Παρατήρηση ρηγμάτων και διάφορων οικογενειών διακλάσεων της περιοχής.



Εικόνα 4.1.4.3 : Κοντινή εικόνα από διακλάσεις που συνοδεύουν την περιοχή



Εικόνα 4.1.4.4 : Πανοραμική λήψη της περιοχής παρατήρησης ρήγματος με διεύθυνση κλίσης ΝΝΔ.



Εικόνα 4.1.4.5 : Παράταξη ρήγματος ABA – ΔΝΔ.



Εικόνα 4.1.4.6 : Γραμμές ολίσθησης πάνω στην επιφάνεια του πλάγιο-κανονικού ρήγματος, όπου μπορεί να παρατηρήσει κανείς την ελαφρώς τραχύ επιφάνεια αυτή από την εικόνα, πράγμα που σημαίνει ότι αρχικά το ρήγμα συμπεριφέρεται ως ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης και ύστερα εξελίσσεται σε ένα πλάγιο κανονικό ρήγμα.



Εικόνα 4.1.4.7 : Επιφάνεια του κυρίου ρήγματος μελέτης Καβάλας – Ξάνθης με παράταξη ΒΑ – ΝΔ.



Εικόνα 4.1.4.8 : Το κύριο ρήγμα μελέτης με παράταξης BBA – NNΔ.



Εικόνα 4.1.4.9 : Ρήγμα το οποίο εδώ παρατηρείται πως κόβει κάθετα με μεγάλη γωνία κλίσης το κύριο ρήγμα. Η παράταξη του κυρίου ρήγματος εδώ είναι περίπου BBA – NNΔ και η διεύθυνση κλίσης του άλλου ρήγματος είναι προς τα NNΔ.



Εικόνα 4.1.4.10 : Είναι το ίδιο μέρος με την εικόνα 4.9 με διαφορά πως είναι από πιο μακριά τραβηγμένη και μπορεί να παρατηρήσει κανείς στο πάνω αριστερό τμήμα της φωτογραφίας την επιφάνεια του κυρίου ρήγματος.

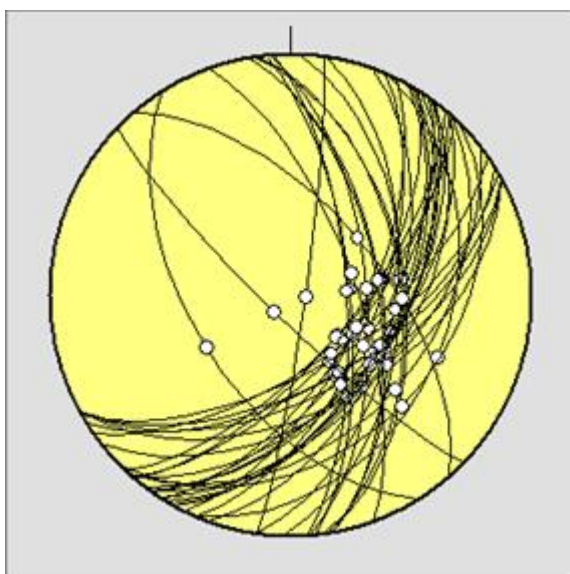
Πίνακας 4.4: Μετρήσεις από τη περιοχή του Άνω Ποντολίβαδου.

MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.
.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
084/	070/	085/	049/	086/	080/	151/	150/	148/	126/
70	68	64	60	71	59	59	64	59	56

MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
127/	110/	113/	081/	142/	130/	151/	123/	133/	082/
54	54	61	51	50	69	50	52	69	52

MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
125/	131/	122/	120/	131/	121/	116/	126/	119/	132/
60	66	65	54	54	52	65	49	55	41

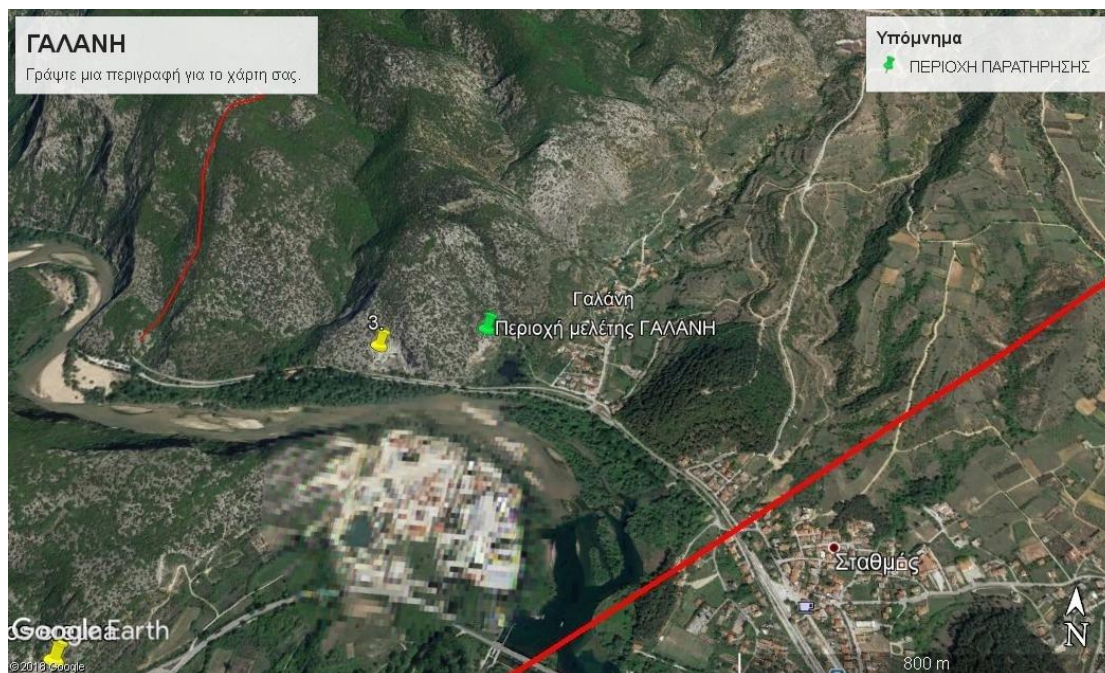
MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
098/	145/	092/	151/	113/	135/	098/	080/	224/	238/
54	66	52	55	34	35	85	60	82	56



Εικόνα 4.1.4.2.: Αποτύπωση των μετρήσεων από των **Πίνακα 4.4.** (Win_Tensor_5-8-9.)

4.1.5. Περιοχή παρατήρησης Γαλάνης

Συλλογή φωτογραφιών και μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν και από τη περιοχή της Γαλάνης, έγιναν αρκετές παρατηρήσεις στο ύπαιθρο.



Εικόνα 4.1.5.1.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του ποταμού Νέστου και του χωριού Γαλάνης, με πράσινο σημειώνεται η περιοχή παρατήρησης.



Εικόνα 4.1.5.2: Πανοραμική λήψη της περιοχής μελέτης. Παράταξη BBA –NNΔ.



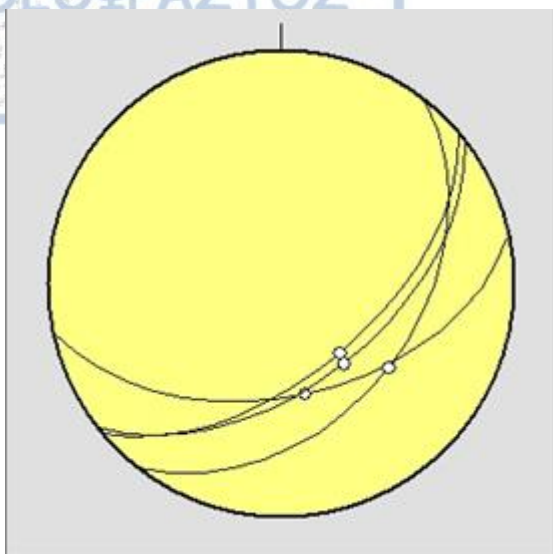
Εικόνα 4.1.5.3: Εικόνες από την περιοχή, παρατήρηση των έντονα διαβρωμένων μαρμάρων της περιοχής , και της απότομης κλίσης που τα συνοδεύουν.



Εικόνα 4.1.5.4 : Παρατήρηση πτύχωσής στους σχηματισμούς της περιοχής.

Πίνακας.4.5. : Μετρήσεις που έγιναν στη περιοχή της Γαλάνης.

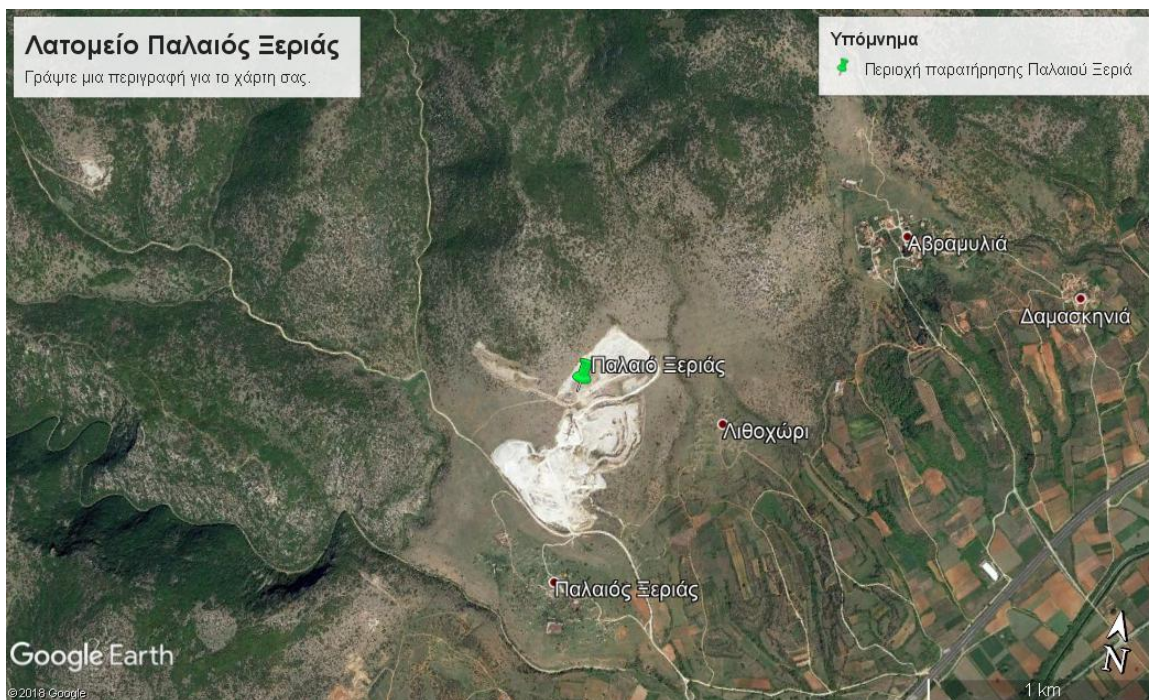
METP.1	METP.2	METP.3	METP.4
168/50	128/41	140/58	142/54

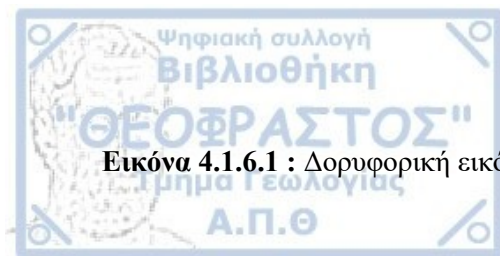


Εικόνα.4.1.5.5.: Αποτύπωση των μετρήσεων από τον ανώτερο **πίνακα.4.5.** (Win_Tensor_5-8-9.)

4.1.6. Περιοχή παρατήρησης Λατομείο Παλαιού Ξεριά

Επόμενη περιοχή μελέτης ήταν το λατομείο του παλαιού Ξεριά, λόγω κακοκαιρίας δεν λήφθηκαν φωτογραφίες. Παρακάτω στον πίνακα 4.7. μπορεί κανείς να δει τις μετρήσεις που λήφθηκαν από την περιοχή.

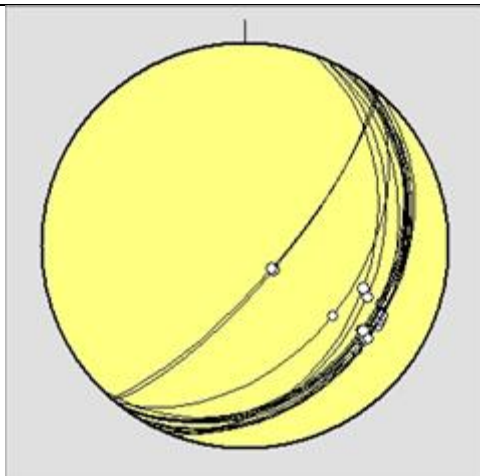




Εικόνα 4.1.6.1 : Δορυφορική εικόνα από την περιοχή παρατήρησης

Πίνακας.4.6.: Μετρήσεις από το ρήγμα στην περιοχή του λατομείου

ΡΗΓΜΑ	ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ
130/75	030/48
129/44	051/40
131/76	064/50
113/35	062/31
110/38	068/35
121/25	081/30
113/28	073/45
133/26	
126/30	
128/28	
119/25	
125/28	
117/25	
128/26	
126/29	
127/25	
124/31	



Εικόνα 4.1.5.6.: Αποτύπωση των μετρήσεων, μόνο του ρήματος, όχι διακλάσεων, από τον πίνακα.4.6., ακριβώς από πάνω στο δίκτυο Schmidt. (Win_Tensor_5-8-9.)

4.1.7. Περιοχή μελέτης Παλαιά Χρύσα

Μεγάλο ενδιαφέρον εμφανίζει η περιοχή Βόρεια της Συνοικίας της Παλαιάς Χρύσας, Όπου οι παρατηρήσεις έγιναν στο παλαιό λατομείο το οποίο εδώ και πολλά χρόνια έχει πάψει να λειτουργεί. Η περιοχή αυτή αποτελείτε εξολοκλήρου από μάρμαρα τα οποία είναι αρκετά καρστικοποιημένα, σε διάφορα σημεία στη περιοχή παρατηρήθηκαν αστοχίες και κατολισθήσεις λόγω των έντονα διαβρωμένων- καρστικοποιημένων μαρμάρων, όπου το νερό εισχωρώντας από τα κενά στα πετρώματα (ασυνέχειες, ρήγματα , κλπ.) διάβρωσαν το εσωτερικό του πετρώματος δημιουργώντας κενά τα οποία με το χρόνο γέμισαν με λεπτόκοκκα ασβεστιτικής σύστασης υλικά και τέλος με τη παρόδου του χρόνου, κατά μήκος αυτών τον επιφανίων εσωτερικά του πετρώματος έδωσαν κατολισθήσεις στη περιοχή.



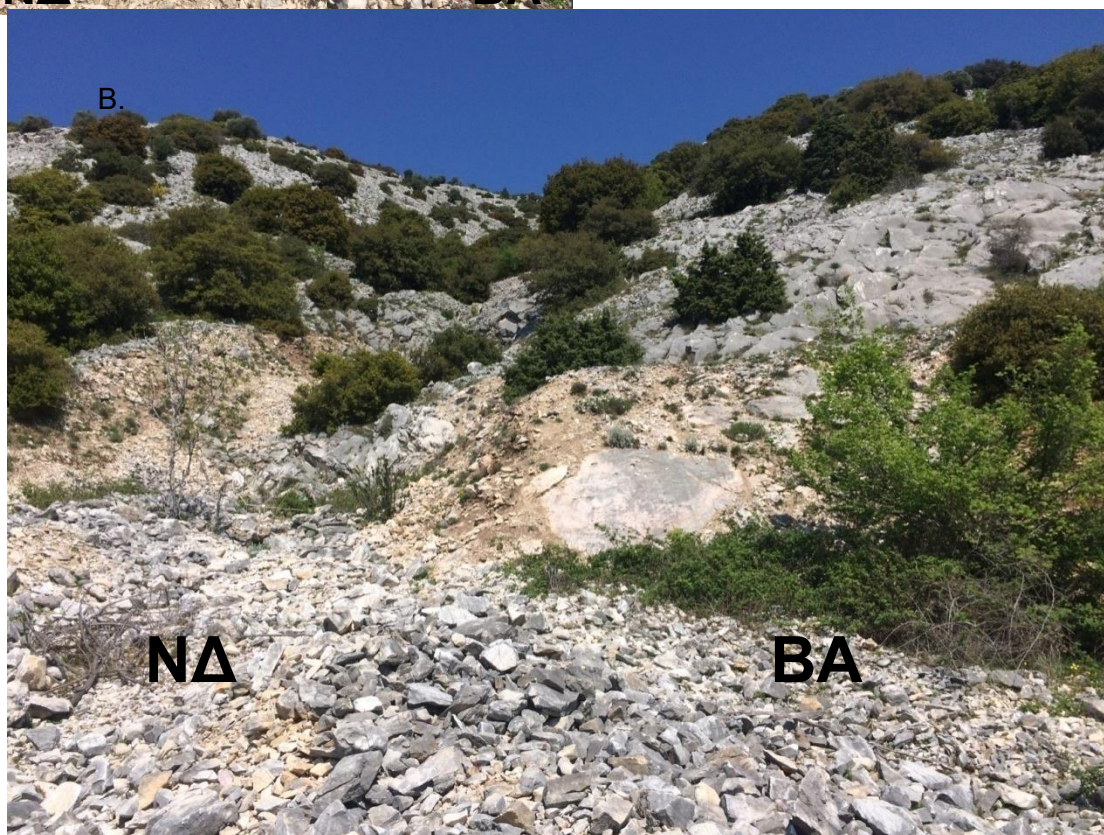
Εικόνα 4.1.7.1. : Δορυφορική εικόνα από την περιοχή παρατήρησης.



Εικόνα 4.1.7.2. : Παλιό λατομείο Παλιάς Χρύσας.



Εικόνα 4.1.7.3.: Εικόνες απο την αστοχία στην περιοχή του λατομίου.



Εικόνα 4.1.7.4: Εμφάνιση του ρήγματος σε ένα σημείο της περιοχής. Παράταξη ρήγματος ΝΔ – ΒΑ.

Οι σχηματισμοί της περιοχής συνοδεύονται από διάφορες οικογένειες ασυνεχειών που κόβουν τους σχηματισμούς και αυτό είναι εύκολο να παρατηρηθεί κάτω στις εικόνες στην βάση του ρήγματος. Κατα μήκος του μεγάλου ρήγματος που παρατηρήθηκε στην περιοχή, παρατηρήθηκαν και άλλα ρήγματα, πολύ μικρότερα από το κύριο ρήγμα, σε διάφορες άλλες θέσεις, μια τέτοια θέση παρατήρησης ενός τέτοιου μικρού τμήματος ρήγματος παρατηρήθηκε στη βάση πάλι του ρήγματος, με ίδια σχεδόν παράταξη, δηλαδή παράλληλη σε αυτήν του κυρίου ρήγματος. Είναι δύσκολο να παρατηρηθεί το συγκεκριμένο ρήγμα, επειδή στην επιφάνεια που έχει εκσαφθεί παρατηρούνται πολλές ασυνέχειες. Σύληχθηκαν αρκετές μετρήσεις από την περιοχή, συλέχθηκαν μετρήσεις από τα ρήγματα, όσο το δυνατόν καλύτερα, επίσης λήφθηκαν μετρήσεις και από τις επιφάνειες των ασυνεχειών.



Εικόνα 4.1.7.5.: Μακρινή εικόνα από τη περιοχή του λατομείου, στην εικόνα παρατηρούνται μερικές ασυνέχειες και κάποια πιθανά ρήγματα, κάτω δεξιά, σημειώνεται με κόκκινο κύκλο, ένας μικρός σχετικά καθρέπτης ρήγματος που έχει παράλληλη σχεδόν παράταξη με το κανονικό ρήγμα μελέτης της περιοχής. Παράταξη ΝΔ-ΒΑ.

Τέλος, μεγάλο ενδιαφέρον εμφανίζει το τμήμα του μεγάλου ρήγματος της περιοχής, όπου η επιφάνεια του ρήγματος βρίσκεται με σχετικά μεγάλη γωνία κλίσης (κατά το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης του ρήγματος σε όλες τις περιοχές παρατήρησης, είναι σχετικά με μεγάλη γωνία κλίσης , $> 50-55$ μοιρών κατά μέσο όρο) προς τα Νότια της περιοχής. Η επιφάνεια του ρήγματος αυτού βρίσκεται σε επαφή με πολύ πρόσφατης ηλικίας ιζήματα που ανήκουν στο Ολόκαινο.



Γ.



Δ.





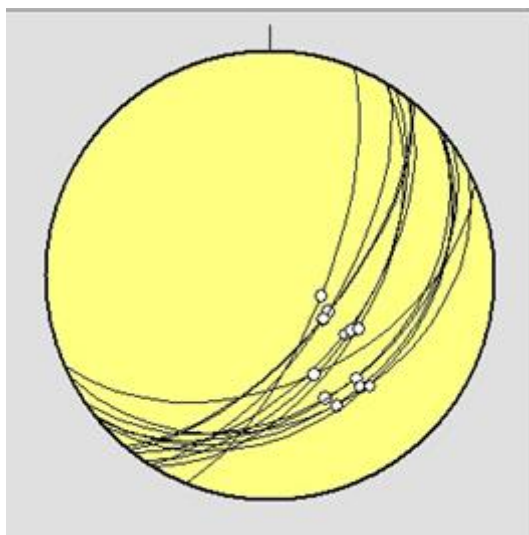


Εικόνα 4.1.7.6.: Εικόνες από την επαφή του ρήγματος, παράταξης ΝΔ-ΒΑ με τα νεογενή ιζήματα.

MET P.1	MET P.2	MET P.3	MET P.4	MET P.5	MET P.6	MET P.7	MET P.8	MET P.9	MET P.10	MET P.11	MET P.12
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------

128/ 55	130/ 65	122/ 65	124/ 54	129/ 65	121/ 52	156/ 40	140/ 40	156/ 50	141/ 36	153/ 35	112/ 70
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Πίνακας.4.7. : Μετρήσεις του ρήγματος από την περιοχή της παλαιάς Χρύσας, παλαιό λατομείο



Εικόνα.4.1.7.7. : αποτύπωση των μετρήσεων από τον πίνακα:4.7 πάνω σε δίκτυοSchmidt
(Win_Tensor_5-8-9.)

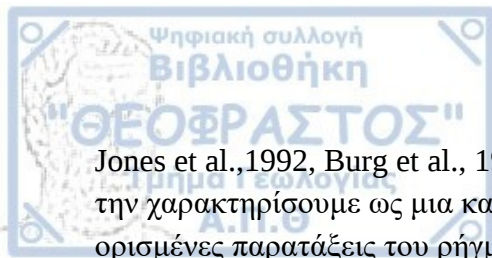


Τέλος έχοντας γίνει όλες οι παραπάνω συλλογές πληροφοριών από ύπαιθρο αλλά και από άλλες διάφορες εργασίες και παρατηρήσεις που έχουν γίνει και έχουν κριθεί χρήσιμα, πως θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην παρούσα εργασία, ώστε να βγει ένα σχετικό συμπέρασμα για το τι γίνεται τελικά με τη γεωλογία της περιοχής. Έχει γίνει μια απόπειρα στο να δοθεί μια απάντηση για όσα έχουν συμβεί στην περιοχή, από τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί σε αυτή την εργασία.

Γενικά από όσα έχουμε καταλάβει η περιοχή της Βορείου Ελλάδος είναι τεκτονικά έντονα καταπονημένη. Στο σύνολο της η Ελλάδα μαζί με κάποιες γειτονικές χώρες όπως η Τουρκία και η μακρινή Ιαπωνία θεωρείται μια από τις πιο σεισμογενείς χώρες του πλανήτη. Η βόρεια Ελλάδα αποτελείται από τη Βόρεια αυτή Ρηξιγενή ζώνη η οποία χωρίζεται σε τμήματα, ένα από αυτά είναι το μεγάλο αυτό ρήγμα που ξεπερνάει τα 120 χιλιόμετρα (Lyberis, 1984), όπου και μελετήσαμε το Δυτικό τμήμα αυτής. Το κομμάτι αυτό μελέτης αποτελείται από ένα κανονικό ρήγμα, παράταξης ΝΔ – ΒΑ, από τη συλλογή πληροφοριών συμπεραίνουμε ότι το ρήγμα όπως είπαμε και νωρίτερα είναι ένα κανονικό ρήγμα το οποίο κατά τους ιστορικούς χρόνους γνωρίζουμε ότι έχει δώσει αρκετά μεγάλους και καταστροφικούς σεισμούς στην ευρύτερη περιοχή. Πράγμα που δηλώνει ότι η μάζα της Ροδόπης είναι τεκτονικά ενεργή χωρίς καμία αμφιβολία, με μόνη διαφορά από τις υπόλοιπες ζώνες που βρίσκονται στον Ελληνικό χώρο, είναι ότι δίνει σεισμούς σε πολύ μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Το ρήγμα αυτό κόβει το παλαιό ηπειρωτικό φλοιό ο οποίος αποτελείται από πολύ - μεταμορφωμένα πετρώματα. Η δημιουργία του Ερκύνιου ηπειρωτικού φλοιού κατά τον Liati και Gebauer (1999) έγινε κατά το Πέρμιο δηλαδή στα 294 εκατομμύρια χρόνια και η υποβύθισή του κατά το Ηώκαινο. Τα πρώτα στάδια της υποβύθισης ξεκίνησαν στα 45 εκατομμύρια χρόνια. Κατόπιν ο φλοιός αυτός άρχισε πάλι να ανεβαίνει και τα τελευταία στάδια της εκταφής έγιναν κατά το Παλαιόκαινο δηλαδή περίπου στα 36 εκατομμύρια χρόνια. (Σχήμα Β κεφάλαιο 2.2)

Το ρήγμα αυτό αρχικά συμπεριφέρεται ως ένα κανονικό ρήγμα οι τάσεις που επικρατούν στην περιοχή είναι εφελκυστικές, σχετικά με μεγάλες γωνίες κλίσης σε διάφορα σημεία, όμως παρατηρείται μια μείωση της κλίσης προς τα Δυτικά, κατά Μουντράκης και Τρανός (2004), Ροντογιάννη, κ. α. (2004) και Μουντράκης κ.α. (2006).. Η διεύθυνση αυτού του ρήγματος είναι ΔΒΔ – ΑΝΑ. Στη συνέχεια επικρατεί πάλι μια εφελκυστική τάση σε όλη τη περιοχή κατά το Πλειόκαινο – Κ. Πλειστόκαινο, με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ και βυθίζεται προς τα ΝΝΑ, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ιζηματογενών λεκανών και εξαρμάτων τεκτονικής προέλευσης. Αυτό μπορεί να το παρατηρήσει κανείς και από τα δίκτυα Schmidt, όπου φαίνεται η διεύθυνση κλίσης του ρήγματος ανά τα σημεία συλλογής πληροφοριών.

Γενικά θα πρέπει να σημειώσουμε πως η διείδυση του πλουτωνίτη συνδέεται και με τη δράση της αρχικά οριζόντιας μετατόπισης ρήγματος στο Δυτικό τμήμα της μάζας, που λαμβάνει χώρα κατά το Ολιγόκαινο, κατά Koukouvelas & Pe – Piper, 1991, Caputo, Chatzipetros, Pavlides & Sboras, 2012. Γεωφυσικά δεδομένα δείχνουν πως ο πλουτωνίτης συνεχίζει και κάτω από τα ιζήματα της λεκάνης Ξάνθης-Κομοτηνής και συνδέεται με την κατάρρευση του ορογενούς στην περιοχή και την επακόλουθη λέπτυνση του φλοιού (



Jones et al., 1992, Burg et al., 1996.).. Την ρηξιγενή αυτή ζώνη κινηματικά μπορούμε να την χαρακτηρίσουμε ως μια κανονική, εφελκυστική κίνηση με μόνη διαφορά ότι σε ορισμένες παρατάξεις του ρήγματος, ΝΔ - ΒΑ παρατηρείται μία πλάγιο - κανονική κίνηση, ενώ σε άλλα σημεία, όπως για παράδειγμα στη περιοχή του Άνω Ποντολίβαδου, αρχικά παρατηρήθηκε η παράταξη του ρήγματος στην περιοχή και ύστερα σε ένα σημείο παρατηρήθηκε πως υπήρξε μια αλλαγή στη συμπεριφορά του ίδιου ρήγματος από ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης σε ρήγμα πλαγιοκανονικό. Η ρηξιγενής αυτή ζώνη εξελίσσεται λοιπόν σε μία κανονική ρηξιγενή ζώνη από μια αρχική οριζόντιας μετατόπισης ρήγμα, το οποίο γεγονός είχε βοηθήσει τη διείσδυση του πλουτωνίτη στα ανατολικά της Ξάνθης κατά το Ολιγόκαινο, και η διείσδυση αυτή με τη σειρά της συνέβαλε στη διαμόρφωση του χώρου.



Sboras Sotirios (2009-2011). The Greek Database of Seismogenic Sources: seismotectonic implications for North Greece. Università degli Studi di Ferrara
DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE DELLA TERRA CICLO XXIV
COORDINATORE Prof. Beccaluva Luigi, Dottorato Sboras Sotirios , Tutore: Prof. Caputo Riccardo, Co-Tutore: Prof. Pavlides Spyros.

Alexandre Kounov · Eliane Wüthrich · Diane Seward · Jean-Pierre Burg · Daniel Stockli.
Int J Earth Sci (Geol Rundsch) (2015) 104:1337–1352 DOI 10.1007/s00531-015-1158-2. Low-temperature constraints on the Cenozoic thermal evolution of the Southern Rhodope Core Complex (Northern Greece).

Koukouvelas I, Pe-Piper G (1991) The Oligocene Xanthi pluton, northern Greece: a granodiorite emplaced during regional extension J Geol Soc 148: 749-758

Pierre Gautier a,*, Jean-Pierre Brun a, Richard Moriceau , Dimitrios Sokoutis , Joseph Martinod , Laurent Jolivet. Tectonophysics 315 (1999) 31–72. Timing, kinematics and cause of Aegean extension: a scenario based on a comparison with simple analogue experiments a *Ge'osciences Rennes, CNRS-UPR 4661, Universite' Rennes 1, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France* b *Hans Ramberg Tectonic Lab., Institute of Earth Sci., Uppsala University, Villava'gen 16, S-752 36 Uppsala, Sweden* c *IRIGM, BP 53, Universite' Joseph Fourier, 38041 Grenoble Cedex 9, France* d *Laboratoire de Tectonique, ESA 7072, Universite' P. et M. Curie, T 26-0 E1, 4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France*

Jean-Pierre Brun Z Dimitrios Sokoutis, Jean-Pierre Burg', Luc-Emmanuel Ricou', Zivko Ivanog. Ivan Godfriaug, Dimo Dim02 and Laslo, (2007). Kinematics of the Southern Rhodope Core Complex (North Greece) ,Syn-metamorphic nappe complex in the Rhodope Massif. Structure and kinematics Klain3'*Geologisches Institut, ETH Zentrum, Sonneggstrasse 5, CH-8092 Zurich, Switzerland, 2Institut de Physique du Globe, Ge'omagnetisme et Pal'tomagne'tisme, 4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France, 3Department of Geology, Sofia University, Tsar Osvoboditel Boulevard 25, 1000 Sofia, Bulgaria, *Fuculte'Polytechnique, 9 rue de Houahin, 7000 Mom, Belgium*



Δημοσθένης Μ. Μουντράκης (2010). Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας,
Εκδόσης : UniversityStudioPress.

Ενιαία ΜΠΚΕ Ελλάδας Κεφάλαιο 6 - Υφιστάμενη Κατάσταση Φυσικού, Βιοτικού και
Πολιτιστικού Περιβάλλοντος, Ιστοσελίδα του Φυσικού Αερίου TAP (Trans
Adriatic Pipeline).

Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1 : 500000 , ΙΓΜΕ : 1983.

Γεωλογικός χάρτης Ξάνθης, κλίμακας 1 : 50000, ΙΓΜΕ: 1973.

Διαδικτυακές πηγές

el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B1%CE%B3%CE%B3%CE%B1%CE%AF%CE%B1

el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%87%CF%81%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CF%82

opencourses.uoa.gr/courses/GEOL102/

geo.auth.gr/courses/ggp/mth1063e/pdf/10th_Chapter.pdf

el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%BF%CE%B4%CF%8C%CF%80%CE%B7

Image: © U.S. Geological Survey

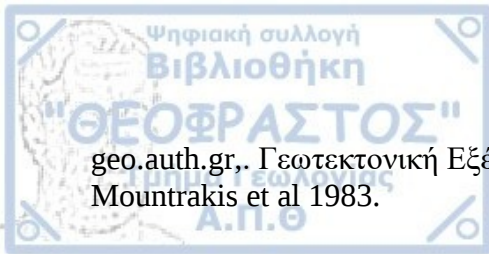
Wikipedia, Surficial geology of Europe

geo.auth.gr, Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ελληνικού Χώρου, σχήμα 13

geo.auth.gr, Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ελληνικού Χώρου σχήμα 46. Κατά McKenjie, 1970.

geo.auth.gr, Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ελληνικού Χώρου σχήμα 45. Κατά Παπαζάχος 2001

geo.auth.gr, Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ελληνικού Χώρου σχήμα 53. Κατά Angelier 1979.



geo.auth.gr,. Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ελληνικού Χώρου σχήματα 37, 38, 39. Κατά Mountrakis et al 1983.

Ιστοσελίδα του ΤΑΠ αγωγού φυσικού αερίου, *Σχήμα κατά Mercier et al, 1989.*

geophysics.geo.auth.gr. Κατάλογος σεισμών του Παπαζάχου, Papazachos *et al.* 2000; 2009.

Google Earth.

Διαγράμματα Schmidt, Win_Tensor_5-8-9.