



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΙΛΥΡΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2023



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

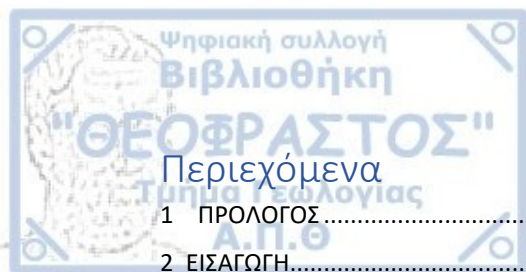
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΙΛΥΡΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΟΜΕΑ: 211/4-4-2022

ΕΠΙΒΛΕΨΗ : ΧΑΤΖΗΠΕΤΡΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2023



Περιεχόμενα

1	ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
2	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2.1	Ο στόχος της εργασίας.....	4
2.2	Γεωγραφικά – γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.....	4
3	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	5
3.1	Το Ελληνικό ορογενές εντός του Αλπικού ορογενετικού συστήματος	5
3.2	Γεωτεκτονική τοποθέτηση και χαρακτηριστικά των ζωνών Σερβομακεδονικής και Περιοδοπικής.....	10
3.3	Περιοδοπική Ζώνη	12
3.3.1	Ενότητα Ντεβέ Κοράν - Δουμπιά	12
3.3.2	Ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα	13
3.3.3	Ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη	13
3.4	Σερβομακεδονική μάζα.....	14
3.4.1	Ενότητα Κερδυλλίων.....	15
3.4.2	Ενότητα Βερτίσκου	15
4	ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16
5	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	17
5.1	Γενικά στοιχεία.....	17
5.2	Χαρτογραφικές ενότητες.....	17
6	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	25
6.1	Τεκτονικές μετρήσεις δομικών στοιχείων.....	25
6.2	Διαχωρισμός φάσεων παραμόρφωσης	27
6.2.1	Τεκτονική φάση D1	29
6.2.2	Τεκτονική φάση D2	29
6.2.3	Τεκτονική φάση D4	30
6.2.4	Τεκτονική φάση D5	34
6.2.5	Τεκτονική φάση D6a	36
6.2.6	Τεκτονική φάση D6b	37
6.3	Γεωλογικές τομές υπαίθρου	38
7	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	44
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
9	ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ABSTRACT.....	49
9.1	Ελληνική περίληψη	49
9.2	English abstract	49
10	Βιβλιογραφία.....	50
11	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	52

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιική εργασία εντάσσεται στο συνολικό εκπαιδευτικό έργο του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και ειδικότερα του Τομέα Τεκτονικής, Ιστορικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας. Η εκπαίδευση στη μεθοδολογία (βιβλιογραφία, ύπαιθρος) και η συμβολή των προπτυχιακών φοιτητών στην προσπάθεια κατανόησης, έρευνας αλλά και παραγωγής νέων αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη για την ακαδημαϊκή κοινότητα και την προετοιμασία της για το μέλλον. Το θέμα της εργασίας εντάσσεται στα πλαίσια ενός γεωλογικού προβληματισμού που αφορά την γεωλογική δομή και την γεωτεκτονική εξέλιξη σε μια περιοχή κοντά στην πόλη της Θεσσαλονίκης (Πεύκα, Φιλύρου, Ασβεστοχωρίου).

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Αλέξανδρο Χατζηπέτρο για την επιλογή του θέματος της εργασίας. Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Δρ., Εμμανουήλ Κατριβάνο για την υποδειγματική καθοδήγηση και συνεργασία τόσο στην εργασία υπαίθρου, όσο και στην βιβλιογραφική μελέτη. Τέλος ευχαριστώ τους καθηγητές, τους συναδέλφους και τους συμφοιτητές μου για την σημαντική βοήθεια που μου προσέφεραν. Η επίδραση και η συνεργασία των παραπάνω προσώπων ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση της εργασίας.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1 Ο στόχος της εργασίας

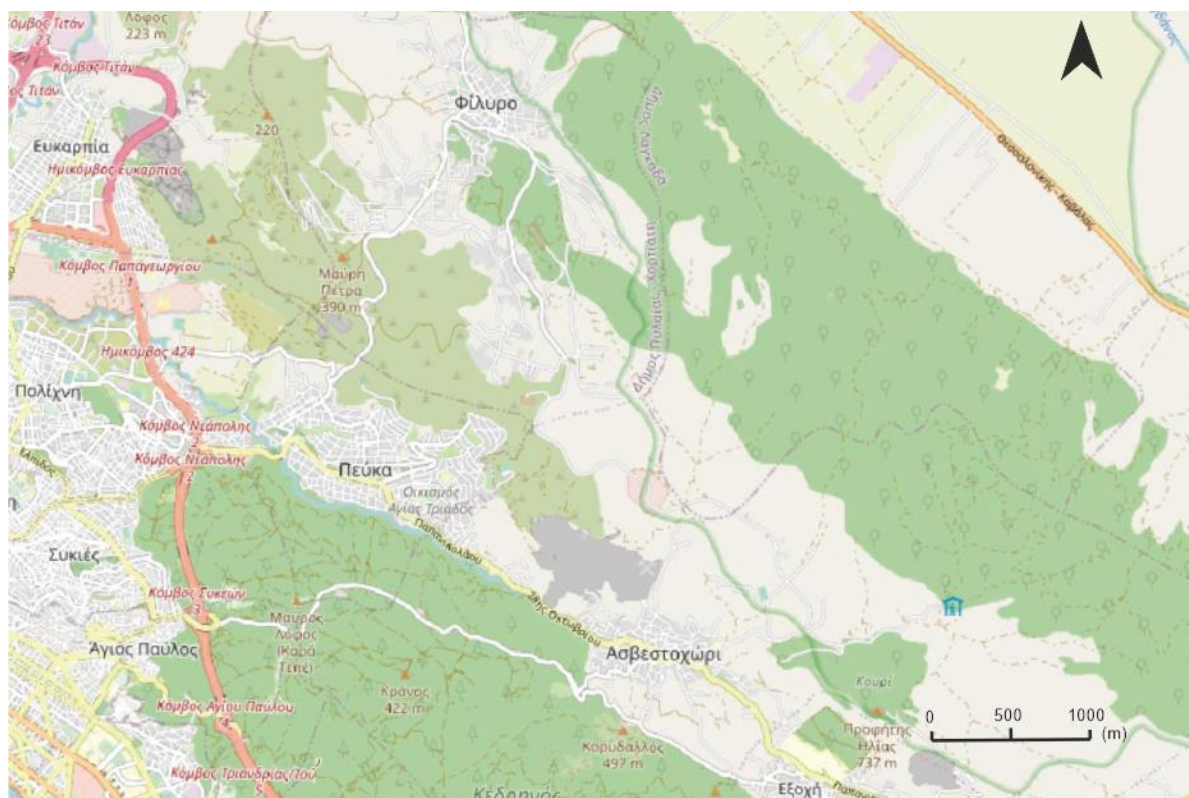
Στόχος της εργασίας είναι η συλλογή της προϋπάρχουσας γνώσης σε συνδυασμό με νέα στοιχεία όπου θα προκύψουν από το πεδίο έρευνας, η ανάλυση των νέων δεδομένων και η αξιολόγηση τους με σκοπό την κατανόηση και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Ειδικότερα, επιμέρους στόχοι της μελέτης αυτής είναι η διερεύνηση της γεωλογικής-τεκτονικής δομής του υποβάθρου, καθώς και η μελέτη της αλληλουχίας των φάσεων παραμόρφωσης. Για την υλοποίηση αυτής της προσπάθειας θα παρουσιαστούν στα παρακάτω κεφάλαια :

1. Πληροφορίες για την λιθολογία της περιοχής μελέτης , τον τρόπο επαφής των πετρωμάτων και την γεωμετρία τους
2. Τεκτονικά διαγράμματα μετά από μετρήσεις στο πεδίο
3. Γεωλογικές τομές σε σημεία ενδιαφέροντος
4. Εικόνες για την κατανόηση του τρόπου εργασίας (φωτογραφίες, σκίτσα, διαγράμματα)

2.2 Γεωγραφικά – γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία, βορειοανατολικά της Θεσσαλονίκης (**EIKONA 1**). Είναι τμήμα μιας λοφοσειράς με διάταξη βορειοδυτική – Νοτιοανατολική με μέσο υψόμετρο 350 μέτρα. Οι κορυφές της λοφοσειράς, εντός της περιοχής μελέτης είναι ο προφήτης Ηλίας στο Ασβεστοχώρι με υψόμετρο 737 μέτρα και η κορυφή μαύρη πέτρα με υψόμετρο 390 μέτρα. Μέσα στην περιοχή μελέτης υπάρχουν δύο ρέματα. Στα νότιο τμήμα της περιοχής Πεύκα ρέει ο Ξηροπόταμος ενώ υπάρχει και το ρέμα Μοναστήρι στα βορειοανατολικά. Η

λοφοσειρά είναι αποτέλεσμα της ευρύτερης τεκτονικής δράσης όπου έχει διαμορφώσει σε μεγάλο βαθμό το ανάγλυφο. Σήμερα ορισμένες από τις επιφανειακές ενδείξεις των τεκτονικών αποτελεσμάτων έχουν χαθεί από διεργασίες όπως η διάβρωση, οι εξαλλοιώσεις των πετρωμάτων και η ιζηματογένεση. Αυτό επαληθεύεται μέσα από τις σχετικά ομαλές κλίσεις του αναγλύφου, χωρίς όμως να λείπουν και σημεία με ξεκάθαρες διαφοροποιήσεις. Οι κατοικημένες περιοχές μέσα στο σημείο ενδιαφέροντος είναι το Φίλυρο, τα Πεύκα, και το Ασβεστοχώρι οι οποίες καταλαμβάνουν μικρό ποσοστό αφού η περιοχή έχει αρκετές αγροτικές εκτάσεις, βιομηχανίες και κτηνοτροφικές μονάδες. Στο παρελθόν η οικονομική ανάπτυξη των κατοίκων ταυτίστηκε με την εκμετάλλευση και την αξιοποίηση των πετρωμάτων της περιοχής με τελικό αποτέλεσμα την παραγωγή και το εμπόριο ασβέστη. Στις αρχές του 1990 σταμάτησαν και οι τελευταίες εργασίες στα λατομεία που δημιουργήθηκαν, αφήνοντας πίσω ενδείξεις για την παλαιότερη κουλτούρα του τόπου.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Γεωμορφολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης σε περιβάλλον GIS. Αναγράφονται οι κατοικημένες περιοχές, οι κυριότερες κορυφές αλλά και το υδρογραφικό δίκτυο.

3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

3.1 Το Ελληνικό ορογενές εντός του Αλπικού ορογενετικού συστήματος

Η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών αποτέλεσε το ορόσημο για την αναδιατύπωση των παλαιότερων υποθέσεων στα γεωλογικά ερωτήματα. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, υπάρχουν κινούμενες πλάκες μικρού και μεγάλου μεγέθους στην λιθόσφαιρα της Γης οι οποίες συγκλίνουν, αποκλίνουν ή κινούνται παράλληλα μεταξύ τους. Το

αποτέλεσμα αυτών των κινήσεων είναι ικανό να δημιουργήσει οροσειρές στην επιφάνεια της Γης, τάφρους στον πυθμένα των ωκεανών, ηφαίστεια με την μορφή νησιών αλλά και καταστροφικούς σεισμούς. Οι κινήσεις των πλακών διεξάγονται πάνω στην ασθενόσφαιρα, το κομμάτι του μανδύα με τις πιο εύκαμπτες ιδιότητες και το μικρότερο ιξώδες ([Papazachos 2013](#)). Μετά από μελέτες πάνω στις λιθοσφαιρικές πλάκες έγινε ένας διαχωρισμός σε ωκεάνιες και ηπειρωτικές πλάκες (καθώς επίσης και σε ωκεάνιο και ηπειρωτικό φλοιό) διότι βρέθηκε ότι υπήρχαν βασικές διαφορές ανάμεσα στα δύο αυτά είδη. Οι σημαντικότερες διαφορές βρέθηκαν στο πάχος του φλοιού (ηπειρωτικός φλοιός, 35-70 km και ωκεάνιος φλοιός, 5-10 km), αλλά και στην λιθολογική τους σύσταση. Ο ηπειρωτικός φλοιός αποτελείται γενικά από όξινα πετρώματα γρανιτικής συνήθως προέλευσης ενώ ο ωκεάνιος φλοιός από βασικά πετρώματα τα οποία προέρχονται από τον μανδύα της Γης και βρίσκουν διέξοδο μέσα από τις μεσσωκεάνιες ράχες. Παρ'όλο τον παραπάνω διαχωρισμό οι περισσότερες λιθοσφαιρικές πλάκες αποτελούνται από ένα ηπειρωτικό και ένα ωκεάνιο τμήμα που κινούνται συνδεδεμένα ([Μουντράκης 2010](#)). Σε περιοχές σύγκλισης η ωκεάνια πλάκα, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, υποβυθίζεται κάτω από την ηπειρωτική πλάκα μέχρις ότου τηχθεί και καταστραφεί. Ακολουθεί η σύγκρουση δύο ηπειρωτικών πλακών με πάχυνση του φλοιού και φαινόμενα ορογένεσης.

Η Ελλάδα βρίσκεται στο όριο της σύγκλισης της Ευρασιατικής πλάκας, όπου ανήκει, με την Αφρικανική. Η υποβυθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική βρίσκεται στο τελικό της στάδιο διότι έχει απομείνει ελάχιστος ωκεάνιος φλοιός σε περιοχές νότια της Κρήτης ([Papanikolaou 2015](#)). Ο ωκεάνιος φλοιός είναι υπόλειμμα του παλαιού ωκεανού της Τηθύος ο οποίος βρισκόταν ανάμεσα στις δύο ηπείρους και καταστράφηκε σταδιακά από την σύγκλιση τους. Αρκετά από τα υλικά του πυθμένα της Τηθύος τοποθετήθηκαν με τεκτονικές διεργασίες επάνω στον ηπειρωτικό χώρο της Ελλάδος και ήταν καθοριστικά για την διαμόρφωση της σημερινής της μορφής. Σε σημεία βορειότερα από την Ελλάδα όπως η κεντρική και η βόρεια Ευρώπη, υπάρχουν παραμορφώσεις από παλαιότερα ορογενετικά επεισόδια. Χαρακτηριστική είναι η δράση της Καληδονικής ορογένεσης (Κάμβριο- Κάτω Δεβόνιο) αλλά και της Ερκύνιας ορογένεσης (Μέσο Δεβόνιο- Πέρμιο)([Μουντράκης 2010](#)). Πάνω στις υπάρχουσες ορογενετικές δράσεις στηρίχθηκε ένας χρονικός διαχωρισμός στην Ευρώπη με την ηλικία να μειώνεται προς τον Νότο. Έτσι η Ευρώπη χωρίστηκε σε:

- Πανάρχαια Ευρώπη -> χωρίς ορογενετικά επεισόδια
- Παλαιά Ευρώπη -> Καληδονική ορογένεση
- Μέση Ευρώπη -> Ερκύνια ορογένεση
- Νέα Ευρώπη -> Αλπική ορογένεση

Η Ελλάδα ανήκει στην Νέα Ευρώπη καθώς εμπεριέχει παραμορφώσεις του Αλπικού ορογενετικού συστήματος της Τηθύος ([ΕΙΚΟΝΑ 2](#)).



EIKONA 2. Το Αλπικό ορογενετικό σύστημα της Τηθύος στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. (Κατά Cavazza and Wezel 2003 από Katrivanos 2017)

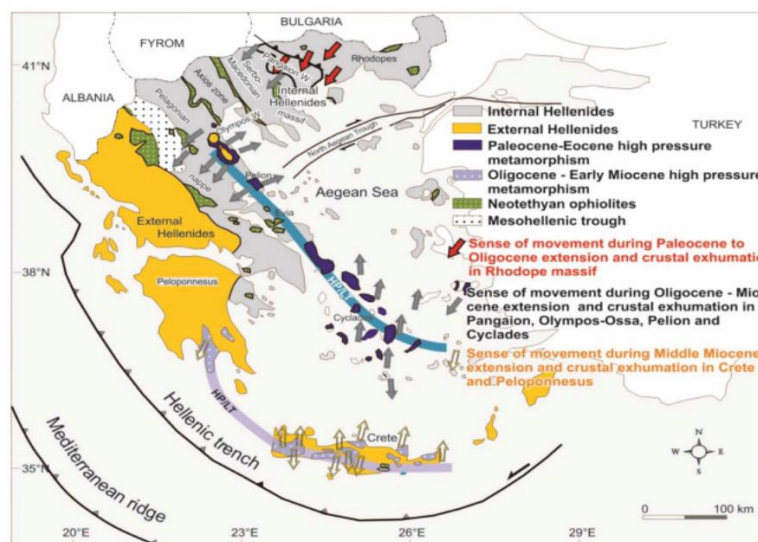
Υπάρχουν όμως περιοχές που δημιουργήθηκαν πριν από την έναρξη της δράσης του Αλπικού ορογενούς. Τέτοια σημεία χαρακτηρίστηκαν ως το κρυσταλλοσχιζώδες υπόβαθρο του Ελληνικού χώρου ή αλλιώς η προαλπική Ελλάδα. Αυτά τα πετρώματα βρέθηκαν στην Μάζα της Ροδόπης, στην Σερβομακεδονική, στην βάση της Πελαγονικής αλλά και σε τμήματα νησιών όπως η Χίος (Μουντράκης 2010). Παρότι είναι γνωστό ότι αυτές οι περιοχές φέρουν γεωλογικές ενδείξεις και από παλαιότερες ορογενέσεις, η ανάλυση τους είναι εξαιρετικά δύσκολη διότι έχουν δεχτεί και την μεταγενέστερη Αλπική ορογένεση. Με τα παραπάνω δεδομένα διαπιστώνεται ότι ο Ελλαδικός χώρος δεν είναι ολοκληρωτικό δημιούργημα του Αλπικού ορογενετικού συστήματος, ωστόσο είναι το σημαντικότερο ορογενετικό γεγονός του.

Στο Άνω Ιουρασικό ξεκίνησε η απομάκρυνση της Αφρικής με την Νότια Αμερική. Οι εφελκυστικές τάσεις που επικράτησαν στην περιοχή επέφεραν την γένεση του Ατλαντικού ωκεανού αλλά και την αλλαγή του παγκόσμιου γεωδυναμικού πλαισίου (Μουντράκης 2010). Έτσι η Αφρική ξεκίνησε να κινείται προς την Ευρασία και παράλληλα να ασκεί συμπιεστικές τάσεις στον ωκεανό της Τηθύος. Η κίνηση της Αφρικανικής πλάκας συνοδεύτηκε με αποκολλήσεις τεμαχών από το βόρειο τμήμα της και συγκρούσεις τους στην Ευρασία με μεγαλύτερες ταχύτητες. Ορισμένα από αυτά τα τεμάχη ήταν η Ινδική, η Κιμμερική και η Απουλία μικροπλάκα. Οι κινήσεις αυτές συνέβαλλαν στην καταστροφή του ωκεανού της Τηθύος αλλά και στην παραμόρφωση των υλικών του. Η δράση του Αλπικού ορογενετικού συστήματος εμφανίζεται σήμερα στην κεντρική και νότια Ευρώπη με την μορφή οροσειρών οι οποίες χωρίστηκαν σε δύο κλάδους, τον Αλπιδικό και τον Διναρικό κλάδο. Τμήμα του Διναρικού κλάδου είναι και οι δύο οροσειρές του Ελληνικού χώρου με διάταξη ΒΒΔ-ΝΝΑ όπου καλείται και δυναρική διεύθυνση. Αξιοσημείωτη είναι η αλλαγή διεύθυνσης και των δύο οροσειρών της Ελλάδος, η οποία μετά από κάμψη

διεύθυνσης Δ-Α, συνεχίζουν προς τα ΒΑ στην Μικρά Ασία. Οι δύο οροσειρές της Ελλάδος είναι οι Δυτικές Ελληνικές οροσειρές από την Πίνδο έως την Κρήτη και στα Ανατολικά οι εσωτερικές Ελληνικές οροσειρές με σημαντικότερες κορυφές τον Βόρα, το Βέρμιο, τον Όλυμπο την Όσσα και το Πήλιο.

Κατά την εξέλιξη της υποβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική και κατ' επέκταση στον Ελληνικό χώρο, υπήρξαν διαφοροποιήσεις των γεωλογικών διεργασιών στον χρόνο και τον χώρο, οι οποίες άφησαν στοιχεία στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδος που μαρτυρούν αυτό το γεγονός. Από το Κρητιδικό, όπου ξεκίνησε η Αλπική ορογενετική δράση, έως και σήμερα πραγματοποιείται μια μετανάστευση της ορογένεσης προς τα Δυτικά- Νοτιοδυτικά σε ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο. Καθώς η τοποθεσία της σύγκλισης μετατοπίζεται προς τα νοτιοδυτικά της Ελλάδος, μετατοπίζεται και η συμπιεστική δύναμη που την χαρακτηρίζει. Με αυτόν τον τρόπο τα αποτελέσματα της συμπίεσης που βλέπουμε σήμερα παρουσιάζουν χρονικές διαφορές με τις παλαιότερες δομές να βρίσκονται προς τα βορειοανατολικά. Η μετανάστευση της συμπίεσης ταυτίζεται με τις εμφανίσεις ζωνών όπου έχουν δεχτεί υψηλές πιέσεις και χαμηλές θερμοκρασίες(HP/LT). Οι ζώνες αυτές στον Ελλαδικό χώρο είναι δύο, πετρογραφικά αποτελούνται από γλαυκοφανιτικό σχιστόλιθο με χαρακτηριστικό μπλε χρώμα, προέρχονται από τα υπολειμματικά ιζήματα του κατεστραμμένου ωκεανού και εμφανίζουν ισοκλινείς πτυχές. Οι δύο αυτές ζώνες HP/LT στην Ελλάδα είναι :

- Πρώτη ζώνη γλαυκοφανιτικών σχιστόλιθων -> Ηλικίας 45-70 εκατομμυρίων ετών (Ηώκαινο) με εμφανίσεις στην Πελαγονική (Όλυμπος, Όσσα, Κρανιά, Πήλιο) με την μορφή τεκτονικών παράθυρων αλλά και σε περιοχές όπως η Νότια Εύβοια, οι Κυκλάδες και η Σάμος.
- Δεύτερη ζώνη γλαυκοφανιτικών σχιστόλιθων -> Ηλικίας 25-30 εκατομμυρίων ετών (Άνω Ολιγόκαινο – Μειόκαινο) με μορφή τεκτονικών παραθύρων στην Κρήτη και στην Πελοπόννησο.(ΕΙΚΟΝΑ 3)



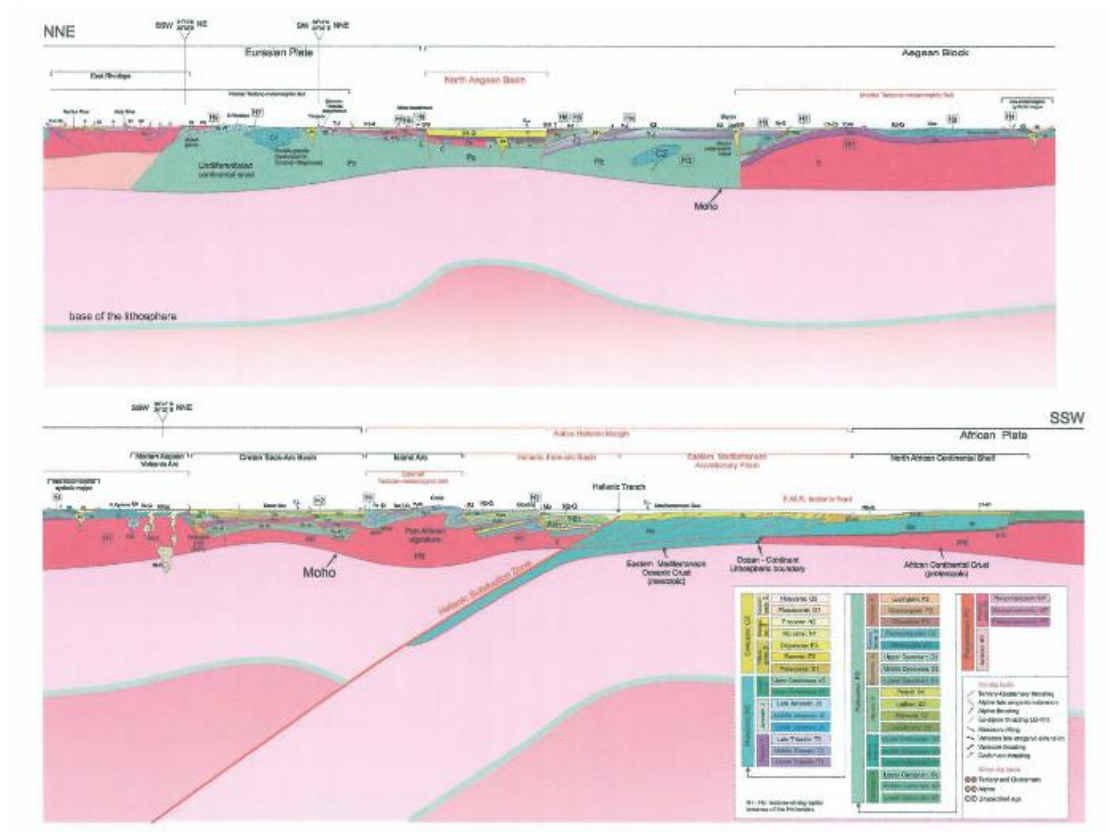
ΕΙΚΟΝΑ 3. Γεωλογικός χάρτης του Ελληνικού χώρου όπου παρουσιάζονται οι δύο κύριες ζώνες μεταμόρφωσης υψηλής πίεσης και χαμηλής θερμοκρασίας (Kilias 2021).

Ο λόγος που οι παραπάνω ζώνες εμφανίζονται με αυτή την τεκτονική μορφή είναι η παρουσία των εφελκυστικών δυνάμεων η οποία διαδέχεται την συμπίεση. Οι εφελκυστικές αυτές δυνάμεις αποδομούν την συσσώρευση των πετρωμάτων, που έχει δημιουργηθεί από την συμπίεση, με ρήγματα αποκόλλησης (κανονικά με μικρή γωνία κλίσης). Με αυτόν τον τρόπο αναδύονται στην επιφάνεια ζώνες μεγαλύτερου βάθους όπως οι ζώνες HP/LT. Τέλος, η αιτία της μετανάστευσης του ορογενούς στον ελληνικό χώρο οφείλεται στην αλλαγή της γωνίας υποβύθισης της υποβυθιζόμενης πλάκας. Η αύξηση της αντίστασης που δέχεται η πλάκα μειώνει την ταχύτητα υποβύθισης της, έτσι ασκούνται μεγαλύτερες βαρυτικές δυνάμεις με αποτέλεσμα την αύξηση της γωνίας υποβύθισης. Όσο αυξάνεται η γωνία υποβύθισης, το σημείο σύγκλισης υποχωρεί και στην επιφάνεια επικρατεί επέκταση της πλάκας η οποία αντιστέκεται στην υποβύθιση (Webb et all 2017).

Σήμερα, ο Ελλαδικός χώρος φέρει σημαντικές γεωλογικές ενδείξεις για την διεργασία που αναλύθηκε παραπάνω. Το Ελληνικό τόξο είναι το μοναδικό σημείο του συστήματος της Τηθύος όπου η ορογένεση δεν έχει ολοκληρωθεί. Αυτό συμβαίνει διότι στον χώρο του Ιονίου πελάγους υπάρχουν ακόμη अपαραμόρφωτα τμήματα της Τηθύος τα οποία δεν έχουν δεχτεί την δράση της Αλπικής ορογένεσης (Papanikolaou 2015). Έτσι αποτελεί ένα παγκόσμιο παράδειγμα των δομών που δημιουργούνται στα όρια σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών (EIKONA 4). Ξεκινώντας από τα εξωτερικά τμήματα με κατεύθυνση προς τα βόρεια εμφανίζονται (Papanikolaou 2015) :

1. Η Ελληνική περιφερική τάφρος -> Εμφανίζεται σε περιοχές νότια της Κρήτης, της Ρόδου και νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου με τοξοειδής μορφή. Το βάθος της θάλασσας σε αυτές τις περιοχές κυμαίνεται από τα 2000 έως τα 5000 μέτρα και υποδεικνύει την θέση της υποβύθισης.
2. Το εξωτερικό ιζηματογενές τόξο -> Περιλαμβάνει την Κρήτη, με την χαρακτηριστική δομή του πρίσματος επαύξησης, τμήματα της ηπειρωτικής Ελλάδος (Πελοπόννησος, Ήπειρος) και τα Δωδεκάνησα.
3. Το Ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου -> Αποτελείται από μια σειρά ηφαιστειών σε τοξοειδή διάταξη η οποία βρίσκεται σε αρμονία με τα υπόλοιπα τόξα από πλευρά διάταξης. Εμπεριέχει τα ηφαίστεια της Σαντορίνης, της Μήλου, της Νισύρου, των Μεθάνων, της Κω, της Πάτμου, της Αντιπάρου και της Ψαθούρα. Το υλικό το οποίο τροφοδοτεί τα ηφαίστεια προέρχεται από την τήξη της υποβυθιζόμενης πλάκας. Το εκτιμώμενο βάθος της τήξης υπολογίζεται στα 150 χιλιόμετρα και ο χημισμός του μάγματος επαληθεύει αυτή την θεωρία αφού χαρακτηρίστηκε ως ασβεσταλκαλικός.
4. Η λεκάνη πίσω από το τόξο -> Καθώς η Ευρασιατική πλάκα προελαύνει προς το σημείο σύγκλισης και η υποβυθιζόμενη Αφρικανική υποχωρεί με αύξηση της γωνίας υποβύθισης, στα εξωτερικά τόξα της Ελλάδος επικρατούν συμπιεστικές δυνάμεις. Για τη διατήρηση της ισορροπίας των τάσεων, στην λεκάνη πίσω από το τόξο επικρατούν εφελκυστικές δυνάμεις. Οι δυνάμεις αυτές εμφανίζουν τα εντονότερα φαινόμενα στο Κρητικό πέλαγος.

Στα βορειότερα τμήματα της χώρας, κοντά στην περιοχή μελέτης της εργασίας, οι εφελκυστικές δυνάμεις που ακολούθησαν, δημιούργησαν την λεκάνη της Μυγδονίας η οποία οροθετείται από κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης και διάταξη βορειοδυτικά – νοτιοανατολικά.



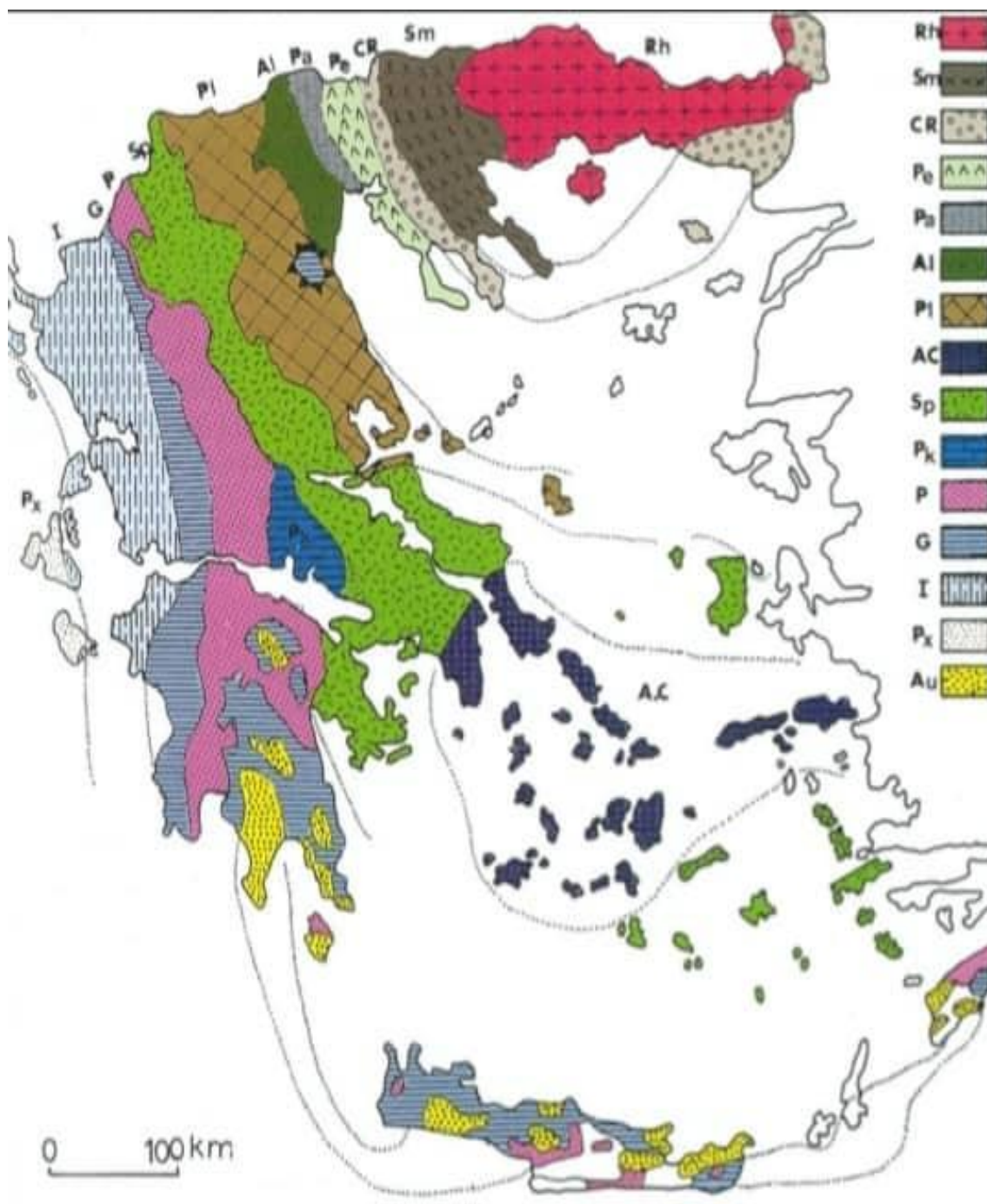
ΕΙΚΟΝΑ 4. Γεωλογική τομή που απεικονίζει τις κυριότερες δομές του Ελληνικού τόξου (Papanikolaou 2015).

3.2 Γεωτεκτονική τοποθέτηση και χαρακτηριστικά των ζωνών Σερβομακεδονικής και Περιροδοπικής

Η κλιμάκωση των μελετών και της έρευνας του Ελληνικού χώρου οδήγησε στον διαχωρισμό ζωνών με σκοπό την δημιουργία ενός σύνθετου μοντέλου γεωτεκτονικής εξέλιξης. Έτσι η Ελλάδα χωρίστηκε στις ακόλουθες γεωτεκτονικές ζώνες (Μουντράκης 2010)(ΕΙΚΟΝΑ 5) :

- Ελληνική Ενδοχώρα που αποτελείται από
 - 1) Την Μάζα της Ροδόπης (Rh)
 - 2) Την Σερβομακεδονική Μάζα (Sm)
- Εσωτερικές Ελληνίδες που αποτελούνται από
 - 1) Την Περιροδοπική Ζώνη (CR)
 - 2) Την Ζώνη Αξιού (Pe, Pa, Al)
 - 3) Την Πελαγονική Ζώνη (Pl)
 - 4) Την Αττικοκυκλαδική Ζώνη (A.C)
 - 5) Την Υποπελαγονική ζώνη (Sp)
- Εξωτερικές Ελληνίδες που αποτελούνται από

- 1) Την Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας (Pk)
- 2) Την Ζώνη Ωλονού – Πίνδου (P)
- 3) Την Ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης (G)
- 4) Την Ιόνιο Ζώνη (I)
- 5) Την Ζώνη Παξών (Px)



ΕΙΚΟΝΑ 5. Γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδος με διαχωρισμό των Ελληνίδων ζωνών. (Μουντράκης 2010).

Ο διαχωρισμός της κάθε ζώνης έγινε με βάση την γεωτεκτονική της θέση, τους λιθολογικούς τύπους, τις τεκτονικές διεργασίες την παραμόρφωση και μεταμόρφωση, καθώς και την παλαιογεωγραφική της θέση. Έγινε λοιπόν αποδεκτό ότι οι περιοχές οι οποίες βρίσκονται μέσα στην ίδια ζώνη, εμφανίζουν κοινά χαρακτηριστικά στους παραπάνω παράγοντες. Η Ελληνική ενδοχώρα αντιπροσωπεύει τον ηπειρωτικό φλοιό της χώρας με τα παλαιότερα πετρώματα. Ορισμένοι ερευνητές πιστεύουν πως είναι τμήμα της Ευρασίας ενώ υπάρχει και η άποψη ότι ανήκει στα Κιμμερικά τεμάχια τα οποία αποσπάστηκαν από την λιθοσφαιρική πλάκα της Gondwana, κινήθηκαν βόρεια με μεγάλη ταχύτητα και συγκρούστηκαν με την Ευρασία. Οι εσωτερικές Ελληνίδες υπέστησαν έντονες τεκτονικές διεργασίες από την δράση της Αλπικής ορογένεσης. Αρχικά κατά το Άνω Ιουραϊκό – Κάτω Κρητιδικό με δημιουργία οροσειρών και τεκτονικές δομές συμπίεσης (πτυχές). Αργότερα οι περιοχές καλύφθηκαν από θάλασσα και τα πετρώματα καλύφθηκαν αντίστοιχα από ιζήματα (Μουντράκης 2010). Στο τέλος του Κρητιδικού όμως, οι εσωτερικές Ελληνίδες πτυχώθηκαν και αναδύθηκαν κρατώντας μέσα στα πετρώματα τους την πολύπλοκη γεωλογική ιστορία τους. Η κύρια διαφορά ανάμεσα στις Εσωτερικές και τις Εξωτερικές Ελληνίδες, βρίσκεται στο γεγονός ότι οι Εξωτερικές κατά το Άνω Ιουραϊκό – Κάτω Κρητιδικό δεν αναδύθηκαν από την θάλασσα αλλά συνέχισαν να δέχονται μια αδιάκοπη απόθεση θαλάσσιων ιζημάτων. Αργότερα κατά το Τριτογενές η ιζηματογένεση διακόπηκε και οι ζώνες σταδιακά αναδύθηκαν και πτυχώθηκαν. Η χρονική αυτή διαφορά των φάσεων της ορογένεσης αποτυπώνεται σε ολόκληρη την Ελλάδα με τα παλαιότερα γεγονότα να συμβαίνουν προς τα βορειοανατολικά και τα νεότερα προς τα νοτιοδυτικά. Η απόδειξη της παραπάνω διατύπωσης έγινε με την χρονολόγηση του φλύσχη, που θεωρείται το τελευταίο Αλπικό ορογενετικό ίζημα και εμφανίζεται με νεότερη ηλικία προς τις νοτιοδυτικές – εξωτερικές ζώνες.

3.3 Περιοδοπική Ζώνη

Η περιοχή μελέτης της εργασίας βρίσκεται κατά βάση στην Περιοδοπική ζώνη η οποία ανήκει στις Εσωτερικές Ελληνίδες. Η Περιοδοπική ζώνη έχει χωριστεί σε τρεις ενότητες οι οποίες από βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά είναι (ΕΙΚΟΝΑ 6):

- Ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά
- Ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα
- Ενότητα Άσπρης βρύσης – Χορτιάτη

Από τις τρεις ενότητες που εμφανίζονται παραπάνω θα αναλυθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια η ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα και Άσπρης βρύσης – Χορτιάτη.

3.3.1 Ενότητα Ντεβέ Κοράν - Δουμπιά

Στη βάση της στρωματογραφικής στήλης της ενότητας υπάρχει ο σχηματισμός Εξαμιλίου ηλικίας Περμίου. Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από μετά - κροκαλοπαγές βάσης, μεταψαμμίτες και χαλαζίτες ενώ στην κορυφή εμφανίζονται φυλλίτες και σχιστόλιθοι. Τα ιζήματα αυτά προήλθαν από την μάζα της

Σερβομακεδονικής κατά το στάδιο της ηπειρωτικής διάρρηξης χωρίς να έχουν βρεθεί απολιθώματα. (Meinhold and Kostopoulos, 2013). Πάνω από τον σχηματισμό Εξαμιλίου βρίσκεται η ηφαιστειοιζηματογενής σειρά με ηφαιστειακά υλικά, πυροκλαστικά υλικά, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους και μεταψαμμίτες Περμοτριάδικής ηλικίας. Στην ανώτερη σειρά της στρωματογραφικής στήλης εμφανίζονται ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι, μάρμαρα όπως επίσης και ψαμμιτικοί – μαργαικοί ασβεστόλιθοι, αργιλικοί σχιστόλιθοι και μάργες (Μουντράκης 2010). Τα υλικά αυτά χαρακτηρίζουν ιζήματα βαθιάς θάλασσας.

3.3.2 Ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα

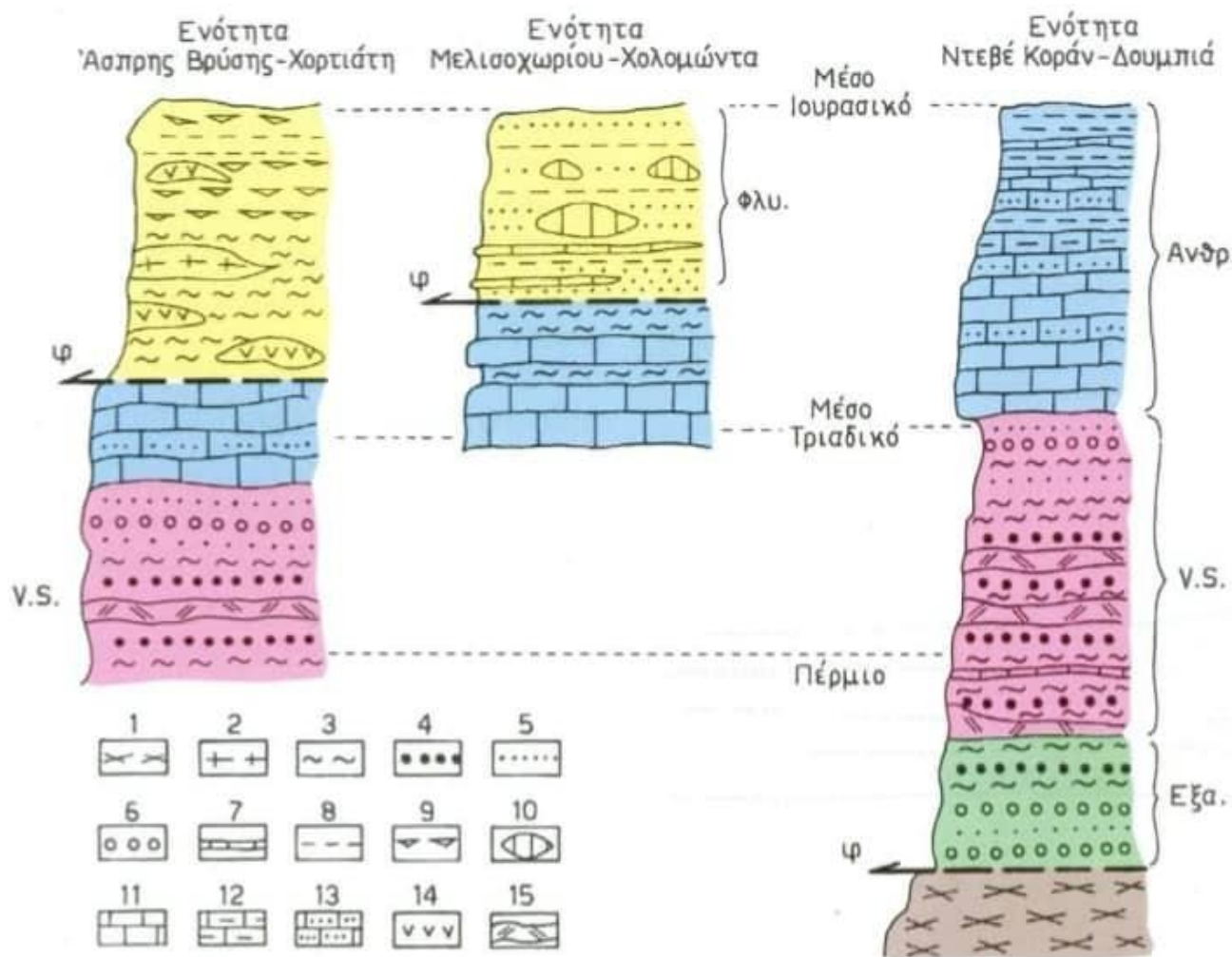
Η ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα εμφανίζεται με την ίδια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ αλλά με μεγαλύτερη έκταση από την ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη. Ο σχηματισμός με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον βρίσκεται στην κορυφή της στρωματογραφικής στήλης (ΕΙΚΟΝΑ 6) και ονομάζεται φλύσχης της Σβούλας. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Κάτω – Μέσο Ιουρασικό και περιέχει μετα- ψαμμίτες, φυλλίτες, σχιστόλιθους και ανθρακικές εμφανίσεις σε συνεχής εναλλαγές. Το ενδιαφέρον εμφανίζεται στον τουρβιδιτικό χαρακτήρα του σχηματισμού ο οποίος καθόρισε και τον ρόλο ολόκληρης της ενότητας κατά την εξέλιξη του Αλπικού ορογενούς. Στην βάση της στήλης εμφανίζονται ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και μάρμαρα σε εναλλαγές με διάφορους τύπους σχιστολίθων, παρόμοια με την ανώτερη σειρά της προηγούμενης ενότητας. (Μουντράκης 2010).

3.3.3 Ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη

Εμφανίζεται στην περιοχή της Θεσσαλονίκης με διεύθυνση βορειοδυτικά – νοτιοανατολικά όπου συνεχίζει έως την Χαλκιδική, αργότερα ακολουθεί την κάμψη της ζώνης και τμήματα της αναγνωρίστηκαν στην Αλεξανδρούπολη και στο Άγιο Όρος. Τα πετρώματα της ενότητας είναι μεταμορφωμένα κυρίως σε πρασινοσχιστολιθική φάση που δηλώνει χαμηλό βαθμό μεταμόρφωσης, ωστόσο υπάρχουν και σημεία με μεγαλύτερο βαθμό μεταμόρφωσης. Η βάση της στρωματογραφικής στήλης αποτελείται από ηφαιστειοκλαστικά και νεριτικά ανθρακικά ιζήματα, ηλικίας Περμο-Τριαδικού. Πάνω από την ηφαιστειοιζηματογενή σειρά εμφανίζονται ιζήματα βαθιάς θάλασσας που αποτελούνται από αργιλικούς σχιστόλιθους, γραφιτικούς σχιστόλιθους και κερατόλιθους. Μέσα στην ενότητα εμφανίζονται επίσης παλαιά γρανιτικά πετρώματα όπου έχουν υποστεί μεταμόρφωση καθώς και οφιολιθικές εμφανίσεις. Η προέλευση των οφιολίθων θεωρείται ότι είναι από την ζώνη Αξιού (Μουντράκης 2010).

Η Περιοδοπική ζώνη χαρακτηρίστηκε παλαιογεωγραφικά (Ιουρασικό) ως η ηπειρωτική κατωφέρεια της Ελληνικής ενδοχώρας. Η παρουσία του ωκεάνιου φλοιού της ζώνης Αξιού στο ανατολικό της όριο, ο τουρβιδιτικός χαρακτήρας που φέρει αλλά και η προέλευση των ιζημάτων της από την Σερβομακεδονική μάζα είναι ενδείξεις που συμβαδίζουν με αυτό το μοντέλο. Η θέση υποβύθισης της ζώνης Αξιού

τοποθετείται στα όρια της ηπειρωτικής κατωφέρειας όπου παλαιότερα είχε περιγράψει ως βαθιά αύλακα. Παρότι η λιθολογία και ο χαρακτήρας των ενοτήτων είναι σε συμφωνία με την υπόθεση της εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής, τα τεκτονικά χαρακτηριστικά εμφανίζουν διαφοροποιήσεις. Οι επαφές των ζωνών αλλά και ο νεότερος τεκτονισμός γέννησε νέες υποθέσεις για την εξέλιξη της περιοχής, η ανάλυση των οποίων θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.



ΕΙΚΟΝΑ 6. Λιθοστρωματογραφικές στήλες των τριών ενοτήτων της Περιοδοπικής ζώνης. (Μουντρακης 2010).

3.4 Σερβομακεδονική μάζα

Η Σερβομακεδονική μάζα ξεκινά από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα και εμφανίζεται με διεύθυνση βορειοδυτικά – νοτιοανατολικά έως της ακτές της Σιθωνίας και του Αγίου όρους. Το δυτικό της όριο είναι η επαφή της με την Περιοδοπική ζώνη ενώ το ανατολικό όριο βρίσκεται στην λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα όπου συναντά την μάζα της Ροδόπης. Οι ομοιότητες που εμφανίζονται στα

πετρώματα της Σερβομακεδονικής είναι αρκετές ωστόσο έχει γίνει ένας διαχωρισμός της μάζας σε δύο ενότητες, παρά τις διαφωνίες ορισμένων ερευνητών. Οι ενότητες ονομάστηκαν

- Ενότητα Κερδυλλίων
- Ενότητα Βερτίσκου

Η ενότητα Κερδυλλίων αποτελείται από παλαιότερα πετρώματα ενώ η ενότητα Βερτίσκου από νεότερα, παρόμοιας όμως σύστασης. Η αιτία του παραπάνω διαχωρισμού είναι η τεκτονική επαφή που υπάρχει στο όριο των δύο ενότητων, επαφή για την οποία έχουν δοθεί διάφορες ερμηνείες με πιο κυρίαρχη ότι αποτελεί ένα τεκτονικό όριο αποκόλλησης (detachment).

3.4.1 Ενότητα Κερδυλλίων

Αποτελείται από εμφανίσεις γνευσίων (γρανατούχοι διμαρμαρυγικοί, μιγματιτικοί και βιοτιτικοί) σε εναλλαγές με στρώσεις μαρμάρων, αμφιβολιτών και σχιστολίθων. (Μουντράκης 2010). Χαρακτηρίζεται από αμφιβολιτική μεταμόρφωση η οποία αποδίδεται στην δράση της Ερκύνιας ορογένεσης στο Άνω Παλαιοζωικό, υπάρχουν όμως και απόψεις για μια παλαιότερη εκλογιτική φάση μεταμόρφωσης η οποία έγινε πριν από την Ερκύνια ορογένεση. Οι χρονολογήσεις που έγιναν στην περιοχή αποδεικνύουν ότι τα πετρώματα είναι δυνατόν να δέχτηκαν παλαιότερες ορογενέσεις από την Αλπική διότι η ηλικία τους τοποθετείται στο Προκάμβριο και θεωρούνται από πολλούς τα παλαιότερα της Ελλάδος.

3.4.2 Ενότητα Βερτίσκου

Περιλαμβάνει γνεύσιους, μιγματίτες και γρανίτες ενώ οι εμφανίσεις μάρμαρων είναι ελάχιστες και με μικρότερο πάχος από τις αντίστοιχες της ενότητας Κερδυλλίων. Οι γρανίτες παλαιοζωικής ηλικίας έχουν μετατραπεί σε γνεύσιους ωστόσο υπάρχουν και γρανιτικές διεισδύσεις με μορφή φλεβών που χρονολογούνται στο Ιουρασικό (Papanikolaou 2015). Μέσα στους γνεύσιους έχουν βρεθεί, με την μορφή φακών, μεταμορφωμένα βασικά πυριγενή πετρώματα αλλά και ζώνες με σερπεντινίτες. Ο βαθμός μεταμόρφωσης της ενότητας είναι χαμηλότερος από την ενότητα Κερδυλλίων όπως προκύπτει από θέσεις στις οποίες επικρατεί η πρασινοσχιστολιθική μεταμόρφωση.

Οι διαφορές ανάμεσα στις δύο ενότητες είναι σημαντικές. Εκτός από την ηλικία που έχει επισημανθεί, παρατηρείται διαφορά στον βαθμό μεταμόρφωσης. Επιπλέον η παρουσία των μαρμάρων στην ενότητα Κερδυλλίων και η εμφάνιση σερπεντινιωμένων τεκτονικών ζωνών στην ενότητα Βερτίσκου είναι στοιχεία που βοήθησαν στον παραπάνω διαχωρισμό των ζωνών. Πέραν όμως από τις διαφορές, οι δύο ζώνες εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες. Έτσι το κύριο ερώτημα σήμερα αφορά την ύπαρξη και τα χαρακτηριστικά της τεκτονικής επαφής ανάμεσα στις δύο ενότητες.

Παλαιογεωγραφικά η Σερβομακεδονική μάζα μαζί με την μάζα της Ροδόπης εκφράζουν την Ελληνική ενδοχώρα. Τα πετρώματα της αντιπροσωπεύουν καθαρά ηπειρωτικό φλοιό ο οποίος φέρει στοιχεία από ορογενέσεις παλαιότερες της Αλπικής. Υπάρχουν απόψεις που θεωρούν την Σερβομακεδονική ζώνη ως τμήμα της Ευρασιατικής πλάκας και απόψεις όπου την κατατάσσουν μέσα στα Κιμμερικά τεμάχη που προσκολλήθηκαν στην Ευρασία. Το σημαντικό όμως είναι πως η Σερβομακεδονική μάζα δεν ήταν τμήμα της Γκοντβάνα στο στάδιο της έναρξης του Αλπικού κύκλου ([Papanikolaou 2015](#)) αλλά βρισκόταν ήδη στην Ευρασία δεχόμενη την δράση της Ερκύνιας ορογένεσης.

4 ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

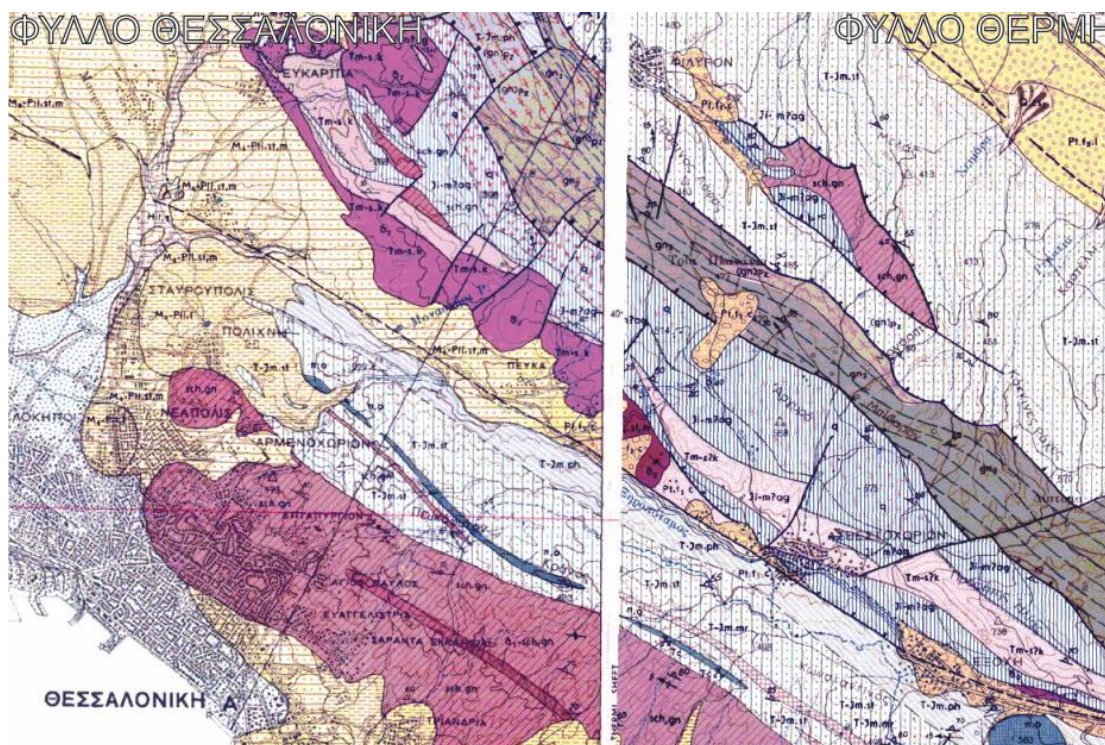
Η μέθοδος της συλλογής των νέων πληροφοριών ήταν αρχικά η αναγνώριση και διαφοροποίηση των χαρτογραφικών ενοτήτων και στην συνέχεια η αποκρυπτογράφηση των τεκτονικών φάσεων μέσα σε αυτές. Το επόμενο βήμα ήταν η δημιουργία της τεκτονοστρωματογραφικής στήλης όπου θα αποτυπώνεται η σχέση ανάμεσα στις χαρτογραφικές ενότητες. Το τελικό στάδιο συνίσταται στη δημιουργία των γεωλογικών τομών αλλά και την ερμηνεία της γεωλογικής δομής που απεικονίζεται σε αυτές. Κατά την συλλογή δεδομένων στο πεδίο, βρέθηκαν σημαντικές θέσεις που έδωσαν καθοριστικές πληροφορίες για την δημιουργία των γεωλογικών τομών. Οι θέσεις αυτές αποτελούνται από τεκτονικά όρια σχηματισμών, κανονικά ρήγματα, εσωτερικές τεκτονικές δομές και κύριες εμφανίσεις σχηματισμών. Για την καλύτερη οργάνωση και διαχείριση των δεδομένων κάθε θέσης, μετρήθηκαν οι συντεταγμένες των θέσεων στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87) από την εφαρμογή Gps. Στην συνέχεια, με την χρήση του προγράμματος QGIS ([QGIS DESKTOP 3.10.11](#)), οι θέσεις προβλήθηκαν πάνω στον γεωλογικό χάρτη του ινστιτούτου γεωλογικών και μεταλλευτικών ερευνών (Φύλλο χάρτη Θεσσαλονίκη και Θέρμη). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε μια γεωχωρική κατανομή των σημείων πάνω στον χάρτη. ([ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ](#)).

Όλα τα τεκτονικά δεδομένα υπαίθρου, μετρήθηκαν με γεωλογική πυξίδα τύπου CLAR. Τα σημεία που επιλέχθηκαν για μετρήσεις ήταν οι επαφές ανάμεσα σε δυο σχηματισμούς, η σχιστότητα των πετρωμάτων, οι πτυχές (πτέρυγες και b άξονας) καθώς και οι κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων που βρέθηκαν. Οι μετρήσεις πτυχών, συζυγών ρηγμάτων αλλά και ρηγμάτων με κινηματικούς δείκτες (γραμμώσεις ολίσθησης), αναγνωρίστηκαν, μετρήθηκαν και βοήθησαν για τον διαχωρισμό των τεκτονικών φάσεων, δίνοντας πληροφορίες για το πεδίο των τάσεων της εποχής όπου έδρασαν αλλά και για την κινηματική ανάλυση. Οι μετρήσεις της πυξίδας αναλύθηκαν μέσα από το δίκτυο Schmidt (στερεογραφική προβολή) από το πρόγραμμα [Openstereo](#).

5. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Γενικά στοιχεία

Η γεωλογική χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής έγινε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών το 1970 (ΕΙΚΟΝΑ 7). Η περιοχή περιγράφεται στα φύλλα Θέρμης και Θεσσαλονίκης με κλίμακα 1:50.000, ωστόσο από το 1970 μέχρι σήμερα πραγματοποιήθηκαν λίγες ενέργειες επανεξέτασης, βελτιστοποίησης ή προσθήκης λεπτομερειών. Οι νεότερες θεωρίες γεωτεκτονικής εξέλιξης του Ελλαδικού χώρου, η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών και η μελέτη της παγκόσμιας τεκτονικής αντικατέστησαν τις παλαιότερες γεωλογικές απόψεις. Γι' αυτόν τον λόγο η ερμηνεία της δομής στην περιοχή χρειάζεται επανεξέταση αφού βασίστηκε πάνω σε θεωρίες που σήμερα έχουν απορριφθεί.



ΕΙΚΟΝΑ 7. Γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών το 1970 σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Θεσσαλονίκη, Θέρμη. (Kockel, Mollat 1970 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, ΦΥΛΛΟ ΘΕΡΜΗ, ΙΓΜΕ ΑΘΗΝΑ).

5.2 Χαρτογραφικές ενότητες

- Οφιολιθική ακολουθία

Τα πετρώματα τα οποία αναγνωρίστηκαν στην περιοχή μελέτης, εντός της οφιολιθικής ακολουθίας ήταν, έντονα εξαλλοιωμένος γάββρος (ουραλιτιωμένος) με σπάνια εμφάνιση ορυκτών (κεροσίλβη, πλαγιόκλαστα), διαβασικά πετρώματα αλλά και όξινες φλέβες πλαγιογρανιτών (ΕΙΚΟΝΑ 8 και 9). Κοντά στο σημείο επαφής με τους αργιλικούς σχιστόλιθους, τα διαβασικά πετρώματα εμφανίζονται μερικώς σχιστοποιημένα από την δράση της τεκτονικής. Η

οφιολιθική ακολουθία χαρακτηρίζει τμήμα ωκεάνιου φλοιού με μαγματική προέλευση. Ο μαγματικός χημισμός ο οποίος δημιούργησε τα παραπάνω πετρώματα χαρακτηρίζεται βασικός για τον γάββρο ωστόσο μετατρέπεται σε ενδιάμεσος καθώς φτάνει στα ανωτέρα επίπεδα της οφιολιθικής ακολουθίας. Η χρονολόγηση του γάββρου τοποθετείται στο Μέσο - Ανώτερο Ιουρασικό (Kockel, Mollat 1970 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, ΦΥΛΛΟ ΘΕΡΜΗ, ΙΓΜΕ ΑΘΗΝΑ), χωρίς ωστόσο να υπάρχει αναφορά για τα υπόλοιπα πετρώματα.



ΕΙΚΟΝΑ 8. Εμφάνιση όξινων φλέβων μέσα στην οφιολιθική ακολουθία στην περιοχή Πεύκα



ΕΙΚΟΝΑ 9. Χαρακτηριστική εικόνα της οφιολιθικής ακολουθίας στην περιοχή Πεύκα

- Αργιλικοί σχιστόλιθοι

Ο σχηματισμός αποτελείται κυρίως από σχιστόλιθους αργλικής σύστασης με καστανό έως πρασινωπό χρώμα και έντονη σχιστότητα. Στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου παρεμβάλλονται μέσα στους αργιλικούς σχιστόλιθους, ενστρώσεις σκουρόχρωμων γραφιτικών σχιστολίθων (ΕΙΚΟΝΑ 10). Μέσα στους αργιλικούς σχιστόλιθους υπάρχουν εμφανίσεις λιγοστών ανθρακικών σωμάτων. Τα αργιλικά ορυκτά προέρχονται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας τα οποία δέχτηκαν μεταμόρφωση χαμηλού βαθμού (low P-T). Η χρονολόγηση των αργιλικών σχιστολίθων τοποθετείται στο Κατώτερο έως Μέσο Ιουρασικό (Kockel et al. 1970).



ΕΙΚΟΝΑ 10. Εναλλαγές γραφιτικών σχιστολίθων με αργιλικούς σχιστόλιθους στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου.

- Ασβεστόλιθοι ανακρυσταλλωμένοι

Ο σχηματισμός των ασβεστολίθων στην περιοχή Πεύκα και Ασβεστοχώρι εμφανίζεται ανακρυσταλλωμένος, με απουσία απολιθωμάτων λόγω της μεταμόρφωσης που έχει δεχτεί. Το χρώμα των ασβεστολίθων μεταβάλλεται από σκουρόχρωμο έως γκριζωπό (ΕΙΚΟΝΑ 11). Ο σχηματισμός χαρακτηρίζει παλαιογεωγραφικά ένα θαλάσσιο περιβάλλον, μικρού βάθους (παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι) που πιθανόν να σχετίζεται με την δημιουργία ανθρακικής πλατφόρμας. Η ηλικία των ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων χρονολογείται στο Μέσο- Ανώτερο Ιουρασικό (Kockel et al. 1970).



EIKONA 11. Εμφάνιση ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων από την περιοχή του Ασβεστοχωρίου.

- Φυλλίτες

Ο σχηματισμός φέρει χαρακτηριστική φυλλιτική όψη και αυξημένο μέγεθος κόκκων σε σχέση με τους αργιλικούς σχιστόλιθους διότι αυξάνει ο βαθμός μεταμόρφωσης (EIKONA 12). Μέσα στον σχηματισμό εμφανίζονται στρώσεις σκουρόχρωμων κερατολίθων καθώς και δολερίτες πρασινωπού χρώματος που προέρχεται από εξαλλοιώσεις (χλωριτίωση). Η προέλευση των ιζημάτων είναι από περιβάλλον βαθιάς θάλασσας. Κατά τον διαχωρισμό των πετρογραφικών ενοτήτων, οι φυλλίτες μελετήθηκαν ξεχωριστά από τους αργιλικούς σχιστόλιθους. Η αιτία του διαχωρισμού των δύο σχηματισμών ήταν ο βαθμός μεταμόρφωσης αλλά και η εμφάνιση των κερατολίθων. Κατά την χρονολόγηση του ΙΓΜΕ (Kockel et al. 1970), οι δυο σχηματισμοί εντάσσονται στην ίδια πετρογραφική ενότητα με ηλικία κατά το Μέσο Ιουρασικό.



ΕΙΚΟΝΑ 12. Εικόνα της χαρτογραφικής ενότητας των Φυλλιτών στην περιοχή του Φιλύρου.

- Χαλαζίτες

Αποτελείται από συμπαγείς και μαζώδη χαλαζιτικά σώματα, λευκού έως ρόδινου χρώματος και ζώνες με καθαρά χαλαζιακό – απλιτικό υλικό. Στην βάση των χαλαζιτών το υλικό εμφανίζεται σχιστοποιημένο από τεκτονική καταπόνηση (ΕΙΚΟΝΑ 13)(Δημητριάδης 1988). Η δημιουργία των χαλαζιτών θεωρείται ότι οφείλεται σε μεταμόρφωση ψαμμιτικών πετρωμάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 13. Εμφάνιση χαλαζιτών , σχιστοποιημένων στην βάση από τεκτονική καταπόνηση στην περιοχή του Φιλύρου.

- Πρασινοσχιστόλιθοι

Η ενότητα αποτελείται από πρασινοσχιστόλιθους πρασινωπού έως καστανού χρώματος (**ΕΙΚΟΝΑ 14**). Τα ορυκτά τα οποία αναγνωρίστηκαν είναι ο αλβίτης, το επίδοτο και ο χλωρίτης ενώ ο βαθμός μεταμόρφωσης είναι χαμηλός. Οι πρασινοσχιστόλιθοι χρονολογούνται στο Παλαιοζωικό ([Kockel et al. 1970](#)) . Η διαφορά στον βαθμό μεταμόρφωσης από τους γνεύσιους ήταν η αιτία του διαχωρισμού σαν ξεχωριστή πετρογραφική ενότητα.



ΕΙΚΟΝΑ 14. Εμφάνιση πρασινοσχιστόλιθου στην περιοχή του Φιλύρου.

- Μικρογνεύσιος

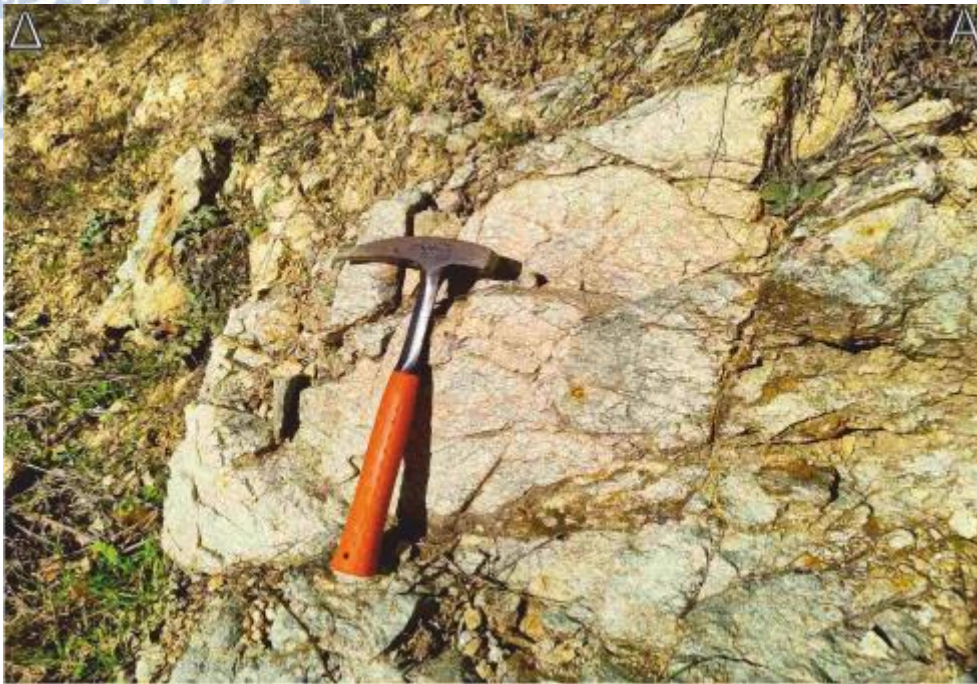
Ο γνεύσιος εμφανίζεται με λευκό χρώμα και μεγάλο ποσοστό καλιούχων αστρίων, χαλαζία και χλωρίτη. Έχει εικόνα ορθοπροέλευσης από πυριγενές σώμα και ομογενής όψη. Εντός του γνευσίου υπάρχει έντονη παρουσία χαλαζιτικών φλεβών και έλλειψη αργιλοπυριτικών ορυκτών (ΕΙΚΟΝΑ 15). Ο βαθμός μεταμόρφωσης είναι μέσος έως υψηλός ενώ χαρακτηρίζει τμήμα του ηπειρωτικού φλοιού. Η ηλικία χρονολογείται στο Παλαιοζωικό με πιθανό το ενδεχόμενο να είναι παλαιότερος (Kockel et al. 1970).



ΕΙΚΟΝΑ 15. Εμφάνιση μικρογνευσίου, παρουσία χαλαζιτικών φλεβών, στην περιοχή του Φιλύρου

- Οφθαλμογνεύσιος

Αποτελείται από γνεύσιο με οφθαλμούς από αστρίους και σε μικρότερο ποσοστό από χαλαζία (ΕΙΚΟΝΑ 16 α,β). Επιπλέον τα ορυκτά που εμφανίζονται είναι βιοτίτης και χλωρίτης. Ο βαθμός μεταμόρφωσης είναι υψηλός και χαρακτηρίζει ηπειρωτικό φλοιό. Η ηλικία χρονολογείται στο Παλαιοζωικό με πιθανό το ενδεχόμενο να είναι παλαιότερος (Kockel et al. 1970).



ΕΙΚΟΝΑ 16 α ΚΑΙ 16 β. Χαρακτηριστική εικόνα οφθαλμογνέυσιου από την περιοχή του Φιλύρου.

- Φυλλίτες – Ψαμμίτες

Αποτελείται από καστανούς έως σκούρους φυλλίτες σε ενστρώσεις με καστανέρυθρους λεπτοστρωματώδεις ψαμμίτες και μικρές εμφανίσεις ανθρακικών σωμάτων (ΕΙΚΟΝΑ 17). Η εικόνα της ενότητας εμφανίζεται συχνά με ακανόνιστη –τουρβιδιτική μορφή. Παλαιογεωγραφικά χαρακτηρίζει περιβάλλον ηπειρωτικού περιθωρίου ενώ ο βαθμός μεταμόρφωσης είναι χαμηλός. Ηλικία Τριαδικό – Μέσο Ιουρασικό. Η ηλικία της ενότητας χρονολογείται στο Τριαδικό – Μέσο Ιουρασικό (Kockel et al. 1970).



ΕΙΚΟΝΑ 17. Εμφάνιση του σχηματισμού φυλλιτών- ψαμμιτών στην περιοχή του Φιλύρου.

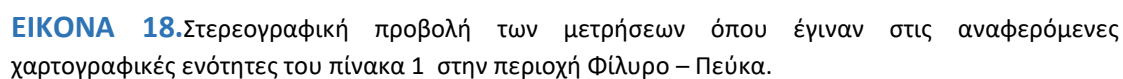
6 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

6.1 Τεκτονικές μετρήσεις δομικών στοιχείων

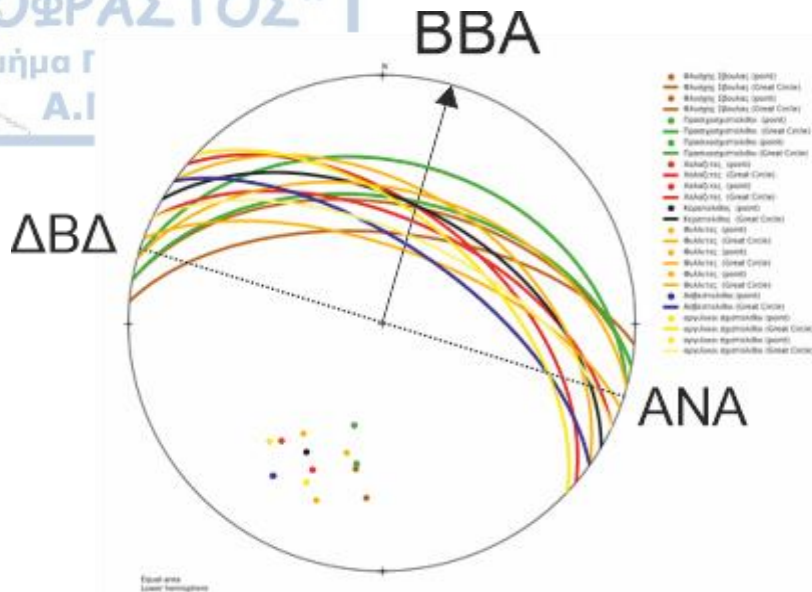
Στον πίνακα 1 (Φίλυρο – Πεύκα) και 2 (Ασβεστοχώρι) αναγράφονται οι μετρήσεις της κατεύθυνσης κλίσης της και της γωνίας κλίσης της σχιστότητας των σχηματισμών στην περιοχή μελέτης. Ακολουθεί η στερεογραφική προβολή των μετρήσεων όπου εμφανίζει τον κύριο άξονα βύθισης των σχηματισμών (ΕΙΚΟΝΑ 18,19).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΥΞΙΔΑΣ
ΑΡΓΙΛΙΚΟΙ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	075/45 071/40 065/50
ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΜΕΝΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	030/50 045/40 040/44



ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΥΞΙΔΑΣ
ΑΡΓΙΛΙΚΟΙ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	025/60 043/55 035/55
ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΜΕΝΟΙ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ	035/64 030/65 037/55
ΦΥΛΛΙΤΕΣ	035/45 015/45 020/65
ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΩΝ	030/50 025/40 030/45
ΧΑΛΑΖΙΤΕΣ	040/52 025/55 028/45
ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	015/35 010/48 015/45
ΦΥΛΛΙΤΕΣ-ΨΑΜΜΙΤΕΣ	010/50 005/60



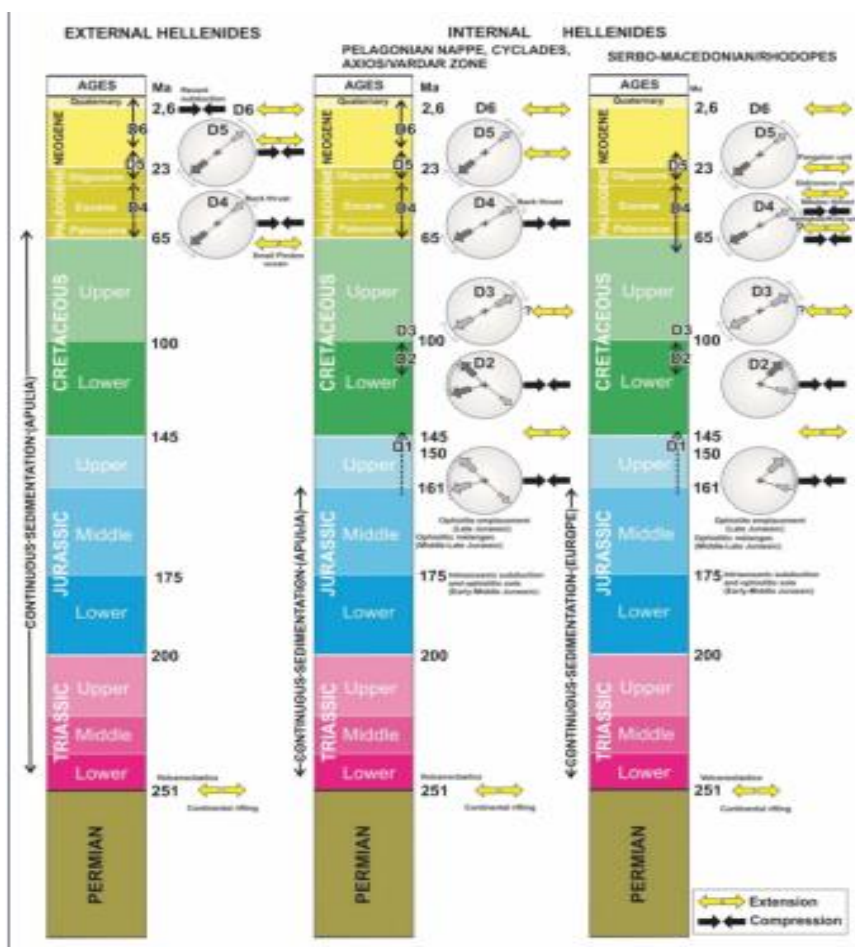
EIKONA 19. Στερεογραφική προβολή των μετρήσεων όπου έγιναν στις αναφερόμενες χαρτογραφικές ενότητες του πίνακα 2 στην περιοχή Ασβεστοχώρι .

Η ανάλυση των τιμών της κατεύθυνσης κλίσης εμφανίζει μεγάλη ομοιογένεια μεταξύ των σχηματισμών. Το γεγονός αυτό δείχνει πως οι πετρογραφικές ενότητες δέχτηκαν κοινές τεκτονικές διεργασίες μεγάλης κλίμακας. Η σύγκριση ωστόσο των τιμών του πίνακα 1 με τον πίνακα 2 εμφανίζει μια απόκλιση στον κύριο άξονα κατεύθυνσης κλίσης, στις 2 περιοχές. Έτσι στην περιοχή Πεύκα-Φίλυρο (**EIKONA 18**), η κατεύθυνση κλίσης έχει κύριο άξονα ΒΑ και παράταξη ΒΔ-ΝΑ ενώ στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου (**EIKONA 19**) ο κύριος άξονας βύθισης είναι ΒΒΑ με παράταξη ΔΒΔ-ΑΝΑ. Η διαφοροποίηση αυτή πιθανότατα πραγματοποιήθηκε από ένα μεταγενέστερο τεκτονικό επεισόδιο το οποίο έδρασε μετά από την κοινή τοποθέτηση των σχηματισμών στις δύο περιοχές.

6.2 Διαχωρισμός φάσεων παραμόρφωσης

Η ανάλυση των τεκτονικών δομών (πτυχές, ρήγματα, τεκτονικές επαφές και γραμμώσεις) έγινε με σκοπό τον διαχωρισμό των τεκτονικών φάσεων, την εύρεση της χρονικής διαδοχής των τεκτονικών επεισοδίων με τελικό αποτέλεσμα την κατανόηση της γεωλογικής ιστορίας της περιοχής. Οι τεκτονικές δομές που μελετήθηκαν ανήκουν στην μακροσκοπική κλίμακα. Τα στοιχεία που αναλύθηκαν έδειξαν ότι η γεωλογική δομή που υπάρχει σήμερα δεν έγινε με ένα τεκτονικό επεισόδιο αλλά είναι το αποτέλεσμα μιας σειράς τεκτονικών φάσεων. Οι νεότερες φάσεις έδρασαν πάνω στις παλαιότερες με συνέπεια την αύξηση της δυσκολίας στην ανίχνευση των αρχικών τεκτονικών φάσεων. Ο διαχωρισμός των τεκτονικών φάσεων έγινε με γνώμονα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των τεκτονικών δομών (προσανατολισμός, θέση, σχήμα) αλλά και την κινηματική τους ανάλυση. Σε κάθε τεκτονική φάση αναφέρεται ο συμπιεστικός ή ο εφελκυστικός της χαρακτήρας καθώς και οι συνθήκες

της παραμόρφωσης σε σχέση με το βάθος. Έτσι οι τεκτονικές φάσεις που έδρασαν σε συνθήκες μικρού βάθους αναγράφονται ως θραυσιγενείς ενώ οι συνθήκες μεγάλου βάθους αναγράφονται ως πλαστικές. Οι τεκτονικές δομές που σχηματίστηκαν από συμπιεστικές δυνάμεις οφείλονται στην σύγκλιση της Αφρικανικής πλάκας με την Ευρασία, την καταστροφή του ωκεανού της Τηθύος και την αύξηση του πάχους στον ηπειρωτικό φλοιό. Οι εφελκυστικές δομές ακολουθήσαν τις συμπιεστικές αρχικά με την κατάρρευση του ορογενούς και αργότερα με τον οπισθοτόξιο εφελκυσμό. Σύμφωνα με νεότερες απόψεις (Kilias et al 2010, Katrivanos et al 2013, Kilias 20210 κατά την διάρκεια της αλπικής ορογένεσης οι Εσωτερικές Ελληνίδες, όπου ανήκει η περιοχή μελέτης, δέχτηκαν μια πολύπλοκη παραμόρφωση και μεταμόρφωση η οποία εκδηλώθηκε σε έξι κύρια παραμορφωτικά επεισόδια (D1-D6) (EIKONA 20). Η πρώτη τεκτονική φάση D1, έδρασε κατά το Μέσο Ιουρασικό και η παραμόρφωση εξελίχθηκε σταδιακά έως σήμερα με τις τεκτονικές φάσεις που ακολούθησαν. Με αυτόν τον τρόπο αναλύονται οι δυνάμεις που έδρασαν κατά το κλείσιμο του ωκεανού της Τηθύος, την συσσώρευση καλυμμάτων και την αύξηση του πάχους του ηπειρωτικού φλοιού καθώς και κατά την ορογενετική κατάρρευση. Ο διαχωρισμός των τεκτονικών φάσεων στην περιοχή μελέτης έγινε με βάση την παραπάνω μέθοδο.



EIKONA 20 . Αναγράφονται τα κύρια παραμορφωτικά γεγονότα των Εσωτερικών και Εξωτερικών Ελληνίδων από το μέσο Ιουρασικό έως σήμερα (D1-D6) καθώς και οι κύριες δυνάμεις που έδρασαν. Κατά Kilias et al 2010 , Katrivanos et al 2013 από Kilias 2021.

6.2.1 Τεκτονική φάση D1

Αναφέρεται στην αρχική τοποθέτηση των οφιολίθων, πάνω στον ηπειρωτικό φλοιό, αμέσως μετά το κλείσιμο του ωκεανού της ζώνης Αξιού. Το γεγονός αυτό χρονολογείται κατά το Μέσο - Ανώτερο Ιουρασικό. Οι δυνάμεις που έδρασαν ήταν συμπιεστικές (compression) με αποτέλεσμα την μετακίνηση των οφιολιθικών μαζών ενώ οι συνθήκες παραμόρφωσης ήταν πλαστικές (ductile). Το κρυσταλλικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο έγινε η κίνηση των οφιολίθων ανήκει στην Πελαγονική ζώνη. Οι τεκτονικές δομές που δημιουργήθηκαν από την D1 τεκτονική φάση δέχτηκαν την επίδραση από τις νεότερες με αποτέλεσμα να αλλοιωθούν. Επιπλέον, οι μεταγενέστερες κινήσεις επικάλυψαν τα σημεία επαφής των δύο σχηματισμών. Για τους παραπάνω λόγους η ανάλυση της συγκεκριμένης τεκτονικής φάσης καθίσταται θεωρητική (Kilias et al 2010, Katrivanos et al 2013) διότι δεν βρέθηκε σημείο παρατήρησης. Τα δεδομένα ωστόσο που συλλέχθηκαν είναι ότι οι σχηματισμοί οι οποίοι υπέστησαν την δράση της D1 είναι η οφιολιθική σειρά και το υπόβαθρο της Πελαγονικής ζώνης με πιθανότερο άξονα κίνησης ΒΑ-ΝΔ και με φορά προς τα ΔΝΔ.

6.2.2 Τεκτονική φάση D2

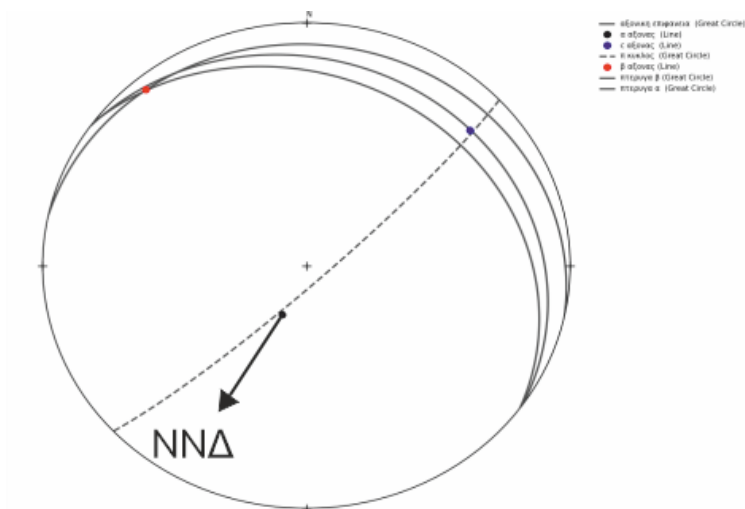
Ακολούθησε την δράση της D1 με δημιουργία συμπιεστικών (compression) δομών και πλαστικές (ductile) συνθήκες παραμόρφωσης στο Ανώτερο Ιουρασικό – Κατώτερο Κρητιδικό. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία κλειστών και υποισοκλινών πτυχών από την δράση της D2 φάσης (ΕΙΚΟΝΑ 22 και 23). Κατά την D2 φάση σχηματίστηκε και η κύρια σχιστότητα των πετρωμάτων αφού συνδέεται με το πρώτο επεισόδιο μεταμόρφωσης (Μουντρακης 2010)(ΕΙΚΟΝΑ 21).



ΕΙΚΟΝΑ 21. Η σχιστότητα στην βάση των χαλαζιτών οφείλεται πιθανώς στην δράση της τεκτονικής φάσης D2 η οποία δημιούργησε μια εσωτερική τεκτονική δομή στην σειρά Φυλλιτών – Χαλαζιτών της ενότητας Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη.



ΕΙΚΟΝΑ 22. Πτυχή κλειστή με γωνία ανοίγματος 26 μοίρες, βυθιζόμενη και ανεστραμμένη με φορά προς τα NNΔ στον σχηματισμό του φυλλιτών-ψαμμιτών.



ΕΙΚΟΝΑ 23. Στερεογραφική προβολή για την κινηματική ανάλυση της πτυχής με μετρήσεις : πτέρυγα α 036/25 και πτέρυγα β 012/10. Τεκτονική φάση D2.

6.2.3 Τεκτονική φάση D4

Αποτελεί την πιο εμφανή τεκτονική φάση συμπίεσης (compression) ενώ διαφέρει στο είδος της παραμόρφωσης από την D1 και την D2 διότι οι συνθήκες

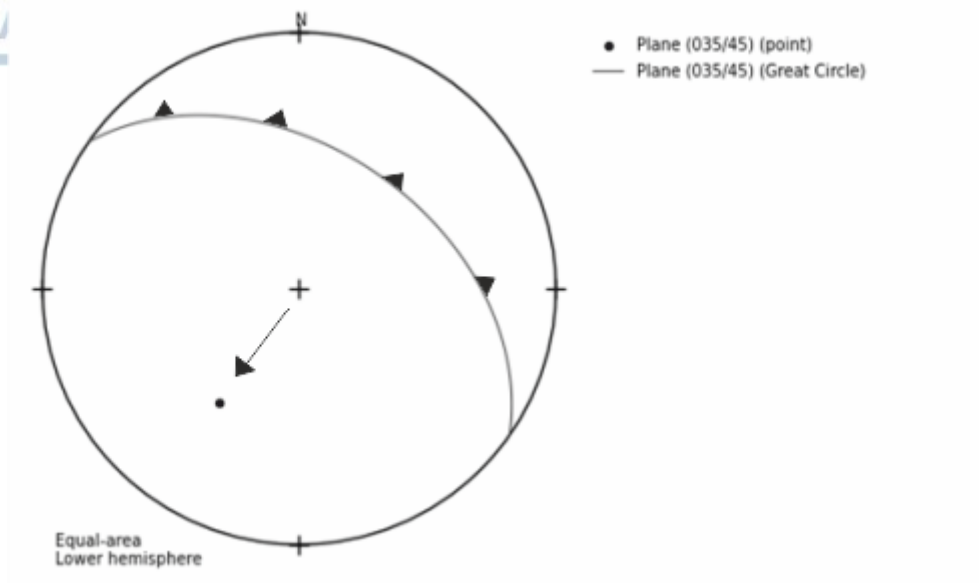
παραμόρφωσης της είναι ημιθραυσιγενείς (semi-brittle) έως θραυσιγενείς (brittle). Η τεκτονική φάση D4 δημιούργησε τα πολλαπλά τεκτονικά λέπια, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και βύθισης προς τα ΒΑ, της περιοχής μελέτης (ΕΙΚΟΝΑ 24 έως 28). Επιπλέον δημιουργήθηκαν γωνιώδεις πτυχές τύπου Knick αλλά και ανοιχτές πτυχές με ανάπτυξη σχισμού παράλληλα στα αξονικά επίπεδα. (ΕΙΚΟΝΑ 29 και 30).



ΕΙΚΟΝΑ 24. Τεκτονική επαφή ανάμεσα στην οφιολιθική σειρά και στους αργιλικούς σχιστόλιθους με κατεύθυνση προς τα νοτιοδυτικά και βύθιση προς τα βορειοανατολικά στην περιοχή Πεύκα.



ΕΙΚΟΝΑ 25. Τεκτονική επαφή ανάμεσα στους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους και στους φυλλίτες στην περιοχή του Φιλύρου. Μέσα στους φυλλίτες εμφανίζονται ενστρώσεις κερατολίθων. Το ανάστροφο ρήγμα όπου έφερε σε επαφή τους δυο σχηματισμούς εμφανίζει χαρακτηριστική γεωμετρική δομή (RAMP – FLAT – RAMP). Η μέτρηση του τεκτονικού ορίου είναι 035/45.

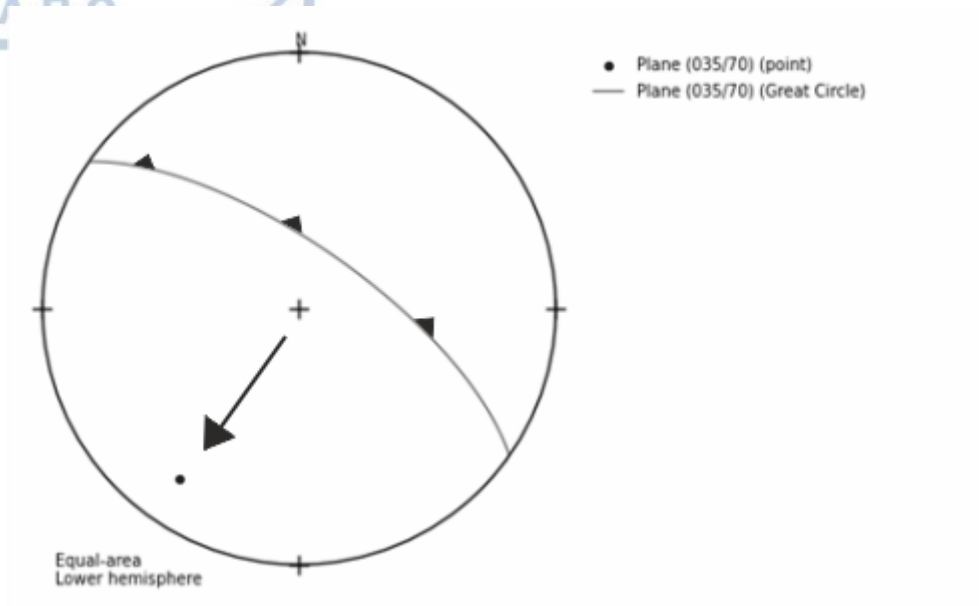


ΕΙΚΟΝΑ 26. Στερεογραφική προβολή του τεκτονικού ορίου ανάμεσα στους φυλλίτες και στους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους με βύθιση προς τα βορειοανατολικά. Τεκτονική φάση D4.



ΕΙΚΟΝΑ 27. Στην εικόνα διακρίνονται 2 τεκτονικές φάσεις. Η D4 όπου τοποθετεί τεκτονικά τους φυλλίτες πάνω στους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους (μέτρηση ορίου 035/70). Η μεταγενέστερη D6b τεκτονική φάση κόβει την παραπάνω δομή με ένα κανονικό ρήγμα μεγάλης

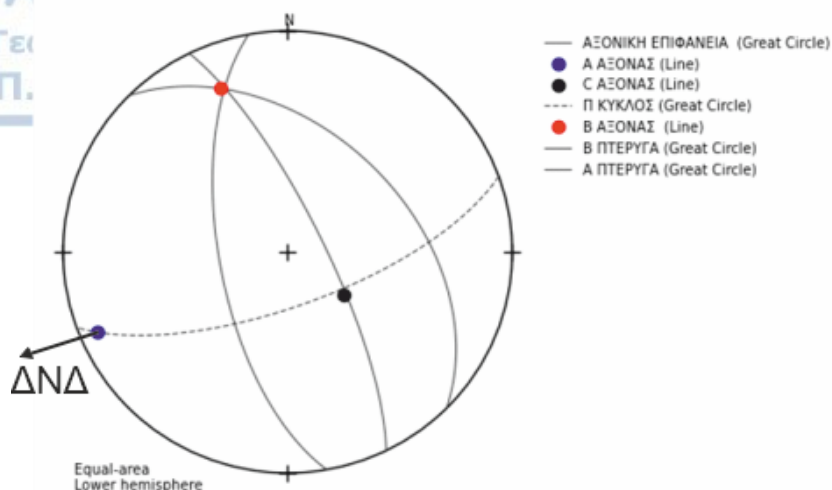
γωνίας κλίσης (μέτρηση ρήγματος 310/85). Η παραπάνω δομή εμφανίζεται στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου.



EIKONA 28. Στερεογραφική προβολή του τεκτονικού ορίου ανάμεσα στους φυλλίτες και στους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους με βύθιση προς τα βορειοανατολικά. Τεκτονική φάση D4.



EIKONA 29. Πτυχή ανοιχτή (75 μοίρες γωνία ανοίγματος), βυθιζόμενη και κεκλιμένη με φορά προς τα ΔΝΔ στον σχηματισμό φυλλιτών – ψαμμιτών στην περιοχή του Φιλυρου.



ΕΙΚΟΝΑ 30. Στερεογραφική προβολή για την κινηματική ανάλυση της πτυχής με μετρήσεις :Πτέρυγα α 260/65, Πτέρυγα β 045/45. Τεκτονική φάση D4.

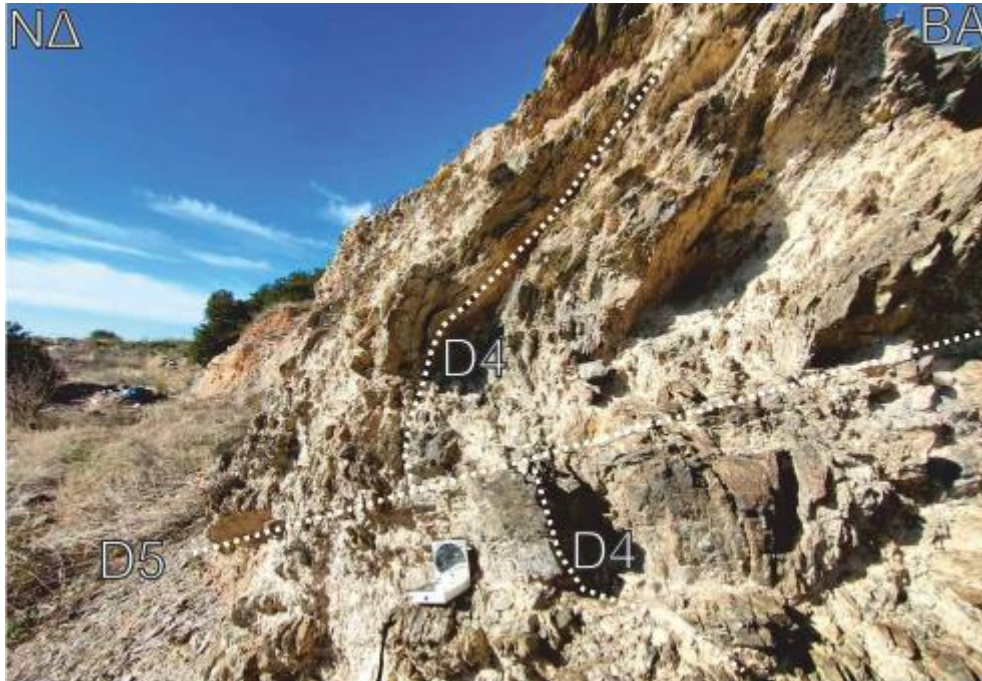
6.2.4 Τεκτονική φάση D5

Η τεκτονική φάση D5 είναι αποτέλεσμα εφελκυστικών δυνάμεων (extension) όπου ακολούθησαν της συμπίεστικές δυνάμεις και οδήγησαν στην κατάρρευση των συμπίεστικών δομών. Η κατάρρευση έγινε από κανονικά ρήγματα μικρής γωνίας κλίσης όπου στις περισσότερες περιπτώσεις, η κίνηση των τεμαχών ακολούθησε τον άξονα κίνησης BA-ND της τεκτονικής φάσης D4. (ΕΙΚΟΝΑ 31,32,33,34).

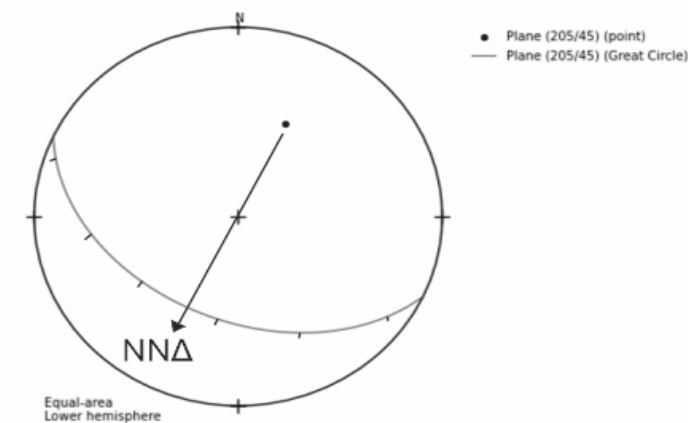


ΕΙΚΟΝΑ 31. Στην εικόνα εμφανίζεται μια πτυχή από την δράση της D4 τεκτονικής φάσης, ένα κανονικό ρήγμα αποκόλλησης με μικρή γωνία κλίσης από την τεκτονική φάση D5 και δυο συζυγή κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης από την τεκτονική φάση D6b. Η θέση βρίσκεται στην

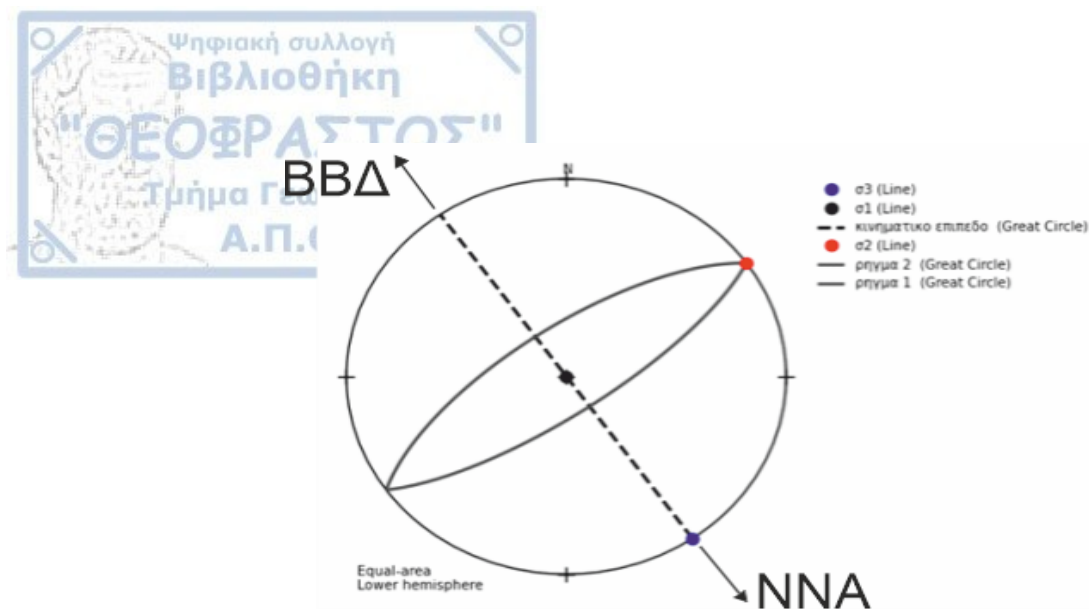
περιοχή Πεύκα στον σχηματισμό των ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων. Γίνεται φανερός ο τρόπος που επηρεάζουν οι νεότερες τεκτονικές φάσεις τις παλαιότερες. Το κανονικό ρήγμα μικρής γωνίας κλινής περνά μέσα από την πτυχή της τεκτονικής φάσης D4 και μετατοπίζει την μια πτέρυγα. Επιπλέον τα κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλινής κόβουν την τεκτονική δομή της D5 τεκτονικής φάσης διότι είναι νεότερα.



ΕΙΚΟΝΑ 32. Η πτυχή η οποία δημιουργήθηκε από την δράση της τεκτονικής φάσης D4, κόβεται από ρήγμα αποκόλλησης της τεκτονικής φάσης D5 με αποτέλεσμα να μετατοπιστεί η μια πτέρυγα.



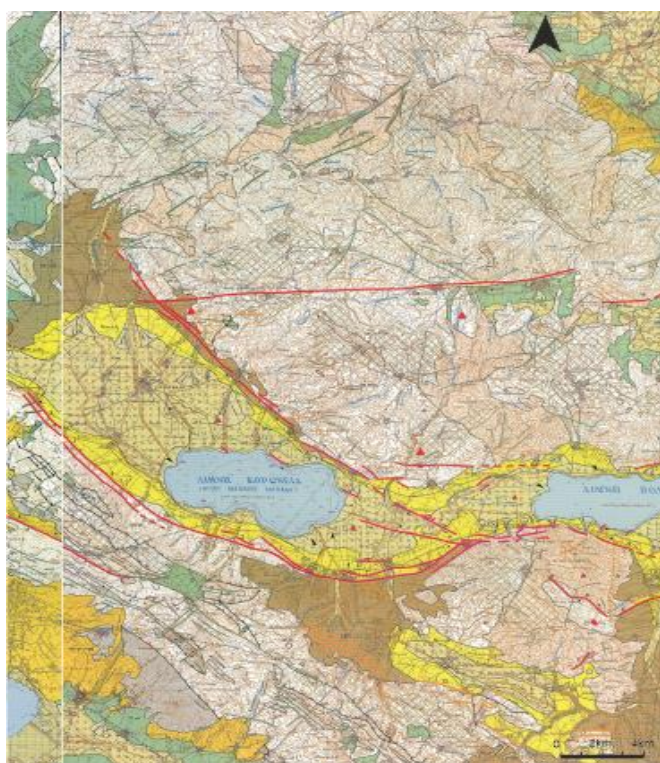
ΕΙΚΟΝΑ 33. Στερεογραφική προβολή του ρήγματος αποκόλλησης με μέτρηση 205/45. Η κίνηση γίνεται με φορά προς τα NNA, δηλαδή με τον ίδιο προσανατολισμό όπως η D4 τεκτονική φάση. Τεκτονική φάση D5.



ΕΙΚΟΝΑ 34. Στερεογραφική προβολή για την ανάλυση του πεδίου των τάσεων στα συζυγή ρήγματα της τεκτονικής φάσης D6b με μετρήσεις : ρήγμα 1 145/75 και ρήγμα 2 325/70 . Ο άξονας του εφελκυσμού βρίσκεται πάνω στο κινηματικό επίπεδο με διεύθυνση BBD-NNA .

6.2.5 Τεκτονική φάση D6a

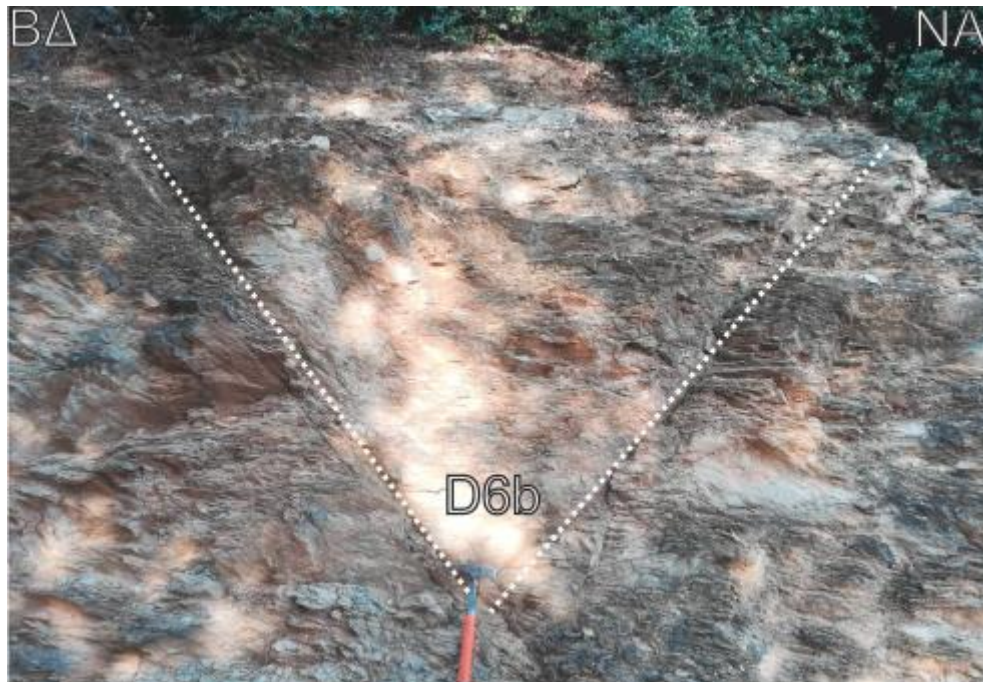
Κατά το Μειόκαινο – Πλειόκαινο ξεκίνησε η νεοτεκτονική δράση με κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης και διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Η σημερινή μορφολογία της περιοχής διαμορφώθηκε σε μεγάλο βαθμό από τις τεκτονικές επιδράσεις της D6.a. φάσης, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα την δημιουργία της Μυγδονίας λεκάνης (τεκτονική λεκάνη)(**ΕΙΚΟΝΑ 35**).



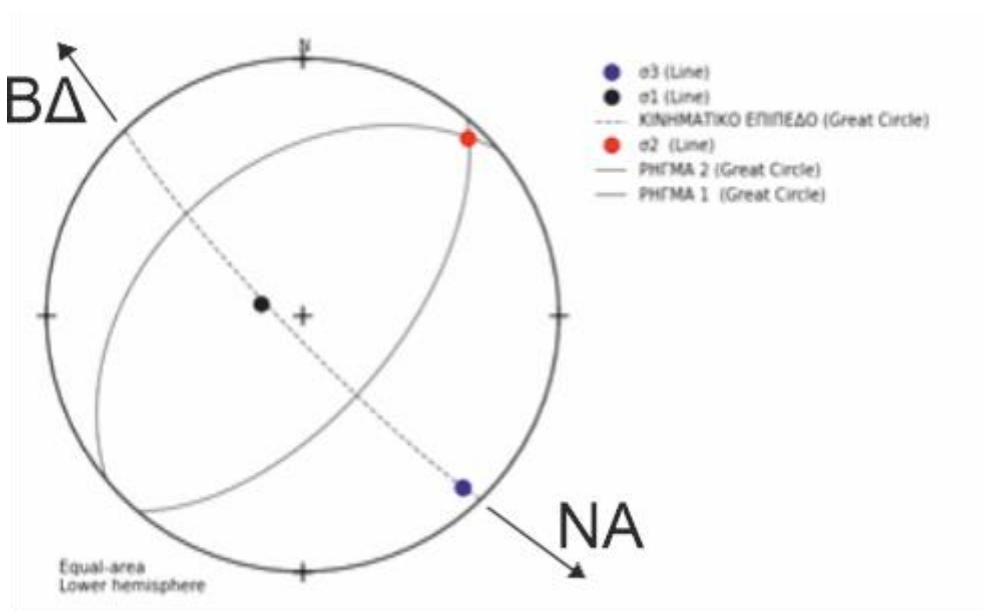
ΕΙΚΟΝΑ 35. Νεοτεκτονική χαρτογράφηση των κανονικών ρηγμάτων όπου οριοθετούν την Μυγδονία λεκάνη με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Τεκτονική φάση D6a. (Μουντρακης et al.1986-1988.Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας, ΦΥΛΛΟ ΛΑΓΚΑΔΑ,ΦΥΛΛΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.)

6.2.6 Τεκτονική φάση D6b

Χαρακτηρίζεται ως η νεότερη τεκτονική φάση με δράση στο Πλειόκαινο - Πλειστόκαινο. Δεν διαφέρει από την D6.a. στον τύπο των ρηγμάτων (κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης) αλλά στην διεύθυνση αυτών (BBA-NNΔ)([ΕΙΚΟΝΑ 34,36,37,38](#)). Σε αρκετά σημεία έχει δράσει πάνω στις παλαιότερες τεκτονικές δομές. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης σε ορισμένα σημεία ακολούθησε την διεύθυνση των ρηγμάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 36. Συζυγή κανονικά ρήγματα στον σχηματισμό φυλλιτών – ψαμμιτών στην περιοχή του Φιλύρου. Τεκτονική φάση D6b.



ΕΙΚΟΝΑ 37. Στερεογραφική προβολή για την ανάλυση του πεδίου των τάσεων στα συζυγή ρήγματα της τεκτονικής φάσης D6b με μετρήσεις : ρήγμα 1 130/60 και ρήγμα 2 320/40. Ο άξονας του εφελκυσμού βρίσκεται πάνω στο κινηματικό επίπεδο με διεύθυνση βορειοδυτικά – νοτιοανατολικά

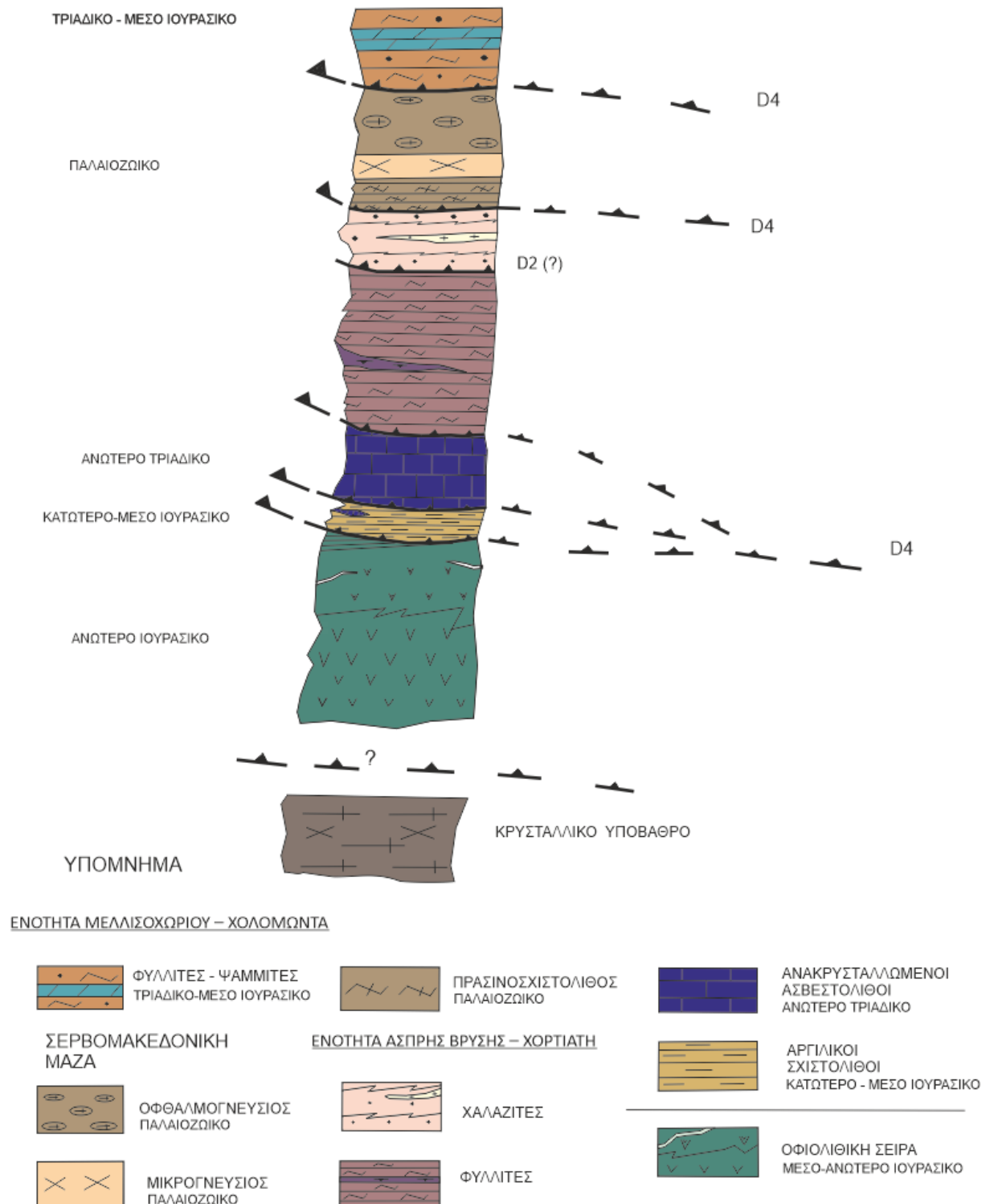


ΕΙΚΟΝΑ 38. Εμφάνιση κανονικού ρήγματος με μεγάλη γωνία κλisis στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου, μέσα στον σχηματισμό των ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων. Η διεύθυνση του ρήγματος είναι BBA-NNΔ με βύθιση προς τα ΒΔ (μέτρηση ρήγματος 325/65). Τεκτονική φάση D6b.

6.3 Γεωλογικές τομές υπαίθρου

Το επόμενο βήμα μετά από την ανάλυση των τεκτονικών φάσεων και των τεκτονικών επαφών ανάμεσα στους σχηματισμούς είναι η δημιουργία της τεκτονοστρωματογραφικής στήλης. Σκοπός της τεκτονοστρωματογραφικής στήλης είναι να δείξει σχηματικά την διάταξη των πετρωμάτων μετά από τις τεκτονικές φάσεις όπου υπέστησαν. Η κατασκευή της τεκτονοστρωματογραφικής στήλης έγινε με την βοήθεια σχεδιαστικού προγράμματος(**ΕΙΚΟΝΑ 39**).

ΤΕΚΤΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ ΦΙΛΥΡΟ



ΕΙΚΟΝΑ 39. Σχηματική αναπαράσταση της τεκτονοστρωματογραφίας της περιοχής μελέτης.

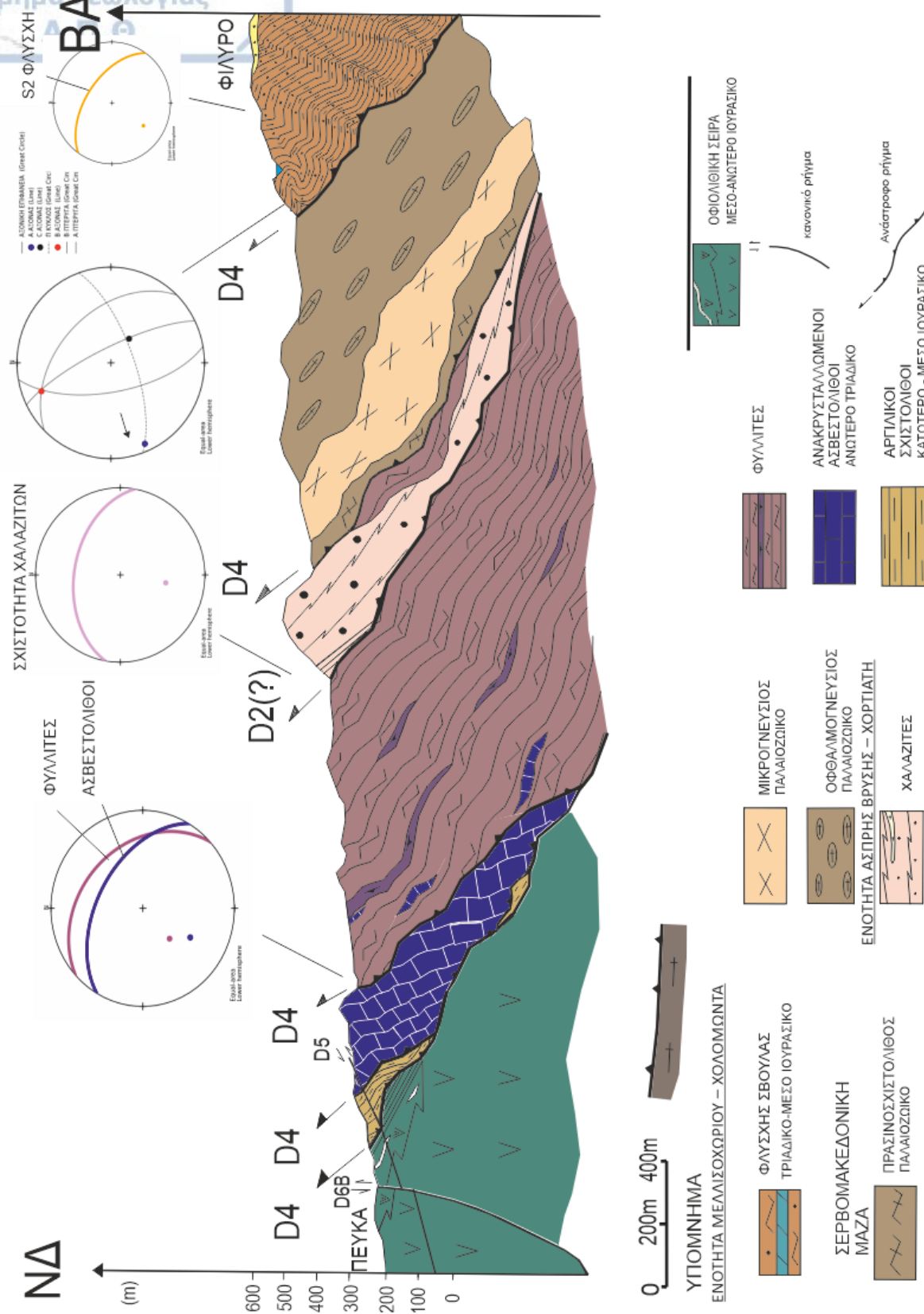
Οι ηλικίες των σχηματισμών προέρχονται από την χρονολόγηση του ιστιτιούτου γεωλογικών και μεταλλευτικών ερευνών στο υπόμνημα του χάρτη Φύλλο Θέρμης.

Στα δεξιά αναγράφονται οι τεκτονικές φάσεις όπου είναι υπεύθυνες για τις επαφές των σχηματισμών. Ανάμεσα στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής και στην οφιολιθική σειρά υπάρχει ερωτηματικό διότι δεν είναι γνωστό το πάχος της οφιολιθικής ακολουθίας. Η απουσία της παραπάνω επαφής στην επιφάνεια καθιστά την μελέτη της D1 φάσης, ως θεωρητική αφού δεν βρέθηκε σημείο μελέτης.

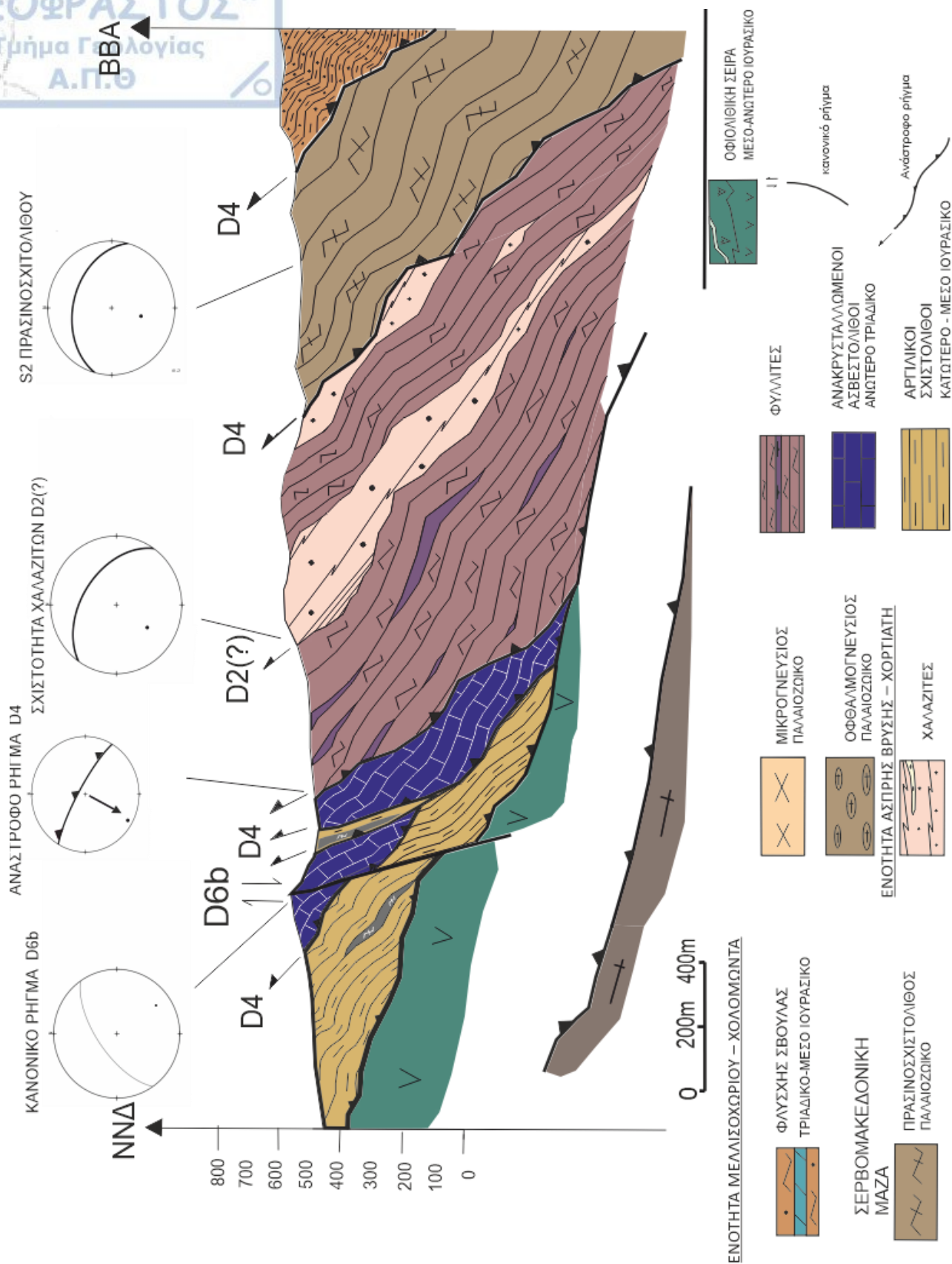
Στην περιοχή μελέτης επιλέχθηκαν δυο θέσεις για την κατασκευή γεωλογικών τομών (ΕΙΚΟΝΑ 40). Το πρώτη θέση βρίσκεται στην έκταση ανάμεσα στις περιοχές Πεύκα και Φίλυρο ενώ η δεύτερη στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου, κοντά στον ναό του προφήτη Ηλία. Οι γεωλογικές τομές περιέχουν την αποτύπωση των τεκτονικών δομών με ένδειξη της τεκτονικής φάσης όπου ανήκουν αλλά και στερεογραφικές προβολές των μετρήσεων (ΕΙΚΟΝΑ 41, 42). Η διεύθυνση των τομών είναι γενικά κάθετη στις παρατάξεις των σχηματισμών (NΔ-BA).



ΕΙΚΟΝΑ 40. Δορυφορική εικόνα όπου αναγράφονται οι περιοχές όπου δημιουργήθηκαν οι γεωλογικές τομές.



ΕΙΚΟΝΑ 41. Σχηματική γεωλογική τομή με σκοπό την αναπαράσταση της γεωλογικής δομής στην περιοχή Πεύκα- Φύλυρο.



ΕΙΚΟΝΑ 42. Σχηματική γεωλογική τομή με σκοπό την αναπαράσταση της γεωλογικής δομής στην περιοχή Ασβεστοχώρι.

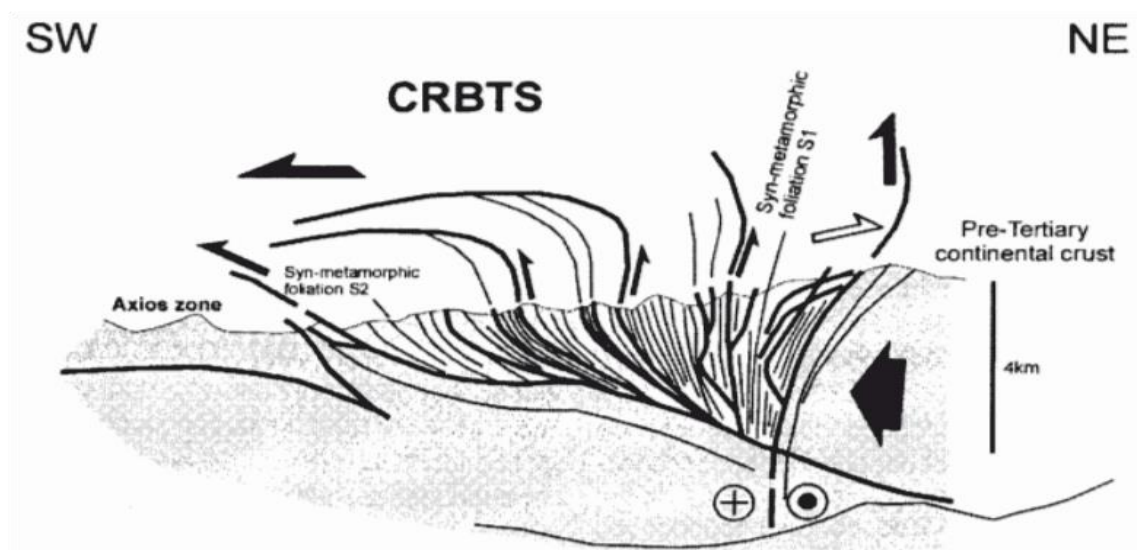
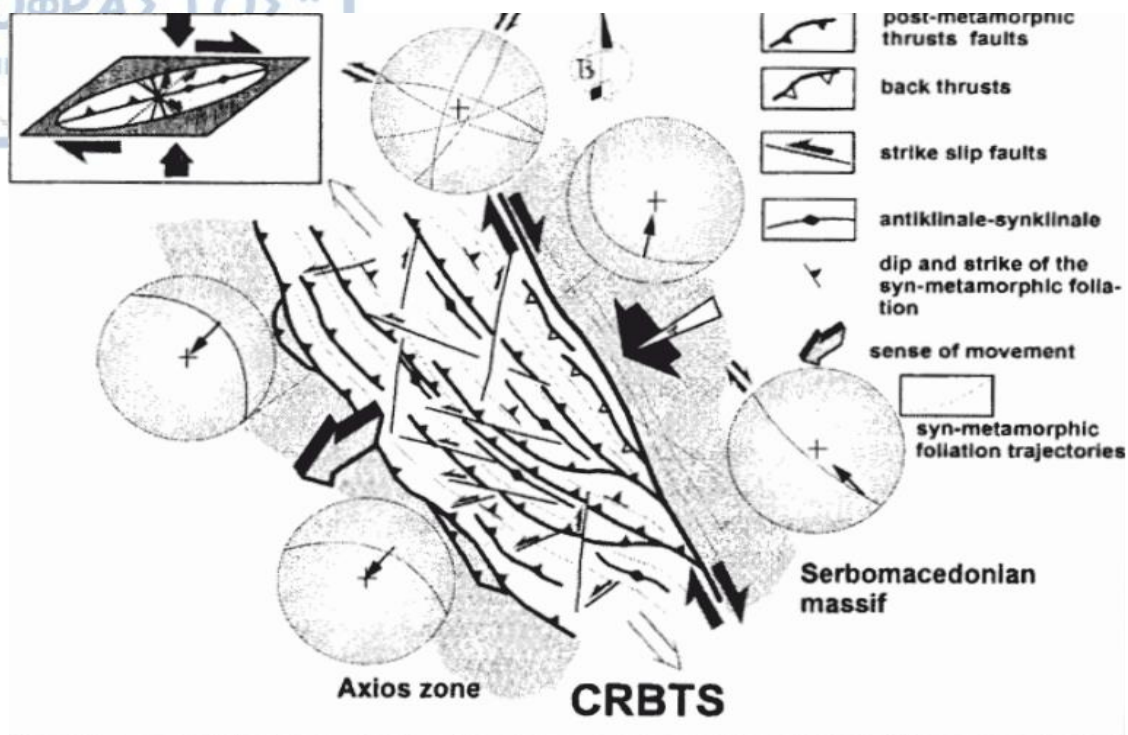
Η γεωλογική δομή που αποτυπώνεται στις δύο γεωλογικές τομές καταδεικνύει ότι ανήκουν στην ίδια γεωτεκτονική ζώνη (Περιοδοπική), έχουν δεχθεί την επίδραση κοινών τεκτονικών επεισοδίων και αποτελούνται από τους ίδιους σχηματισμούς. Υπάρχουν ωστόσο ορισμένες διαφορές στις δύο περιοχές, πέραν από τις ομοιότητες τους:

1. Στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου δεν βρέθηκαν εμφανίσεις μικρογνεύσιου και οφθαλμογνεύσιου. Έτσι το Σερβομακεδονικό λέπι στην περιοχή αποτελείται μόνον από πρασινοσχιστόλιθο. Ο βαθμός μεταμόρφωσης του πρασινοσχιστόλιθου είναι εμφανώς μεγαλύτερος από τα περιβάλλοντα πετρώματα ωστόσο δεν φτάνει στον βαθμό μεταμόρφωσης των γνευσιακών πετρωμάτων της περιοχής Πεύκα- Φίλυρο.
2. Ο σχηματισμός των αργιλικών σχιστολίθων στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου, εμπεριέχει ενστρώσεις γραφιτικών σχιστολίθων. Στην περιοχή Πεύκα οι ενστρώσεις των γραφιτικών σχιστολίθων απουσιάζουν ή δεν έγινε δυνατόν να βρεθούν.
3. Οι ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι στην περιοχή των Ασβεστοχωρίου εμπεριέχουν έναν τεκτονικό φακό από αργιλικούς και γραφιτικούς σχιστόλιθους. Έτσι με την δράση της D4 και D6b τεκτονικής φάσης έχει δημιουργηθεί μια επανάληψη των σχηματισμών που αποτυπώνεται στην τομή ως ένα μικρό τεκτονικό λέπι το οποίο οφείλεται για αυτή την επανάληψη. Στην περιοχή Πεύκα οι σχηματισμοί οροθετούνται από τεκτονικά όρια αλλά δεν εμφανίζεται επανάληψη.
4. Τέλος η παράταξη των σχηματισμών στις δύο περιοχές εμφανίζουν μια μικρή απόκλιση από ΒΔ-ΝΑ στην περιοχή Πεύκα -Φίλυρο σε ΔΒΔ-ΑΝΑ στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου.

Το μοντέλο της γεωλογικής δομής στην περιοχή μελέτης δημιουργήθηκε μέσα από υπαίθρια εργασία και λεπτομερή εξέταση των πετρογραφικών ενοτήτων και των τεκτονικών διεργασιών που έχουν υποστεί. Τα πετρώματα εμφανίζονται ανεστραμμένα, με τα παλαιότερα να βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένα πάνω στα νεότερα. Ο βαθμός μεταμόρφωσης αυξάνει με κατεύθυνση προς τα βορειοανατολικά δηλαδή προς τους ανωτέρους τεκτονοστρωματογραφικούς ορίζοντες. Οι επαφές ανάμεσα στους σχηματισμούς είναι τεκτονικές και οφείλονται στην δράση ανάστροφων ρηγμάτων (αποτέλεσμα συμπιεστικών δυνάμεων). Έτσι διαπιστώθηκε ότι η γεωλογική αυτή δομή είναι αποτέλεσμα της λεπιοειδούς τεκτονικής με ανάστροφα ρήγματα και εφιππεύσεις. Τμήματα της Σερβομακεδονικής μάζας εγκλωβίστηκαν ανάμεσα στις ενότητες της Περιοδοπικής ζώνης (Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη, Μελισσοχωρίου- Χολομώντα). Με αυτόν τον τρόπο ήρθαν σε επαφή πετρώματα του ηπειρωτικού φλοιού με πετρώματα τα οποία χαρακτηρίζουν ωκεάνιο φλοιό και ιζήματα βαθιάς θάλασσας. Η κίνηση των λεπίων έγινε από τα βορειοανατολικά με κατεύθυνση προς τα νοτιοδυτικά. Η βύθιση των σχηματισμών συμφωνεί με το γεωλογικό μοντέλο διότι είναι προς τα βορειοανατολικά.

Αμέσως μετά την δράση των συμπιεστικών δυνάμεων, στην περιοχή επέδρασαν οι εφελκυστικές δυνάμεις. Κανονικά ρήγματα, μικρής γωνίας κλίσης, συνέβαλαν στην κατάρρευση των συμπιεστικών δομών. Η κύρια κίνηση των τεμαχίων στα ρήγματα αποκόλλησης βρισκόταν πάνω στον άξονα κίνησης του προηγούμενου τεκτονικού επεισοδίου (BA-ND). Τέλος η σημερινή μορφολογία της περιοχής διαμορφώθηκε από δυο νεοτεκτονικά επεισόδια, με κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης. Η δημιουργία της Μυγδονίας λεκάνης, το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης και το κατά τόπους απότομο ανάγλυφο είναι κάποια από τα αποτελέσματα των νεότερων ρηγμάτων.

Τεκτονικές μελέτες του δυτικού ορίου της Σερβομακεδονικής με την Περιοδοπική (Tranos et al 1999), αποδίδουν σε Τριτογενή τεκτονισμό την αναστροφή των σχηματισμών της Περιοδοπικής και της Σερβομακεδονικής. Επιπλέον η παρουσία των ανάστροφων ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και φορά προς τα ΝΔ οφείλεται σε τεκτονική φάση διασυμπίεσης (transpression) όπου ασκήθηκε σε διεύθυνση Β-Ν και συνοδεύεται από ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης δεξιόστροφα με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ αλλά και αριστερόστροφα με διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΒΑ. Το τεκτονικό αυτό επεισόδιο χρονολογείται στο Ανώτερο Ολιγόκαινο έως το Κατώτερο Μειόκαινο (Tranos et al 1999). Το αποτέλεσμα των συμπιεστικών δυνάμεων ήταν ο σχηματισμός της γεωλογικής δομής με εφιππεύσεις και τεκτονικά λείπια με φορά προς τα ΝΔ. (ΕΙΚΟΝΑ 43)

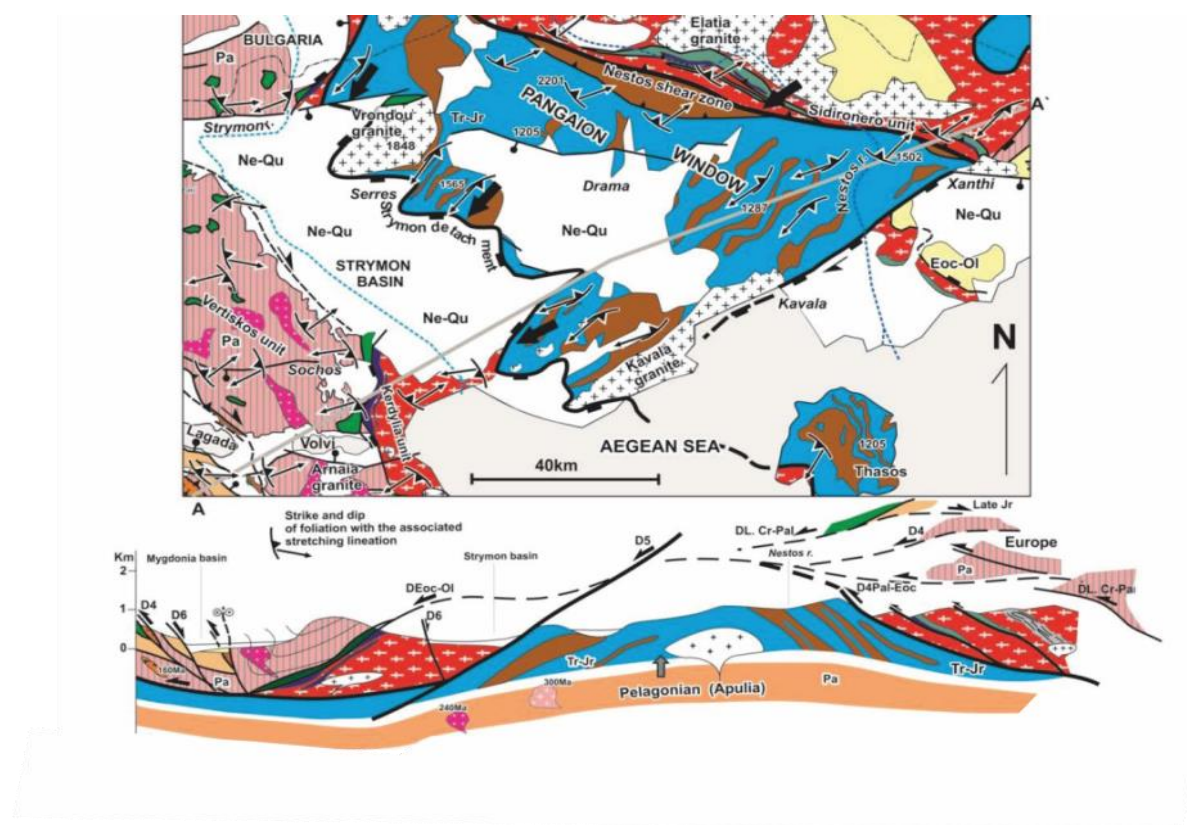


EIKONA 43. Σχηματική ερμηνεία της γεωμετρίας και της κινηματικής παραμόρφωσης, στο δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής μάζας με την Περιοδοτική ζώνη σύμφωνα με [Tranos et al 1999](#)

Ανάμεσα στην τεκτονική φάση D4 (Παλαιόκαινο – Ηώκαινο) και στην τεκτονική φάση διασυμπίεσης (transpression)(Ολιγόκαινο – Μειόκαινο) υπάρχει μια χρονική απόκλιση. Τα κοινά χαρακτηριστικά ωστόσο, θραυσιγενής παραμόρφωση, συμπιεστικές τάσεις, δημιουργία τεκτονικών λεπίων με φορά προς τα ΝΔ, καθιστούν εξαιρετικά δύσκολη την αναγνώριση και την διαφοροποίησή τους. Η δράση της D4 έχει αναγνωριστεί σε πολύ μεγαλύτερη έκταση αφού έχει επηρεάσει τις Εσωτερικές

αλλά και τις Εξωτερικές Ελληνίδες. Αντιθέτως η τεκτονική μεταφορά συμπίεσης του Τριτογενούς εμφανίζεται μόνο στο δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής. Το γεγονός αυτό αποδίδει στην τεκτονική φάση διασυμπίεσης έναν χαρακτήρα τοπικής δράσης (localized).

Η κατάρρευση του ορογενούς και η δράση εφελκυστικών δυνάμεων (D5) οδήγησε σε γειτονική περιοχή στην ανύψωση του Παγγαίου (Kilias et al 2010, 2021). Έτσι τα κανονικά ρήγματα μικρής γωνίας κλίσης, μετακίνησαν την Περιοδοπική ζώνη αλλά και τμήμα της Σερβομακεδονικής μάζας προς τα ΝΔ. Στο δυτικότερο όριο της Περιοδοπικής ζώνης επικρατούσαν τοπικά συμπιεστικές δυνάμεις ενώ σε ευρύτερη κλίμακα επικρατούσε η τεκτονική φάση D5. Με αυτόν τον τρόπο εξηγείται η δράση της τεκτονικής διασυμπίεσης του Τριτογενούς στο δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής μάζας, την στιγμή που σε ευρύτερη κλίμακα επικρατούσε εφελκυσμός και κατάρρευση του ορογενούς.

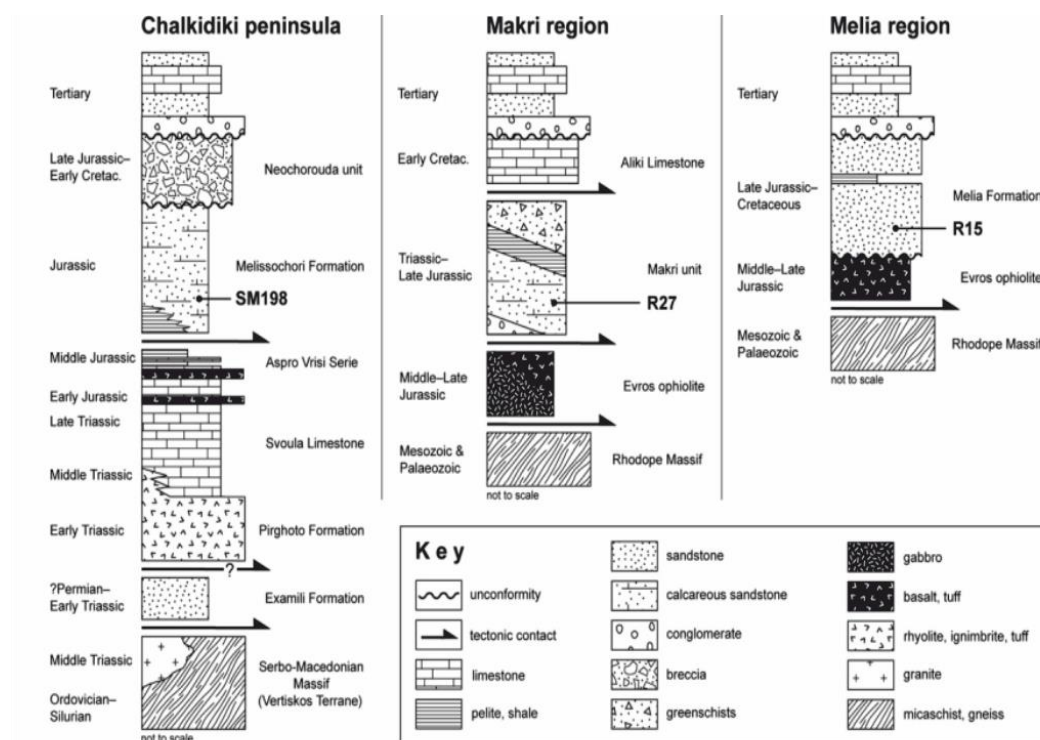


ΕΙΚΟΝΑ 44. Γεωλογική τομή που αποτυπώνει την δράση της τεκτονικής φάσης D5 στην ευρύτερη περιοχή του Παγγαίου μέχρι την Μυγδονία λεκάνη. (Kilias A. 2021)

Σύμφωνα με νεότερες απόψεις (Kilias 2021), το υπόβαθρο πάνω στο οποίο έγινε η κίνηση των τεκτονικών λεπίων ήταν η Σερβομακεδονική μάζα, ωστόσο και η ίδια η Σερβομακεδονική μάζα έχει τοποθετηθεί τεκτονικά επάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής. Ανεξάρτητα από το αν ισχύει το μοντέλο των αλληπάλληλων τεκτονικών καλυμμάτων στον Ελλαδικό χώρο και η προέλευση των οφιολιθικών πετρωμάτων από έναν ωκεανό (Kilias 2021), η γεωλογική τομή (ΕΙΚΟΝΑ

44) συμφωνεί με την παρούσα εργασία και τις γεωλογικές τομές στην περιοχή μελέτης, στο θέμα του υποβάθρου. Παρά το ότι οι δύο γεωλογικές τομές της περιοχής μελέτης (EIKONA 41, 42) είναι σε διαφορετική κλίμακα από την γεωλογική τομή της εικόνας 44, από την σύγκριση τους προκύπτει ως συμπέρασμα ότι η κίνηση των τεκτονικών λεπίων της Περιοδοπικής ζώνης έχει γίνει επάνω στην Σερβομακεδονική μάζα.

Σε μια μελέτη της ηλικίας, της προέλευσης αλλά και του τεκτονικού περιβάλλοντος της Περιοδοπικής ζώνης (Meinhold and Kostopoulos, 2013), δημιουργήθηκε η τεκτονοστρωματογραφική στήλη για την περιοχή της δυτικής Χαλκιδικής. Με την συλλογή δεδομένων από ολόκληρο το δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής μάζας με την Περιοδοπική ζώνη, παρουσιάστηκαν, τα τεκτονικά όρια αλλά και η διαδοχή των σχηματισμών της περιοχής (EIKONA 45). Το υπόβαθρο της τεκτονοστρωματογραφικής στήλης στην Χαλκιδική θεωρείται ότι είναι η Σερβομακεδονική μάζα.



EIKONA 45. Η τεκτονοστρωματογραφική στήλη η οποία αντιστοιχεί στην περιοχή μελέτης της εργασίας είναι η Chalkidiki peninsula. Αριστερά της στήλης αναγράφονται οι ηλικίες των σχηματισμών ενώ στα δεξιά, τα ονόματα των σχηματισμών. Ο σχηματισμός Μελίσσοχωρίου περιγράφει τον ίδιο σχηματισμό όπου στην παρούσα εργασία αναγράφεται ως φλύσχης Σβούλας. (Guido Meinhold, Dimitrios K. Kostopoulos 2013)

Η έκταση η οποία έχει μελετηθεί για την δημιουργία της τεκτονοστρωματογραφικής στήλης (EIKONA 45) περιλαμβάνει στοιχεία από ολόκληρη την Περιοδοπική ζώνη, σε αντίθεση με την τεκτονοστρωματογραφική στήλη της παρούσας εργασίας. Τα κοινά χαρακτηριστικά ωστόσο είναι τα τεκτονικά

όρια ανάμεσα στους σχηματισμούς της Περιοδοπικής ζώνης από ανάστροφα ρήγματα αλλά και το Σερβομακεδονικό υπόβαθρο.

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με τις εργασίες που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 7, εμφανίζει αρκετές ομοιότητες. Η βασική υπόθεση σχετικά με τα χαρακτηριστικά και την προέλευση του υποβάθρου στην ευρύτερη περιοχή του Φιλύρου βρίσκεται σε αρμονία με τις σημαντικότερες τεκτονικές μελέτες και θεωρίες γεωτεκτονικής εξέλιξης. Έτσι τα κύρια συμπεράσματα μετά από την ολοκλήρωση της υπαίθριας εργασίας και της βιβλιογραφικής μελέτης είναι :

1. Το υπόβαθρο στην ευρύτερη περιοχή του Φιλύρου, πάνω στο οποίο έγινε η κίνηση των τεκτονικών λεπίων των σχηματισμών της Περιοδοπικής, είναι η Σερβομακεδονική μάζα.
2. Η τεκτονική φάση D4 σε συνδυασμό με την μεταγενέστερη τεκτονική φάση διασυμπίεσης(transpression), είναι υπεύθυνες για την δημιουργία των τεκτονικών λεπίων μέσα από την δράση ανάστροφων ρηγμάτων διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ.
3. Κατά την διάρκεια της δράσης της τεκτονικής φάσης D4 και της τεκτονικής φάσης διασυμπίεσης(transpression), τμήματα της Σερβομακεδονικής μάζας, τοποθετήθηκαν τεκτονικά μέσα στους σχηματισμούς της Περιοδοπικής ζώνης.

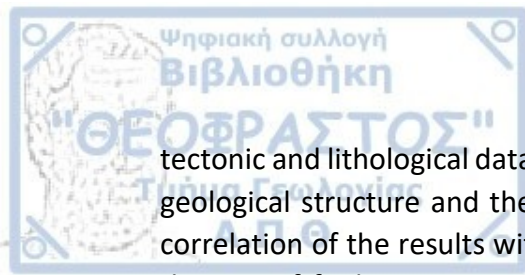
9 ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ABSTRACT

9.1 Ελληνική περίληψη

Το δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής μάζας με την Περιοδοπική ζώνη υπήρξε κατά το παρελθόν πηγή συζητήσεων και έντονου προβληματισμού. Η γεωλογική δομή η οποία έχει δημιουργηθεί στο βορειοανατολικό τμήμα της Θεσσαλονίκης (Φίλυρο-Πεύκα-Ασβεστοχώρι) δεν έχει μελετηθεί πλήρως με αποτέλεσμα να υπάρχουν ερωτηματικά. Η συνύπαρξη πετρωμάτων που χαρακτηρίζουν ηπειρωτικό και ωκεάνιο φλοιό και οι τεκτονικές επαφές ανάμεσα στους σχηματισμούς μαρτυρούν την έντονη τεκτονική δράση του παρελθόντος. Οι σχηματισμοί εμφανίζονται ανεστραμμένοι με τους παλαιότερους να βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω από τους νεότερους. Το φαινόμενο της αναστροφής οφείλεται σε συμπιεστικές δυνάμεις οι οποίες δημιούργησαν τεκτονικές λεπιώσεις και εφίππευσεις με κατεύθυνση προς τα νοτιοδυτικά. Μέσα στα τεκτονικά λείπια της περιοχής παρεμβάλλεται ένας σχηματισμός που ανήκει στην Σερβομακεδονική μάζα. Το βασικότερο ερώτημα με το οποίο ασχολήθηκε η εργασία, είναι το υπόβαθρο πάνω στο οποίο σχηματίστηκε η γεωλογική δομή των λεπιώσεων αλλά και η παρουσία των σχηματισμών της Σερβομακεδονικής μάζας στην περιοχή. Η μεθοδολογία για την εύρεση των απαντήσεων ξεκινά από την συλλογή δεδομένων στο πεδίο μελέτης (λιθολογικά και τεκτονικά), για την δημιουργία γεωλογικών τομών αλλά και τεκτονοστρωματογραφικής στήλης. Τα κύρια συμπεράσματα αφορούν το υπόβαθρο της περιοχής μελέτης που ανήκει στην Σερβομακεδονική μάζα και την δράση της τεκτονικής φάσης D4 που δημιούργησε την σημερινή γεωλογική δομή.

9.2 English abstract

The western border of Serbo-Macedonian massif with Circum Rhodope belt has been a subject of discussion in the past. There are questions about the geological structure created in the NE part of Thessaloniki (Pefka, Filiro, Asvestochori) because it has not been fully studied. In the area of interest there are characteristic rocks of continental and oceanic crust as a result of tectonic events in the past. These tectonic events have reversed the lithological units of the area. So the older rocks are placed tectonically on top of the younger ones. Compressive forces have created fold-and-thrust belt with a sense of movement to the SW. A lithological unit belonging to the Serbo-Macedonian massif is tectonically emplaced between the lithological units of Circum Rhodope belt. The most basic question of the area is the geological basement on which the geological structure was formed and also the presence of the lithological units of the Serbo-Macedonian massif. The methodology, starts from the collection of



tectonic and lithological data in the study field. The next step is the visualization of the geological structure and the tectonostratigraphy. The final stage of this work is the correlation of the results with the already existing studies of the wider region, with the aim of finding common evidences and formulating the final results. The main conclusions concern the basement of the study area belonging to the Serbo-Macedonian massif and the action of the D4 tectonic phase that created the current geological structure.

10 Βιβλιογραφία

Δημητριάδης Σαράντης Θ. 1988. Εισαγωγή στην πετρολογία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ:ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΙΑΧΟΥΔΗ.Σελ.254.

Κατριβάνος Ε. 2017. Η γεωλογική δομή, η κινηματική παραμόρφωση και η γεωτεκτονική εξέλιξη των ορεινών όγκων Πάικου και Τζένας (Κεντρική Μακεδονία).Θεσσαλονίκη. Διδακτορική Διατριβή. Σελ. 244.

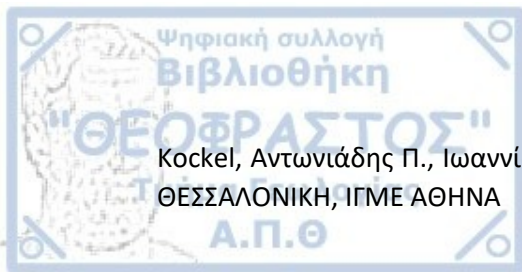
Katrivanos E., Kiliias A. and Mountrakis D., 2013. Kinematics of deformation and structural evolution of the Paikon Massif (Central Macedonia, Greece) : A Pelagonian tectonic window? Neues jahrbuch fuer Mineralogische Abhandlungen, 269, 149-171.

Kiliias A. 2021. The Hellenides: A multiphase deformed orogenic belt, its structural architecture, kinematics and geotectonic setting during the Alpine orogeny: Compression vs Extension the dynamic peer for the orogen making. A synthesis. Journal of Geology and Geoscience.1-56.

KILIAS ADAMANTIOS, WOLFGANG FRISCH, ASTERIOS AVGERINAS, ISTVAN DUNKL, GEORGE FALALAKIS & HANS-JUNGER GAWLICK 2010. Alpine architecture and kinematic of deformation of the northern Pelagonian nappe pile in the Hellenides. Austrian Journal of Earth Sciences.4-28.

Κίλιας Α. 2009. Εισαγωγή στην τεκτονική γεωλογία. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΟΛΥΜΠΟΣ. Σελ.448.

Kockel, Mollat, Αντωνιάδης Π. 1970 Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, ΦΥΛΛΟ ΘΕΡΜΗ, ΙΓΜΕ ΑΘΗΝΑ



Kockel, Αντωνιάδης Π., Ιωαννίδης Κ. 1970 Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, ΦΥΛΛΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΓΓΜΕ ΑΘΗΝΑ

Meinhold Guido, Kostopoulos Dimitrios K. 2013. The Circum-Rhodope Belt, northern Greece: Age, provenance, and tectonic setting. Tectonophysics. 56-68.

Μουντράκης Δ. 2010. Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη: UNIVERSITY STUDIO PRESS. Σελ. 321.

Μουντράκης Δ., Κίλιας Α., Παυλίδης Σ., Σωτηριάδης Λ., Ψιλοβίκος Α., Αστάρης Θ., Βαβλιακή Ε., Κουφός Γ., Δημόπουλος Γ., Σούλιος Γ., Χρηστάρας Β., Σκορδύλη Μ., Τρανός Μ., Σπυρόπουλος Ν., Πάτρα Δ., Συρίδης Γ., Λαμπρινός Ν., και Λαγγαλή Θ. 1986-1988 .ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΦΥΛΛΟ ΛΑΓΚΑΔΑΣ. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ, ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.

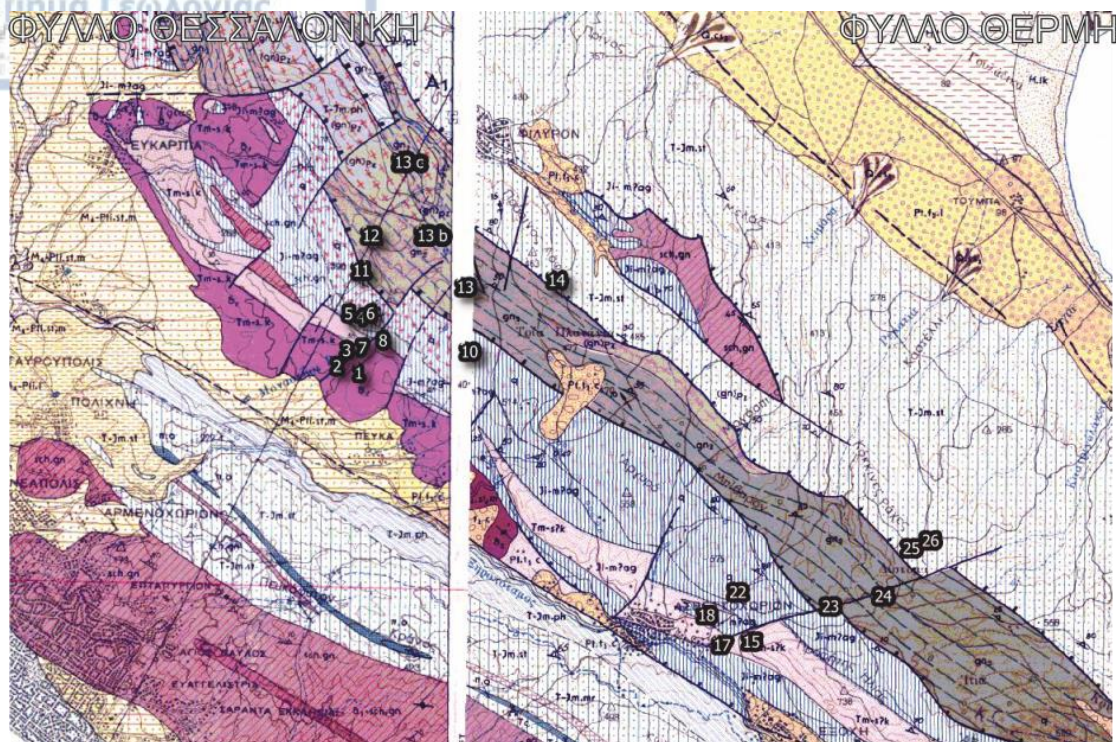
Μουντράκης Δ., Κίλιας Α., Παυλίδης Σ., Σωτηριάδης Λ., Ψιλοβίκος Α., Αστάρης Θ., Βαβλιακή Ε., Κουφός Γ., Δημόπουλος Γ., Σούλιος Γ., Χρηστάρας Β., Σκορδύλη Μ., Τρανός Μ., Σπυρόπουλος Ν., Πάτρα Δ., Συρίδης Γ., Λαμπρινός Ν., και Λαγγαλή Θ. 1986-1988 .ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΦΥΛΛΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ, ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.

Παπαζάχος Κ., Β. Παπαζάχος 2008. Εισαγωγή στην γεωφυσική. Θεσσαλονίκη: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ. Σελ. 610.

Παπανικολάου Δ. 2015. Γεωλογία της Ελλάδας. Αθήνα: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΤΑΚΗ. Σελ. 443.

Tranos M., Kiliias A., Mountrakis D. 1999. Geometry and kinematics of the Tertiary post-metamorphic Circum Rhodope Belt Thrust System (CRBTS), Northern Greece. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ 5-16.

Webb A. Alexander G. , Hongcheng Guo, Peter D. Clift, Laurent Husson, Thomas Müller, Diego Costantino, An Yin, Zhiqin Xu, Hui Cao, and Qin Wang. 2017. The Himalaya in 3D: Slab dynamics controlled mountain building and monsoon intensification. The geological society of America. 637-651



ΕΙΚΟΝΑ 46. Στην εικόνα εμφανίζονται τα φύλλα χάρτη Θεσσαλονίκης και Θέρμης. Οι θέσεις εμφανίζονται με μαύρη αρίθμηση στην περιοχή Πεύκα – Φίλυρο και με κόκκινη αρίθμηση στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου.

Θέση 1 -> Εμφάνιση της οφιολιθικής ακολουθίας (Γάββροι, διαβασικά πετρώματα και πλαγιогρανιτικές φλέβες) (**ΕΙΚΟΝΑ 9**).

Θέση 2 -> Μέτρηση κανονικού ρήγματος της τεκτονικής φάσης D6b (μέτρηση 160/55) μέσα στην οφιολιθική ακολουθία.

Θέση 3 -> Τεκτονική επαφή ασβεστολίθων με αργιλικούς σχιστόλιθους.

Θέση 4 -> Τεκτονική επαφή Φυλλιτών με ασβεστόλιθους (**ΕΙΚΟΝΑ 25**).

Θέση 5 -> Εμφάνιση στρώματος κερατολίθων μέσα στους Φυλλίτες.

Θέση 6 -> Εμφάνιση Φυλλιτών με μέτρηση 035/60. (**ΕΙΚΟΝΑ 12**).

Θέση 7 -> Τεκτονική επαφή ασβεστολίθων με αργιλικούς σχιστόλιθους.

Θέση 8 -> Τεκτονική επαφή Φυλλιτών με ασβεστόλιθους και εμφάνιση στρώματος κερατολίθων.

Θέση 9 -> Εμφάνιση σχιστότητας στην βάση των χαλαζιτών (πιθανή τεκτονική φάση D2) (**ΕΙΚΟΝΑ 21**).

Θέση 10 -> Εμφάνιση χαλαζιτών, τεκτονικά τοποθετημένων πάνω στους Φυλλίτες

Θέση 11 -> Δεύτερη εμφάνιση χαλαζιτών σε παράταξη ΒΔ-ΝΑ.

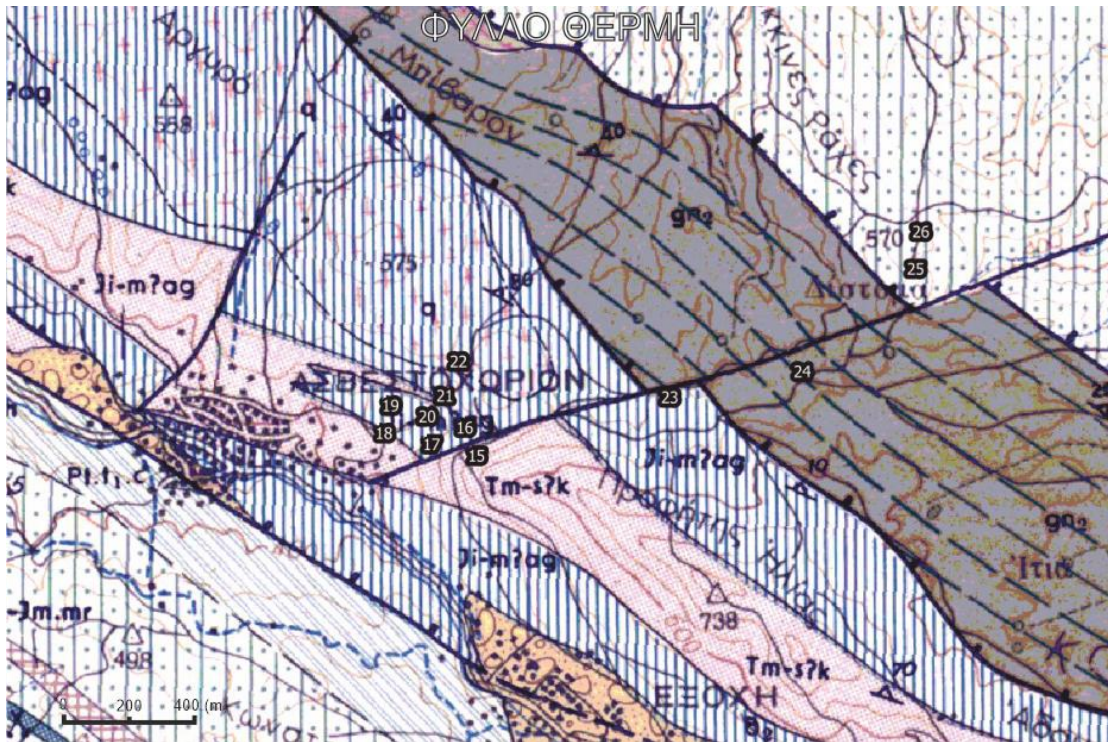
Θέση 12-> Εμφάνιση πρασινοσχιστόλιθου μέτρηση 055/35.(ΕΙΚΟΝΑ 14)

Θέση 13-> Εμφάνιση μικρογνεύσιου.

Θέση 13b -> Εμφάνιση μικρογνεύσιου. (ΕΙΚΟΝΑ 15).

Θέση 13 c -> Εμφάνιση οφθαλμογνεύσιου(ΕΙΚΟΝΑ 16 α , 16 β).

Θέση 14 -> Εμφάνιση φυλλιτών – ψαμμιτών με πτυχώσεις της τεκτονικής φάσης D4.(ΕΙΚΟΝΑ 29).



ΕΙΚΟΝΑ 47. Φύλλο χάρτη Θέρμης στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου.

Θέση 15 -> Μέτρηση κανονικού ρήγματος μεγάλης γωνίας κλίσης (τεκτονική φάση D6b) με μέτρηση 325/65 μέσα στους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους.(ΕΙΚΟΝΑ 38).

Θέση 16 -> Τεκτονική επαφή Φυλλιτών με ασβεστόλιθους.(ΕΙΚΟΝΑ 27).

Θέση 17 -> Εμφάνιση αργιλικών και γραφιτικών σχιστόλιθων με την μορφή τεκτονικού φακού μέσα στους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους. (ΕΙΚΟΝΑ 10).

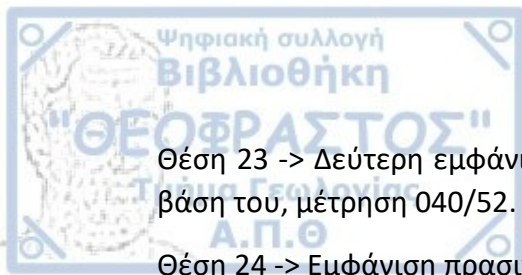
Θέση 18 -> Εμφάνιση ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων.

Θέση 19 -> Εμφάνιση αργιλικών σχιστολίθων, μέτρηση 025/60.

Θέση 20 -> Εμφάνιση ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων, μέτρηση 035/64.

Θέση 21 -> Εμφάνιση Φυλλιτών, μέτρηση 035/45.

Θέση 22 -> Εμφάνιση χαλαζιτών



Θέση 23 -> Δεύτερη εμφάνιση χαλαζιτών μέσα στους Φυλλίτες με σχιστότητα στην βάση του, μέτρηση 040/52.

Θέση 24 -> Εμφάνιση πρασινοσχιστόλιθου, μέτρηση 015/35.

Θέση 25 -> Τεκτονικό όριο των φυλλιτών – ψαμμιτών με τον πρασινοσχιστόλιθο.

Θέση 26 -> Τεκτονική δομή πτυχώσεων μέσα στους φυλλίτες – ψαμμίτες ([EIKONA 22](#)).