

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΠΑΪΚΟΥ ΚΑΙ ΑΛΜΩΠΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Π. ΠΛΟΥΓΑΡΗ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΤΟΥ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Αριθμός Ειδικού Μητρώου : 3670

Υπό την καθοδήγηση :

Καθηγήτῃ Δημοσθένῃ Μ. Μουντράκη
Δρ. Μάρκου Δ. Τρανού



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2006



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 3
1.1	Σκοπός και μεθοδολογία	σελ. 3
1.2	Γεωγραφικά και γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής	σελ. 4
2	ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	σελ. 7
2.1	Λιθοστρωματογραφία της ζώνης Πάϊκου	σελ. 9
2.2	Λιθοστρωματογραφία της ζώνης Αλμωπίας	σελ. 12
2.3	Η τεκτονική επαφή των ζωνών Πάϊκου και Αλμωπίας. Διάφορες απόψεις	σελ. 15
2.4	Οι απόψεις για την τεκτοορογενετική εξέλιξη της περιοχής	σελ. 23
3	Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΝΕΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ.....	σελ. 29
3.1	Περιγραφή των σχηματισμών.....	σελ. 29
3.2	Τεκτονικές παρατηρήσεις και μετρήσεις.....	σελ. 37
3.2.1	Φύλλωση.....	σελ. 37
3.2.2	Πτυχές.....	σελ. 39
3.2.3	Ρήγματα.....	σελ. 47
3.2.4	Καταγραφή Μικροκινηματικών Δεικτών.....	σελ. 48
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΚΤΟΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ.....	σελ. 50
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 53

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός και μεθοδολογία.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.). Αντικείμενο της εργασίας είναι η γεωλογική χαρτογράφηση στην επαφή των ζωνών Πάϊκου – Αλμωπίας σε κλίμακα 1 : 5.000.

Η εκπόνηση της εργασίας περιελάμβανε :

α) Συλλογή τοπογραφικών διαγραμμάτων 1:5.000 και γεωλογικών χαρτών σχετικών με την ευρύτερη περιοχή, β) Βιβλιογραφική ενημέρωση σχετικά με τη γεωλογία της ευρύτερης περιοχής, γ) Εργασίες υπαίθρου και δ) Εργασίες γραφείου.

Στις εργασίες υπαίθρου περιλαμβάνονται η γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000 κατά μήκος του ορίου των ζωνών Πάϊκου και Αλμωπίας στην περιοχή ΒΒΔ του χωριού Λάκκα του Νομού Πέλλας. Ακόμα ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στη συλλογή των τεκτονικών στοιχείων των γεωλογικών σχηματισμών, όπως είναι η φύλλωση, οι πτυχές, τα ρήγματα, οι διακλάσεις κ.α..

Στις εργασίες γραφείου περιλαμβάνονται :

α) Η σχεδίαση με το πρόγραμμα CorelDRAW Version 12 του γεωλογικού χάρτη της περιοχής χαρτογράφησης, κλίμακας 1:5.000 και η κατασκευή γεωλογικών τομών σε επιλεγμένες θέσεις και στην ίδια κλίμακα, ώστε να δίνεται μια ακριβής και όσο το δυνατό πληρέστερη εικόνα της γεωλογικής δομής της περιοχής.

β) Η αξιολόγηση και παρουσίαση των συλεχθέντων τεκτονικών στοιχείων, με την κατασκευή στερεογραφικών διαγραμμάτων με τη χρήση του προγράμματος StereoNett Version 2.46 (Duyester 1999).

1.2 Γεωγραφικά και Γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται ΒΒΔ του χωριού Λάκκα, το οποίο και βρίσκεται στο Νομό Πέλλας σε απόσταση περίπου 25 km ΒΔ από την πόλη των Γιαννιτσών.

Το ανάγλυφο στην περιοχή χαρακτηρίζεται λοφώδες με μεγαλύτερο υψόμετρο στα 450 m.



Σχήμα 1.2 Χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης



Σχήμα 1.2 Τοπογραφικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής. Κλίμακα 1:50.000

Η χαρτογραφηθείσα περιοχή (σχήμα 1.2) εντοπίζεται στις ΝΔ παρυφές του ορεινού όγκου του Πάϊκου κατά μήκος του ρέματος «Προβατολίβαδο» που ρέει προς τα ΝΝΑ και διέρχεται από το χωριό Λάκκα. Το δυτικό όριο της χαρτογραφηθείσας περιοχής αποτελεί η επιμήκης λοφοσειρά με το τοπωνύμιο 'Κορυφή του Δημήτρη', ενώ προς τα ανατολικά περιλαμβάνει τις κλιτείς με το τοπωνύμιο 'Νερόστομα'.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής χαρακτηρίζεται από ένα κύριο ρέμα διεύθυνσης ΒΒΔ – ΝΝΑ, το ρέμα Προβατολίβαδο, με παραποτάμια ρέματα που εμφανίζουν σημαντική ασυμμετρία ανάπτυξης. Συγκεκριμένα τα παραποτάμια ρέματα ανατολικά του κύριου αυτού ρέματος είναι μεγαλύτερα σε μήκος και είναι 3^{ης} τάξης σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Strahler (1969), ενώ τα ρέματα δυτικά του κύριου αυτού ρέματος είναι σχεδόν ανύπαρκτα (σχήμα 1.2).

Η επιμήκης λοφοσειρά στο δυτικό τμήμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από κλιτείς των οποίων οι μορφολογικές κλίσεις είναι της τάξεως των 20° προς τα Ανατολικά. Ενώ αντίθετα, η περιοχή «Νερόστομα» περιλαμβάνει επιμήκεις λόφους και αντερείσματα σε εγκάρσια ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση με μορφολογικές κλίσεις της τάξης των 15° προς τα Δυτικά.

Όσον αφορά τη βλάστηση της περιοχής, αυτή χαρακτηρίζεται ως θαμνώδης και κατά θέσεις είναι πολύ πυκνή.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης στο σύνολό της δομείται από Μεσοζωικής ηλικίας πετρώματα που έχουν συμμετάσχει στην αλπική ορογένεση του Ελληνικού ορογενούς και αρχικά εντάχθηκαν στην ζώνη Αξιού, η οποία θεωρήθηκε ως τμήμα του ωκεανού της Τηθύος (Kossmat 1924). Μεταγενέστερες έρευνες οδήγησαν στη διάκριση της ζώνης του Αξιού σε τρεις διαφορετικές ζώνες (Mercier 1968) που από τα ανατολικά προς τα δυτικά είναι η ζώνη Παιονίας, Πάϊκου και Αλμωπίας (σχήμα 2.1). Σύμφωνα με την τελευταία αυτή διάκριση τα πετρώματα της περιοχής μελέτης βρίσκονται στο όριο των ζωνών Αλμωπίας και Πάϊκου (ΙΓΜΕ γεωλ. Χάρτης (σχήμα 2.5)).

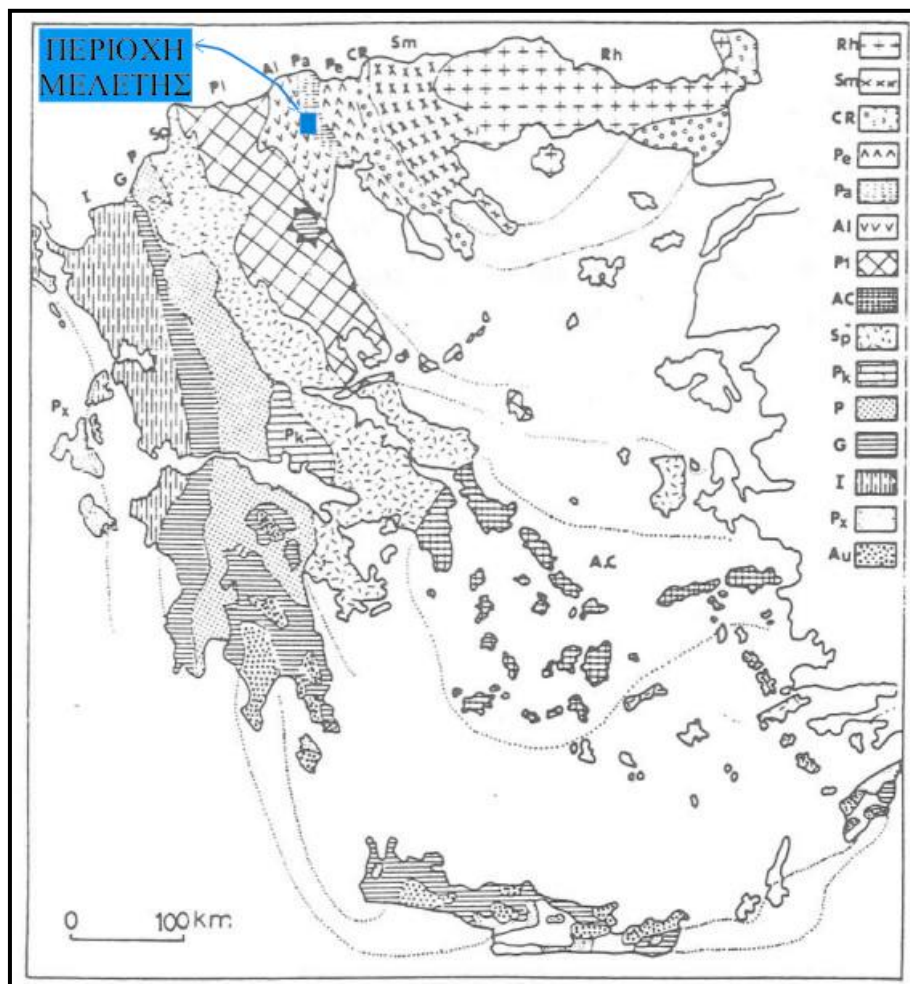
Η περιοχή έχει ήδη αποτελέσει αντικείμενο γεωλογικής έρευνας μετά το 1960 λόγω του πολύ μεγάλου ενδιαφέροντος που συγκεντρώνει και το οποίο αφορά στον ακριβή προσδιορισμό και εξέλιξη των παλαιογεωγραφικών συνθηκών που σχετίζονται με το σχηματισμό, την ανάπτυξη και τέλος την καταστροφή του ωκεάνιου χώρου της Τηθύος.

Σύμφωνα με τον Mercier (1968), τον βασικό ερευνητή της ζώνης του Αξιού στον Ελληνικό χώρο, η ζώνη του Πάϊκου αποτέλεσε ένα ύβωμα που διαχώριζε την αύλακα της Παιονίας από την αύλακα της Αλμωπίας, ενώ με τις σύγχρονες αντιλήψεις της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών η ζώνη του Πάϊκου αποτέλεσε πιθανότατα ένα νησιωτικό τόξο με έντονη ηφαιστειακή δράση κατά την διάρκεια του Άνω Ιουρασικού εκατέρωθεν του οποίου αναπτύχθηκαν οι ωκεάνιες περιοχές της Αλμωπίας και της Παιονίας ως αποτέλεσμα ενδοωκεάνιας υποβύθισης. Αντίστοιχα για τη ζώνη της Αλμωπίας πιστεύεται ότι αυτή αντιπροσώπευε το πιο δυτικό (εξωτερικό) τμήμα της παλαιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος (Mercier 1968). Εντούτοις είναι πολύ πιθανόν η Αλμωπία να αντιπροσωπεύει το ανατολικό περιθώριο του ηπειρωτικού τεμάχους της Πελαγονικής πάνω στο οποίο επωθήθηκαν από τα Ανατολικά οι οφειόλιθοι και τα ιζήματα βαθιάς θάλασσας του ωκεανού της Τηθύος (Μουντράκης 1983).

Στην περιοχή αναγνωρίζονται επίσης και μεταλλικά πετρώματα που διακρίνονται σε:

A) Ηφαιστειοκλαστικά υλικά που χρονολογούνται στο Πλειο-Πλειστόκαινο και τα οποία δομούν τα ανώτερα τμήματα των λόφων πάνω από το υψόμετρο των 240 m περίπου.

B) Πολύ μικρού πάχους και σημασίας αλλουβιακές αποθέσεις (αποθέσεις κοίτης) μέσα στη κοίτη των ρεμάτων, και οι οποίες δεν χαρτογραφήθηκαν λόγω αυτής της περιορισμένης έκτασης.



Σχήμα 2.1 Η γεωτεκτονική διαίρεση του Ελληνικού χώρου στις Ελληνίδες ζώνες (από Μουντράκης 1985)

2.1 Λιθοστρωματογραφία της ζώνης Πάϊκου.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τους οποίους αποτελείται η ζώνη Πάϊκου, από τους αρχαιότερους προς τους νεότερους συνοπτικά είναι οι παρακάτω σύμφωνα με τον Mercier (1968), (από Μουντράκης 1985, σχήμα 2.2) :

- (1) Ρα0: Μία μεταμορφωμένη ενότητα η οποία αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, σιπολίνες και χλωριτικούς σχιστόλιθους σε εναλλασσόμενα στρώματα, η οποία αποκαλύπτεται στον ορεινό όγκο της Τζένας.
- (2) Ρα1: Ανθρακική μεταμορφωμένη σειρά που συνίσταται από μάρμαρα, σιπολίνες, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους και πρασινοσχιστόλιθους ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού, η οποία είναι γνωστή ως Σειρά Κοκκινόπετρας (Γκαντάτσι).
- (3) Ρα2: Μια ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά ηλικίας Μέσου – Άνω Ιουρασικού, η οποία αποτελείται από ημιμεταμορφωμένα ιζήματα, χλωριτικούς και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους με παρεμβολές από βασικά έως ενδιάμεσης σύστασης ηφαιστειακά υλικά. Οι σχηματισμοί αυτοί που διαγράφουν μια στενή επιμήκη λωρίδα στις δυτικές κλιτείς του Πάϊκου αναφέρονται στη βασική γεωλογική χαρτογράφηση του ΙΓΜΕ ως Σειρά Λιβαδιών, ενώ στο ανατολικό Πάϊκο περιλαμβάνονται στο Σχηματισμό Καστανερής.
- (4) Ρα3: Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί, σιπολίνες και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι πιθανής Ιουρασικής ηλικίας που ως σύνολο έχουν ονομαστεί Ασβεστόλιθοι Κρώπης.
- (5) Ρα4: Σχιστόλιθοι πρασινωποί που εναλλάσσονται κατά θέσεις με κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους.
- (6) Ρα5: Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά ποικίλης σύστασης και μεγάλου πάχους, η οποία συνίσταται από ηφαιστειακά πετρώματα κυρίως σιπολίνες και κερατοφύρες (Σειρά Σπλιτών-Κερατοφυρών σύμφωνα με τη βασική γεωλογική χαρτογράφηση του ΙΓΜΕ).
- (7) Ρα7: Μικροκρυσταλλικοί, ελαφρώς δολομιτικοί και κατά θέσεις ψαμμούχοι ασβεστόλιθοι που ονομάζονται από το ομώνυμο χωριό της τυπικής τους εμφάνισης ως Ασβεστόλιθοι Κρώμνης. Βρίσκονται με στρωματογραφική ασυμφωνία πάνω στη Σειρά Σπλιτών-Κερατοφύρων και είναι Πορτλάνδιας – πρώιμης Κρητιδικής ηλικίας όπως προκύπτει από τα χαρακτηριστικά απολιθώματα *Cladocoropsis mirabilis*, τα Γαστερόποδα και τα Δίθυρα που βρέθηκαν σ' αυτούς (Sharp & Robertson, 2003).

Ο σχηματισμός αυτός, αναφέρεται από τους Sharp & Robertson (2003) ως Ασβεστόλιθος της Κρώμνης, το πάχος του είναι <40m, και επικαλύπτει ασύμφωνα τον Σχηματισμό Καστανερής με μια χαρακτηριστική λατεριτική επιφάνεια διάβρωσης. Αποτελείται από λεπτές στρώσεις, από γκρι νηριτικούς ασβεστολίθους και από παρενστρώσεις ασβεσταρενιτών, μαργών και πηλόλιθων. Στο σχηματισμό υπάρχει πανίδα από γαστερόποδα, δίθυρα, *Cladocoropsis Mirabilis*, βαθύαλης ζώνης τρηματοφόρα και πανίδα κοραλλιών

(Sharp & Robertson ,2003). Η συνύπαρξη βαθύαλων τρηματοφόρων και των Cladocoropsis προσδιορίζουν ηλικία Κιμμεριδίου, ενώ κατά τον Mercier (1968) ο Ασβεστόλιθος Κρώμνης τοποθετείται στο Τιθώνιο. Νεότερες μελέτες βασιζόμενες σε απολιθώματα τον προσδιορίζουν στο Κάτω Κρητιδικό (Ferriere et al. 2001).

- (8) Ρα8: Σχηματισμοί φλύσχη προς τους οποίους μεταβαίνουν οι ασβεστόλιθοι Κρώμνης. Αποτελούνται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, πηλίτες και ασβεστόλιθους που έχουν υποστεί χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση και χρονολογούνται με βάση απολιθώματα στο Βερριάσιο-Βαλανζίνιο. Από τους Brown και Robertson (2003), αναφέρονται ως Σχηματισμός του Γράμμου και σύμφωνα με αυτούς, υπέρκειται με συμφωνία του Ασβεστόλιθου της Κρώμνης. Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί μια κλαστική ακολουθία κοκκινωπού προς λευκού ή πρασινωπού χρώματος. Σε μερικές θέσεις οι ασβεστόλιθοι του Σχηματισμού Κρώμνης απουσιάζουν και σε εκείνες τις θέσεις ο σχηματισμός υπέρκειται του ηφαιστειακού Σχηματισμού της Καστανερής. Η απόθεση του εκτιμάται ότι συντελέστηκε στο Ανώτερο Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό. Ειδικότερα, αποτελείται από τα ακόλουθα μέλη:

ΑΡΕΝΙΤΕΣ : Τα αδρομερή κλαστικά – ψαμμιτικά υλικά επικρατούν στον Σχηματισμό Γράμμου, παρόλο αυτά και τα πιο λεπτόκοκκα ψαμμιτικά υλικά δεν απουσιάζουν. Τα κύρια ορυκτά του είναι ηφαιστειακός και μεταμορφικός χαλαζίας, αλβίτης, επίδοτο, οξείδιο χλωρίτη και σιδήρου.

ΙΛΥΟΛΙΘΟΙ-ΠΗΛΟΛΙΘΟΙ: Κοκκινωπού, ανοικτού πράσινου και λευκού χρώματος επικρατούν στα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού(4m). Σύσταση χαλαζία, αλβίτη, μοντρομυλονίτη, καολινίτη και χλωρίτη.

ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ: Φακοειδείς σχηματισμοί αποτελούμενοι από μικροκροκαλοπαγή ιζήματα. Το πάχος τους ποικίλει από 10cm μέχρι 3m και πλάτος από 2 έως 10m.

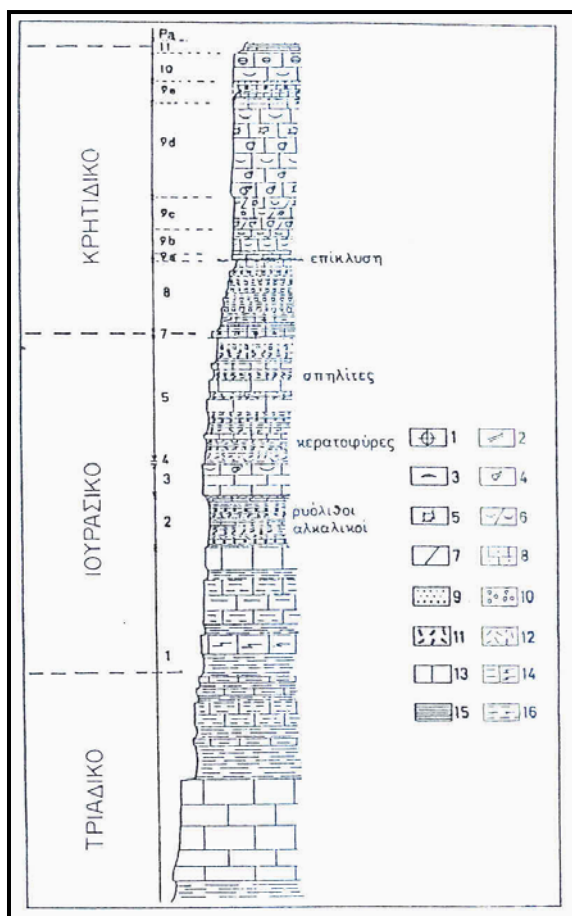
- (9) Ρα9: Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι. Οι Sharp & Robertson (2003) τους περιγράφουν ως ανοικτοκίτρινους πελαγικούς ασβεστόλιθους (Buff pelagic carbonates) μικριτικούς, λεπτοστρωματώδεις (στρώσεις περίπου 0.12-1cm) πλούσιους σε απολιθώματα Globotruncana ηλικίας Καμπανίου – Μαιστριχτίου. Εμφανίζονται στο ανατολικό αλλά και στο δυτικό τμήμα του όρους Πάικου. Στο δυτικό τμήμα απαντώνται στο τμήμα μεταξύ των χωριών Θεοδωράκι και Μάνδαλο. Περιέχουν και απολιθώματα Foraminifera που δείχνουν ένα πελαγικό περιβάλλον. Στον ανώτερο ορίζοντα υπάρχουν κλαστικά στρώματα όπως ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και πηλίτες που μεταβαίνουν σε κλαστικά φλυσχικά ιζήματα ηλικίας Κονιασίου - Καμπανίου.

- (10) Ρα10: Ακολουθούν ασβεστόλιθοι μαύρου – γκρι χρώματος ηλικίας Μαιστριχτίου.

- (11) Ρα11: Στον ανώτερο ορίζοντα καταγράφονται ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες και χλωριτικοί σχιστόλιθοι με πιθανή ηλικία

Ανώτερου Μαιστρίχτιου ή ακόμα και μετα-Μαιστρίχτιο. Από τους Sharp & Robertson (1993) ο σχηματισμός αυτός αναφέρεται ως Φλύσχος Της Τσούκα ο οποίος αποτελείται από λεπτές εναλλαγές κλαστικού και αργιλικού υλικού. Από τον κατώτερο σχηματισμό των ανοικτοκίτρινων ασβεστόλιθων γίνεται μια σταδιακή ιζηματογενής μετάβαση. Στον σχηματισμό αυτό βρέθηκαν Radiolaria και πιο συγκεκριμένα Pseudodictyomitra pseudomacrocephala τα οποία έδειξαν ηλικία Τουρόνιο – Μαιστρίχτιο. Ο σχηματισμός Τσούκα περιλαμβάνει μια μεταβλητή διαδοχή από λεπτόκοκκα και αδρόκοκκα υλικά σε στρώσεις με παρεμβολές από πιο χονδρόκοκκα υλικά (μέχρι και 10cm πάχους). Οι ψαμμίτες χαρακτηρίζονται σαν ανώριμοι και αποτελούνται από κακώς ταξινομημένους κλάστες.

Η λιθοστρωματογραφική στήλη της ζώνης Πάϊκου δίνεται στα σχήμα 2.2 & 2.3.



Σχήμα 2.2 Γεωλογική στήλη της ζώνης Πάϊκου (κατά Mercier 1968)

AGE	LITHOLOGY	FORMATION	DESCRIPTION
Upper Jurassic to Lower Cretaceous		Overthrust ophiolites Regional thrust	Sheeted dykes, pillow lavas & radiolaria
Turonian to Maastrichtian		Tchouka Flysch	Deep-water sands, silts & radiolarite
Turonian		Buff Pelag. Carb.	Pelagic limestones
Turonian			
		Cretaceous Transgressive Limestones	Shallow-water carbonate platform
Aptian/Albian			
post-Kimmeridgian - pre-Aptian/Albian		Ghrammos Formation	Red-bed sands, silts and conglomerates
Kimmeridgian/ Tithonian		Khromni Limestones	Shallow-marine algal limestones
Middle to Upper Jurassic		Kastaneri Formation	Intermediate to felsic volcanics and volcaniclastics
		Thrust	
? Middle to Upper Jurassic		Livadia Formation	Mafic to intermediate volcanics
? Lower to Middle Jurassic		Gandatch Formation	Marbles, chloritic schists and calc-schists

Σχήμα 2.3 Γεωλογική στήλη της ζώνης Πάϊκου (κατά Brown & Roberson 2003)

2.2 Λιθοστρωματογραφία της ζώνης Αλμωπίας

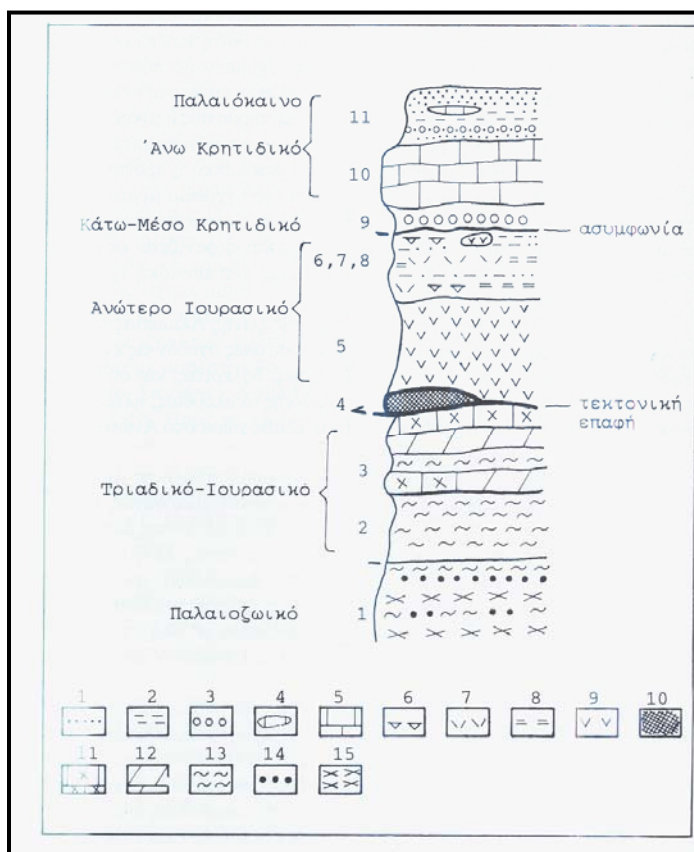
Η ζώνη Αλμωπίας χαρακτηρίζεται από την παρουσία αλληπάλληλων τεκτονικών λεπίων, τα οποία έχουν οδηγήσει στο διαχωρισμό της ζώνης σε πολλές ενότητες, οι οποίες διακρίνονται σε ανατολικές, μεσαίες, δυτικές και στις βόρειες. Γενικά οι σχηματισμοί παρουσιάζουν αρκετές διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή, παρ' όλα αυτά μπορούν να συνοψιστούν, από τους κατώτερους προς τους ανώτερους, στους παρακάτω (Mercier 1968, Μουντράκης 1985),(σχήμα 2.4):

1. Στον κατώτερο ορίζοντα εμφανίζεται μια σειρά από ισχυρά μεταμορφωμένα πετρώματα όπως οφθαλμογενευσίων και αμφιβολιτών. Στον ανώτερο ορίζοντα αυτής της σειρά παρατηρούνται εναλλαγές από σχιστολίθους. Η ηλικία της σειρά θεωρείται προαλπική.
2. Ο ορίζοντας αυτός περιλαμβάνει επίσης μια σειρά από μεταμορφωμένα πετρώματα με εναλλαγές ασβεστιτικών, χλωριτικών και σερικιτικών σχιστολίθων αλλά και φυλλιτών, μαρμάρων και σιπολινών. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Τριαδική – Ιουρασική.
3. Ακολουθεί ένας ορίζοντας από μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα (μάρμαρα, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες) με μικρές παρεμβολές από σχιστολίθους. Μαζί με τον προηγούμενο σχηματισμό αποτελούν την ιζηματογένεση του Τριαδικού – Ιουρασικού.
4. Πάνω στον προηγούμενο ορίζοντα με τεκτονική τοποθέτηση βρίσκεται ένας σχηματισμός «οφειολιθικών μιγμάτων». Αποτελείται από μεγάλες αλλά και μικρότερες λατύπες από μάρμαρα και κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα τα οποία βρίσκονται μέσα σε ένα σχιστοποιημένο υλικό οφειολιθικών και παλαιών τόφφων, τα οποία και σχηματίζουν ένα έγχρωμο μίγμα πετρωμάτων. Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί τη βάση των επωθημένων οφειολιθικών σωμάτων και η ηλικία του είναι Άνω Ιουρασική.
5. Ακολουθούν οι οφειόλιθοι που εμφανίζονται σε μεγάλες μάζες και αποτελούνται από σερπεντινίτες, βασικές λάβες και δολερίτες. Η ηλικία τους είναι Ιουρασική.
6. Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ιζηματογενείς, ηφαιστειοϊζηματογενείς και κλαστικές σειρές. Στις σειρές αυτές περιλαμβάνονται κυρίως ιζήματα βαθιάς θάλασσας (κερατόλιθους, μαύρους –κόκκινους αργιλικούς σχιστόλιθους) και ασβεστολίθους ενώ συχνές είναι οι παρεμβολές οφειολιθικών σωμάτων. Ακόμα σε ορισμένες θέσεις τα πετρώματα του ορίζοντα αυτού εμφανίζονται με την μορφή «χαοτικού ιζηματογενούς μίγματος». Η ηλικία του σχηματισμού είναι Άνω Ιουρασική – Κάτω Κρητιδική.

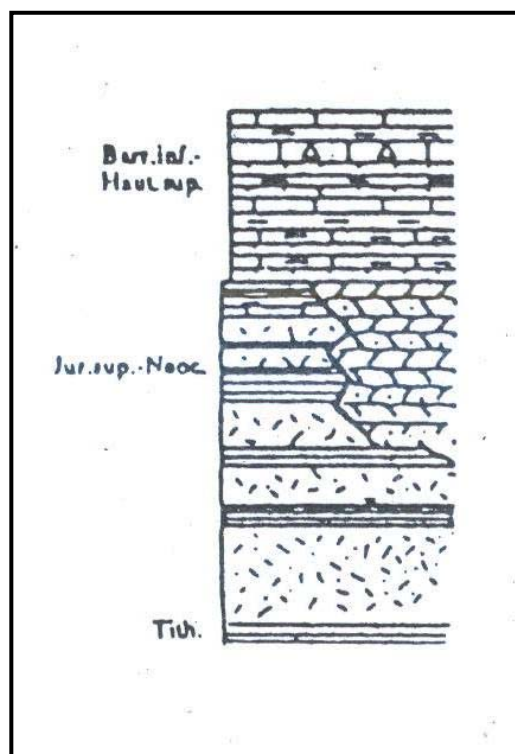
7. Η συνέχιση της ιζηματογένεσης γίνεται με την Μέσο – Άνω Κρητιδική επίκλυση και την απόθεση ενός κροκαλοπαγούς βάσης.
8. Ο ανώτερος ορίζοντας περιλαμβάνει τεφρούς και μαύρους ασβεστολίθους οι οποίοι πολλές φορές είναι ψαμμιτοειδείς και είναι ηλικίας Άνω Κρητιδικού.
9. Ο ανώτερος σχηματισμός της ζώνης είναι ο φλύσχης. Συνίσταται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και ψαμμιτικούς ασβεστολίθους. Η ηλικία του φλύσχης είναι Άνω Μαιστρίχτια – Κάτω Παλαιόκαινη.

Στην περιοχή που εξετάζουμε, από τις ενότητες της Αλμωπίας, αποκαλύπτεται η Ενότητα Κρανιάς (Mercier 1968). Η Ενότητα αυτή εντάσσεται μαζί με τη δυτικότερη Ενότητα Μαυρόλακου στις ανατολικές ενότητες και αποτελείται από μεγάλες μάζες μετα-δολεριτών και μεταλαβών, οι οποίες βρίσκονται σε κανονική επαφή με μια ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά με τοφίτες, λάβες, πηλίτες, ψαμμίτες και μάρμαρα. Η λιθοστρωματογραφική της διάρθρωση είναι (σχήμα 2.5, από Stais 1993) :

Στη βάση μαζώδη βασικά ηφαιστειακά σώματα που περιβάλλονται από πηλίτες και ραδιολαρίτες (ιζήματα βαθιάς θάλασσας) και στην επαφή με αυτό το σύνολο παρατηρούνται ηφαιστειακοί σχηματισμοί βασικής-όξινης σύστασης και/ή ηφαιστειοκλαστικά υλικά. Προς τα πάνω η ενότητα Κρανιάς περιλαμβάνει φλυσχοειδή ιζήματα με παρεμβολές ασβεστολίθων με χαρακτηριστικά απολιθώματα *Griphoporella cekici* που προσδιορίζουν το Κατώτερο Κρητιδικό (Βαρρέμιο-Ωτερίβιο).



Σχήμα 2.4 Γεωλογική στήλη της ζώνης Αλμωπίας
(Μουντράκης 1985)



Σχήμα 2.5 Γεωλογική στήλη της
Ενότητας Κρανιάς (Stais 1993)

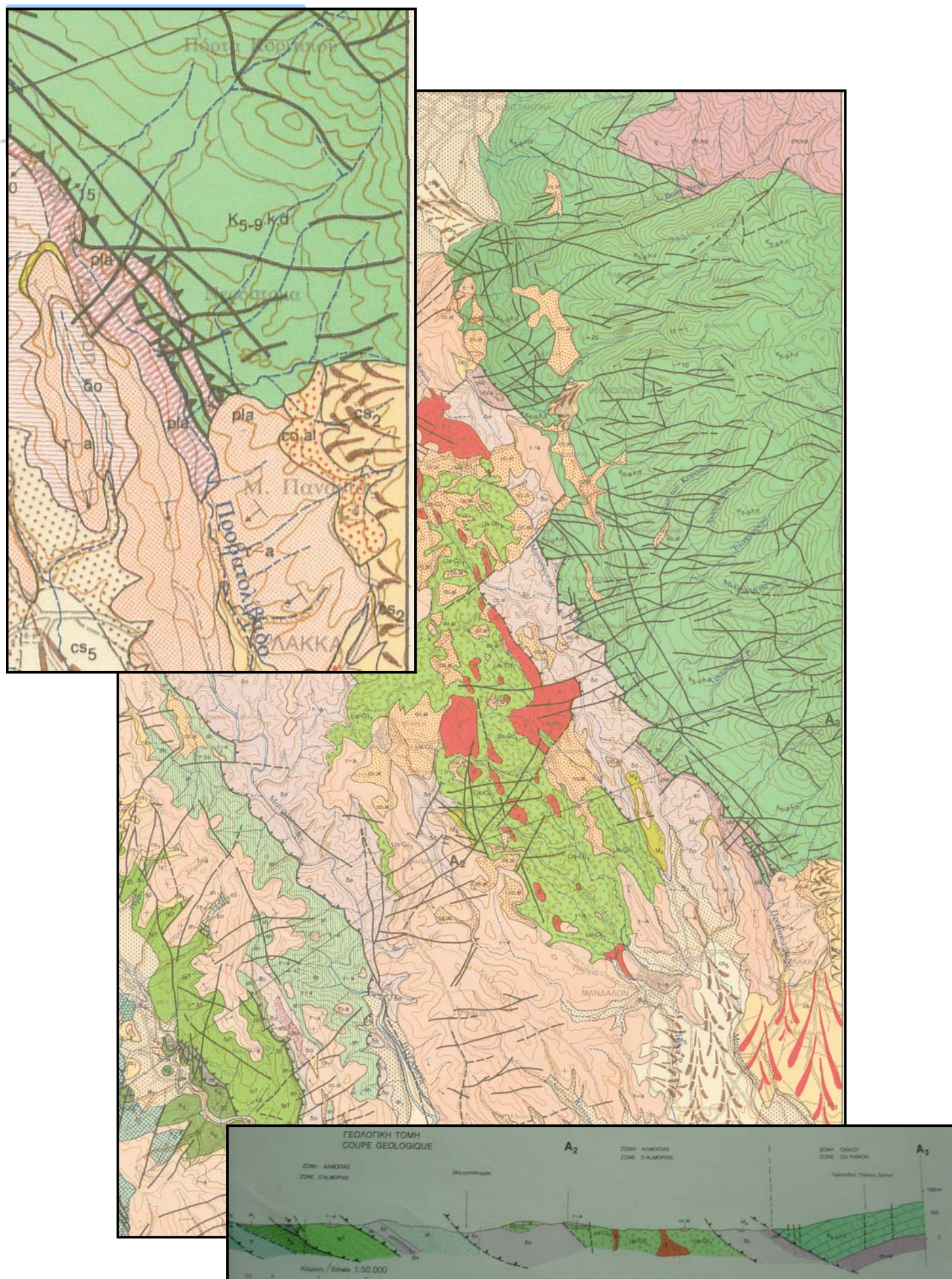
2.3 Η τεκτονική επαφή των ζωνών Πάϊκου και Αλμωπίας. Διάφορες απόψεις

Αντικείμενο της παρούσας χαρτογράφησης όπως ήδη αναφέρθηκε αποτέλεσε το όριο των ζωνών Αλμωπίας και Πάϊκου στο τμήμα μεταξύ του χωριού Θεοδωράκι και Λάκκα. Το όριο αυτό έχει χαρτογραφηθεί και μελετηθεί από τους Mercier (1968) και Sharp & Robertson (1993), ενώ μελέτες που πραγματεύονται τη δομή του ορεινού όγκου του Πάϊκου έχουν πραγματοποιηθεί από τους Stais (1993), Vergely & Mercier (2000), Ferriere et al. (2001). Το όριο Πάϊκου-Αλμωπίας σύμφωνα με τις παραπάνω μελέτες έχει αποτελέσει αντικείμενο διαφωνίας ανάμεσα στους γεωεπιστήμονες τόσο όσον αφορά τη γεωμετρία και κινηματική του όσο και κατ' επέκταση και της σημασίας του στην γεωτεκτονική εξέλιξη του ευρύτερου χώρου.

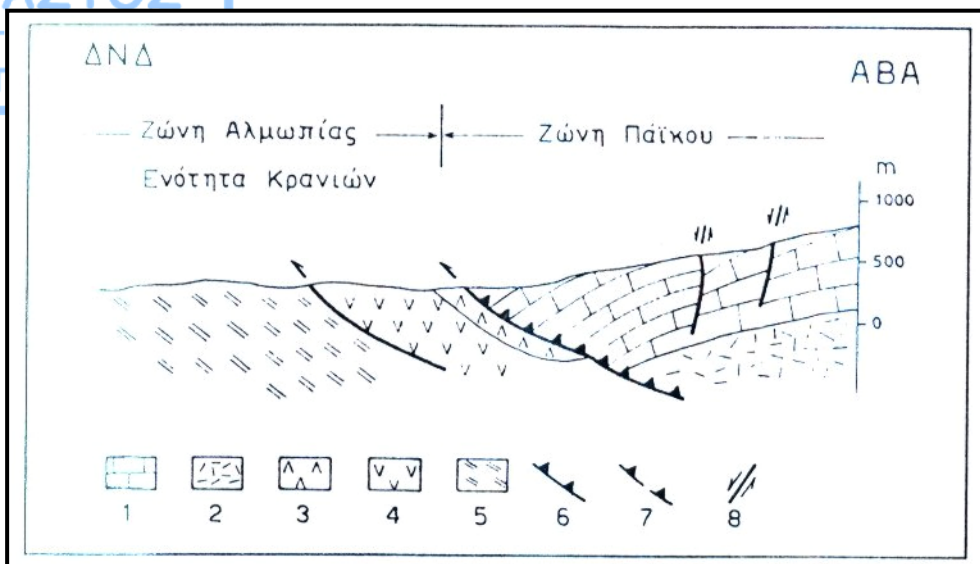
Εξαιτίας των σημαντικών ερμηνευτικών διαφοροποιήσεων που προέκυψαν από τις έρευνες αυτές θα αναφερθούμε στις κύριες απόψεις που έχουν διατυπωθεί και θα επικεντρώσουμε στις διαφορές τους και την τεκμηρίωσή τους.

Το γεωλογικό όριο ανάμεσα στη ζώνες Πάϊκου και Αλμωπίας όπως προσδιορίζεται από τις μέχρι σήμερα αντιλήψεις διέρχεται από τα χωριά Λάκκα και Θεοδωράκι με ΒΔ – ΝΑ διεύθυνση.

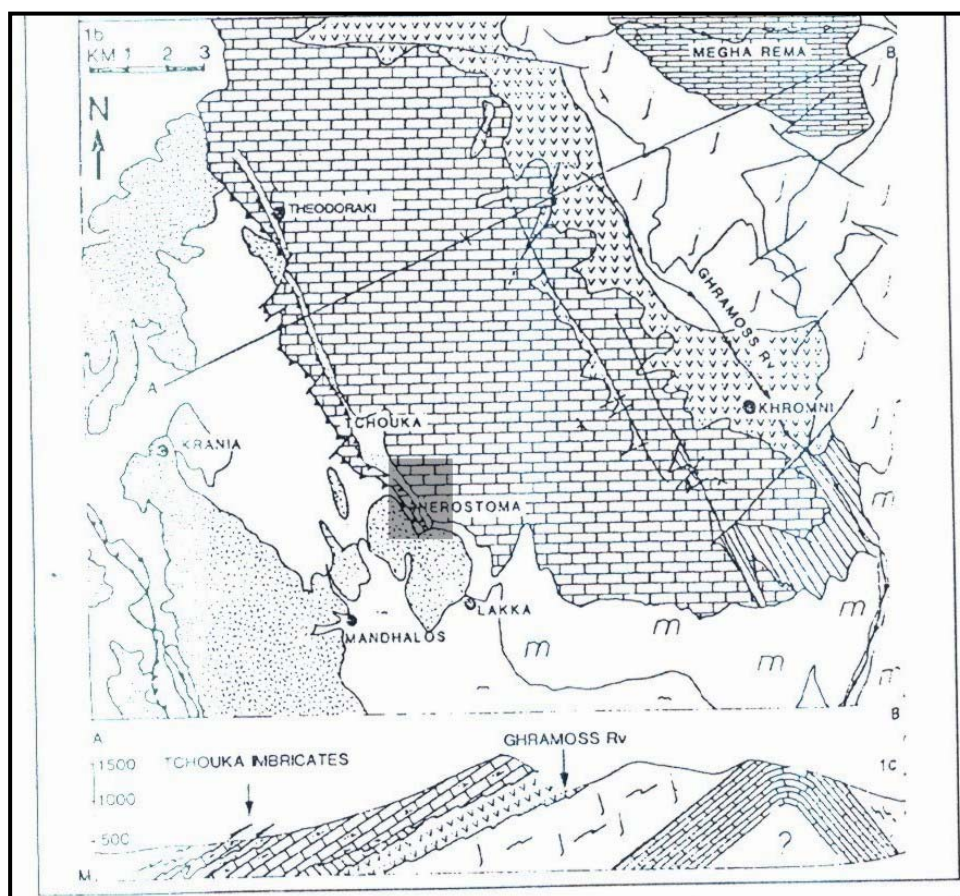
Ο Mercier (1968, 1975 IFME,) αναφέρει ότι το όριο Πάϊκου-Αλμωπίας αποτελεί μια τεκτονική επαφή. Πιο συγκεκριμένα την προσδιορίζει ως μια ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης επώθηση με φορά προς τα ΝΔ, η οποία φέρνει τα επικλυσιογενή Άνω Κρητιδικά ανθρακικά πετρώματα του Πάϊκου πάνω στους Ιουρασικής ηλικίας δολερίτες και πηλίτες της Ενότητας Κρανιάς της ζώνης της Αλμωπίας (σχήμα 2.6). Η άποψη αυτή περιγράφεται και στη βασική γεωλογική χαρτογράφηση του φύλλου Έδεσσα (Mercier and Vergely) (σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5 Γεωλογικός χάρτης και γεωλογική τομή του φύλλου Έδεσσα (ΙΓΜΕ)



Σχήμα 2.6 Γεωλογική τομή του ορίου των ζωνών Αλμωπίας και Πάϊκου. 1: ασβεστόλιθοι Άνω Κρητιδικού, 2: σπιλίτες – κερατοφύρες, 3: δολερίτες, 4: pillow lavas, 5: ηφαιστειο – ιζηματογενής σειρά ενότητας Κρανιών, 6: τεκτονική επαφή των ζωνών, 7: ανάστροφο ρήγμα λεπίωσης, 8: κανονικό ρήγμα. (κατά Mercier & Vergely 1971, φύλλο χάρτη «Έδεσσα», ΙΓΜΕ – από Μουντράκη, 1985)

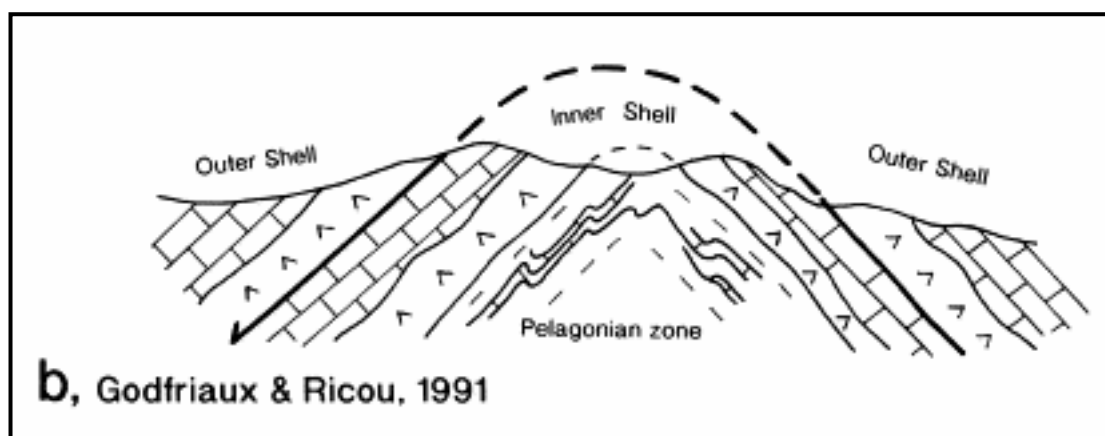


Σχήμα 2.7 Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής του νοτιοδυτικού Πάϊκου (από Sharp & Robertson, 1993).

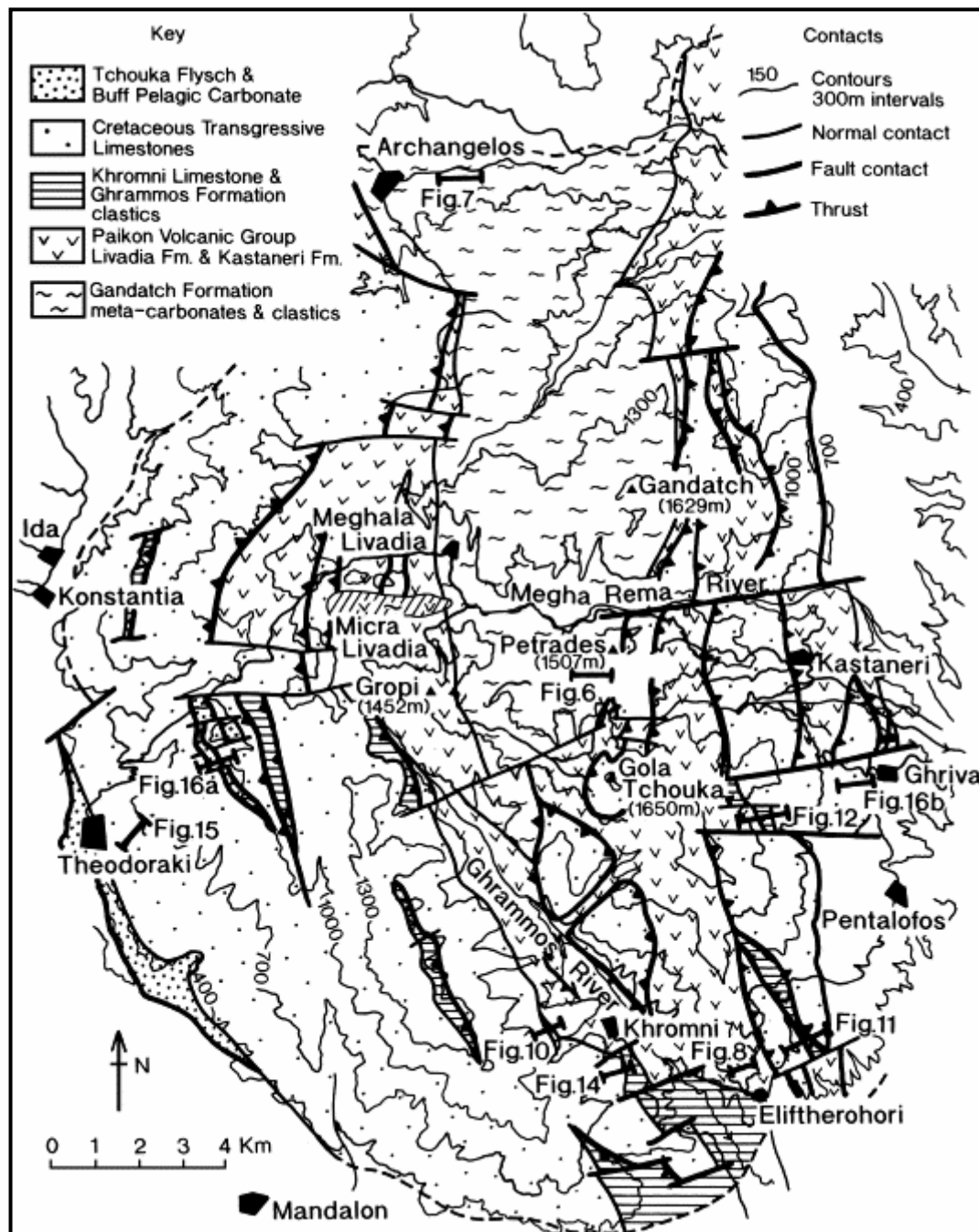
Αντίθετα, οι Sharp and Robertson (1993) (σχήμα 2.7) περιγράφουν το όριο αυτό ως τεκτονική επαφή, όμως με αντίθετη φορά και με τα πετρώματα της ζώνης Αλμωπίας επωθημένα πάνω στα επικλυσιογενή Άνω Κρητιδικά ανθρακικά πετρώματα της ζώνης του Πάικου.

Την παραπάνω άποψη των Sharp and Robertson (1993) αποδέχονται και οι Ricou & Godfriaux (1995), οι οποίοι όμως εμφανίζουν τον ορεινό όγκο του Πάικου ως ένα mega-αντικλινικό τεκτονικό παράθυρο, στον πυρήνα του οποίου αποκαλύπτονται τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Πελαγονικής μάζας, ενώ προς τα ανώτερα και πλευρικά τμήματα αποκαλύπτονται οι σχηματισμοί της ζώνης του Πάικου, οι οποίοι υπόκεινται τεκτονικά των σχηματισμών της Αλμωπίας στα δυτικά και της Παιονίας στα ανατολικά. Δέχονται δηλαδή ότι η μάζα του Πάικου έχει υποστεί μια τεκτονική επώθηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά έχοντας υπερκαλύψει τα κρυσταλλοσχιστώδεις πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης. Το τεκτονικό γεγονός το οποίο προκάλεσε αυτή την τεκτονική δομή στην περιοχή έλαβε χώρα μετά και την απόθεση των ασβεστολίθων του Άνω Κρητιδικού (σχήμα 2.8).

Με τη θεώρηση του Πάικου ως τεκτονικό παράθυρο, οι Ricou & Godfriaux (1995) το συγκρίνουν με το τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου θεωρώντας ότι υπάρχουν σημαντικές ομοιότητες στη λιθοστρωματογραφική τους διαδοχή αλλά και στη μεταμόρφωση των σχηματισμών τους, με μόνη διαφορά ότι το παράθυρο του Πάικου αποτελεί για αυτούς ένα πολλαπλό τεκτονικό παράθυρο και όχι απλό όπως του Ολύμπου.

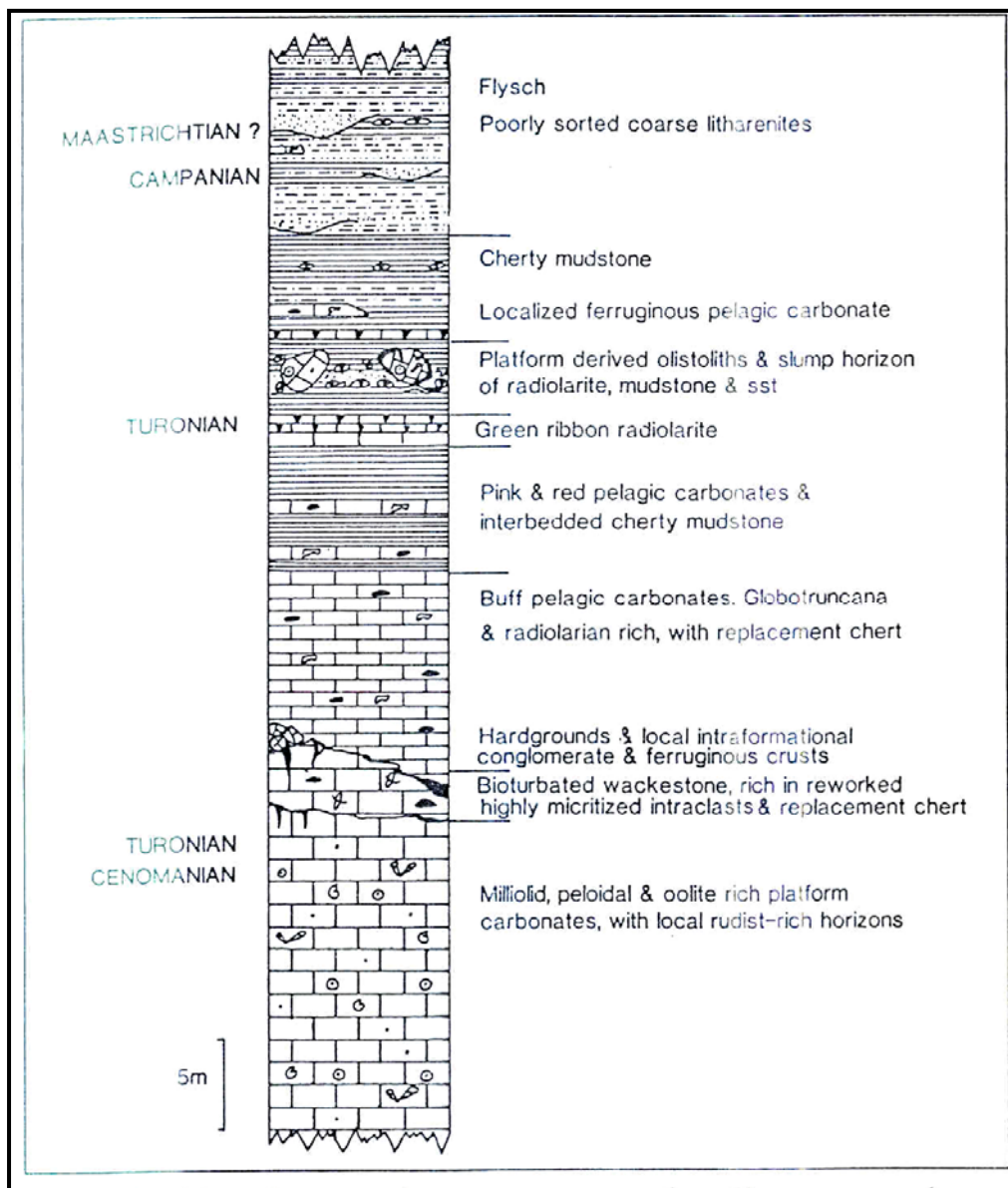


Σχήμα 2.8 Γεωλογική τομή του Πάικου κατά Godfriaux & Ricou, (1995)

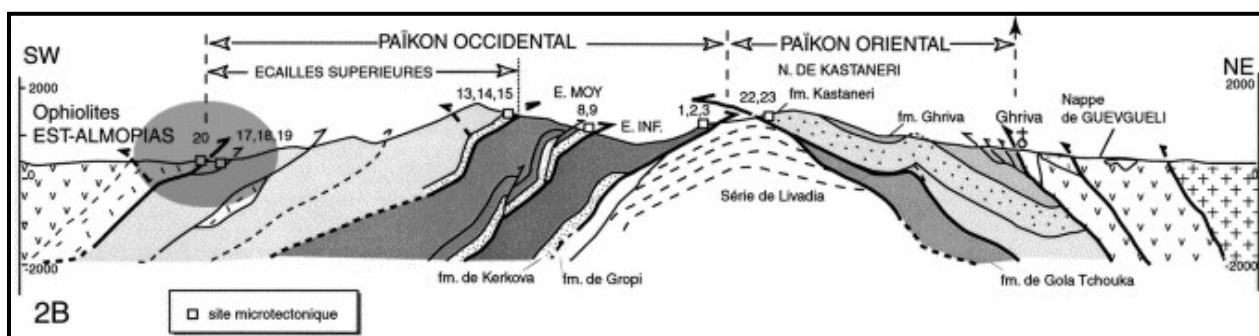
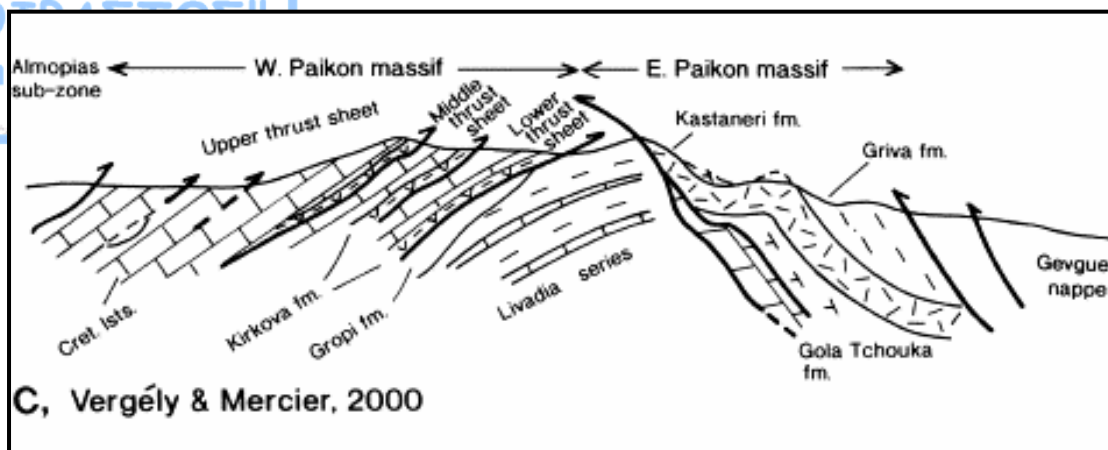


Σχήμα 2.9 Σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής μελέτης και απεικόνιση σε αυτό της γεωλογίας της περιοχής και της τεκτονικής αυτής (κατά Sharp & Robertson, 2003)

Από τη μελέτη της γεωμετρίας των πτυχών οι οποίες εμφανίζονται ως ασύμμετρες κατά μήκος της επαφής, με φορά κίνησης προς τα Βορειοανατολικά και με άξονες κατά τη διεύθυνση $140^{\circ} - 320^{\circ}$, αλλά και από αυτή των επιπτεύσεων η οποία ακολουθεί την ίδια παράταξη, οι Sharp και Robertson (1993) προσδιορίζουν μια κίνηση των υπερκείμενων σχηματισμών προς τα ανατολικά και ειδικότερα την εφίπνευση των σχηματισμών της ζώνης Αλμωπίας πάνω στην ζώνη του Πάϊκου κατά το Κάτω Τριτογενές. Παρουσιάζουν δηλαδή τους οφειόλιθους να έχουν επωθηθεί προς τα δυτικά πάνω στην Πελαγονική αλλά και προς τα ανατολικά πάνω στους σχηματισμούς του Πάϊκου σχηματίζοντας δηλαδή η ζώνη Αλμωπία μία δομή τύπου pop-up με αλληπάλληλα προς αντίθετες κατευθύνσεις λεπιώσεις. Η θεωρία αυτή έρχεται σε σύγκρουση με την άποψη ότι το Πάϊκο αποτελεί ένα τεκτονικό παράθυρο και ουσιαστικά την απορρίπτει.



Σχήμα 2.10 Στρωματογραφική στήλη της οροφής της ανθρακικής πλατφόρμας του Πάϊκου (Sharp & Roberson, 1993)

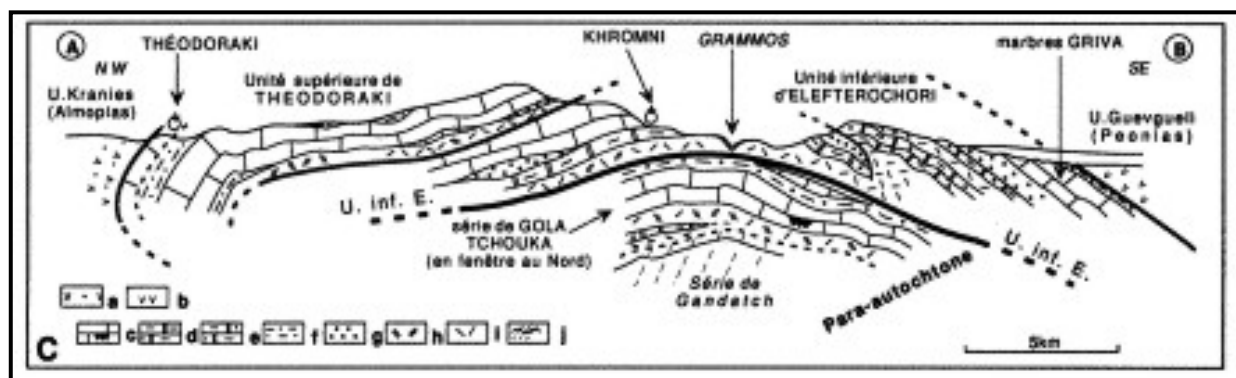
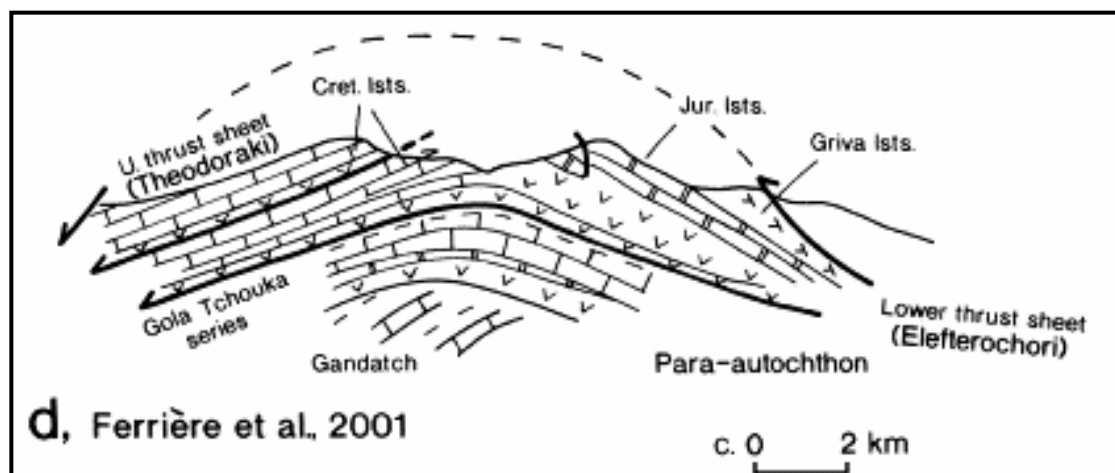


Σχήμα 2.11 Γεωλογικές τομές του Πάϊκου (κατά Vergely & Mercier, 2000)

Σε μια μεταγενέστερη εργασία των Vergely & Mercier (2000) ο ορεινός όγκος του Πάϊκου διακρίνεται στην ανατολική και στη δυτική ενότητα, οι οποίες συναρμολογούνται μεταξύ τους με τεκτονική επαφή. Ειδικότερα, η ανατολική ενότητα στην ανατολική πλευρά του Πάϊκου και λιθολογικά, από τους κατώτερους προς τους ανώτερους ορίζοντες αποτελείται από νηριτικούς ασβεστολίθους (Σχηματισμός Gola Tchouka), μια σειρά από ρυόλιθους και πυροκλαστικά ηλικίας Ιουρασικού (Σχηματισμός Καστανερός) και τέλος από μια σειρά από στρώσεις ασβεστολίθων και κατά θέσεις πυροκλαστικών υλικών ηλικίας Άνω Ιουρασικού (Σχηματισμός Γρίβας). Η ανατολική ενότητα επωθείται πάνω στη δυτική ενότητα του Πάϊκου. Η δυτική ενότητα αποτελείται από αλλεπάλληλα λέπια με κατεύθυνση προς τα ανατολικά αποτελούμενα στους ανώτερους ορίζοντες από ασβεστόλιθους (Άνω Κρητιδικούς) και στα κατώτερα στρώματα από σπιλίτες-κερατοφύρες ηλικίας Ιουρασικού (Σχηματισμός Κέρκοβας).

Ακόμα πρέπει να αναφερθεί ότι όσον αφορά την επαφή των δύο ζωνών δηλαδή την επαφή της ζώνης του Πάϊκου με την ζώνη της Αλμωπίας, κατά τους ερευνητές αυτούς αποτελεί επώθηση της Αλμωπίας με τις οφειολιθικές μάζες, τις λάβες και τους διαβάσεις καθώς και τους ραδιολαρίτες Ιουρασικής ηλικίας να τοποθετούνται πάνω στους ασβεστόλιθους Άνω Κρητιδικής ηλικίας της δυτικής ενότητας του Πάϊκου (σχήμα 2.11).

Οι Ferrière et al. (2001) εμφανίζουν τη μάζα του Πάϊκου σαν μια ενιαία ενότητα αλλά αποτελούμενη από τρία αλληπάλληλα τεκτονικά λείπια. Τα τεκτονικά αυτά λείπια τα εμφανίζουν με μία κίνηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά, δηλαδή από την περιοχή του Ελευθεροχωρίου προς την περιοχή του Θεοδωρακίου. Στους ανώτερους ορίζοντες υπάρχει ένας σχηματισμός, ο οποίος αποτελείται από πηλίτες και εναλλαγές από φλύσχη (Ενότητα Θεοδωράκι) υποκείμενα του οποίου ακολουθεί απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος με Ρουδίστες ηλικίας Άνω Κρητιδικού. Στη βάση των σχηματισμών υπάρχουν όξινες λάβες και ηφαιστειακή τέφρα. Το υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από μεταμορφωμένους σχιστόλιθους (Σχηματισμός Γκαντάτσι). Χαρακτηριστική γεωλογική τομή από τους συγγραφείς της εργασίας δίνεται στην σχήμα 2.12



Σχήμα 2.12 Γεωλογική τομή της ζώνης Πάϊκου κατά Ferrière et al., (2001)

2.4 Οι απόψεις για την τεκτοορογενετική εξέλιξη της περιοχής.

Σύμφωνα με τις εργασίες των Mercier (1968) και Vergely (1984) διακρίνονται τρεις κύριες ορογενετικές περίοδοι που έχουν πλήξει τη ζώνη Πάικου και Αλμωπίας:

1^η ορογενετική περίοδος Άνω Ιουρασικού (JE1) – Κάτω Κρητιδικού (JE2).

Ο τεκτονισμός κατά την ορογενετική αυτή περίοδο εκδηλώθηκε με δυο κύριες φάσεις πτυχώσεων, οι οποίες χρονολογούνται αντίστοιχα στο Άνω Ιουρασικό (JE1) και στο Κάτω Κρητιδικό (JE2).

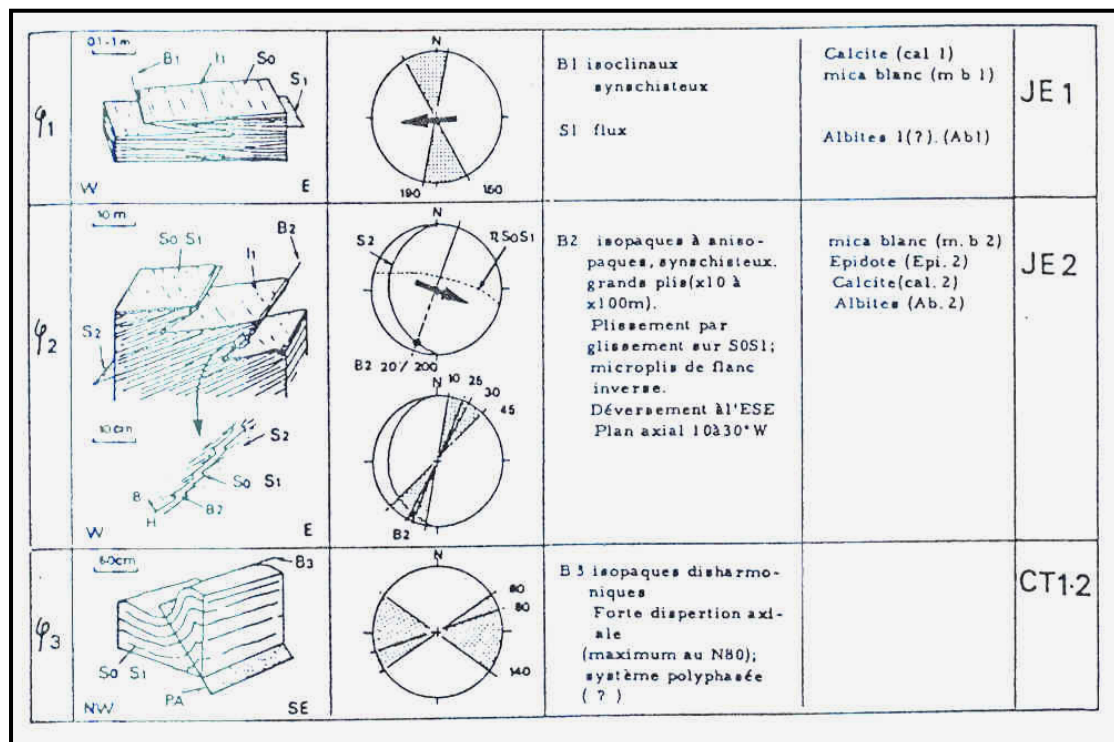
Η πρώτη φάση πτυχώσεων JE1 προκάλεσε κλειστές, υπο – ισοκλινείς πτυχές με άξονες διεύθυνσης BBA – NNA, οι οποίες συνοδεύονται από την ανάπτυξη της κύριας S_1 σχιστότητας στο προ – Ιουρασικά πετρώματα, αποτέλεσμα μιας σύνοδης πρασινοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωσης (Mercier 1968).

Οι Brown & Roberson (1994) αναφέρουν ότι η συμπίεστική φάση JE1 τερματίζει στο στρωματογραφικά υπερκείμενο Σχηματισμό Κρώμνης, ο οποίος περιλαμβάνει ασβεστόλιθους ηλικίας Κιμμεριδίου – Πορτλανδίου. Σύμφωνα με αυτούς, αποτέλεσμα αυτής της συμπίεστικής παραμόρφωσης ήταν η δημιουργία πτυχών, ισχυρά ισοκλινών με Α-Δ και όχι BBA-NNA γενική διεύθυνση αξόνων.

Κατά τη δεύτερη φάση πτυχώσεων του Κάτω Κρητιδικού (JE2) προκλήθηκαν ανισοπαχείς ή ισοπαχείς πτυχές μεγάλης και μέσης κλίμακας με άξονες διεύθυνσης BBA ($\sim 30^\circ$) και απόκλιση προς τα ΔΒΔ. Μαζί υπάρχει και μια δεύτερη S_2 σχιστότητα, η οποία χαρακτηρίζεται ως σχιστότητα ολίσθησης. Στην φάση αυτή αποδίδεται και ο σχηματισμός της μεγα – αντικλινικής δομής στο όρος Πάϊκο με άξονα διεύθυνσης 30° (Mercier 1968 , Μουντράκης 1985).

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η ύπαρξη των δυο βασικών διατάξεων (30° και 320°) αμφισβητείται από τους Godfriaux & Ricou (1991), οι οποίοι ισχυρίζονται ότι στο ΝΔ τμήμα του Πάϊκου οι Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι κλίνουν προς τα ΝΔ ενώ βαθμιαία προς το Βορρά η κλίση αυτών είναι προς τα δυτικά και τελικά προς τα ΒΔ. Με βάση αυτήν τη διαπίστωση, συμπεραίνουν ότι το Πάϊκο αποτελεί μια μεγα – αντικλινική δομή.

Άλλωστε η ίδια η ύπαρξη της φάση JE2 αποτελεί ισχυρό σημείο αμφισβήτησης, την οποία οι Brown & Robertson (1994) δεν δέχονται. Το γεγονός ότι οι Άνω Ιουρασικοί νηριτικοί ασβεστόλιθοι της Κρώμνης μεταβαίνουν με συμφωνία στους Κρητιδικούς ασβεστολίθους, υποδηλώνει ότι δεν υπήρξε η JE2 φάση αφού αν είχε υπάρξει θα είχε καλυφθεί από τα κρητιδικά επικλυσιογενή στρώματα. Έτσι, όλες οι συμπιεστικές δομές που σχηματίζονται μετά της φάση JE1 (=D1, κατά Sharp and Robertson, βλέπε σχήματα) αποδίδονται στον τριτογενή τεκτονισμό.



Σχήμα 2.13 Πίνακας με τις φάσεις παραμόρφωσης στη ζώνη του Πάϊκου (Mercier, 1968)

2^η ορογενετική περίοδος Άνω Κρητιδικού – Μέσου Ηωκαίνου (CT1)

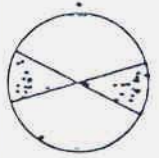
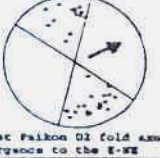
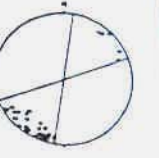
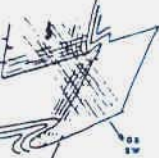
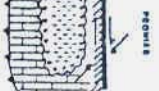
Στη 2^η αυτή ορογενετική περίοδο έχουμε την οριστική ανάδυση της ζώνης του Πάϊκου. Πιθανότερο αποτελεί ότι η αντικλινική δομή του όρους Πάϊκου με άξονες διεύθυνσης 320° (η οποία και περιγράφηκε παραπάνω) να είναι αποτέλεσμα αυτής της φάσης (όμως δεν αποκλείεται να ανήκει και στην επόμενη φάση, αυτή του Πριαμπονίου).

Το μόνο ασφαλές είναι ότι μετά από τη δράση αυτής της φάσης η ζώνη του Πάϊκου χέρσευσε και τα προϊόντα διάβρωσης αυτής προμήθευαν με υλικό την Πριαμπόνιο αύλακα του Αξιού στα ανατολικά, στα μολασσικά ιζήματα της οποίας αναγνωρίζονται κροκάλες από ασβεστολίθους αλλά και από τον φλύσχη του Άνω Κρητιδικού του Πάϊκου (Μουντράκης 1985).

Κατά τους Brown & Roberson (1994) το γεγονός αυτό αναγνωρίζεται στο Πάϊκο όπου όλες οι ενότητες έχουν επηρεαστεί από την φάση αυτή (D2 για Brown & Robertson) και κατά τύπους αυτές οι νεότερες δομές (D2) καλύπτουν τις παλαιότερες (D1).

Άρα κατά το στάδιο του μετά-Μαιστρίχιου αυτού τεκτονισμού γίνεται στο δυτικό τμήμα του Πάϊκου ανάπτυξη μίας εκτεταμένης πτυχο-εφιππευτικής ζώνης (fold-and-thrust belt) με ΒΒΔ-ΝΝΑ προσανατολισμό και κλίση προς τα ΑΒΑ. Αν και το γεγονός αυτό επηρέασε όλες τις ενότητες του Πάϊκου, οι δομές που συνδέονται με αυτό βρίσκονται κυρίως στο δυτικό τμήμα και ως εξήγηση οι Brown & Robertson (1994) δέχονται ότι αυτές έχουν επικαλυφθεί από άλλες νεότερες τεκτονικές δομές.

Αν δεχτούμε λοιπόν τη ΒΒΔ – ΝΝΑ διεύθυνση της αντικλινικής δομής που εμφανίζει το Πάϊκο ότι σχηματίστηκε με το δεύτερο αυτό τεκτονικό γεγονός (D2), άποψη η οποία συμφωνεί με τη θέση ότι η 2^η αντικλινική δομή του Πάϊκου με διεύθυνση 320° είναι αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος (CT1), καταρρίπτεται η υπόθεση των Ricou & Godfriaux (1991) ότι το Πάϊκο αποτελεί ένα τεκτονικό παράθυρο (Brown & Roberson, 1994).

EVENT	D1	D2	D3
TIME	LATE JURASSIC	EARLY TERTIARY	LATER TERTIARY
STRUCTURES			
			
METAMORPHISM	BLUESCHIST FACIES DUCTILE	GREENSCHIST FACIES BRITTLE	GREENSCHIST FACIES MYLONITISATION
INTERPRETATION			
	INITIAL OCEAN BASIN CLOSURE & OPHIOLITE OBDUCTION OVER PAFOS. POLARITY UNKNOWN	FINAL CLOSURE AND SUTURING OF OCEAN BASINS TO EAST & WEST OF PAFOS	PERMANENT COMPRESSION RESULTING IN POST-SUTURE "TECTONIC ESCAPE"

Σχήμα 2.14 Συμπιεστικά γεγονότα που επηρέασαν το χώρο της ζώνης του Πάϊκου και η ερμηνεία αυτών (Brown & Roberson, 1994)

3^η Τεκτονική φάση Πριαμπονίου – Άνω Ηωκαίνου

Κατά την τεκτονική αυτή φάση έχουμε την δημιουργία ισοπαχών και δυσαρμονικών πτυχών με άξονες διεύθυνσης $\approx 320^\circ$. Στην φάση αυτή εντάσσονται και τα ανάστροφα ρήγματα που προκάλεσαν τις επιπτώσεις στη δυτική πλευρά της ζώνης, όπου κατά τον Mercier (1968) οι Άνω Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι επιπνέουν πάνω στους οφειολίθους Μεγλενίτσας (Ζώνη Αλμωπίας).

Στην εργασία τους οι Sharp & Roberson (1993) αναγνωρίζουν αυτά τα ρήγματα αλλά θεωρούν ότι αποτελούν μια μικρότερη και μεταγενέστερη τεκτονική ζώνη και η κίνησή τους προσδιορίζεται προς τα ΝΔ σε αντίθεση με μια τεκτονική ζώνη επωθήσεων και πτυχώσεων μεγαλύτερης έκτασης η κίνηση της οποίας προσδιορίζεται προς τα ΒΑ και με την οποία τοποθετούνται οι οφειόλιθοι της Μεγλενίτσας πάνω στα Άνω Κρητιδικά στρώματα του δυτικού περιθωρίου του Πάϊκου.

Οι Brown & Robertson (1994) αναφέρουν ένα συμπιεστικό γεγονός (D3) που έλαβε χώρα στο Τριτογενές, μετά το D2 (CT1) γεγονός και πριν το νεογενή εφελκυσμό. Η φάση D3 δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο αν συμπίπτει με την φάση Πριαμπονίου – Ανωτέρου Ηωκαίνου αλλά ίσως και να πρόκειται για ακόμη νεότερη τεκτονική φάση (Κάτω Ολιγοκαίνου).

Η πιο εμφανής δομή του D3, η οποία και συναντάται παντού, αποτελεί μια γράμμωση διάτμησης η οποία βυθίζεται προς τα ΝΔ και επικαλύπτει στις δυτικές αλλά και κεντρικές περιοχές τις προηγούμενες γραμμώσεις D1 και D2.

Με το τεκτονικό αυτό γεγονός (D3), συνδέονται, μια εφίππευση με προσανατολισμό προς τα ΔΝΔ αλλά και η δημιουργία ανοικτών πτυχών με ΝΔ φορά.

Ακόμα πιστεύεται ότι υπάρχει μια ακόμα τεκτονική φάση Ανωτέρου Ηωκαίνου – Κάτω Ολιγοκαίνου (CT3?).

Στην ζώνη του Πάϊκου δεν υπάρχουν στοιχεία της τελικής τεκτονικής φάσης, όμως κατά τον Mercier ,1995 η εύρεση Κρητιδικών ασβεστολίθων στην ανατολική πλευρά του Πάϊκου (Ricou & Godfriaux (1991), Bonneau et al., (1994) υποδηλώνει μια επαναδραστηριοποίηση των επωθήσεων μετά το Άνω Κρητιδικό, όπως είχε προταθεί από τον Vergely (1984) (CT3 δραστηριοποίηση Άνω Ηωκαίνου – Κάτω Ολιγοκαίνου).

Τέλος υπάρχει η Πλειο- Τεταρτογενής εφελκυστική ρηξιγενής τεκτονική.

Κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές υπάρχει μια απόθεση μεγάλου πάχους μεταλλικών ιζημάτων τα οποία και κάλυψαν τους αλπικούς σχηματισμούς. Συντελείται μια έντονη εφελκυστική ρηγμάτωση των σχηματισμών με δύο βασικές διευθύνσεις ρηγμάτων, μια ΒΔ ($320^{\circ} - 340^{\circ}$) και μια ΒΑ ($35^{\circ} - 60^{\circ}$) (Μουντράκης, 1985). Τα ρήγματα αυτά εμφανίζονται κυρίως κατά μήκος παλαιότερων επιπτεύσεων και έγιναν μετά το Άνω Κρητιδικό και πριν το Άνω Πλειόκαινο αφού δεν επηρεάζουν τους τόφφους της Άνω Πλειοκαινικής ηφαιστειότητας.



3. Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΝΕΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Στην ευρύτερη περιοχή ΒΒΔ του χωριού Λάκκα πραγματοποιήθηκε γεωλογική χαρτογράφηση και κατασκευάστηκε γεωλογικός χάρτης της περιοχής σε κλίμακα 1:5.000 καθώς και γεωλογικές τομές της ίδιας κλίμακας, έτσι ώστε να γίνει καλύτερα αντιληπτή η γεωλογική δομή της περιοχής μελέτης. Τα στοιχεία της γεωλογικής χαρτογράφησης συσχετίστηκαν με τα υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα.

3.1 Περιγραφή των σχηματισμών

Η περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από αλπικά πετρώματα τα οποία παρουσιάζουν γενική ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση ανάπτυξης και ενδιάμεσες έως μεγάλες γωνίες κλίσεις κυρίως προς τα ΝΔ.

Από τη γεωλογική χαρτογράφηση που πραγματοποιήσαμε διακρίναμε τις ακόλουθες γεωλογικές χαρτογραφικές μονάδες, οι οποίες από τους βαθύτερους ορίζοντες προς τους ανώτερους είναι:

- I. Μαφικά ηφαιστειογενή πετρώματα:** Περιλαμβάνονται κατά βάση σκουροπράσινα συμπαγή βασικά πετρώματα που μακροσκοπικά μπορούν να περιγραφούν ως δολερίτες και γενικά σκουρόχρωμα συμπαγή ηφαιστειακά και ηφαιστειοκλαστικά σώματα. Τα πετρώματα αυτά, στα οποία αναγνωρίζεται κατά θέσεις μια μεταγενέστερη φυλλώδη υφή, χαρτογραφούνται κυρίως στο χώρο των ανατολικών κλιτύων της ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης λοφοσειράς με την τοπωνυμία Κορυφή του Δημήτρη όπου και υπέρκεινται της χαρτογραφικής μονάδας «Μεταπηλίτες με ενστρώσεις κερατολίθων» (σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Βασικές διεισδύσεις

II. Μετα-πηλίτες με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών:

Λεπτόκοκκα λεπτοφυλλώδη ερυθρού-ιώδους χρώματος πηλιτικά πετρώματα (σχήμα 3.2) ελαφρά μεταμορφωμένα, με κατά θέσεις λεπτές ραδιολαριτικές ενστρώσεις μελανότεφρου χρώματος και παρεμβολές μικρού πάχους ηφαιστειοκλαστικών υλικών (τοφφίτες) ανοικτού κίτρινου χρώματος, τα οποία συνιστούν μία σημαντικού πάχους χαρτογραφική μονάδα. Μέσα στη χαρτογραφική αυτή μονάδα αναγνωρίζονται μικρών διαστάσεων βασικά σώματα. Στο σχηματισμό αυτό αναφέρονται ότι βρέθηκαν τα ακόλουθα απολιθώματα *Podobursa triacantha* (Fischli), *Pantanellium squinaboli* (Tan), *Homoeoparonaella* aff. *irregularis* (Squinabol), *Svinitzium pseudopuga* Dumitrica, *Xitus* sp., *Tethysetta boesii* (Parona) και τα οποία προσδιορίζουν Άνω Ιουρασική-Κάτω Κρητιδική ηλικία (Ferriere et al. 2001).



Σχήμα 3.2 Μετα-πηλίτες με ενστρώσεις κερατολίθων

III. Μαζώδης έως πλακώδης ασβεστόλιθος: Η χαρτογραφική αυτή μονάδα περιλαμβάνει τα ανθρακικά φακοειδή σώματα-εμφάνισεις που σχηματίζουν μια ασυνεχή λωρίδα κατά μήκος του ανατολικού ορίου της προηγούμενης γεωλογικής μονάδας «μεταπηλίτες με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών». Πρόκειται για μαζώδεις έως πλακώδεις μικροκρυσταλλικούς, ελαφρώς δολομιτικούς ασβεστόλιθους γαλαζωπού λευκού έως γαλαζωπού τεφρού εξωτερικά και τεφρόμαυρου εσωτερικά χρώματος (σχήμα 3.3). Οι ανθρακικοί αυτοί σχηματισμοί προσομοιάζουν λιθοοψικά με τους Ασβεστόλιθους Κρώμνης, οι οποίοι χρονολογούνται στο Πορτλάνδιο-όριο Ιουρασικού με το Κρητιδικό.



Σχήμα 3.3 Μαζώδης έως πλακώδης ασβεστόλιθος

IV. Μετα-φλύσξης: Η χαρτογραφική αυτή μονάδα αφορά καστανόχρωες, πρασινοκάστανες κλαστικές φλυσχοειδείς αποθέσεις με εναλλαγές λεπτόκοκκων-αδρόκοκκων στρώσεων ψαμμιτών – αργιλοπηλιτών και επικράτηση των ψαμμιτικών μελών (σχήμα 3.4), ενώ μέσα σ' αυτά αναγνωρίζονται και ψηφιδοκροκαλοπαγείς φακοειδής ενστρώσεις πάχους μέχρι 1-1.5m (σχήμα 3.5). Μέσα στο φλύσχη παρατηρούνται και μικρής έκτασης μετα-πηλινικές ενδιαστρώσεις-παρεμβολές ερυθρο-ιώδους χρώματος ανάλογες του σχηματισμού «Μεταπηλίτες με ενστρώσεις κερατολίθων». Εντός του μετα-φλύσχη παρατηρούνται επίσης (α) μικρά πρασινόχροα φυλλώδη βασικά ηφαιστειακά σώματα, (β) λεπτά φακοειδή σώματα λεπτοφυλλώδους ή ταινιωτού κλαστικού ασβεστόλιθου, ο οποίος είναι συμπτυχωμένος μαζί με το μετα-φλύσχη και (γ) ηφαιστειακά κροκαλοπαγή με κροκάλες από βασικά ηφαιστειακά πετρώματα (δολερίτες). Ο σχηματισμός αυτός λιθοοψικά προσομοιάζει με το Σχηματισμό του Γράμμου, όπως ο τελευταίος αναφέρεται από τους Brown και Robertson (2001).

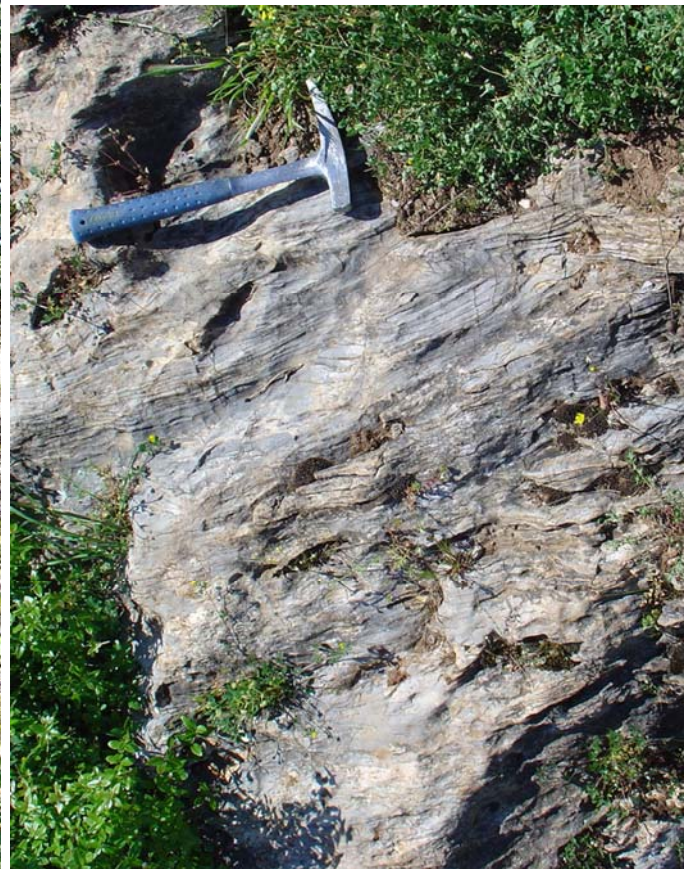


Σχήμα 3.4 Εμφάνιση μετα-φλύσχη στην οποία διακρίνεται η ανάπτυξη της σχιστότητας S1 παράλληλα προς τη στρώση S0.

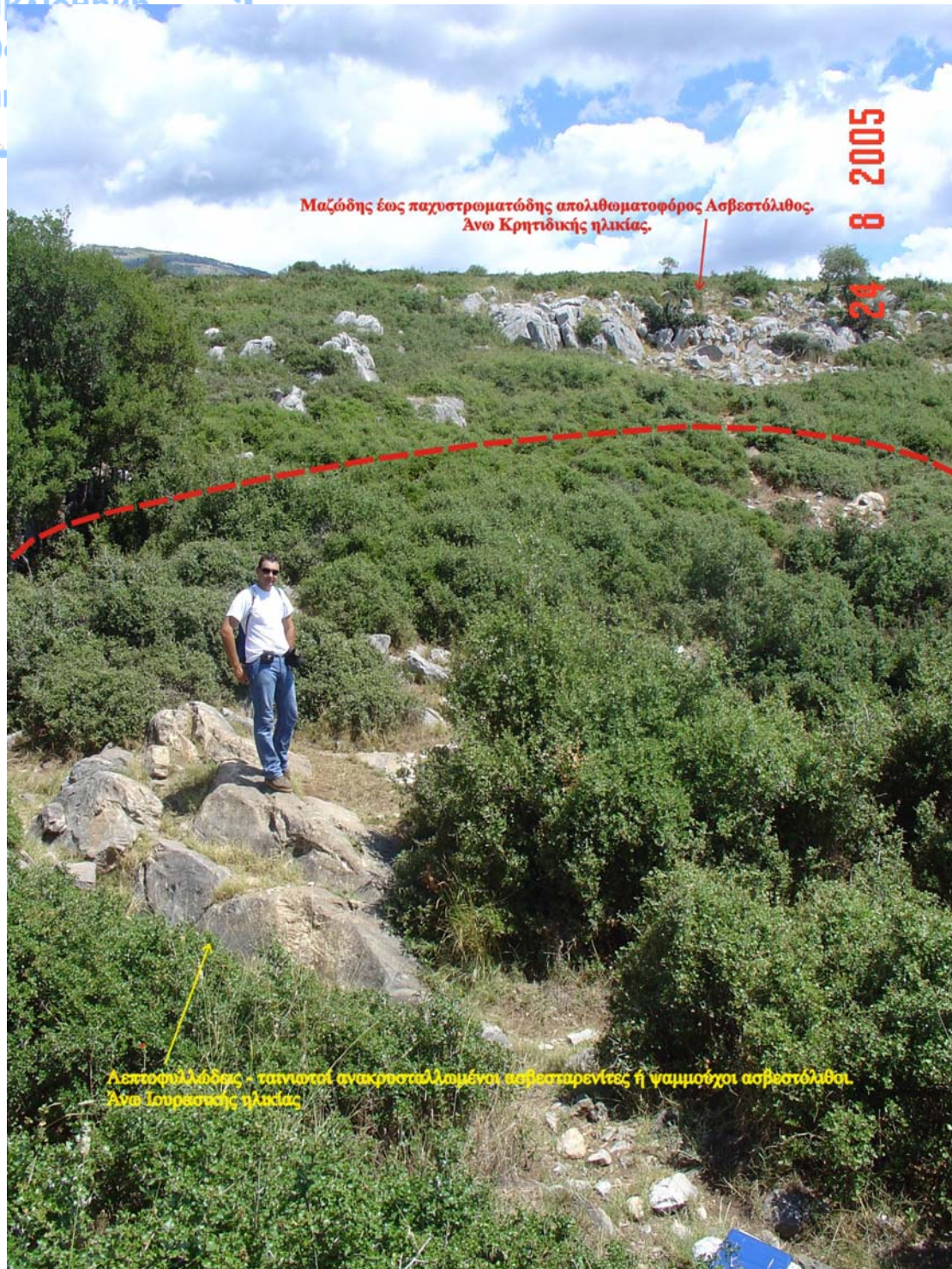


Σχήμα 3.5 Ογκόλιθος κροκαλοπαγούς

Υ. Λεπτοφυλλώδεις - ταινιωτοί ανακρυσταλλωμένοι ασβεσταρενίτες ή ψαμμούχοι ασβεστόλιθοι: Αφορά τα λεπτά φακοειδή κλαστικά ανθρακικά σώματα που βρίσκονται και αναφέρθηκαν μέσα στο μετα-φλύσχη καθώς τις εμφανίσεις που αποκαλύπτονται μέσα στη χαρτογραφική μονάδα «Μαζώδης έως παχυστρωματώδης απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος». Είναι λεπτο-φυλλώδη σχιστοποιημένα ανακρυσταλλωμένα ανθρακικά ιζήματα που εμφανίζονται συμπτυχωμένα με το μετα-φλύσχη και λόγω της σημασίας τους χαρτογραφούνται ως ξεχωριστή γεωλογική χαρτογραφική μονάδα (σχήμα 3.6 & 3.7).



Σχήμα 3.6 & 3.7 Λεπτοφυλλώδεις - ταινιωτοί ανακρυσταλλωμένοι ασβεσταρενίτες ή ψαμμούχοι ασβεστόλιθοι



Σχήμα 3.8 Θέση στην οποία αποκαλύπτονται οι λεπτοφυλλώδεις - ταινιωτοί ανακρυσταλλωμένοι ασβεσταρενίτες ή ψαμμούχοι ασβεστόλιθοι, ενώ στα ανώτερα τμήματα της εικόνας διακρίνεται ο μαζώδης έως παχυστρωματώδης απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος Άνω Κρητιδικής ηλικίας.

μαζώδης έως παχυστρωματώδης απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος: Πρόκειται για ένα μονότονο, ιδιαίτερα πλούσιο σε απολιθώματα μαζώδη έως παχυστρωματώδη τεφρού χρώματος ασβεστόλιθο, ο οποίος δεν έχει υποστεί ανακρυστάλλωση (σχήμα 3.9 & 3.10). Από το μεγάλο πλήθος των απολιθωμάτων, χαρακτηριστική είναι η ύπαρξη ρουδιστών. Συγκεκριμένα αναφέρονται απολιθώματα Rudistes και Foraminiferes και συγκεκριμένα από τους Rudistes το Requieniidae και από τα Foraminiferes το Orbitolina (Mesorbitolina sp.) βάσει των οποίων ο σχηματισμός προσδιορίζεται στο Μέσο-Ανω Κρητιδικό. Ο ασβεστόλιθος αυτός επικάθεται με στρωματογραφική ασυμφωνία πάνω στο μεταφλύσχη, στους λεπτο-φυλλώδεις ή ταινιωτούς ασβεστόλιθους αλλά και στους μεταπηλίτες με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών.



Σχήμα 3.9 Μαζώδης έως παχυστρωματώδης ασβεστόλιθος με απολιθώματα του Μέσου - Άνω Κρητιδικού.



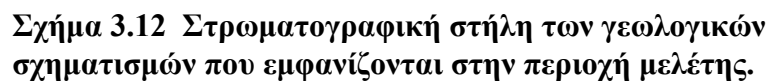
Σχήμα 3.10 Μαζώδης έως παχυστρωματώδης απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος με εμφανή την στρώση του.

VII. Ηφαιστειοκλαστικές μετα-αλπικές αποθέσεις: Πρόκειται για τα ηφαιστειοκλαστικά προϊόντα της δράσης του ηφαιστειακού κέντρου του Βόρρα που έδρασε κατά την περίοδο του Πλειο-Πλειστόκαινου. Είναι ηφαιστειοκλαστικές αποθέσεις ροδόχρου, ανοικτότεφρου έως λευκότεφρου χρώματος με κροκάλες και λατύπες διαφόρων μεγεθών και χαρακτηριστικούς μεγάλους ογκόλιθους λαβών. Καλύπτουν με στρωματογραφική ασυμφωνία τους υποκείμενους γεωλογικούς σχηματισμούς και αναγνωρίζονται κυρίως στα ανώτερα τμήματα του λόφου «Κορυφή Δημήτρη» (σχήμα 3.11).



Σχήμα 3.11 Ηφαιστειοκλαστικές μετα-αλπικές αποθέσεις

Μια χαρακτηριστική στρωματογραφική στήλη της περιοχής που μελετήθηκε δίνεται στην επόμενη σελίδα (σχήμα 3.12).



3.2. Τεκτονικές παρατηρήσεις και μετρήσεις

Κατά τη χαρτογράφηση της περιοχής καταγράφηκαν οι κύριες τεκτονικές δομές των γεωλογικών σχηματισμών, όπως είναι η φύλλωση, τα ρήγματα και οι διακλάσεις. Ακόμα έγινε καταγραφή πτυχών με μετρήσεις των πτερυγίων, των αξονικών επιπέδων και των b – αξόνων, ενώ ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στην καταγραφή μικρό-κινηματικών δεικτών. Στην συνέχεια θα γίνει παρουσίαση όλων αυτών των δεδομένων κατά γεωλογικό σχηματισμό.

3.2.1. ΦΥΛΛΩΣΗ

a. Σχηματισμός μεταπηλιτών

Η φύλλωση του μεταπηλιτικού με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών σχηματισμού εμφανίζεται με μία κύρια σχιστότητα (S_1), η οποία στο μεγαλύτερο τμήμα αναπτύσσεται παράλληλα προς τη στρώση (S_0). Για το λόγω αυτό χαρακτηρίζεται ως ($S_0=S_1$). Η κατανομή της σχιστότητας αυτής εμφανίζει δύο κύριους προσανατολισμούς: (α) $\Delta B\Delta - ANA$ ($110^\circ - 290^\circ$) με διεύθυνση κλίσης προς τα $N\Delta$ (200°) και με γωνία κλίσης 40° , και (β) $BA - N\Delta$ ($045^\circ - 225^\circ$), με διεύθυνση κλίσης προς τα NA (135°) και με γωνία κλίσης περίπου 30° (σχήμα 3.14 & 3.15).

b. Μαζώδης έως πλακώδης ασβεστόλιθος

Ο ασβεστόλιθος αυτός, ηλικίας Άνω Ιουρασικού (?), έχει κυρίως μαζώδη εμφάνιση και για το λόγο αυτό τα δεδομένα της φύλλωσης ήταν πολύ περιορισμένα σε αριθμό. Παρόλα αυτά, από τη καταγραφή της μπόρεσαν να εξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, παρατηρείται η φύλλωση αυτών που χαρακτηρίζεται ως στρώση (S_0) να εμφανίζει τρεις διαφορετικούς προσανατολισμούς στο χώρο. Η κύρια εξ αυτών κλίνει προς τα $NN\Delta$ (175°) με γωνία κλίσης 55° και μπορεί να συσχετιστεί με τη στρώση των μετα-πηλιτών και του μετα-φλύσχη. Οι υπόλοιπες δύο διατάξεις είναι: (α) αυτή με γωνία κλίση 35° προς τα $\Delta N\Delta$ (260°) και η οποία αντανακλά τη στρόφη στη

διεύθυνση ανάπτυξης των σχηματισμών που συντελείται στο ΒΔ τμήμα της περιοχής χαρτογράφησης και (β) αυτή με γωνία κλίση 50° προς τα ΑΒΑ (70°).

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι καταγράφηκε και μια νεότερη φύλλωση που χαρακτηρίστηκε ως σχιστότητα S_3 με διεύθυνση κλίσης προς να ΑΝΑ (95°) και μικρή γωνία κλίσης 10° (σχήμα 3.16).

c. Μετα-φλύσσης

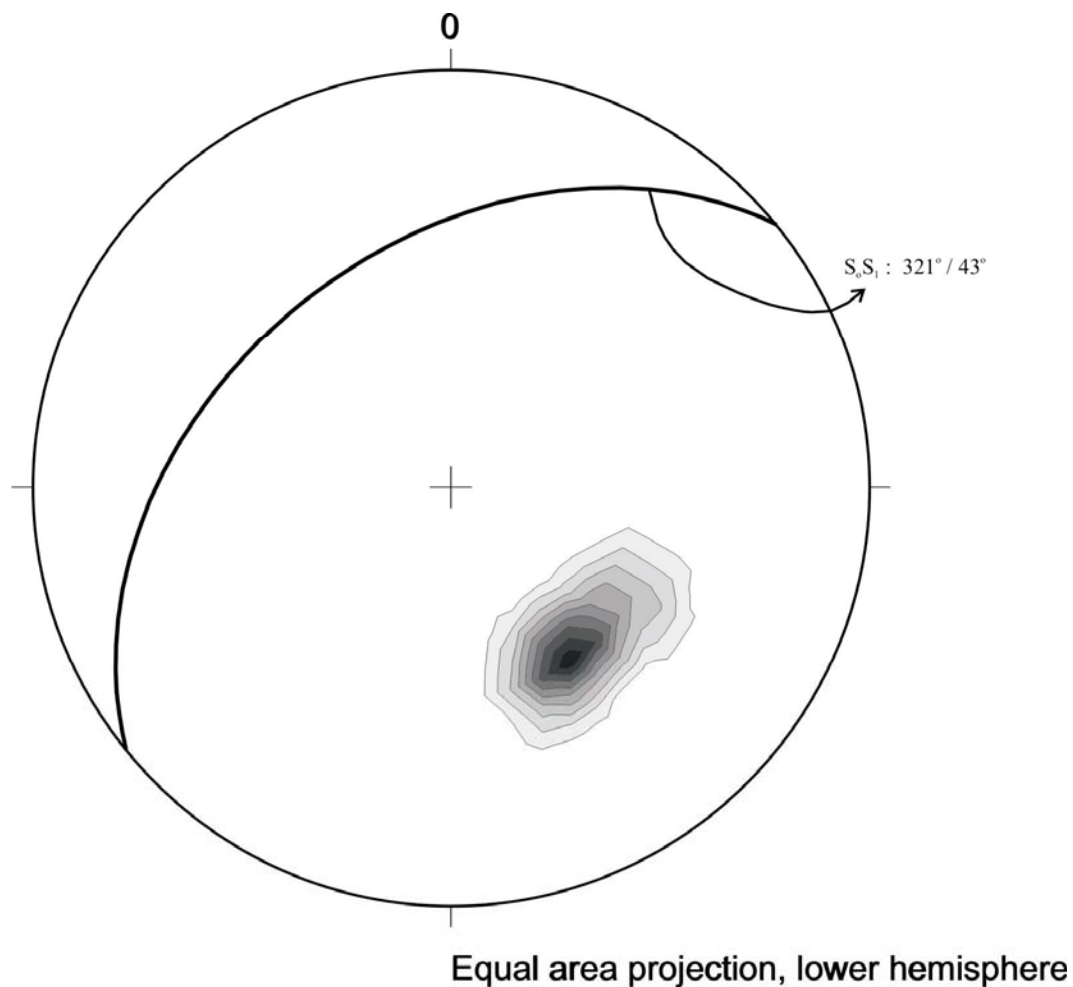
Στον μετα-φλύσχη επίσης καταγράφηκαν δύο σχιστότητες. Η πρώτη S_1 , η οποία είναι υποπαράλληλη προς τη στρώση S_0 και εμφανίζεται σε τέσσερις διαφορετικούς προσανατολισμούς. Η πρώτη με παράταξη ΑΝΑ – ΔΒΔ ($103^\circ - 283^\circ$), διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΝΔ (193°) και με γωνία κλίσης 60° , η δεύτερη με παράταξη Α – Δ ($091^\circ - 271^\circ$), διεύθυνση κλίσης προς τα Β (001°) και με γωνία κλίσης 48° , η τρίτη με παράταξη ΑΝΑ – ΔΒΔ ($103^\circ - 283^\circ$), διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΝΔ (193°) και γωνία κλίσης 60° και τέλος μια τέταρτη διάταξη με ΒΑ – ΝΔ ($033^\circ - 213^\circ$) παρατάξεις, με διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΑ (123°) και γωνία κλίσης 50° . Στο μετα-φλύσχη καταγράφηκε και μία δεύτερη σχιστότητα (S_2) η οποία και χαρακτηρίζεται ως αξονική επιφάνεια. Αυτή παρουσιάζει μια ΝΑ – ΒΔ παράταξη ($137^\circ - 317^\circ$), διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ (227°) και έχει μεγάλη γωνία κλίση, περίπου 75° (σχήμα 3.17 & 3.18).

d. Λεπτοφυλλώδεις - ταινιωτοί ανακρυσταλλωμένοι ασβεσταρενίτες ή ψαμμούχοι ασβεστόλιθοι

Στον ασβεστόλιθο αυτό παρατηρούνται δύο σχιστότητες S_1 και S_2 . Μια σχιστότητα S_1 υποπαράλληλη με τη στρώση του σχηματισμού η οποία εμφανίζεται κυρίως με παράταξη ΑΝΑ – ΔΒΔ ($103^\circ - 283^\circ$), διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΝΔ (193°) και η γωνία κλίσης 60° . Η σχιστότητα $S_0=S_1$ σε ορισμένες θέσεις εμφανίζεται με ΒΒΑ-ΝΝΔ παράταξη, διεύθυνση κλίσης προς τα ΑΝΑ και γωνία κλίσης 50° η οποία αποδίδεται στην πτύχωση που έχει υποστεί ο σχηματισμός. Η σχιστότητα S_2 στην οποία παρατηρείται μια σχετική διακύμανση ως προς τη κατακόρυφο εμφανίζεται ΑΝΑ – ΔΒΔ ($108^\circ - 288^\circ$) με διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΝΔ (198°) και με γωνία κλίσης 85° έως ΑΝΑ – ΔΒΔ ($110^\circ - 290^\circ$) με διεύθυνση κλίσης προς τα ΒΒΑ (21°) και με γωνία κλίσης 80° . Ακόμα στον ασβεστόλιθο αυτό καταγράφεται και μια τρίτη σχιστότητα (S_3) με παράταξη Β – Ν με διεύθυνση κλίσης προς τα Α και γωνία κλίσης περίπου 20° (σχήμα 3.19).

ε. Άνω Κρητιδικός ασβεστόλιθος

Ο ασβεστόλιθος Άνω Κρητιδικού, εμφανίζει σταθερό προσανατολισμό όπως προκύπτει από τη καταγραφή της φύλλωσης του που στη συγκεκριμένη περίπτωση αφορά τα επίπεδα στρώσης του. Συγκεκριμένα, ο ασβεστόλιθος εμφανίζεται να κλίνει με μικρές γωνίες κλίσεις, περίπου 40° προς τα ΒΔ ($\sim 320^\circ$) γεγονός που τεκμηριώνει πέρα από τα υπόλοιπα χαρτογραφικά στοιχεία την ασύμφωνη τοποθέτηση του πάνω στα υποκείμενους γεωλογικούς σχηματισμούς (σχήμα 3.13).

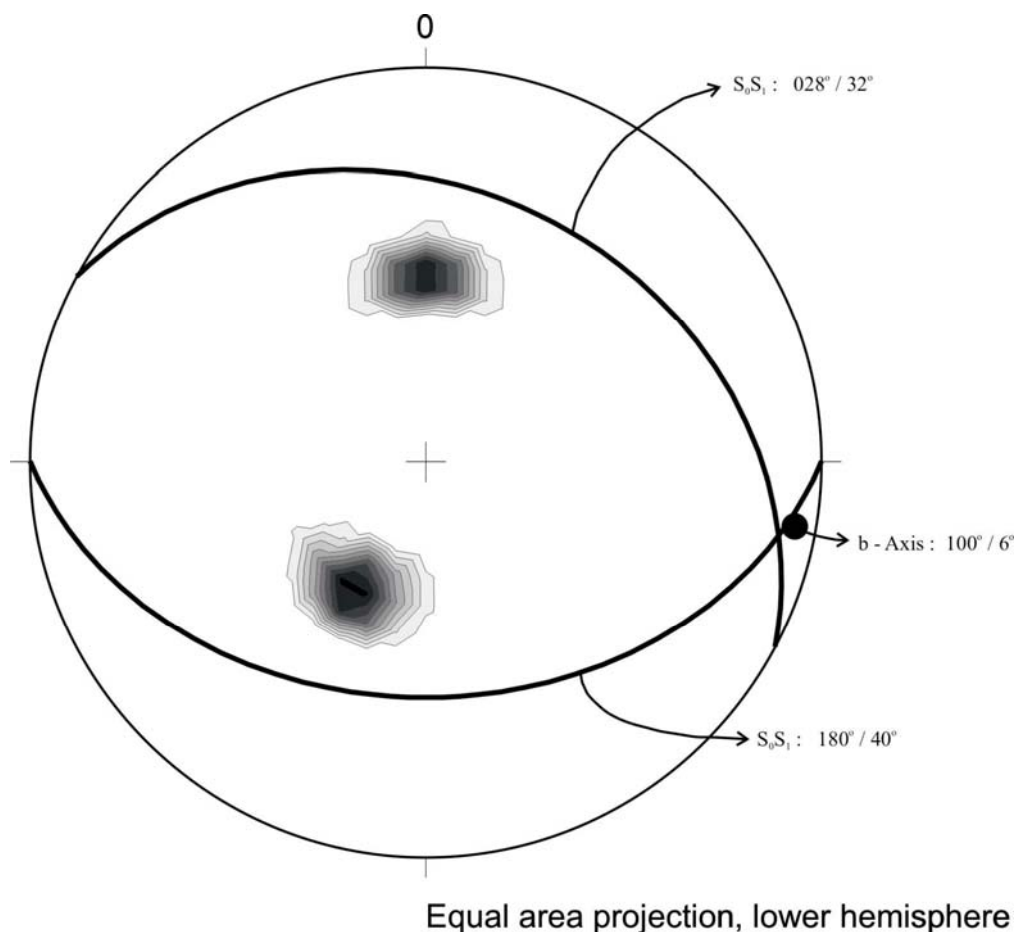


Σχήμα 3.13 Στερεογραφική προβολή της φύλλωσης του ασβεστόλιθου ηλικίας Άνω Κρητιδικού με την μορφή πόλων και μέγιστων κύκλων στην περιοχή μελέτης (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).

3.2.2. ΠΤΥΧΕΣ

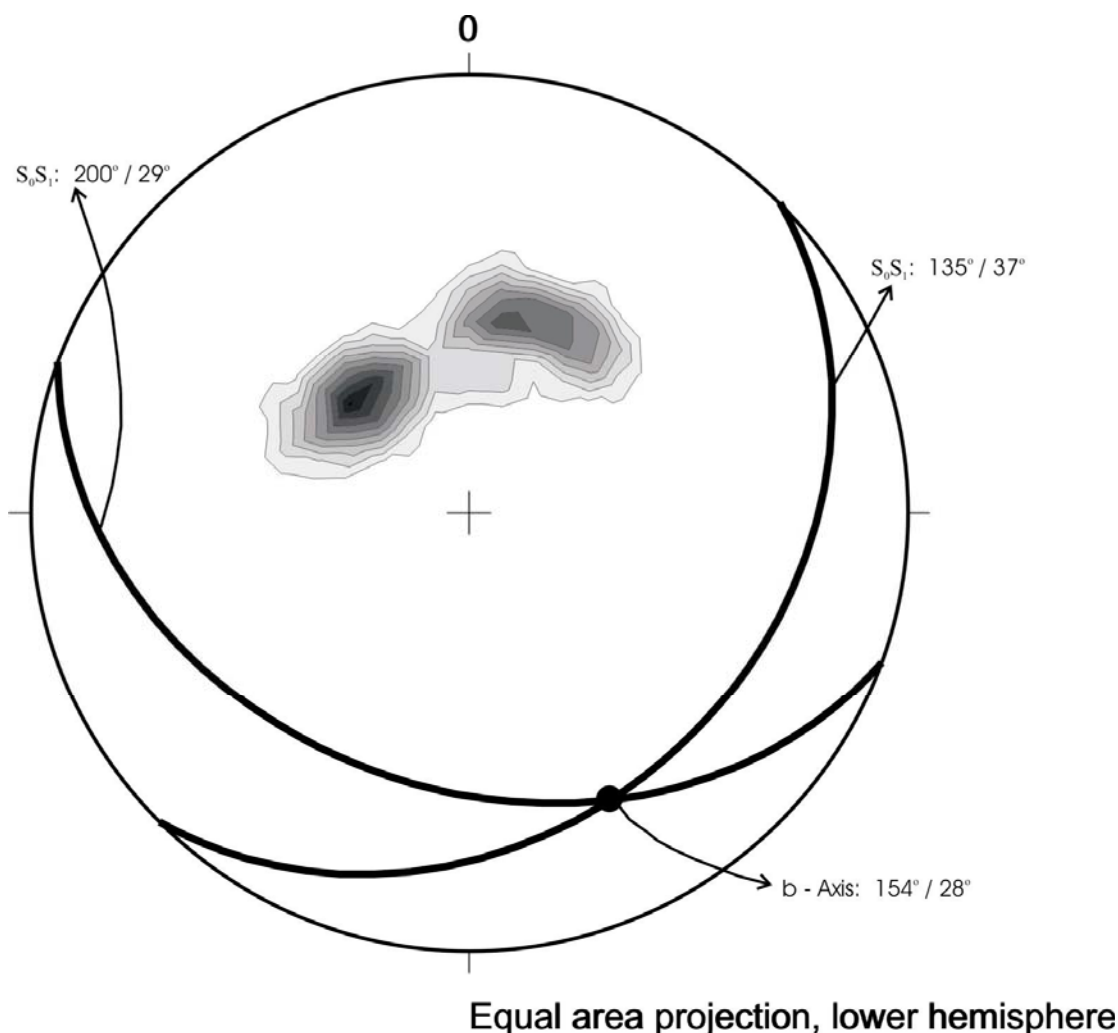
1. Σχηματισμός μεταπηλιτών με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών.

Μέσα στο μεταπηλιτικό με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών σχηματισμό καταγράφηκαν ανισοπαχείς, ανοικτές πτυχές. Η κατανομή της S_1 σχιστότητας διαμορφώνει ανοικτές ασύμμετρες πτυχές με b-άξονα ο οποίος κατευθύνεται ANA (100°) και με μικρή γωνία 6° . Τα περύγια από τα οποία προκύπτουν οι b-άξονες έχουν τα εξής στοιχεία, το επικρατούν περύγιο στην περιοχή παρουσιάζει μια N έως NNE διεύθυνση κλίσης με γωνία κλίσης 40° , ενώ το δεύτερο (μικρότερου μήκους) περύγιο εμφανίζει μια BA διεύθυνση κλίσης με γωνία κλίσης 32° . Οι πτυχές αυτές έχουν άνοιγμα περυγίων περίπου 110° . Αυτού του τύπου η πτύχωση, αποτελεί την πρώτη παλαιότερη πτύχωση που υπέστη ο σχηματισμός αυτός (σχήμα 3.14).



Σχήμα 3.14 Στερεογραφική προβολή της φύλλωσης του μεταπηλιτικού με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών σχηματισμού με τη μορφή πόλων και μέγιστων κύκλων στην περιοχή μελέτης (απεικόνιση της 1^η πτύχωσης), (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).

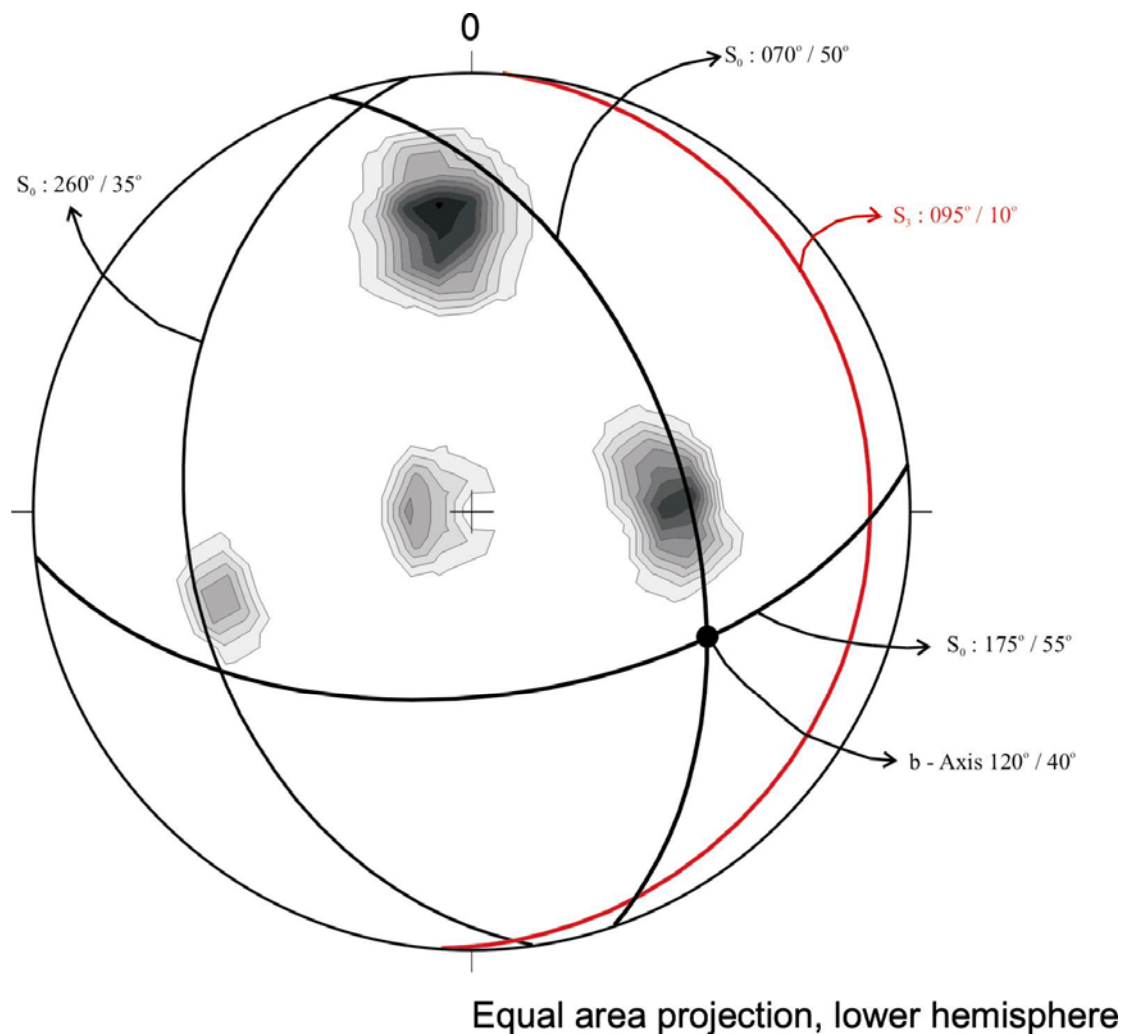
Ακόμα μέσα στο μεταπηλιτικό σχηματισμό καταγράφηκε και μια δεύτερη πτύχωση. Από τη μελέτη των δεδομένων αυτών προκύπτει ότι οι b-άξονες των πτυχών αυτών βυθίζονται με μέση γωνία βύθισης 30° προς τα NNA (155°). Το μεγάλο πτερύγιο της πτυχής εμφανίζει ΔΒΔ-ΑΝΑ ($103^\circ - 283^\circ$) διεύθυνση και κλίση προς τα ΝΝΔ (200°) με μέση γωνία κλίσης 40° , ενώ το μικρότερο πτερύγιο διευθύνεται ΒΑ-ΝΔ ($045^\circ - 225^\circ$) και κλίνει με μέση γωνία κλίσης 30° προς τα ΝΑ (135°). Από την διάταξη των πτερυγίων υπολογίστηκε το άνοιγμα των πτυχών περίπου στις 145° (σχήμα 3.15). Η πτύχωση αυτή που περιγράφηκε και συναντήθηκε στο μεταπηλιτικό σχηματισμό αποτελεί την 2^η και νεότερη πτύχωση που επηρέασε τα πετρώματα της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 3.15 Στερεογραφική προβολή της φύλλωσης του μεταπηλιτικού με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών σχηματισμού με τη μορφή πόλων και μέγιστων κύκλων στην περιοχή μελέτης (απεικόνιση 2^{ης} πτύχωσης), (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).

2. Μαζώδης έως πλακώδης ασβεστόλιθος

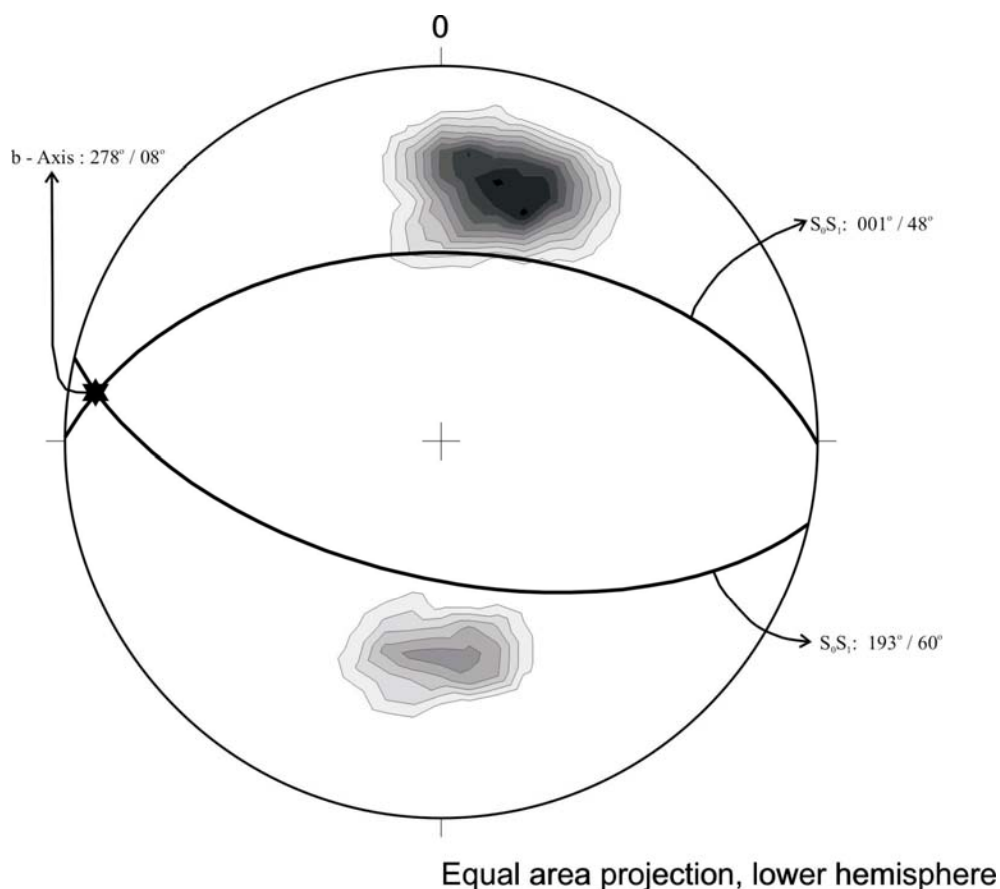
Στο σχηματισμό αυτό διαμορφώνονται πτυχές με b-άξονες που βυθίζονται με γωνία 40° προς τα NA (120°). Η μία πτέρυγα έχει διεύθυνση κλίσης προς τα NNA (175°) και γωνία κλίσης 55° , ενώ η άλλη πτέρυγα έχει διεύθυνση κλίσης προς τα ABA (70°) και μέση γωνία κλίσης 50° . Το άνοιγμα των περυγίων υπολογίστηκε στις 110° (σχήμα 3.16).



Σχήμα 3.16 Στερεογραφική προβολή της πτύχωσης του μαζώδη έως πλακώδη ασβεστολίθου με τη μορφή πόλων και μέγιστων κύκλων στην περιοχή μελέτης (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).

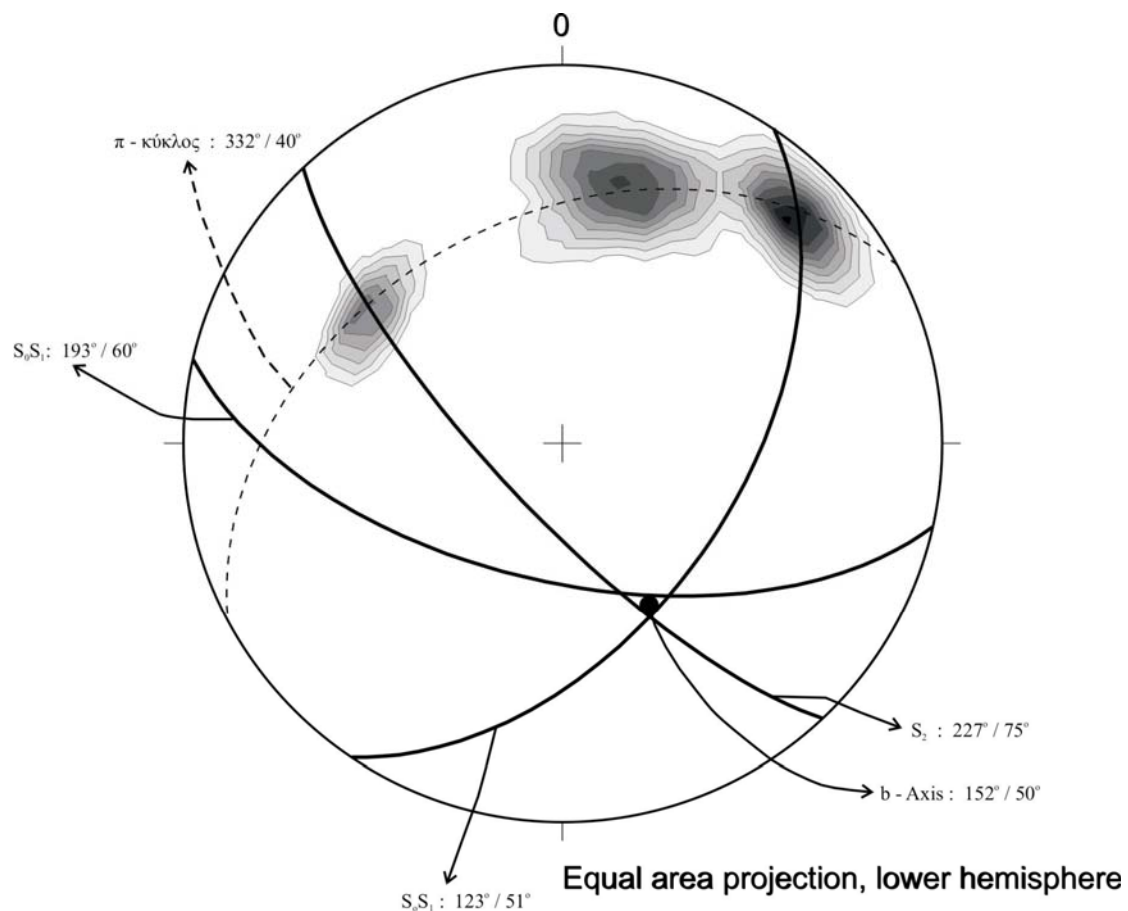
3. Μετα-φλύσξης

Στο μετα-φλύσχη παρατηρήθηκαν δύο γεωμετρικά τύποι πτυχών όπως και στους μεταπηλίτες με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών. Δηλαδή καταγράφηκαν πτυχές των οποίων οι b-άξονες έχουν διεύθυνση προς τα ανατολικά (278°) και γωνία βύθισης περίπου 8° και τα πτερύγια των οποίων έχουν διάταξη με διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΝΔ (193°) και με γωνία κλίσης 60° και διεύθυνση κλίσης προς τα Β με γωνία κλίσης 48° . Το άνοιγμα που προκύπτει από τη διάταξη των πτερυγίων αυτών είναι περίπου 70° (σχήμα 3.17).



Σχήμα 3.17 Στερεογραφική προβολή της φύλλωσης του φλύσχη (απεικόνιση της 1^η πτύχωσης) με την μορφή πόλων και μέγιστων κύκλων στην περιοχή μελέτης (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).

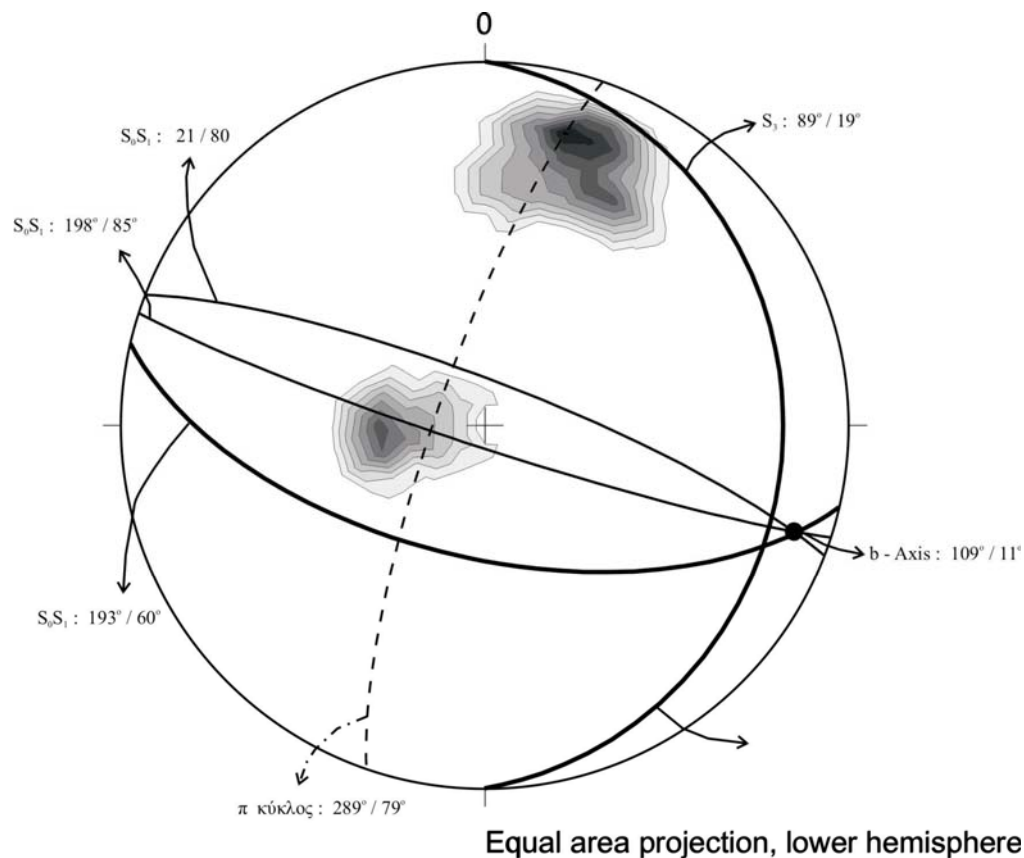
Η δεύτερη πτύχωση προκάλεσε πτυχές με b-άξονα που βυθίζεται προς τα NNA (152°) με γωνία κλίσης 50° . Τα πτερύγια από τα οποία προκύπτουν αυτοί οι άξονες έχουν, για το πρώτο πτερύγιο μια διεύθυνση κλίσης προς τα NNA (193°) και γωνία κλίσης 60° και το δεύτερο πτερύγιο παρουσιάζει μια διεύθυνση κλίσης προς τα NA (123°) και γωνία κλίσης 50° (σχήμα 3.18). Οι πτυχές αυτές εμφανίζουν γωνία ανοίγματος πτερυγίων περίπου 120° . Η σχιστότητα S2 που προαναφέρθηκε είναι η αξονική σχιστότητα για τις πτυχές αυτές και εμφανίζεται με χαρακτηριστικά σχισμού ρυτίδωσης (crenulation cleavage).



Σχήμα 3.18 Στερεογραφική προβολή της φύλλωσης του μεταφλύσχη (απεικόνιση 2^{ης} πτύχωσης) με την μορφή πόλων και μέγιστων κύκλων στην περιοχή μελέτης (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).

4. Λεπτοφυλλώδεις - ταινιωτοί ανακρυσταλλωμένοι ασβεσταρενίτες ή ψαμμούχοι ασβεστόλιθοι

Στον ασβεστόλιθο αυτόν, καταγράφηκαν κλειστές ασύμμετρες πτυχές με άνοιγμα πτερυγίων περίπου 35° . Οι b-άξονες που προκύπτουν έχουν μια κατεύθυνση προς τα ANA (110°) και γωνία κλίσης 11° . Τα πτερύγια που καταγράφονται, έχουν, το ένα μια διάταξη με διεύθυνση κλίσης προς τα NNΔ (193°) και γωνία κλίσης 60° . Το δεύτερο πτερύγιο το οποίο και παρουσιάζει μια διακύμανση στην κατεύθυνση κλίσης, εμφανίζεται με διεύθυνση κλίσης από τα NNΔ (198°) έως τα BBA (21°) και με γωνία κλίσης περίπου και στις δυο περιπτώσεις από 80° έως 85° (σχήμα 3.19 & 3.20). Οι πτυχές αυτού του τύπου αποτελούν την πρώτη πτύχωση των σχηματισμών της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 3.19 Στερεογραφική προβολή της φύλλωσης των λεπτοφυλλώδων - ταινιωτών ανακρυσταλλωμένων ασβεσταρενιτών ή ψαμμούχων ασβεστόλιθων με την μορφή πόλων και μέγιστων κύκλων στην περιοχή μελέτης (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).



Σχήμα 3.20 Λεπτοφυλλώδεις - ταινιωτοί ανακρυσταλλωμένοι ασβεσταρενίτες ή ψαμμούχοι ασβεστόλιθοι στους οποίους διακρίνονται κλειστές πτυχές.

3.2.3 ΡΗΓΜΑΤΑ

Η περιοχή που διερευνούμε, όπως απεικονίζεται στη γεωλογική χαρτογράφηση του ΙΓΜΕ (σχήμα 2.5) φαίνεται να επηρεάζεται από ένα μεγάλο αριθμό ρηγμάτων, τα οποία διακρίνονται σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα αφορά τα ανάστροφα ρήγματα, τα οποία με ΒΔ – ΝΑ διεύθυνση ανάπτυξης δείχνονται στον χάρτη ως να διαμορφώνουν μια στενή ζώνη λεπιώσεων με κατεύθυνση προς τα ΝΔ με τα οποία εμφανίζεται να τοποθετούνται οι Άνω Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι της ζώνης Πάϊκου πάνω στους σχηματισμούς της ζώνης Αλμωπίας. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης δηλαδή ρήγματα εγκάρσια προς την προαναφερόμενη ζώνη λεπίωσης, τα οποία είναι μεγάλης γωνίας ή σχεδόν κατακόρυφα και λειτουργούν ως ρήγματα μεταβίβασης (transfer faults).

Κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση που πραγματοποιήσαμε στη περιοχή, δεν επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη των δομών αυτών, και σε κάθε περίπτωση ο απεικονιζόμενος μεγάλος αριθμός αυτών. Αντίθετα, τα ρήγματα που εντοπίστηκαν είναι ολιγάριθμα. Ειδικότερα, χαρτογραφήθηκαν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης, τα οποία κλίνουν όμως προς τα ΝΔ. Τα ρήγματα αυτά φέρνουν σε επαφή το μεταφλύσχη και τα ανθρακικά πετρώματα και μάλιστα βρέθηκε ο μετα-φλύσχος να αποτελεί το υπερκείμενο τέμαχος. Έτσι ο χαρακτηρισμός των ρηγμάτων πρέπει να βασιστεί στις ακόλουθες παραδοχές:

(α) τα ρήγματα αυτά είναι ανάστροφα με το μετα-φλύσχη Κάτω Κρητιδικής ηλικίας να επωθείται πάνω στα ανώτερα στρωματογραφικά ανθρακικά πετρώματα εφόσον η ηλικία αυτών είναι Άνω Κρητιδική και επομένως η χρονολόγηση των ανάστροφων αυτών ρηγμάτων είναι Μετά - Άνω Κρητιδική δηλαδή εντάσσεται στις Τριτογενείς λεπιώσεις.

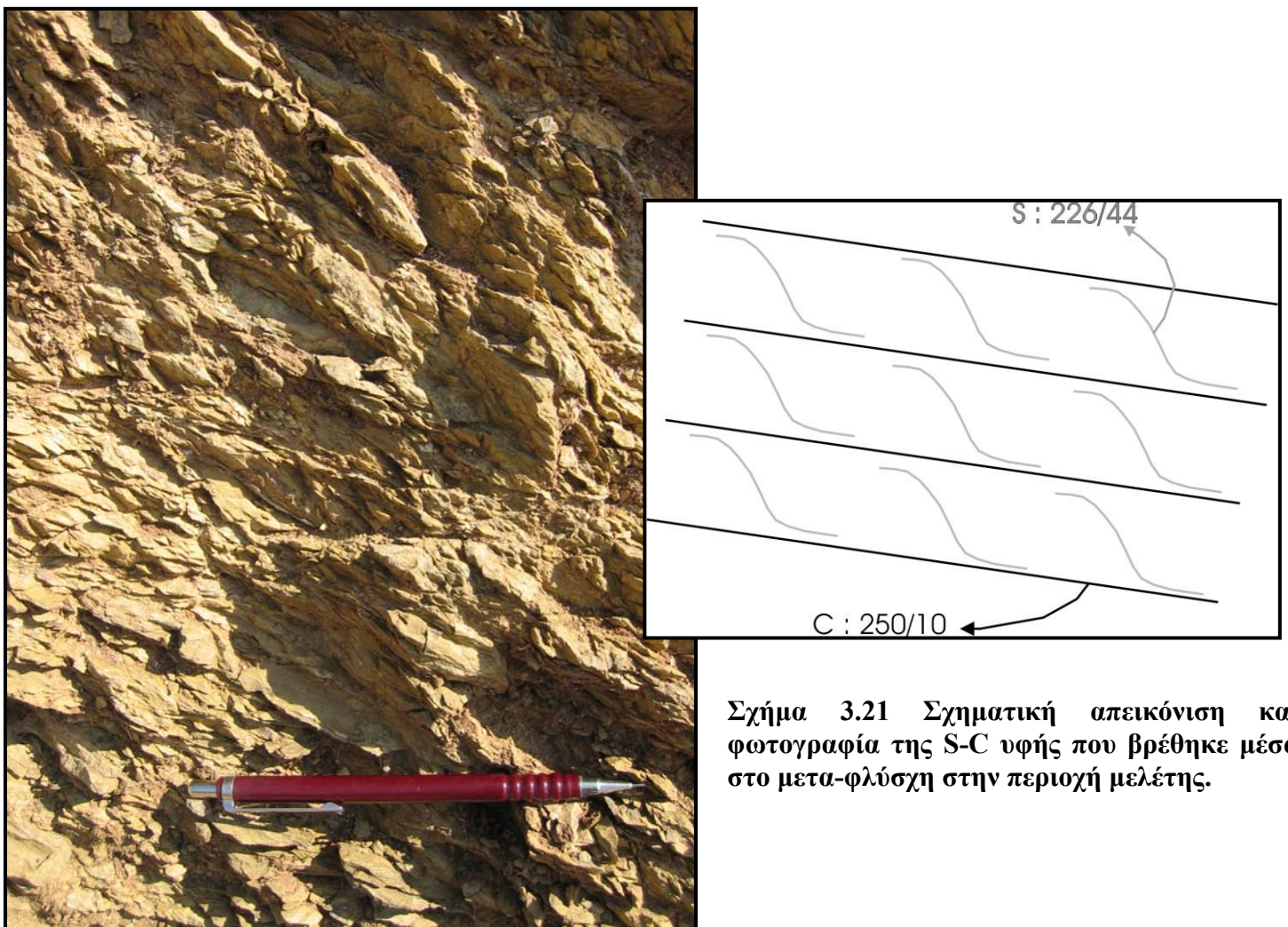
(β) τα ρήγματα αυτά λειτούργησαν ως ανάστροφα ρήγματα συζυγή ρήγματα σε μεγαλύτερα εκτατικά ρήγματα με παρόμοια διεύθυνση και κλίσης προς τα ΝΔ, τα οποία διαμόρφωσαν τις δυτικές κλιείς του ορεινού όγκου του Πάϊκου και τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα την αποκοπή του Άνω Κρητιδικού ασβεστολίθου και την εμφάνιση του υποκείμενου Κάτω Κρητιδικού φλύσχη με μορφή παράθυρων.

(γ) τα ρήγματα αυτά λειτούργησαν ως ανάστροφα ρήγματα όπως στη περίπτωση (α) και στη συνέχεια επαναδραστηριοποιήθηκαν ως εκτατικά διαμορφώνοντας τις δυτικές κλιείς του Πάϊκου. Οι υπάρχουσες παρατηρήσεις υπαίθρου δεν είναι ικανές για ασφαλή συμπεράσματα.

3.2.4 Καταγραφή Μικροκινηματικών Δεικτών

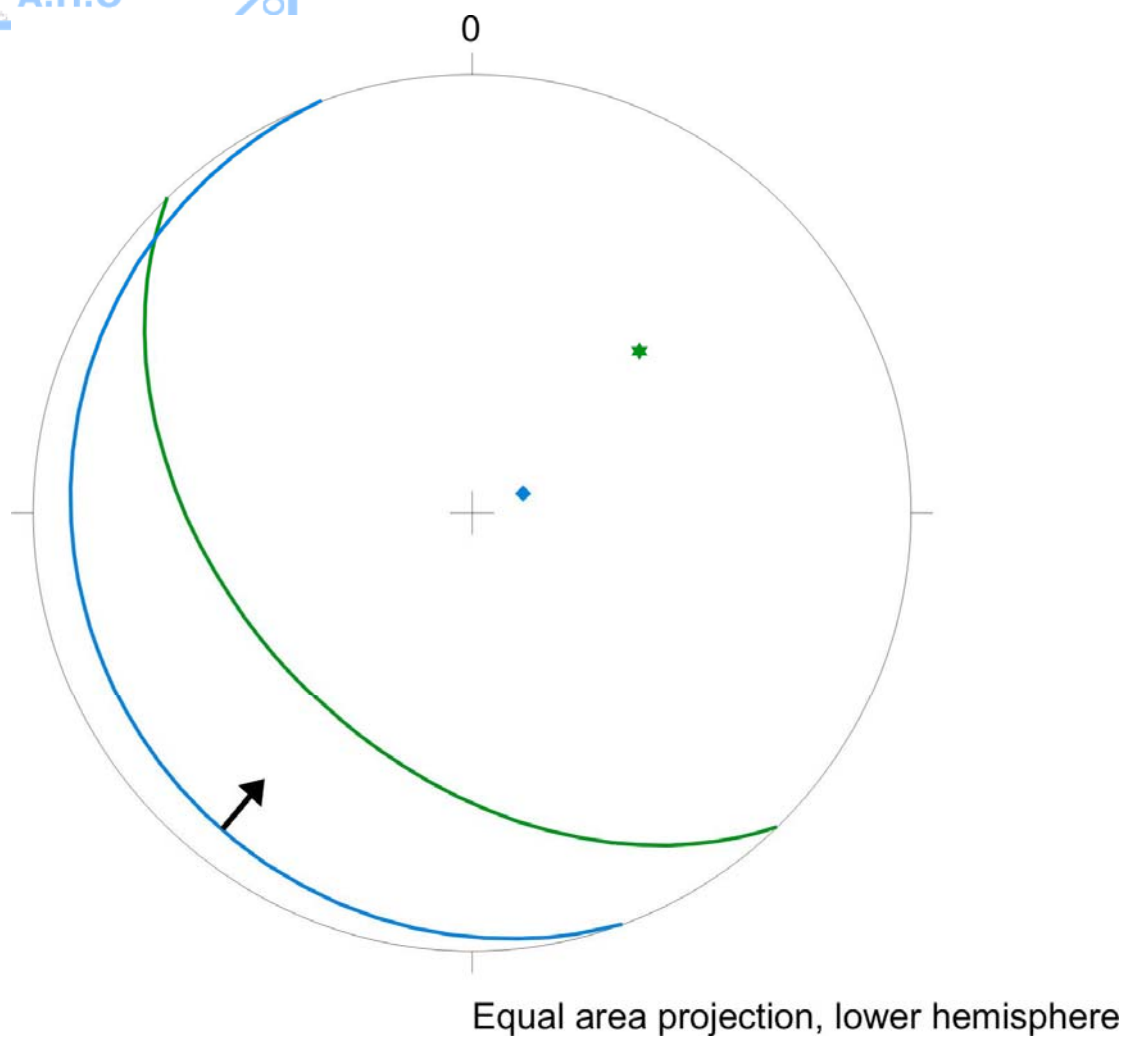
Στο ύπαιθρο πέρα από την καταγραφή των τεκτονικών ασυνεχειών και γενικότερα της φύλλωσης έγινε καταγραφή και μελέτη των τεκτονικών μικροδομών για την καλύτερη κατανόηση της σχετικής κίνησης των σχηματισμών. Χαρακτηριστικές τέτοιες μικροδομές που καταγράφηκαν είναι οι S-C υφές που αναγνωρίστηκαν στο μετα-φλύσχη με στοιχεία:

S: 226 / 44 και C: 250/10



Σχήμα 3.21 Σχηματική απεικόνιση και φωτογραφία της S-C υφής που βρέθηκε μέσα στο μετα-φλύσχη στην περιοχή μελέτης.

Από την ανάλυση των στοιχείων αυτών προέκυψε καθαρά μια σχετική κίνηση των σχηματισμών κατά τη διεύθυνση BA – ΝΔ και με κίνηση του υπερκείμενου προς τα ΒΑ (σχήμα 3.22).



Σχήμα 3.22 Στερεογραφική προβολή της S – C υφής, στην οποία προσδιορίζεται κίνηση του υπερκείμενου προς τα BA (προβολή Schmidt, κάτω ημισφαίριο).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη γεωλογική χαρτογράφηση εξάγεται το συμπέρασμα ότι η περιοχή μελέτης, παλαιογεωγραφικά αποτελούσε ένα θαλάσσιο χώρο μεγάλου βάθους. Πιθανότατα αποτέλεσε τον ωκεάνιο χώρο της Παλαιο-τηθύος. Το συμπέρασμα αυτό εξάγεται από την παρουσία στα κατώτερα στρώματα βασικών, δολεριτικών και άλλων οφειολιθικών σωμάτων τα οποία συνυπάρχουν με μια σειρά ραδιολαριτών – μεταπηλιτών. Ο ωκεάνιος αυτός χώρος φαίνεται προς τα ανατολικά να γίνεται μικρότερου βάθους λόγω κάποιου υβώματος με χαρακτήρα νησιωτικού τόξου όπως δηλώνει και η παρουσία ηφαιστειακών υλικών. Έτσι το περιβάλλον σταδιακά γίνεται πιο νηριτικό και σε συμφωνία με τους πηλίτες παρατηρούνται χαρακτηριστικές αποθέσεις με τουρβιδιτικές εναλλαγές αργιλικών - ψαμμιτικών υλικών (μετα-φλύσξης) και με παρεμβολές από ανθρακικά ιζήματα.

Μέσα στον μετα-φλύσχη αλλά και κατά μήκος της επαφής μεταξύ μετα-φλύσχη και του σχηματισμού μεταπηλιτών με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών συναντώνται φακοειδή ασβεστολιθικά σώματα. Τα ανθρακικά αυτά σώματα όπως και ο μετα-φλύσξης θεωρούνται από τους μέχρι σήμερα ερευνητές ότι αποτελούν σχηματισμούς Μέσο – Άνω Κρητιδικής ηλικίας. Με βάση τα στοιχεία της γεωλογικής χαρτογράφησης που πραγματοποιήσαμε, αυτή η αντίληψη, δεν κρίνεται ικανοποιητική στο να εξηγήσει τα δεδομένα και να δώσει ικανοποιητικές απαντήσεις σε ερωτήματα που δημιουργούνται. Και αυτό γιατί στην περιοχή μελέτης μας, διακρίναμε και χαρτογραφήσαμε ασβεστολίθους με τρεις διαφορετικούς χαρακτήρες, σε αντίθεση με τις μέχρι σήμερα έρευνες όπου όλοι οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί καταγράφονταν σαν ίδιοι, Μέσο – Άνω Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι. Συγκεκριμένα αναγνωρίζεται ένας ασβεστολιθικός σχηματισμός ο οποίος τοποθετείται στο όριο των μεταπηλιτών με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών και του μετα-φλύσχη, ο οποίος ακολουθεί την πτύχωση των σχηματισμών αυτών και η ηλικία του εκτιμάται στο Άνω Ιουρασικό. Μέσα, συν-πτυχωμένος με τον μετα-φλύσχη καταγράφηκε ένας δεύτερος ασβεστολιθικός σχηματισμός,

διαφορετικού χαρακτήρα από τους υπολοίπους και η ηλικία του είναι παρόμοια του μετα-φλύσχη, δηλαδή Κάτω – Μέσο Κρητιδικό. Τέλος στα ανώτερα τμήματα καταγράφεται ένας τρίτος ασβεστολιθικός σχηματισμός ο οποίος έχει τελείως διαφορετική εικόνα από τους προαναφερθέντες σχηματισμούς, κυρίως λόγω της έλλειψης τεκτονικών δομών αφού δεν συμμετέχει σε κανενός είδους πτύχωση αλλά επικαλύπτει ασύμφωνα τους υποκείμενους σχηματισμούς, ακόμα ξεχωρίζει και λόγω της πληθώρας απολιθωμάτων που εμφανίζει. Ο σχηματισμός αυτός είναι Άνω Κρητιδικής ηλικίας.

Όσον αφορά την τεκτονική δράση την οποία έχει υποστεί η περιοχή μας διακρίνουμε ότι μετά την απόθεση των αργιλικών υλικών που έδωσαν τον μετα-φλύσχη, η περιοχή δέχεται μια έντονη τεκτονική δράση που ως αποτέλεσμα αυτής ήταν η πτύχωση και γενικά ο τεκτονισμός των σχηματισμών τις περιοχής. Από την τεκτονική αυτή δράση προέκυψαν κλειστές πτυχές από την κίνηση για το κλείσιμο του ωκεάνιου. Η ηλικία σχηματισμού των πτυχών αυτών υπολογίζεται κατά το Άνω Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό.

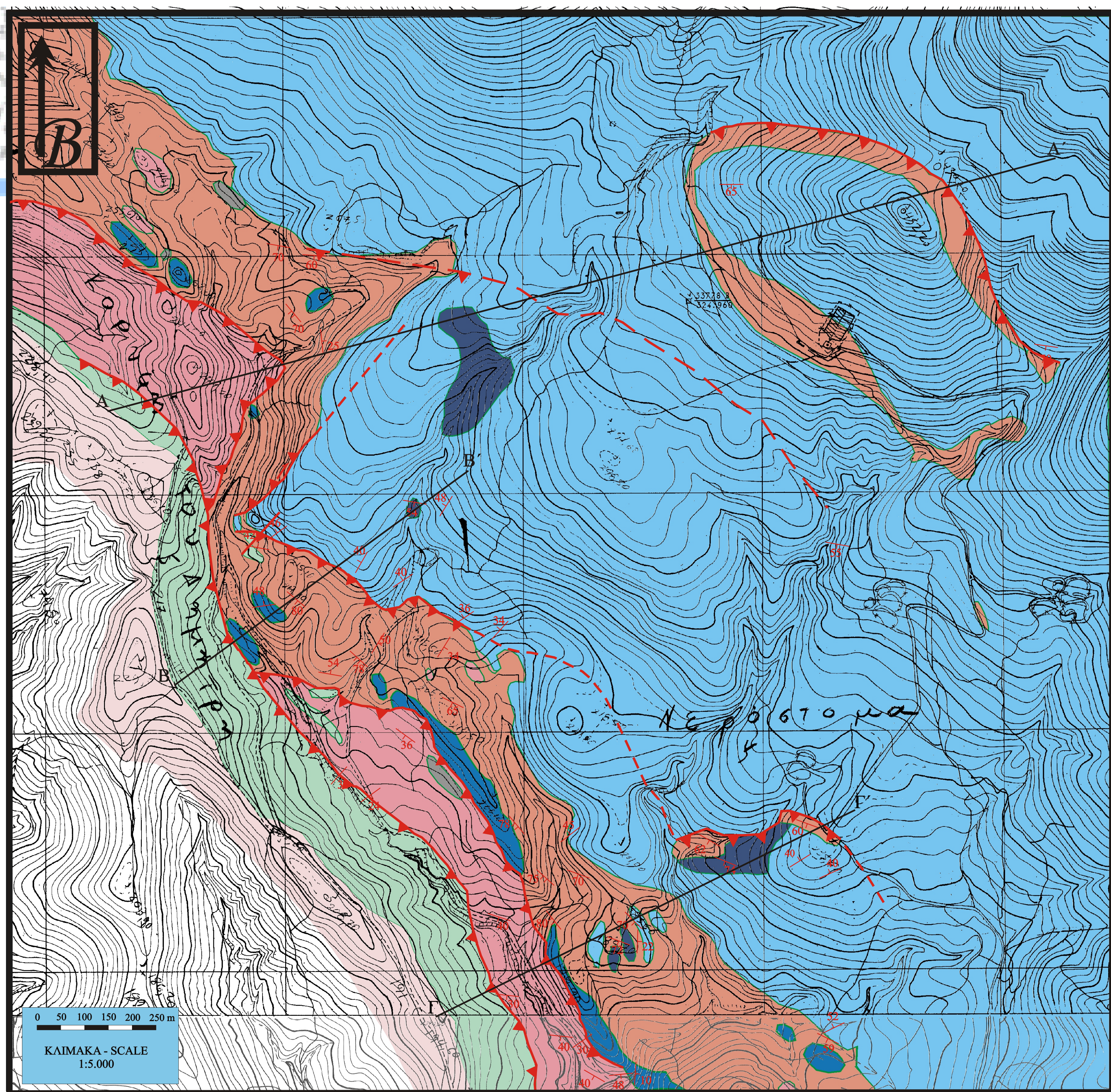
Τέλος κατά το Τριτογενές η περιοχή υπέσκει μια ακόμα τεκτονική δράση, με βάση την οποία προκαλούνται τα αλληπάλληλα λέπια που παρατηρούνται στην περιοχή, με φορά κίνησης των λεπίων από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Χαρακτηριστική τεκτονική επαφή αυτού του είδους είναι η επαφή μεταξύ του μετα-φλύσχη και του σχηματισμού μεταπηλιτών με ενστρώσεις κερατολίθων και ηφαιστιτών με τον τελευταίο να επωθείται πάνω στον μετα-φλύσχη. Η δράση όμως αυτής της τεκτονικής έχει και σαν αποτέλεσμα υποκείμενοι σχηματισμοί κατά τόπους να δίνουν την εντύπωση ότι υπέρκεινται νεότερων σχηματισμών όπως για παράδειγμα ο μετά-φλύσξης, ο οποίος, κατά θέσεις φαίνεται να υπέρκειται του μαζώδη-παχυστρωματώδη ασβεστόλιθου Άνω Κρητιδικής ηλικίας πράγμα που τροποποιεί τα στρωματογραφικά δεδομένα.

Άρα, συνοψίζοντας μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι σχηματισμοί των μαφικών ηφαιστειακών πετρωμάτων, πηλιτών με ραδιολαρίτες και του μετα-φλύσχη μεταμορφωθήκαν και παραμορφωθήκαν πριν από το Μέσο – Άνω Κρητιδικό αφού επικαλύπτονται ασύμφωνα από τους Άνω Κρητιδικούς

ασβεστολίθους. Η ηλικία αυτών των σχηματισμών υπολογίζεται Άνω Ιουρασική – Κάτω Κρητιδική και μπορούν να συσχετιστούν με τους σχηματισμούς των ανατολικών ενοτήτων της Αλμωπίας και τους Άνω Ιουρασικούς – Κάτω Κρητιδικούς σχηματισμούς που εμφανίζονται στα κεντρικά τμήματα του όρους Πάϊκου. Ο μετα-φλύσχος αποτελεί τον κυριότερο σχηματισμό για τον καθορισμό της παλαιογεωγραφίας της περιοχής και δεν είναι Καμπάνιας – Μαιστρίχτιας ηλικίας όπως θεωρούνταν μέχρι σήμερα. Από το γεγονός ότι ο μετα-φλύσχος είναι Άνω Ιουρασικής – Κάτω Κρητιδικής ηλικίας και από το γεγονός ότι έχει βρεθεί και στις ανατολικές ενότητες της Αλμωπίας (Stais 1993), προτείνεται ότι το όριο αυτό, μεταξύ της ζώνης Πάϊκου και της ζώνης Αλμωπίας, θα πρέπει να αναζητηθεί δυτικότερα από την περιοχή όπου έγινε η παρούσα μελέτη, και το όριο αυτό πρέπει να εντοπίζεται μεταξύ των ανατολικών και των κεντρικών ενοτήτων της ζώνης Αλμωπίας.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bebien J., Platevoet B., Mercier J., 1994. Geodynamic significance of the Paikon Massif in the Hellenides. Contribution of the volcanic rock studies. *Bulletin of the Geology Society of Greece* vol. XXX/1, 63-67.
- Brown S.A.M. , Robertson A.H.F. 2003. Sedimentary geology as a key to understanding the tectonic evolution of the Mesozoic – Early Tertiary Paikon Massif, Vardar suture zone, N Greece.
- Brown S.A.M. , Robertson A.H.F. 2004. Evidence for Neotethys rooted within the Vardar suture zone from the Voras Massif, northernmost Greece. *Tectonophysics*
- Ferriere J., Bonneau M., Caridroit M., Bellier J.P., Gorican S., Kollmann H., 2001. Les nappes tertiaires du Paikon (zone de Vardar, Macédoine, Grèce): arguments stratigraphiques pour une nouvelle interprétation structurale. *C.R.A cad Sci. Paris* 332,695-702.
- Ricou, L.E., and Godfriaux, I., 1995. Mise au point sur la fenêtre multiple du Paikon et la structure du Vardar en Grèce. *C. R. Acad. Sci. Paris* 321 IIA, 601-608.
- Sharp I.R., Robertson A.H.F., 1993. Evidence for Turonian rift-related extensional subsidence and eastward early Tertiary thrusting, western Paikon Zone. Northern Greece. *Bulletin of the Geology Society of Greece* vol. XXVIII/1, 99-100.
- Sharp I.R., Robertson A.H.F., 1994. Late Jurassic-Lower Cretaceous oceanic crust and sediments of the eastern Almopias zone NW Macedonia (Greece); implications of the evolution of the eastern "internal" Hellenides. *Bulletin of the Geology Society of Greece* vol. XXX/1, 47-61.
- Stais, A., 1993. Evolution géodynamique des bassins mésozoïques vardariens: Domaines de Peonais et d'Almopias (Hellenides internes, Macédoine central, Grèce). *Unpublished PhD thesis*, University of Lille, 247 pp.)
- Vergely, P., 1984. Tectoniques des ophiolites dans les Hellenides Internes (déformation, métamorphismes et phénomènes sédimentaires). Conséquences sur l'évolution des régions Téthysiennes Occidentales. *Unpublished PhD thesis*, University Paris-Sud, Orsay.
- Vergely P., Mercier J., 2000. Données nouvelles sur les chevauchements d'âge post-Crétacé supérieur dans le massif du Paikon (zone de l'Axios-Vardar, Macédoine, Grèce): un nouveau modèle structural. *C. R. Acad. Sci. Paris* 330, 555-561.
- Vougioukalakis, G., 1994. The Pliocene volcanites of the Voras mountain, Central Macedonia, Greece. *Bulletin of Geological Society of Greece*, XXX/1, 223-240.
- Κατριβάνος Ε. 1998. Τεκτονικές σχέσεις των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της οροσειράς της Τζένας και της Ανθρακικής μάζας του Πάϊκου. Διατριβή ειδίκευσης.
- Μουντράκης Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University studio press.



ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Π. ΠΛΟΥΓΑΡΛΗ

ΥΠΕΥΘ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Μ. ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ: ΜΑΡΚΟΣ Δ. ΤΡΑΝΟΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΟΡΙΟΥ ΑΛΜΩΠΙΑΣ-ΠΑΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΑΚΚΑΣ
ΝΟΜΟΣ ΠΕΛΛΑΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Ηφαιστειοκλαστικές μετα-αλπικές αποθέσεις : Ηφαιστειακά προϊόντα ροδόχρου ανοικτότεφρου έως λευκότεφρου χρώματος με κροκίλες και λατίπες διασφραγισμένων, αλλά και μεγάλους ογκόλιθους λαβών. Η ηλικία των σχηματισμών είναι Πάριο-Παισιότανη.

Μαζώδης έως παχυστρωματώδης απολιθωματοφόρος ασβεστόλιθος.
Τυφρού χρώματος μαζώδης έως παχυστρωματώδης ασβεστόλιθος. Περιέχει απολιθώματα από Rudistes και Foraminifera και η ηλικία του σχηματισμού είναι Μέσο Ανω - Κρητιδική.

Μετα-φύσχις: Κυσταίνου-πρασινόκαστανου χρώματος. Μέσα στον σχηματισμό αναγνωρίζονται: (α) ψηφιδόκροκαλοπαγή, (β) πρασινόχροα βασικά φηαιστειακά σώματα και (γ) φηαιστειακά κροκαλοπαγή. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Άνω Κρητική.

Αετιοπαθολογικές αιτίες των ανακυσταλλωμένων ασβεσταρινίτες ή ψαμμογόνων ασβεστόλιθων : Αετία φακοειδή κλαστικά ανθρακικά σώματα, σχιστοποιημένα και ανακυσταλλωμένα τα οποία βρίσκονται μέσα στο μετα-φύλλωση. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Άνω Κρητιδική.

Μαζώδης έως πλακώδης ασβεστόλιθος: Μικροκρυσταλλικός ασβεστόλιθος, λευκού έως γαλαζωπού τεφρού χρώματος. Η ηλικία του είναι Άνω Ιουρασική - Κάτω Κρητιδική.

Μετα-πλήλites με ενστροφικές κερατολίθους : Λεπτόκοκκα, λεπτοφυλλώδη ελαφρώς μεταμορφωμένα ερυθρό-κόκκινα χρώματος αργιλοπληκτικά ιζηµατα µε λεπτές ραδιολιθικές ενστροφώσεις και παρεµβολές ηφαιστειοκλαστικών υλικών ωχροκίτρινου χρώµατος. Ο σχηµατισµός αυτός είναι υποκειµένος τοιµετα-φύσης. Αναφέρονται απολιθώµατα ραδιολιθιτών και προσδιορίζεται ηλικία Άνω Ιουρασικού. Κάτω Κρητιδικό.

Μαφικά ηφαιστειογενή πετρώματα : Συμπαγή σκουροπράσινα βασικά πετρώματα τα οποία χαρακτηρίζονται ως δολερίτες και γενικά ως σκουρόχρωμα συμπαγή ηφαιστειογενούς προέλευσης πετρώματα, Άνω Ιουρασικής ηλικίας.

TEKTONIKA ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογική επαφή - όριο

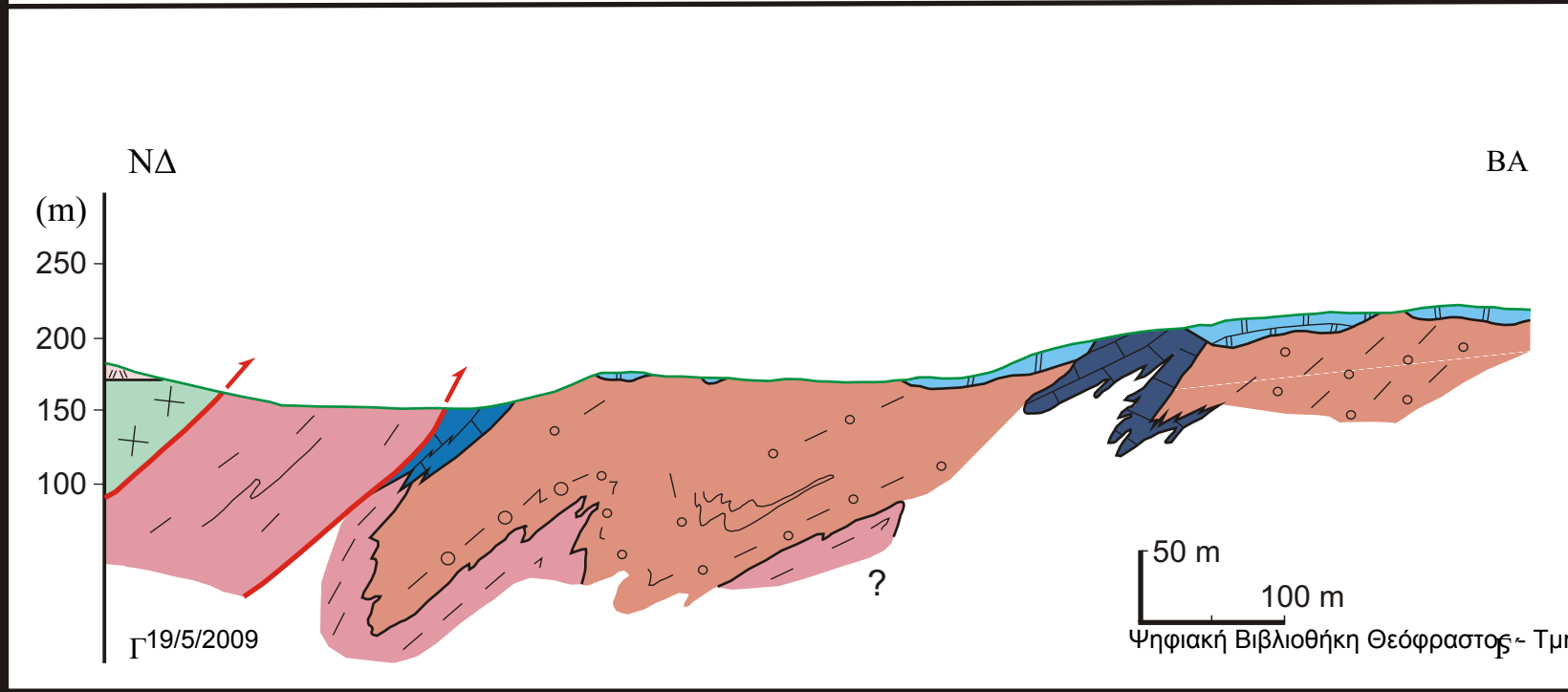
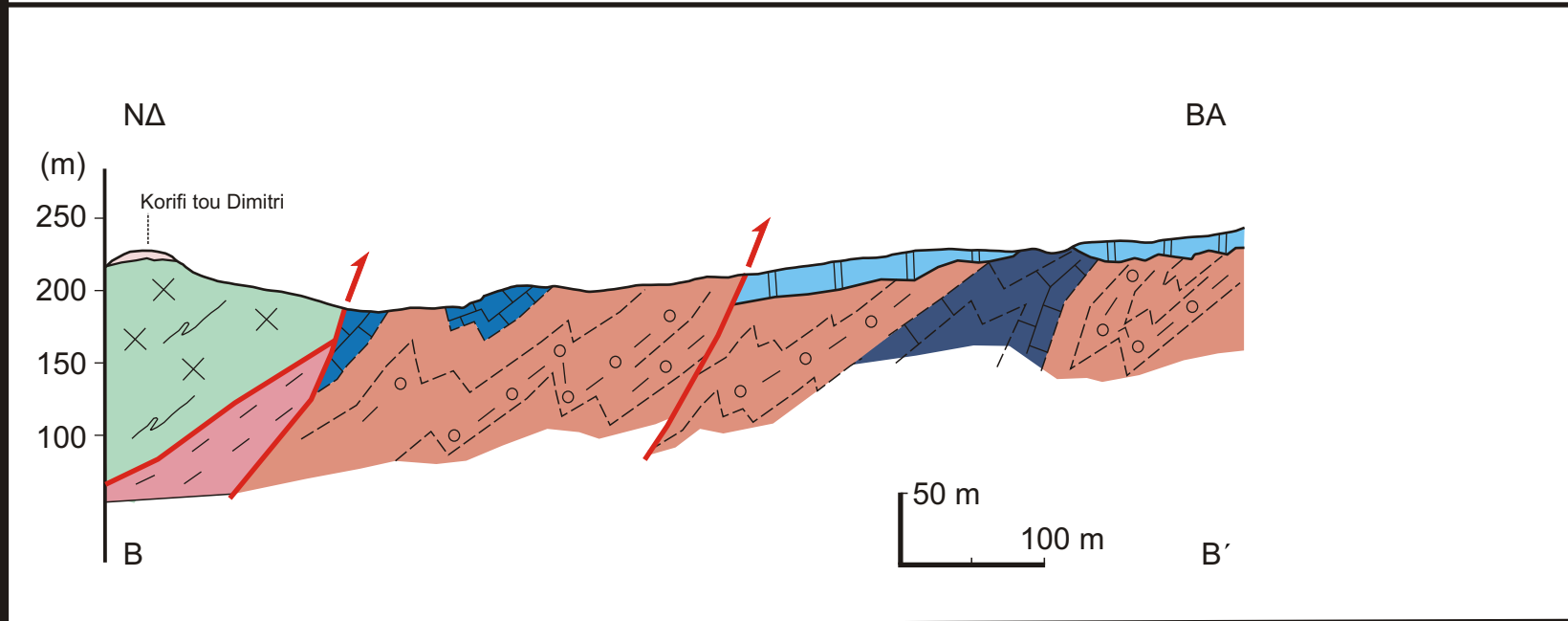
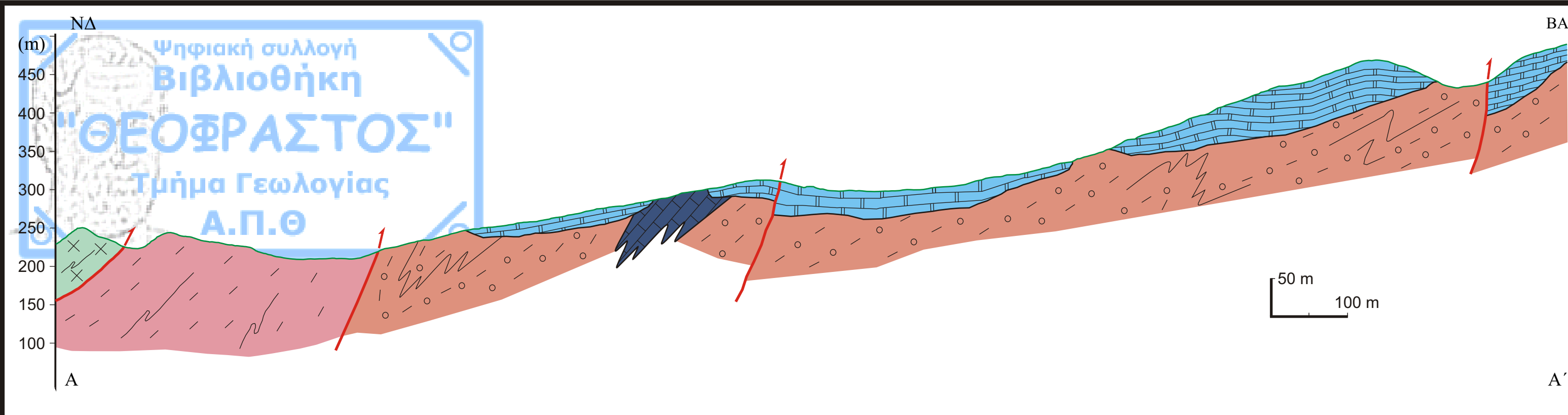
 Ρήγμα με ένδειξη του υπερκείμενου τέμαχους

 Ρήγμα με ένδειξη της οριζόντιας μετατόπισης

 Επώθηση και πιθανή προέκταση

60 Παράταξη, διεύθυνση κλίσης και
γωνία κλίσης της $S_{60}S_1$ σχιστότητας

78 Παράταξη, διεύθυνση κλίσης και γωνία κλίσης της S_2 σχιστότητας



ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΑΛΜΩΠΙΑΣ - ΠΑΪΚΟΥ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΑΚΚΑΣ
ΝΟΜΟΣ ΠΕΛΛΑΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:5.000

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ - ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Π. ΠΛΟΥΤΑΡΗ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Μ. ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ: ΜΑΡΚΟΣ Δ. ΤΡΑΝΟΣ