

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ

ΣΑΒΒΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ
ΤΗΣ ΣΙΘΩΝΙΑΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ
ΧΑΡΤΗ, ΚΛΙΜΑΚΑΣ 1:50000 ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ
ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

2017



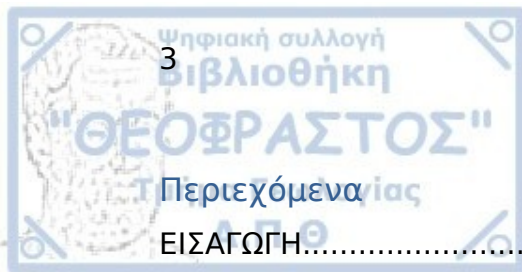
ΣΑΒΒΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΤΗΣ ΣΙΘΩΝΙΑΣ
ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΧΑΡΤΗ, ΚΛΙΜΑΚΑΣ 1:50000 ΜΕ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΥΠΟΒΛΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Επιβλέπων καθηγητής:

Αναπληρωτής καθηγητής Μάρκος Δ.Τρανός



ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	4
Σχεδιαστική εργασία.....	4
Γεωαναφορά ,σύστημα συντεταγμένων και ΕΓΣΑ 87.....	5
Τι είναι το QGIS.....	5
Εργασία σε χάρτη.....	6
Υπολογιστική εργασία.....	6
ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	6
ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ.....	7
Ενότητα Κερδιλίων.....	8
Ενότητα Βερτίσκου.....	8
ΠΕΡΙΟΔΟΠΙΚΗ ΖΩΝΗ.....	8
Ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά.....	9
Ενότητα Μελισσοχωρίου- Χολομώντα.....	9
Ενότητα Άσπρης Βρύσης -Χορτιάτη.....	10
Τεκτονική της Περιοδοπικής ζώνης.....	11
ΠΛΟΥΤΩΝΙΤΗΣ ΤΗΣ ΣΙΘΩΝΙΑΣ.....	12
Πετρολογία.....	12
Γεωμετρία, βασικά δομικά στοιχεία και παραμόρφωση του πλουτωνίτη.....	15
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	18
ΦΥΛΛΩΣΗ.....	18
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	21
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	22
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	23

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την κατασκευή ψηφιακού γεωλογικού χάρτη της χερσονήσου της Σιθωνίας (Χαλκιδική) από τον πρωτότυπο γεωλογικό χάρτη που έχει εκδοθεί από το ΙΓΜΕ το 1978, μέσω της χρήσης γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS). Σκοπός είναι να εξεταστεί σε ποιο βαθμό είναι δυνατή η αξιοποίηση των γεωλογικών δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί σε παλαιότερο χρονικό διάστημα και παρουσιάζονται με στατικό τρόπο, αλλά και να διερευνηθεί καλύτερα η γεωλογία της χερσονήσου μέσω της επικαιροποίησης και διαχείρισης των πληροφοριών που απλά ήταν αποτυπωμένες στο «χαρτί».

Ιδιαίτερα για τη γεωλογία της χερσονήσου της Σιθωνίας, όπου δεσπόζει ο πυριγενής όγκος του πλουτωνίτη της Σιθωνίας, κρίσιμο ερώτημα αποτελεί το κατά πόσο αυτός μπορεί να συντελέσει στην καλύτερη κατανόηση της παραμόρφωσης και της μεταμόρφωσης των περιβαλλόντων πετρωμάτων, μέσα στα οποία διεισδύει, και αυτό να γίνει μέσω των γεωλογικών στοιχείων και πληροφοριών που έχουν αποκλειστικά αποτυπωθεί κατά την βασική γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει αρχικά την ψηφιακή αποτύπωση του γεωλογικού χάρτη της χερσονήσου της Σιθωνίας, όπως αυτή πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Μελετών Ελλάδος (ΙΓΜΕ), σε κλίμακα 1:50000. Η συγκεκριμένη ψηφιακή αποτύπωση έγινε σε περιβάλλον QGIS τα οποία αποτελούν ευρέως διαδεδομένα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών. Σε δεύτερο στάδιο έλαβε χώρα η εξαγωγή των δομικών δεδομένων του πλουτωνίτη της Σιθωνίας, και πιο συγκεκριμένα της φύλλωσης του εν λόγω σχηματισμού, όπως πάντα αυτή εμπεριέχεται ως πληροφορία στο ανωτέρω γεωλογικό χάρτη. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε μια βάση γεωμετρικών δεδομένων της φύλλωσης του πλουτωνίτη της Σιθωνίας και παρήχθησαν

ανάλογα στερεοδιαγράμματα Schmidt, έτσι ώστε να αναδειχθεί η γεωμετρία και η παραμόρφωση του πλουτωνίτη και να διακριθούν, σε περίπτωση που υπάρχουν, οι διάφορες κύριες παραμορφωτικές φάσεις που επέδρασαν πάνω του.

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η σχέση μεταξύ παραμόρφωσης, μεταμόρφωσης και μαγματισμού σε σύνθετες ορογενετικές ζώνες είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την καλύτερη αντίληψη της ορογενετικής εξέλιξης τους, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι μια σαφής και συνεπής μελέτη της γεωμετρίας του βασικότερου δομικού στοιχείου του πλουτωνίτη της Σιθωνίας, της φύλλωσής του, μπορεί να αποσαφηνίσει αρχικά το αν η διείσδυση του πλουτωνίτη είναι προ-, συν- ή μετα-τεκτονική της παραμόρφωσης που έχει υποστεί το περίβλημά του (envelope). Θεωρώντας γνωστή και τεκμηριωμένη την ηλικία διείσδυσης του πλουτωνίτη αλλά και την παραμόρφωση των περιβαλλόντων πετρωμάτων, μπορούμε να χρονολογήσουμε επακριβώς την εν λόγω παραμόρφωση και κατ' επέκταση να διασαφηνίσουμε την συν- ή μετα- ορογενετική εξέλιξη της περιοχής μελέτης, που βρίσκεται στο όριο της Ελληνικής Ενδοχώρας με τις Εσωτερικές Ελληνίδες.

Τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στον καθηγητή κ. Μάρκο Τρανό, που μου ανέθεσε την εκπόνηση της εργασίας, ο οποίος ήταν και επιβλέπων της εργασίας, καθώς και στον Πέτρο Νεοφώτιστο υποψήφιο διδάκτορα, για την πολύτιμη βοήθεια του στην σύνταξη της παρούσας εργασίας με τις διορθώσεις και τις παρατηρήσεις του.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την σύνταξη της παρούσας εργασίας και την διεξαγωγή ουσιαστικών συμπερασμάτων για την κάλυψη και την ανταπόκριση στον σκοπό που έχει τεθεί εξ' αρχής, έγινε εργασία η οποία μπορεί να διαιρεθεί σε δύο ενότητες, μια σχεδιαστική και μια υπολογιστική:

Η σχεδιαστική εργασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Γεωαναφορά του χάρτη σε σύστημα συντεταγμένων (ΕΓΣΑ 87)
- Δημιουργία layers (επιπέδων εργασίας) για τις επαφές των πετρωμάτων
- Δημιουργία layers για τις επιφάνειες των πετρωμάτων
- Δημιουργία layer για τη φύλλωση των πετρωμάτων
- Τοποθέτηση των στερεοδιαγραμμάτων, που απεικονίζουν τη φύλλωση και προκύπτουν από την υπολογιστική εργασία, σε περιοχή του ψηφιακού χάρτη
- Δημιουργία Υπομνήματος

Οι παραπάνω εργασίες εκπονήθηκαν σε περιβάλλον QGIS έχοντας ως βάση τον χάρτη της χερσονήσου της Σιθωνίας από το ΙΓΜΕ (1978) σε κλίμακα 1:50000

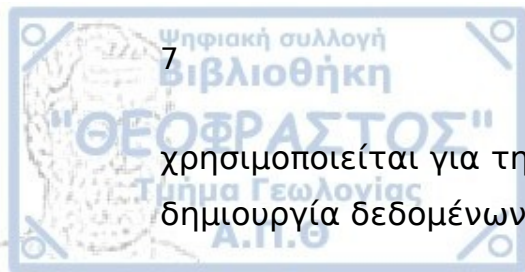
Γεωαναφορά ,σύστημα συντεταγμένων και ΕΓΣΑ 87

Η γεωαναφορά είναι ένας τρόπος να εισάγουμε χωρική πληροφορία σε στοιχειά του χάρτη, χρησιμοποιώντας συντεταγμένες του χάρτη. Όλα τα στοιχειά ενός layer στον χάρτη έχουν μια χωρική πληροφορία που προσδιορίζει σε ποιο σημείο του χάρτη βρίσκονται και κατ' επέκταση σε ποιο ακριβώς σημείο της Γης, με συντεταγμένες γεωγραφικού μήκους και πλάτους.

Για να περιγράψουμε τη σωστή θέση και το σωστό σχήμα χρειαζόμαστε ένα framework συντεταγμένων. Ένα γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιείται γι' αυτόν τον σκοπό. Υπάρχουν διάφορα συστήματα συντεταγμένων, ενώ αυτό που έχει επιλεγεί στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87).

Τι είναι το QGIS

Το QGIS είναι ένα πρόγραμμα το οποίο διαχειρίζεται γεωγραφικές πληροφορίες. Περιέχει εφαρμογές που υποστηρίζουν πολλές εργασίες ,όπως σύνταξη δεδομένων, ανάλυση διαχείριση και διαβίβαση γεωγραφικής πληροφορίας. Είναι μια πλατφόρμα που



7
χρησιμοποιείται για την διαχείριση και την ροή της εργασίας και τη δημιουργία δεδομένων χαρτών , μοντέλων και εφαρμογών.

Κατά τη χρήση του QGIS δουλέψαμε σε μια σειρά από στοιχεία του GIS.

- Εργαλεία χάρτη και Layers
- Γεω-βάσεις δεδομένων
- Εργαλεία γεω-επεξεργασίας
- Εικόνες

Εργασία σε χάρτη

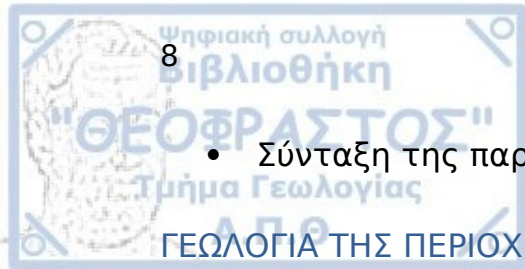
Το QGIS παρουσιάζει τη γεωγραφική πληροφορία σαν μια συλλογή από Layers και αλλά στοιχεία σε ένα χάρτη. Οι συνήθεις εργασίες που εκτελούνται σε περιβάλλον QGIS περιλαμβάνουν:

- ενεργοποίηση και απενεργοποίηση Layers ,
- αναπαράσταση της γεωγραφική ή/και γεωμετρικής πληροφορίας (πχ. φύλλωση) και περαιτέρω χωρική της ανάλυση,
- εκτύπωση χάρτη,
- επεξεργασία χάρτη,
- χρήση γεω-επεξεργασίας για ανάλυση και αυτοματοποίηση.

Υπολογιστική εργασία

Η υπολογιστική εργασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

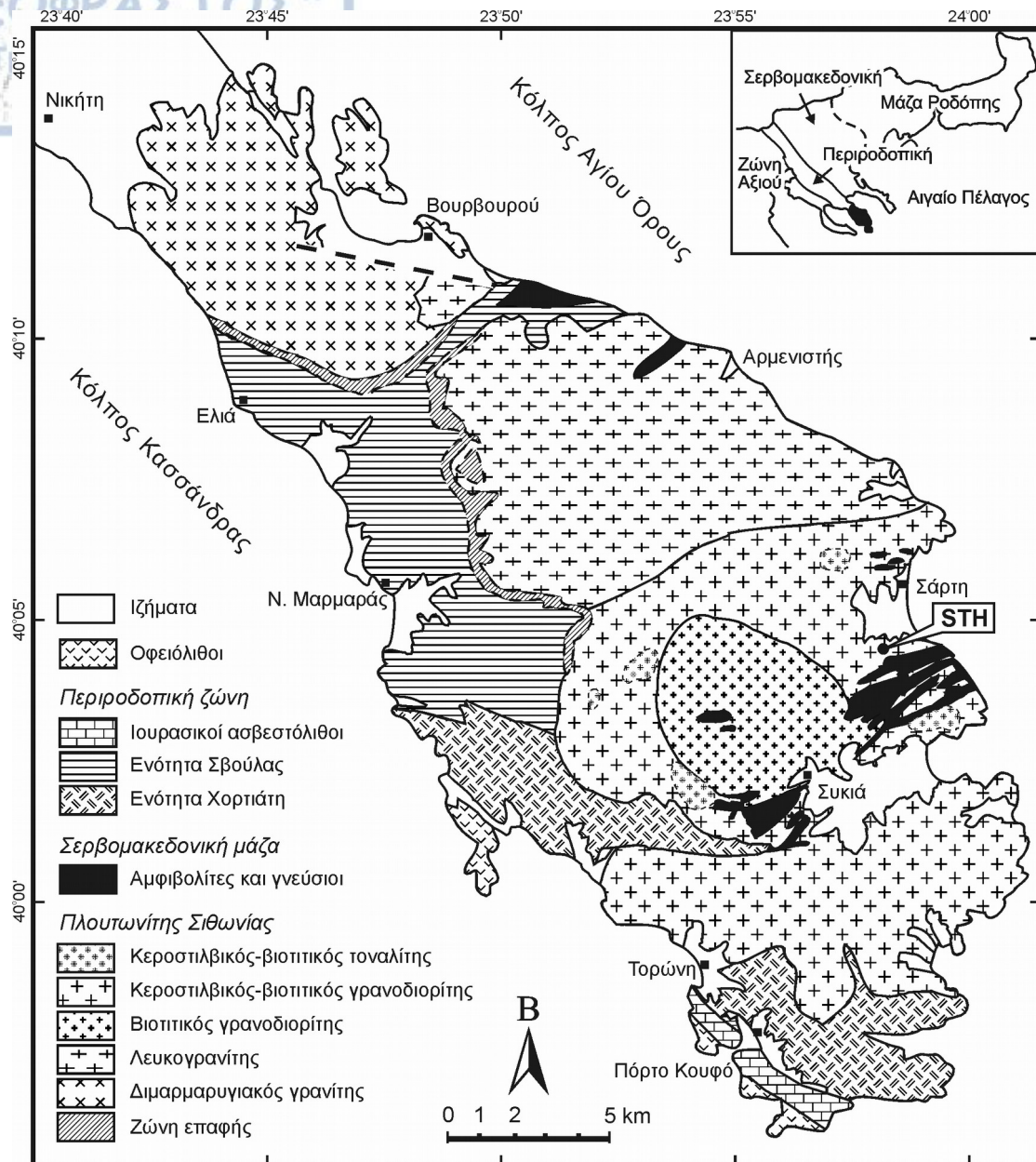
- Δημιουργία βάσης δεδομένων που αφορούν τη φύλλωση των πετρωμάτων
- Τοποθέτηση των δεδομένων σε περιβάλλον stereonet
- Δημιουργία στερεοδιαγραμμάτων Schmidt
- Εξαγωγή αποτελεσμάτων από τα στερεοδιαγράμματα
- Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και έκδοση συμπερασμάτων
- Συλλογή κατάλληλης εικονογράφησης για την αποτελεσματικότερη κατανόηση των κειμένων



- Σύνταξη της παρούσας εργασίας

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει κατά βάση τις γεωτεκτονικές ζώνες της Σερβομακεδονικής και της Περιροδοπικής, καθώς και τον πλουτωνίτη της Σιθωνίας, ο οποίος αποτελεί και το κύριο αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παρακάτω θα περιγραφούν τα κύρια γεωλογικά στοιχεία της εκάστοτε ζώνης/ενότητας.



Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

Χριστοφίδης, 2002

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ

Η Σερβομακεδονική μάζα καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της χερσονήσου της Χαλκιδικής με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και διακρίνεται σε δύο τεκτονικές ενότητες:

Η κατώτερη ενότητα των Κερδυλίων και η ανώτερη του Βερτίσκου. Και οι δυο ενότητες αποτελούνται από προ-Κάμβρια κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, γνεύσιους, αμφιβολίτες,

σχιστόλιθους, μάρμαρα, τα οποία μεταμορφώθηκαν σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση(εκλογιτική) είναι προ Ερκύνια, η δεύτερη (αμφιβολιτική) είναι Ερκύνια και η τρίτη που είναι ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική, είναι αλπική. Υπάρχει **συμφωνία** ανάμεσα στην κατώτερη και ανώτερη ενότητα καθώς επίσης και μια τεκτονική επαφή.

Ενότητα Κερδιλίων

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα των Κερδιλίων είναι τα αρχαιότερα στον Ελλαδικό χώρο, αποτελούν δε τον βαθύτερο ορίζοντα με πάχος 3000 μ. Η ενότητα αποτελείται από εναλλαγές μαρμάρων με γνεύσιους με μεγάλα πάχη. Καταλαμβάνει την Ανατολική Χαλκιδική ,από τις εκβολές του Στρυμώνα έως το Στρατώνι. Δεν εμφανίζεται στην χερσόνησο της Σιθωνίας.

Ενότητα Βερτίσκου

Η ενότητα Βερτίσκου βρίσκεται δυτικά της ενότητας του Κερδιλίων και συνίσταται από μια ακολουθία Προκάμβριων μιγματιτών, οφθαλμοειδών ορθογνεύσιων,μαρμαριγιακών σχιστολίθων και λεπτών στρωμάτων μάρμαρων ,ενώ στους ανώτερους κυρίως ορίζοντες της συμμετέχουν μεταγάββροι, μεταδιαβάσες και οφθαλμοαμφιβολίτες, που προήρθαν από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών και βρίσκονται ως φακοειδή σώματα μέσα στους γνεύσιους. Μια σημαντική διαφορά με την ενότητα Κερδιλίων είναι η απουσία των μαρμάρων ανάμεσα στα κρυσταλλοσχιστώδη, και η μεγάλη σε έκταση παρουσία των πρασινοσχιστόλιθων.

ΠΕΡΙΡΟΔΟΠΙΚΗ ΖΩΝΗ

Η Περιροδοπική ζώνη βρίσκεται στα δυτικά της Σερβομακεδονικής ακολουθεί την ίδια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ όμως κάμπτεται προς τα ΒΑ με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ , υποθαλάσσια και εμφανίζεται ξανά στη χερσόνησο του Άθω καθώς και στο νησί της Σαμοθράκης ,και μετά Αλεξανδρούπολη και Έβρο. Τόσο οι σχηματισμοί της Περιροδοπικής

όσο και της Σερβομακεδονικής στο μεταξύ τους όριο εμφανίζονται πτυχωμένοι και ανεστραμμένοι λόγω του Τριτογενούς τεκτονισμού.

Περιλαμβάνει χαμηλής μεταμόρφωσης πετρώματα του Μεσοζωικού. Αποτελείται από τρεις ενότητες: Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, Μελισσοχώρι-Χολομώντας, και Άσπρη βρύση- Χορτιάτης.

Στη χερσόνησο της Σιθωνίας τα πετρώματα αποτελούν τη θήκη μέσα στην οποία έχει διεισδύσει ο πλουτωνίτης. Ανήκουν στην Περιροδοπική ζώνη εκτός από κάποιες περιοχές ΒΑ και Βόρεια που ανήκουν στην ενότητα του Βερτίσκου.

Τα ΒΔ και Δυτικά τμήματα αποτελούνται από Κ-Μ.Ιουρασικούς φυλλίτες, χαλαζίτες που ανήκουν στην **ενότητα της Σβούλας** καθώς και ανθρακικά πετρώματα, της ενότητας Μελισσοχωρίου-Χολομώντα. Η ΝΔ πλευρά αποτελείται από διορίτες, πρασινοσχιστόλιθους και γνεύσιους που ανήκουν στην **μαγματική σειρά του Χορτιάτη**.

Ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά

Περιλαμβάνει στη βάση της ένα σχηματισμό μετακλαστικών ιζημάτων , που ονομάζεται **σχηματισμός Εξαμιλίου** ηλικίας Περμίου και αποτελείται από ψαμμίτες ,χαλαζίτες σχιστόλιθους, και κροκαλοπαγή. Πάνω από τον σχηματισμό του Εξαμιλίου βρίσκεται ένας σχηματισμός από Περμοτριάδικα ηφαιστιοκλαστικά και πάνω από αυτά ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι του Τριάδικου. Αυτή η ενότητα δεν εμφανίζεται στη χερσόνησο της Σιθωνίας.

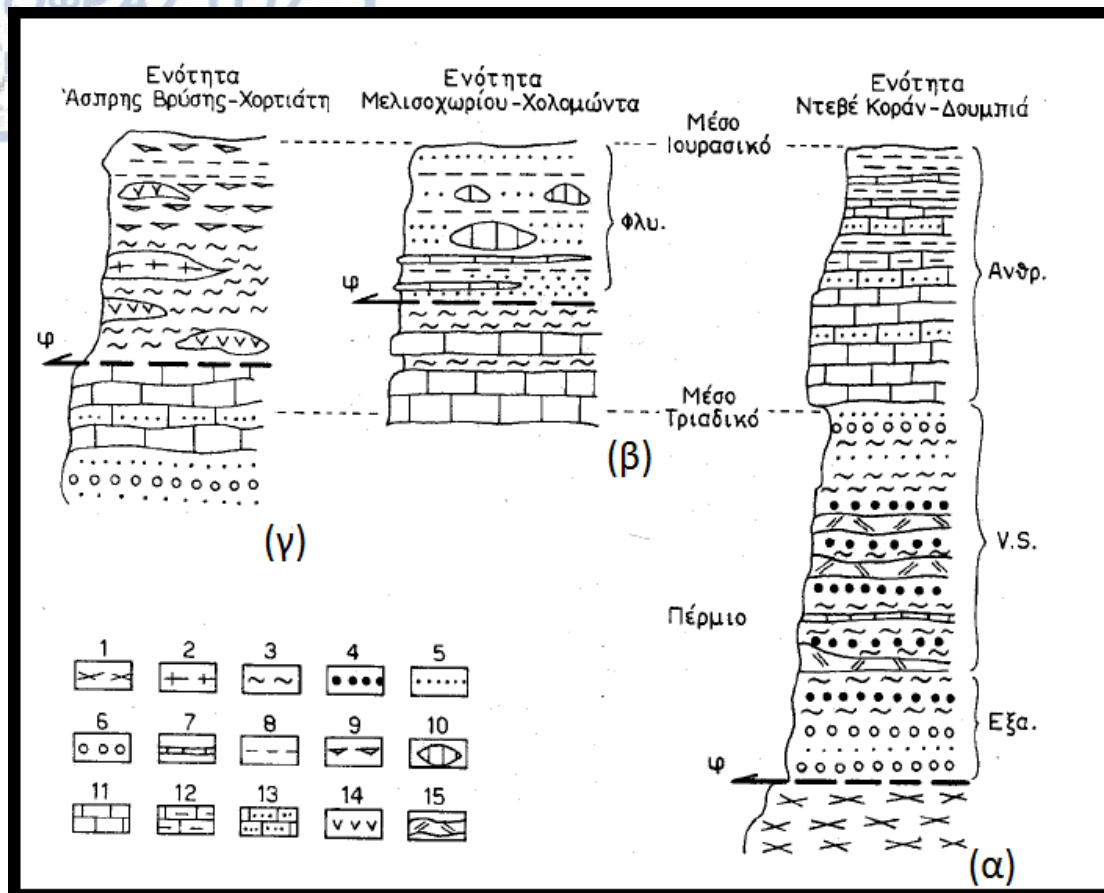
Ενότητα Μελισσοχωρίου- Χολομώντα

Εμφανίζεται στο βορειοδυτικό τμήμα της χερσονήσου της Σιθωνίας. Στην ενότητα αυτή ο κατώτερος σχηματισμός είναι οι Τριάδικοί ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και από πάνω βρίσκεται ο Κ-Μ Ιουρασικός **Φλύσχος της Σβούλας** που αποτελείται κυρίως από μετα-ψαμμίτες και μετα- φυλλίτες. Ο φλύσχος της Σβούλας έχει σημαντικό ρόλο στον χαρακτηρισμό της Περιροδοπικής ζώνης ως ηπειρωτική κατωφέρεια της

Σερβομακεδονικής , που στη συνέχεια κατέληγε σε μια περιφερειακή αύλακα της ηπειρωτικής μάζας.

Ενότητα Άσπρης Βρύσης -Χορτιάτη

Εμφανίζεται στο νοτιοδυτικό άκρο της χερσονήσου και αποτελείται από δύο ενότητες. Στην κατώτερη ενότητα βρίσκονται τα Περμοτριάδικά ηφαιστιοκλαστικά και τα νηρητικά ανακρυσταλλωμένα ανθρακικά ιζήματα του Τριάδικού. Στην ενότητα αυτή ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας και οφειόλιθους με παρεμβολές πρασίνων επιγνεύσιων Θεσ/νικής. Οι πράσινοι επιγνεύσιοι είναι πετρώματα όξινης μαγματικής προέλευσης, μεταμορφωμένα στην πρασινοσχιστολιθική φάση του Κρητιδικού (χλωριτικοί, επιδοτιτικοί, βιοτιτικοί, αμφιβολιτικοί γνεύσιοι και πρασινίτες). Αυτά τα μετα-πυριγενή σώματα αποτελούν την **μαγματική σειρά του Χορτιάτη** και εναλλάσσονται με τα μετα- ιζήματα σε στρώσεις.



Σχ. 2. Οι στρωματογραφικές στήλες των ενοτήτων Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά (α), Μελισσοχωρίου- Χολομώντα (β), Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη (γ). Όπου 1: Κρυσταλλοσχιστώδες Υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής Μάζας, 2: Πράσινοι γνεύσιλοι της Θεσ/νίκης, 3: Σχιστόλιθοι και φυλλίτες, 4: Πυρο-κλαστικά υλικά, 5: Μεταψαμμίτες, χαλαζίτες, 6: Μετακροκαλοπαγή, 7: Ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, 8: Αργιλικοί σχιστόλιθοι, 9: Κερατόλιθοι, 10: Ολισθόλιθοι Τριαδικών μαρμάρων, 11: Ανακρυσταλ-λωμένοι ασβεστόλιθοι-μάρμαρα, 12: Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 13: Ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι, 14: Οφειολιθικά πετρώματα, 15: Ηφαιστειακά υλικά, φ: Τεκτονική επαφή (από Μουντράκης, 1985)

Τεκτονική της Περιοδοπικής ζώνης

Το πρώτο κύριο τεκτονο-μεταμορφικό γεγονός που επέδρασε στην Περιοδοπική ζώνη τοποθετείται χρονικά στο Άνω Ιουρασικό-Κάτω Κρητιδικό, όπου οι σχηματισμοί υπέστησαν μια χαμηλού βαθμού

μεταμόρφωση και απέκτησαν μια κύρια φύλλωση S1, πολλές φορές παράλληλη στην αρχική στρώση των ιζηματογενούς χαρακτήρα σχηματισμών (Tranos et al., 1999). Κατά το Άνω Κρητιδικό-Παλαιόκαινο παρατηρείται ένα δεύτερο επίσης χαμηλού βαθμού τεκτονο-μεταμορφικό γεγονός, το οποίο χαρακτηρίζεται από ασύμμετρες κλειστές πτυχές με φορά προς τα ΝΔ. Οι τελευταίες πτυχώνουν την παλαιότερη S1, και αναπτύσσεται παράλληλα στις αξονικές τους επιφάνειες μια δεύτερη φύλλωση S2, η οποία αντιπροσωπεύει μια συμμεταμορφική λεπίωση της ευρύτερης περιοχής, ηλικίας Άνω Κρητιδικού-Παλαιογενούς (Tranos et al., 1999). Κατά το Ολιγόκαινο-Μειόκαινο επιδρά στη συγκεκριμένη ζώνη μια μετα-ορογενετική τεκτονική, τύπου πλάγιας συμπίεσης (transpression). Η τελευταία εκφράζεται κυρίως με τη δράση τριών ομάδων ρηγμάτων: α) ανάστροφων με συνιστώσα κίνησης προς τα ΝΔ, β) δεξιόστροφων, οριζόντιας μετατόπισης και διεύθυνσης ΒΒΔ-NNA, και γ) αριστερόστροφων, οριζόντιας μετατόπισης και διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ (Tranos et al., 1999; Μουντράκης, 2010).

Όσον αφορά τη μετέπειτα εφελκυστική, κατά βάση, τεκτονική που επέδρασε στη ζώνη, αναγνωρίζεται αρχικά στο Άνω Μειόκαινο ένα εφελκυστικό εντατικό πεδίο με διεύθυνση έκτασης ΒΑ-ΝΔ, και αντίστοιχα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης. Η εξέλιξη του εν λόγω πεδίου στο γεωλογικό χρόνο συνεπάγεται μια στροφή στη διεύθυνση της έκτασης από ΒΑ-ΝΔ σε Β-Ν κατά το Τεταρτογενές και την αντίστοιχη δραστηριοποίηση κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ (Τρανός, 1998).

Ειδικότερα όσον αφορά τη φύση της επαφής της επαφής των προαναφερθέντων γεωτεκτονικών ζωνών της Σερβομακεδονικής και της Περιροδοπικής, οι οποίες και εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης, θεωρήθηκε αρχικά ότι επρόκειτο για μια ανεστραμμένη τεκτονική επαφή, λόγω της συμπιεστικής τεκτονικής που ήδη περιγράφηκε (Mercier, 1968), με τα παλαιότερα, Παλαιοζωικής ηλικίας, πετρώματα της Σερβομακεδονικής να εφίππευουν τα νεότερα της Περιροδοπικής. Στη πορεία παρόλα αυτά εκφράστηκε

και η άποψη η εν λόγω επαφή να αποτελεί μια μεγάλης γωνίας κλίσης, BBD-NNΑ διεύθυνσης τεκτονική επαφή, με κυριότερη τη δεξιόστροφη συνιστώσα κίνησης, και η οποία τοποθετεί πετρώματα της ενότητας Βερτίσκου πάνω από πετρώματα της Περιροδοπικής ζώνης (Tranos et al., 1999). Προφανώς η συγκεκριμένη επαφή εντάσσεται στο πλαίσιο δράσης της Ολιγοκαινικής μετα-ορογενετικής τεκτονικής, τύπου πλάγιας συμπίεσης (transpression), η οποία προαναφέρθηκε.

ΠΛΟΥΤΩΝΙΤΗΣ ΤΗΣ ΣΙΘΩΝΙΑΣ

Πετρολογία

Ο γρανίτης της Σιθωνίας είναι ένας Ηωκαινικός ασβεσταλκαλικός πλουτωνίτης η θέση του βρίσκεται στα όρια μεταξύ Σερβομακεδονικής και Περιροδοπικής ζώνης στην Κεντρική Μακεδονία. Έχει έκταση 350 km² και εκτείνεται ΒΔ - ΝΑ στην χερσόνησο της Σιθωνίας. Σχεδόν καλύπτει ολόκληρη την χερσόνησο, εκτός τα κεντρικά δυτικά και τα περισσότερα νότια τμήματα.

Ο ηωκαινικής ηλικίας μαγματισμός στον οποίο ανήκει και ο πλουτωνίτης της Σιθωνίας αποτελεί τη νεότερη μαγματική φάση που έχει αναγνωριστεί στη Σερβομακεδονική και την Περιροδοπική Ζώνη και ανήκει στο Τριτογενές (Ηώκαινο -Ολιγόκαινο). Η δεύτερη κύρια και προγενέστερη μαγματική φάση που έχει τεκμηριωθεί στη Σερβομακεδονική και την Περιροδοπική Ζώνη χρονολογείται στο Μεσοζωικό , είναι αποτέλεσμα της Μεσοϊουρασικής τεκτονικής δραστηριότητας και θεωρείται ότι σήμανε τη γένεση του μάγματος του πλουτωνίτη της Σιθωνίας το οποίο τροποποιήθηκε περαιτέρω κατά το Ηώκαινο και έδωσε σαν προϊόν τον αντίστοιχης ηλικίας μαγματισμό και πυριγενή σώματα.

Η λιθολογία και σύνθεση του πλουτωνίτη της Σιθωνίας παρουσιάζει μια ποικιλομορφία, καθώς χωρίζεται σε πέντε βασικούς τύπους: λευκογρανίτης, διμαρμαριγιακός γρανίτης, Bi-γρανοδιορίτης, Hb-

Bi-γρανοδιορίτης, και Hb-Bi-γρανοδιοριτικός τοναλίτης. Η παραπάνω σύνθεση μαρτυρά την συνύπαρξη δύο διαφορετικής σύστασης μαγμάτων, ενός όξινου και ενός βασικού. Αποτελεί ένα συχνό φαινόμενο στους ορογενετικούς πλουτωνίτες, όπου και ανήκει και αυτός της Σιθωνίας, οι οποίοι έχουν εξελιχθεί από ανοιχτού τύπου μαγματικά συστήματα. Το βασικό μάγμα είναι αποτέλεσμα της τήξης του μανδύα, το οποίο μετασωματώνεται συνεχώς λόγω του γεγονότος της υποβύθισης (βλέπε παραπάνω Μεσοϊουρασική τεκτονική δραστηριότητα), ενώ το όξινο μάγμα είναι το προϊόν της μερικής τήξης των βασαλτικών και ενδιάμεσων πετρωμάτων της κατώτερης λιθόσφαιρας.

Οι δύο τύποι που αντιστοιχούν στο όξινης σύστασης μάγμα είναι ο διμαρμαρυγιακός γρανίτης και ο λευκογρανίτης (Σχήμα 3). Ο διμαρμαρυγιακός γρανίτης δημιουργήθηκε από την ανατήξη του μέσου κατώτερου φλοιού – αμφιβολιτικής και βασαλτικής σύνθεσης όταν ήρθε σε επαφή με το λαμπροφυρικό μάγμα του μανδύα. Όταν το κατώτερο μέρος αυτού του διμαρμαρυγιακού μάγματος ήρθε σε επαφή με το βασικό μάγμα του μανδύα δημιούργησε το λευκογρανιτικό τήγμα, μέσω των διαδικασιών μεταφοράς – διάχυσης. Στα 50 Ma το διμαρμαρυγιακό γρανιτικό μάγμα μεταφέρθηκε σε υψηλότερο επίπεδο του φλοιού και στερεοποιήθηκε σε βάθος 15Km, αποτελεί δε το βορειότερο κομμάτι του πλουτωνικού συστήματος.

Σχήμα 3 . Σχηματικό μοντέλο γένεσης του πλουτωνικού συμπλέγματος μαγμάτων της Σιθωνίας. Α) Γένεση του διμαρμαρυγιακού γρανίτη από ανάτηξη του μέσου και κατώτερου φλοιού. Β) Πρώτο στάδιο μίξης και κλασματικής κρυστάλλωσης και δημιουργία τοναλιτικών εγκλεισμάτων (MME-M). C) Δεύτερο στάδιο κλασματικής κρυστάλλωσης και δημιουργία του τοναλίτη (HBTon), του κεροστιλβικού γρανοδιορίτη (HBGd) και του βιοτιτικού γρανοδιορίτη (BGd). Από Christofides et al. 2006.

Η σύνθεση του κεροστιλβικού-βιοτιτικού γρανοδιορίτη, βιοτιτικού γρανοδιορίτη, και του κεροστιλβικού-βιοτιτικού, γρανοδιοριτικού τοναλίτη, δημιουργήθηκε σε δυο φάσεις, όταν και ήρθαν σε επαφή το βασικό μάγμα του μανδύα με το όξινης σύστασης τήγμα του λευκογρανίτη. Λογω των υψηλών θερμοκρασιών, κυριάρχησε η

άμεση κρυστάλλωση (προσδιορίζοντας τη ρυολιθική φάση) και παράλληλα δημιουργήθηκαν μονζονιτικοί και τοναλιτικοί θύλακες μέσα στο βασικής σύστασης μάγμα. Ακολούθησε κατακερματισμός και διασπορά του βασικού μάγματος, το οποίο και μεταφέρθηκε στον ανώτερο φλοιό σε βάθος 15 km στα 46 Ma. Η μαγματική φάση που μεταφέρθηκε πρώτα στις παραπάνω συνθήκες κρυστάλλωσης ήταν ο Hb-Bi γρανοδιορίτης, ο οποίος περιλάμβανε θύλακες τοναλίτη, και κατόπιν ανήλθε και ψύχθηκε το κομμάτι του όξινου μάγματος του λευκογρανίτη. Τελευταίος μεταφέρθηκε ο βιοτιτικός γρανοδιορίτης, ο οποίος αποτελεί και το ύστατο κλάσμα του βασικού μάγματος που δημιουργήθηκε. Αξίζει να σημειωθεί ότι καθ' όλη τη διαδικασία ανόδου και κρυστάλλωσης των επιμέρους τηγμάτων που απαρτίζουν τον πλουτωνίτη της Σιθωνίας παράλληλα δημιουργήθηκαν και πηγματιτικές και απλιτικές φλέβες.

Γεωμετρία, βασικά δομικά στοιχεία και παραμόρφωση του πλουτωνίτη

Το ακριβές σχήμα του πλουτωνίτη δεν είναι γνωστό καθώς ένα μεγάλο μέρος του βρίσκεται κάτω από τη θάλασσα, οπότε δεν έχουμε στη διάθεση μας για άμεση παρατήρηση ολόκληρη την επιφανειακή έκφρασή του. Από το εμφανές μέρος του πλουτωνίτη παρόλα αυτά προκύπτει ένα ελλειπτικό σχήμα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Δύο, σχεδόν παράλληλα τόξα ΔΝΔ-ΑΒΑ παράταξης ,διαιρούν τον γρανιτικό όγκο σε τρία, σχεδόν ίσια μέρη. Η ΔΝΔ-ΑΒΑ διεύθυνση αυτών των τόξων παίζει σημαντικό ρολό στην τοποθεσία του πλουτωνίτη και στις εσωτερικές του δομές, καθώς συνδέεται άμεσα με τις παραμορφωτικές διαδικασίες που έδωσαν στον πλουτωνίτη την τελική του μορφή.

Ο πλουτωνίτης έχει ποικίλες εσωτερικές δομές, κάποιες εκ των οποίων είναι πλαστικές ενώ κάποιες άλλες θραυσιγενείς. Παρόλα αυτά το πιο σημαντικό στοιχείο για την συνολική περιγραφή της

δομής του πλουτωνίτη είναι η φύλλωση. Η φύλλωση ή ακόμη καλύτερα οι φυλλώσεις που παρατηρούνται σε όλη τη μάζα του πλουτωνίτη είναι αποτέλεσμα διαφόρων διεργασιών όπως: της ροής κατά την άνοδο, της τοποθέτησης των εκάστοτε πυριγενών σωμάτων, της διόγκωσης συνολικά του μαγματικού όγκου (ballooning), της παραμόρφωσης κατά την τοποθέτηση καθώς και της παραμόρφωσης μετά την είσοδο, και όλων των παραπάνω. Είναι πολύ πιθανό να υπάρχει συνέχεια ανάμεσα στη μαγματική φάση και στη φάση στερεοποίησης, σε ότι αφορά την δημιουργία της φύλλωσης. Συνολικά και πάντα με γνώμονα τη φύλλωση στο μεγαλύτερο μέρος του πλουτωνίτη διαγράφεται μια επίπεδη υφή, η οποία αυξάνει όταν μεταβαίνουμε από το εσωτερικό στα περιθώρια του πλουτωνίτη, ενώ και στα περιθώρια παρουσιάζει, από θέση σε θέση, μια ποικιλία στην ένταση της παραμόρφωσης την οποία αντιπροσωπεύει.

Όσον αφορά τη φύλλωση του πλουτωνίτη έχουν τεκμηριωθεί δύο κύριες φυλλώσεις σε όλη την έκταση της μάζας του (Tranos et al. 1993). Η πρώτη φύλλωση St αντιπροσωπεύει τη μαγματική φύλλωση και παρατηρείται κυρίως στο εσωτερικό του πλουτωνίτη αλλά και στα περιθώριά του. Γίνεται διακριτή μέσω της ευθυγράμμισης των παλαιότερων πυριγενών ορυκτών, όπως χαλαζίας, άστριοι, πλαγιόκλαστα, κεροστίλβη και βιοτίτης. Ειδικότερα, όσον αφορά τους αστρίους και την ευθυγράμμισή τους, το γεγονός ότι δεν παρατηρείται σε καμία θέση, όπου έχει προσδιοριστεί η St, διαδικασία ανακρυστάλλωσης ή πλαστικής παραμόρφωσης, συνηγορεί στην τεκμηρίωση της St ως μαγματικής φύλλωσης. Όσον αφορά το παραπάνω λαμβάνουμε υπόψη και το γεγονός ότι η παρουσία του υγρού μάγματος δεν άφησε ίχνος έντασης στους κρυστάλλους. Η μαγματική φύλλωση αναγνωρίζεται επίσης από τα σύνθετα και διακριτά επίπεδα, τα οποία παρατηρούνται σε όλη τη μάζα του πλουτωνίτη και είναι αποτέλεσμα της διακριτής συγκέντρωσης διαφορετικών ειδών κρυστάλλων και όσον αφορά το είδος τους αλλά και το μέγεθός τους. Η δεύτερη χρονικά, όσον

αφορά το σχηματισμό της, φύλλωση St1 κυριαρχεί στα περιθώρια του πλουτωνίτη. Είναι το αποτέλεσμα της τροποποίησης της υψής της της μαγματικής φύλλωσης St. Αυτή η δυναμική μετατροπή έλαβε χώρα κατά τη στερεοποίηση του πυριγενούς σώματος του πλουτωνίτη, σε συνθήκες μέτριας έως χαμηλής θερμοκρασίας, αποτέλεσε μια πλαστική διεργασία, και σχετίζεται με ένα επεισόδιο περιοχικής παραμόρφωσης. Αυτή η περιοχική παραμόρφωση μπορεί να διαχωριστεί εξελικτικά σε δύο στάδια: D1 & D1'.

Το D1 παραμορφωτικό στάδιο διακρίνεται πολύ καλά στα περιθώρια του πλουτωνίτη και πιο συγκεκριμένα στην επαφή του με τους μεταψαμμίτες της Σβούλας, όπου και διακρίνεται μια άλως επαφής, με πάχος πάνω από 100 m. Όπως προαναφέρθηκε το συγκεκριμένο παραμορφωτικό γεγονός σχετίζεται με την St1 φύλλωση και μια αντίστοιχη Lt1 ορυκτολογική γράμμωση. Η Lt1, εντός της άλως επαφής, εμφανίζει μια ΔΝΔ κατεύθυνση βύθισης, όπως ανιχνεύτηκε από την επιμήκυνση των ορυκτών του βιοτίτη, ακτινόλιθου, επίδοτου και των ραβδώσεων τους και η οποία συνδέεται με την αντίστοιχη St1 φύλλωση. Επιπλέον παρατηρούνται πολυάριθμα λευκοκρατικά σώματα τα οποία εμφανίζονται και στην άλω επαφής αλλά και στα πετρώματα του περιβλήματος. Τα εν λόγω σώματα εμφανίζονται boudin-αρισμένα και πτυχωμένα με ανεστραμμένες πτυχές, κατά μήκος της St1 φύλλωσης και υποδεικνύουν μια μετατόπιση ΔΝΔ-ΑΒΑ διεύθυνσης, ενώ η ίδια αίσθηση διάτμησης παρατηρείται επίσης από τους πορφυροβλάστες και τις ασύμμετρες μικροπτυχές εντός του πλουτωνίτη και στα περιθώριά του. Επιπλέον οι παραπάνω St1 φύλλωση και Lt1 γράμμωση βρίσκονται σε συμφωνία με την Sc φύλλωση και την Lc γράμμωση που έχει καταγραφεί στο σχηματισμό της Σβούλας αλλά και της μαγματικής σειράς του Χορτιάτη. Όσον αφορά την πλειοψηφία των ορυκτών που αναπτύσσονται εντός της άλως επαφής παρατηρείται ότι έχουν συν-μετα-κινηματική ανάπτυξη, γεγονός το οποίο υποδεικνύει ότι η δημιουργία της συγκεκριμένης άλως έγινε όχι κατά την άνοδο του μάγματος αλλά κατά τη διαδικασία διόγκωσης (ballooning) του

πλουτωνίτη της Σιθωνίας. Τέλος η St1 που χαρακτηρίζει την D1 παραμορφωτική φάση φαίνεται σε αρκετές θέσεις ως γνευσιακή ή μυλωνιτική, ενώ η Lt1 γράμμωση συνδέεται επίσης και με μια ακόμη μυλωνιτική φύλλωση τύπου S-C, η οποία αντιστοιχεί σε μια διάτμηση με διεύθυνση B-ABA.

Το D1' παραμορφωτικό στάδιο χαρακτηρίζεται από μια BBA-NNΑ διεύθυνσης σμίκρυνση της περιοχής μελέτης και επηρεάζει τις προγενέστερες δομές του πλουτωνίτη και των πετρωμάτων του περιβλήματος που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ δημιουργεί και καινούργιες, οι οποίες με τη σειρά τους παρουσιάζουν γεωμετρική και/ή κινηματική συμβατότητα με τις προηγούμενες. Θεωρείται υπεύθυνο για την τελική διαμόρφωση της επίπεδης υφής, όπως αυτή εκφράζεται μέσω των St & St1 φυλλώσεων, οι οποίες ακολουθούν μια γενική ΔΝΔ-ΑΒΑ διεύθυνση/παράταξη, συμπίπτοντας με τη διεύθυνση των b-αξόνων των αντίστοιχων πτυχών. Το γεγονός ότι ο άξονας μέγιστης σμίκρυνσης του D1' σταδίου προσανατολίζεται κάθετα στον άξονα μέγιστης έκτασης του D1 σταδίου υπονοεί την εξελικτική-μεταβατική σχέση των δύο ανωτέρω παραμορφωτικών φάσεων (Watkinson, 1975). Επιπρόσθετα παρατηρούνται εντός του πλουτωνικού σώματος κάποιες ημι-θραυσιγενείς ζώνες διάτμησης, μεγάλης γωνίας κλίσης ως και κατακόρυφες και ΒΔ-ΝΑ ως και ΒΒΑ-ΝΝΔ διεύθυνσης. Η δεξιόστροφη συνιστώσα κίνησης των ΒΔ-ΝΑ ημι-θραυσιγενών δομών και η αριστερόστροφη συνιστώσα των ΒΒΑ-ΝΝΔ αντιπροσωπεύουν μια σμίκρυνση της περιοχής μελέτης με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Παρατηρούμε επίσης ότι η St1 διαθλάται εντός των συγκεκριμένων διατμητικών ζωνών. Το παραπάνω γεγονός, μαζί με τη γεωμετρική ταύτιση της σμίκρυνσης του D1' και των συγκεκριμένων ζωνών, υποδεικνύει ότι η παραμορφωτική φάση D1' καλύπτει όλο το φάσμα της πλαστικής ως ημι-θραυσιγενούς παρραμόρφωσης, επηρεάζει και τον πλουτωνίτη όπως και το περίβλημά του (S-C διατμητικές ζώνες ίδιας γεωμετρίας και κινηματικής εντός του Σχηματισμού της Σβούλας αλλά και της

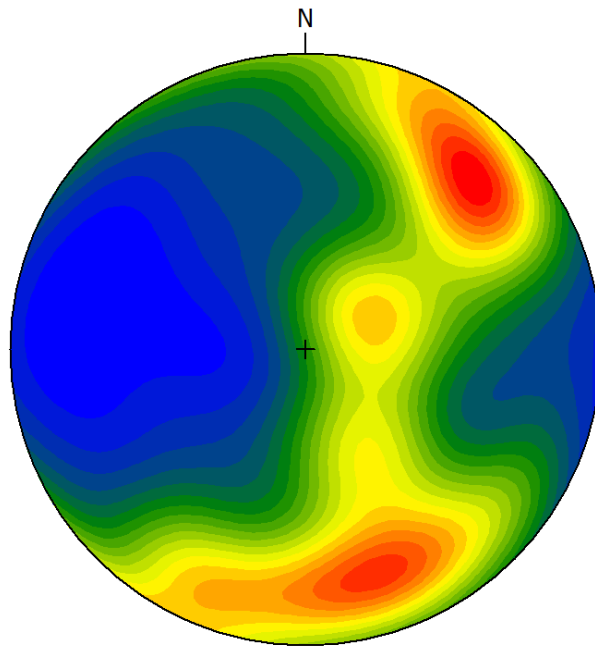
Μαγματικής Σειράς Χορτιάτη) και τέλος σχετίζεται με τα τελευταία στάδια ψύξης του πλουτωνίτη της Σιθωνίας.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΦΥΛΛΩΣΗ

Η διαδικασία ψηφιοποίησης του υπό διερεύνηση γεωλογικού χάρτη απέδωσε ως πληροφορία ένα σημαντικό αριθμό δομικών δεδομένων και πιο συγκεκριμένα ένα σημαντικό αριθμό μετρήσεων της κατεύθυνσης κλίσης και της γωνίας κλίσης της φύλλωσης του πλουτωνίτη της Σιθωνίας καθώς και των πετρωμάτων που απαρτίζουν το περίβλημά του. Μέσω της εισαγωγής των εν λόγω δεδομένων στο πρόγραμμα Stereo32, στερεοσκοπικής προβολής γεωμετρικών δεδομένων, έγινε δυνατή η αναπαραγωγή στερεοδιαγραμμάτων της φύλλωσης.

Επιλέχθηκαν να προβληθούν σε στερεοδιαγράμματα αρχικά η φύλλωση όλων των σχηματισμών του υπό μελέτη χάρτη, και έπειτα η φύλλωση του πλουτωνίτη και των πετρωμάτων του περιβλήματος ξεχωριστά για να διαπιστωθούν τυχόν ομοιότητες ή διαφορές στη γεωμετρία τους και στην παραμόρφωσή τους κατ' επέκταση. Ερμηνεύοντας συνεπώς το πρώτο στερεοδιάγραμμα (Σχ. 4), το οποίο περιλαμβάνει τους πόλους των επιπέδων της φύλλωσης όλων των γεωλογικών σχηματισμών, παρατηρούμε τρία μέγιστα/συγκεντρώσεις: δύο με διεύθυνση βύθισης BA (1. 067/70 & 2. 044/21) και αντιπροσωπεύουν επιφάνειες φύλλωσης οι οποίες κλίνουν προς τα ΝΔ με μεγάλη και ενδιαμέση γωνία κλίσης, και μια τρίτη συγκέντρωση με διεύθυνση βύθισης προς τα ΝΝΑ (3. 161/21), η οποία αντιπροσωπεύει φυλλώσεις που κλίνουν προς τα ΒΒΔ με μεγάλες γωνίες κλίσης.



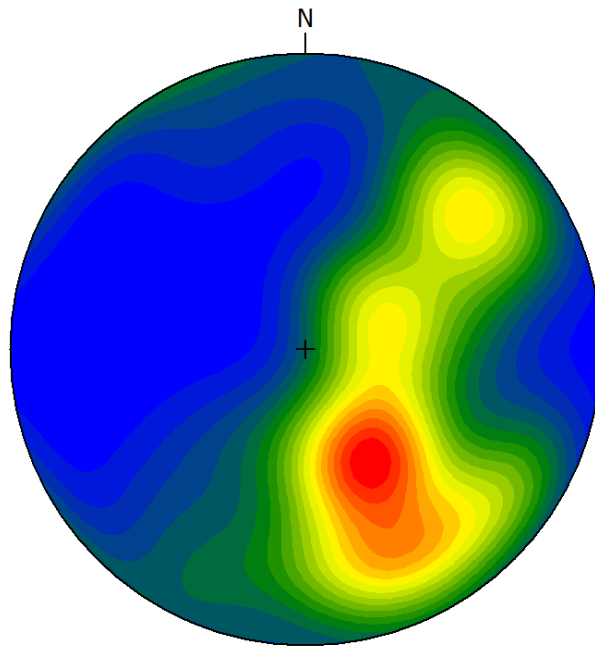
N = 177
 Maximum density = 22.6
 Minimum density = 0.09
 Mean density = 8.43
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum

Equal area projection, lower hemisphere

Stereo32, Unregistered Version

Σχήμα 4 Στερεοδιάγραμμα πυκνώσης πόλων των επιφανειών της φύλλωσης όλων των σχηματισμών.

Περνώντας στα δεδομένα που αφορούν τη φύλλωση μόνο του πλουτωνίτη της Σιθωνίας, παρατηρούμε από το στερεοδιάγραμμα (Σχ. 5) ότι η φύλλωσή του ακολουθεί παρόμοια εικόνα με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω. Δηλαδή έχουμε και πάλι τρεις συγκεντρώσεις, δύο με διεύθυνση βύθισης BA (1. 077/67 & 2. 050/30) και αντιπροσωπεύουν επιφάνειες φύλλωσης οι οποίες κλίνουν προς τα ΝΔ με μεγάλη και ενδιάμεση γωνία κλίσης, και μια τρίτη και εντονότερη συγκέντρωση με διεύθυνση βύθισης προς τα ΝΝΑ (3. 150/53), η οποία αντιπροσωπεύει φυλλώσεις που κλίνουν προς τα ΒΒΔ με ενδιάμεσες γωνίες κλίσης.



N = 76
 Maximum density = 13.0
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 3.62
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum

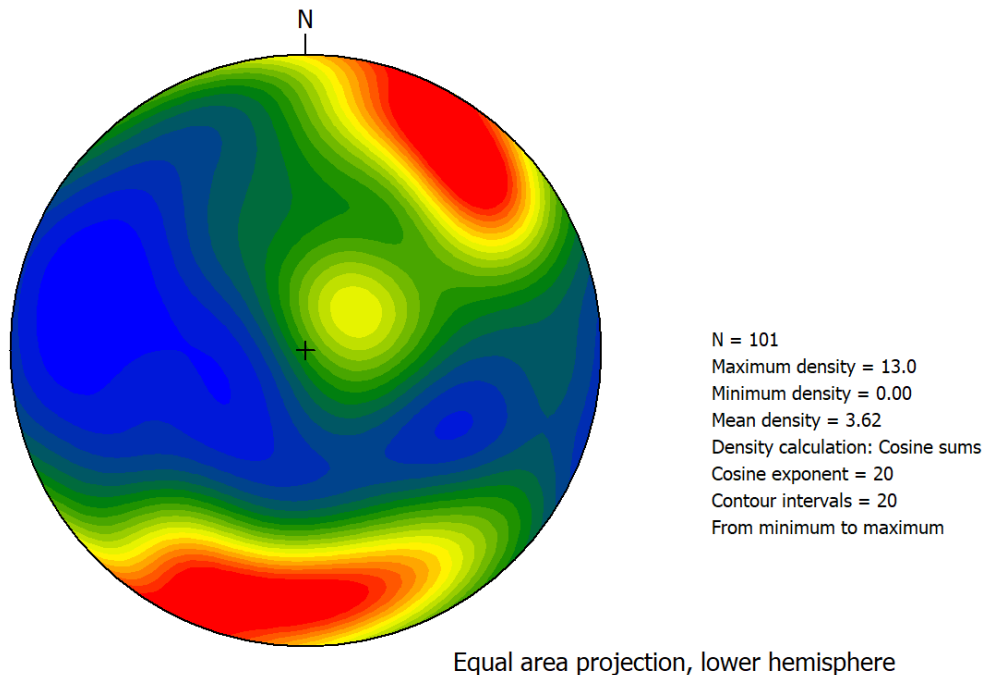
Equal area projection, lower hemisphere

Stereo32, Unregistered Version

Σχήμα 5 Στερεοδιάγραμμα πυκνώσης πόλων των επιφανειών της φύλλωσης του πλουτωνίτη της Σιθωνίας.

Τέλος στο τρίτο υπό ανάλυση στερεοδιάγραμμα, που αφορά τη φύλλωση των πετρωμάτων του περιβλήματος του γρανίτη παρατηρούμε επίσης μια ανάλογη και ελαφρώς διαφοροποιημένη εικόνα: επιμένουν οι δύο συγκεντρώσεις με διεύθυνση βύθισης BA (1. 052/73 & 2. 040/16), οι οποίες αντιπροσωπεύουν επιφάνειες φύλλωσης οι οποίες κλίνουν προς τα ΝΔ με μεγάλη και ενδιάμεση γωνία κλίσης και σε αυτές προστίθεται και μια τρίτη με διεύθυνση βύθισης ΝΔ. Η τελευταία αντιπροσωπεύει επιφάνειες οι οποίες κλίνουν προς τα ΒΑ με μεγάλη γωνία κλίσης, ταυτίζεται με την αντιδιαμετρική περιφερειακή συγκέντρωση με διεύθυνση βύθισης προς τα ΒΑ και αντιπροσωπεύουν και οι δύο παρόμοιας γεωμετρίας επιφάνειες που «παίζουν» εκατέρωθεν του κατακόρυφου. Η τρίτη συγκέντρωση που ήταν εμφανής στα δυο προηγούμενα στερεοδιαγράμματα με διεύθυνση βύθισης προς τα ΝΝΑ και κοντά στην περιφέρεια του δικτύου Schmidt δεν είναι τόσο εμφανής εδώ γιατί υπερσχύουν σε αριθμό οι φυλλώσεις με πόλους στα ΝΔ, ενώ η πυκνώση φανερώνει και μια μικρότερης έντασης συγκέντρωση

πόλων και στα NNA, με τις αντίστοιχες επιφάνειες φύλλωσης που κλίνουν προς τα BBD με μεγάλες γωνίες κλίσης. Η τελευταία συγκέντρωση με μεγάλο εύρος από τα NND μέχρι τα NNA ίσως οφείλεται και στη στροφή των σχηματισμών του περιβλήματος στα περιθώρια του πλουτωνίτη της Σιθωνίας, στο NA τμήμα της χερσονήσου.



Stereo32, Unregistered Version

Σχήμα 6 Στερεοδιάγραμμα πυκνώσης πόλων των επιφανειών της φύλλωσης των σχηματισμών του περιβλήματος.

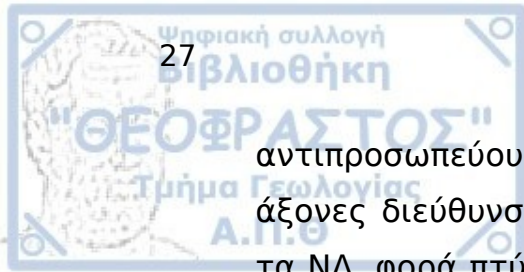
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει βασικά ότι η φύλλωση και η αντίστοιχη κύρια παραμόρφωση που αυτή αντιπροσωπεύει είναι η ίδια και για τον πλουτωνίτη της Σιθωνίας αλλά και για τους σχηματισμούς του περιβλήματος, οι οποίοι ανήκουν στην Σερβομακεδονική και Περιροδοπική ζώνη. Αυτή η διαπίστωση θέτει καταρχάς ένα χρονικό περιθώριο στα παραμορφωτικά επεισόδια που προκύπτουν από την ανάλυση της γεωμετρίας της φύλλωσης μετά το Ηώκαινο, καθώς αυτή είναι και η χρονολόγηση τοποθέτησης του πλουτωνίτη της Σιθωνίας εντός των σχηματισμών του περιβλήματος.

Αναλύοντας περαιτέρω τις ανωτέρω παρατηρήσεις, όσον αφορά τη γεωμετρία στο χώρο της φύλλωσης και του γρανίτη αλλά και του περιβλήματος, προκύπτει ότι οι δύο συγκεντρώσεις επιφανειών φύλλωσης με κατεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ με μεγάλη και ενδιάμεση γωνία κλίσης (ενίοτε και προς τα ΒΑ με σχεδόν κατακόρυφη γωνία κλίσης), αντιπροσωπεύουν τα δυο πτερύγια μιας πτύχωσης με b-άξονες διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, αξονικά επίπεδα που κλίνουν προς τα ΝΔ, φορά πτύχωσης προς τα ΒΑ και διεύθυνση σμίκρυνσης ΒΑ-ΝΔ. Το τελευταίο αυτό παραμορφωτικό γεγονός ταυτίζεται με το D1 των Tranos et al. 1993, οι οποίοι περιγράφουν μια διάτμηση με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ. Επιπλέον η τρίτη συγκέντρωση που προέκυψε από τα στερεοδιαγράμματα και αντιπροσωπεύει φυλλώσεις με κατεύθυνση κλίσης προς τα ΒΒΔ πιθανότατα αντιπροσωπεύουν πτερύγια πτυχών που εντάσσονται σε μια ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης σμίκρυνση, όπως αυτή που περιγράφουν ως D1' οι Tranos et al. 1993.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η διαδικασία ψηφιοποίησης του υπό μελέτη χάρτη μας έδωσε πληροφορίες για τη δομή του γρανίτη της Σιθωνίας καθώς και του φακέλου του, αναβιώνοντας στατικές πληροφορίες του αναλογικού χάρτη.
- Η δομή/παραμόρφωση που προέκυψε, συμπίπτει με τις προηγούμενες μελέτες. Συγκεκριμένα η φύλλωση και η αντίστοιχη κύρια παραμόρφωση που αυτή αντιπροσωπεύει είναι ίδια για τον πλουτωνίτη της Σιθωνίας και για τους σχηματισμούς του περιβλήματος, οι οποίοι ανήκουν στην Σερβομακεδονική και Περιροδοπική ζώνη. Επίσης οι δύο συγκεντρώσεις επιφανειών φύλλωσης με κατεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ με μεγάλη και ενδιάμεση γωνία κλίσης (και προς τα ΒΑ με σχεδόν κατακόρυφη γωνία κλίσης),



αντιπροσωπεύουν τα δυο πτερύγια μιας πτύχωσης με b-
άξονες διεύθυνσης BΔ-NA, αξονικά επίπεδα που κλίνουν προς
τα NΔ, φορά πτύχωσης προς τα ΒΑ και διεύθυνση σμίκρυνσης
BA-NΔ(D1 από Tranos et al. 1993).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Christofides, G., Perugini, D., Koroneos, A., Soldatos, T., Poli, G., Eleftheriadis, G., Del Moro, A., Neira, A. M., 2006. Interplay between geochemistry and magma dynamics during magma interaction. An example from the Sithonia Plutonic Complex (NE Greece). *Lithos* 95 (2007) 243-266.

Christofides, G., Koroneos, A., Soldatos, T., Eleftheriadis, G., Kiliass, A., 2002. Eocene magmatism (Sithonia and Elatia pluton) in the Internal Hellenides and Implications for Eocene-Miocene, geological evolution of Rhodope Massif (Northern Greece). *Acta Volcanologica*-Vol.13(1-2)-2001:73-89.

Tranos, M., Kiliass, A., Mountrakis, D., 1993. Emplacement and Deformation of Sithonian Granitoid Pluton (Macedonia Hellas). *Δελτ. Γεωλ. Εταιρ. Τομ. XXVIII/1*, σελ. 195-210, Αθήνα 1993.

Μουντράκης Δ. Μ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδος. University Studio Press, Θεσσαλονίκη

ΧΑΡΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

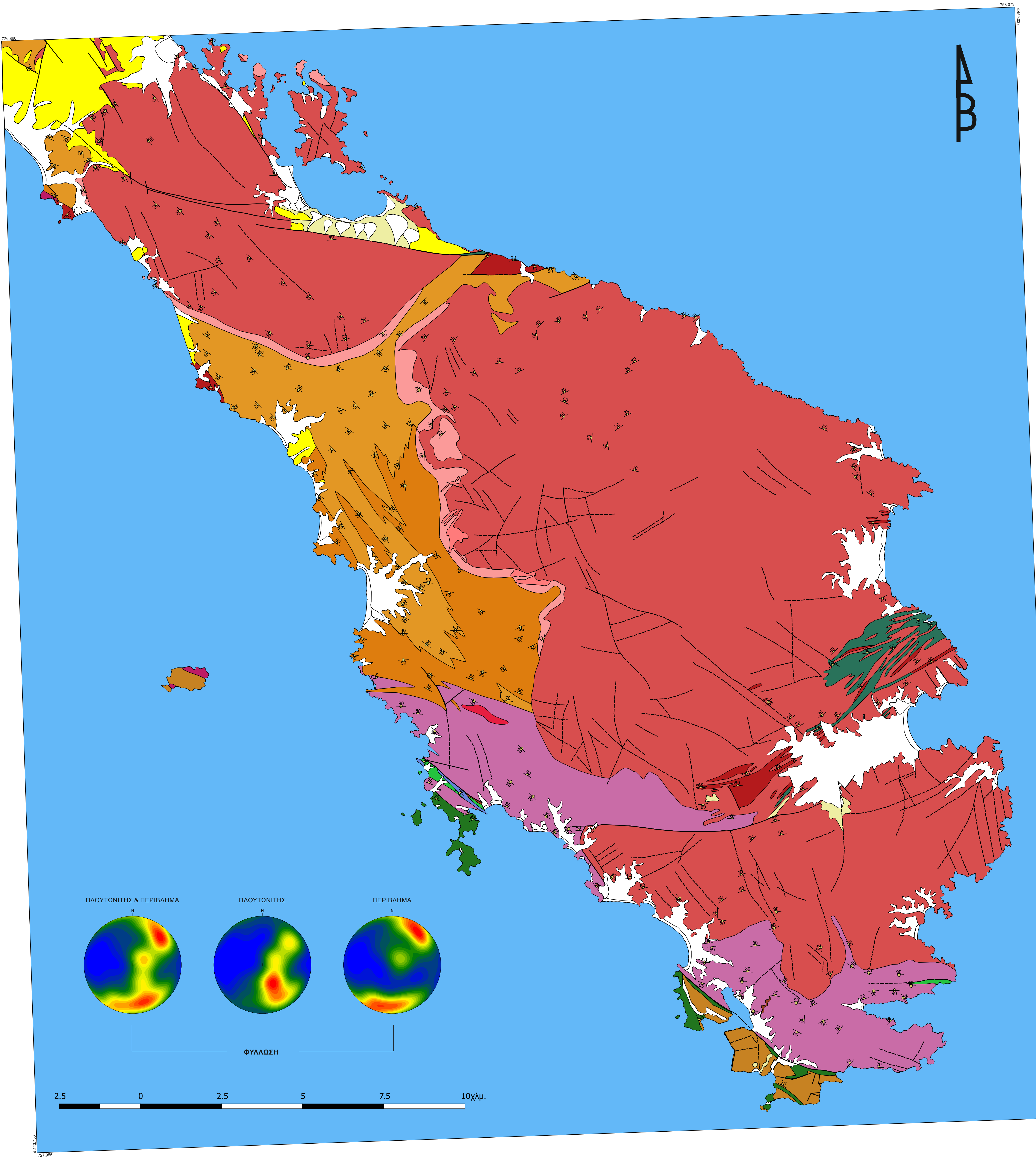
Γεωλογικός χάρτης φύλλο Χερσόνησος Σιθωνίας από το ΙΓΜΕ (1978) σε κλίμακα 1:50000.

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΙΝΕΣ ΟΛΟΚΑΙΝΟ	
al, cd_dn, H_lg, ej	al Αλλουβιακές αποθέσεις cd_dn Παράκτιες αποθέσεις:αναχώματα ακτών ,θίνες ,κτλ. H_lg Ιζήματα παρακτινών λιμένων και λιμνοθαλασσών
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	
Pt_tr, Pt	Pt_tr Γεώματα δολιμών Pt Πλειστοκαινικές αποθέσεις: αδιάφορες:ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων,συγκολλημένα πλευρικά κορήματα,κυρίως ερυθρού χρώματος και
ΝΕΟΓΕΝΕΣ ΑΝΩ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ-ΚΑΤΩ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	
M4_Pli_mk, M4_Pli_st, M4_Pli_l	M4_Pli_mk Λιμνοί: ασβεστόλιθοι : λευκοί ,ανοιχτόχρωμοι, εύθρυπτοι,κάποτε με ενστροφικές ασβεστίτικων ψαμμιτών M4_Pli_st_m Ψαμμιτομαργακή Σειρά: ψαμμίτες εύθρυπτοι, μάργες και μικροκρακόλαπη μικρής συνοχής, με κύριο συνδετικό υλικό ερυθρό άργιλο
ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΑΙΟΝΙΑΣ ΑΝΩ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-ΚΑΤΩ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ	
Js_Ki_ph, Js_k	Js_Ki_ph Αργίλιοι σχιστόλιθοι (Κουφού):φυλλίτικοι σχιστόλιθοι καστανοί έως τεφροί,κάποτε ιώδεις, μερικώς ασβεστίτικοι και χλωριτικοί σχιστόλιθοι. Οι επαφές είναι κυρίως τεκτονικές. Js_K Ασβεστόλιθοι : ανοικτοί έως σκετινοκυανοέτεφροι, συμπαγείς έως παχυστρωματώδεις, μερικώς ανακρυσταλλωμένοι με παρεμβολές ασβεστίτικων
ΜΕΤΑΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΣΠΡΗ ΒΡΥΣΗ-ΧΟΡΤΙΑΤΗ ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ	
Tm_s_k	Tm_s_k Μάρμαρα:Λευκό λεπτόκοκκο με μεταβάσεις προς ασβεστίτικούς σχιστόλιθους
Jm_ag	Jm_ag Ασβεστίτικοι σχιστόλιθοι,σερικίτικοι σχιστόλιθοι,χλωριτικοί σχιστόλιθοι και φυλλίτες: πράσινοι και σκετινέρυθροι με παρεμβολές τοφκικών στρωμάτων και στρωμάτων με κροκάλες
ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ-ΧΟΛΟΜΩΝΤΑ ΤΡΙΑΔΙΚΟ-ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ	
T_Jm_st	T_Jm_st Χαλαζίτες: ερυθροκάστανοι,σιδηρούχοι, λεπτό έως μεσόκοκκοι, λεπτοστρωματώδεις και χαλαζίτικοι ψαμμίτες σκετινότεφροι , ασβεστόχοι.Ενστροφικές σκετινότεφρων φυλλινών και τοπικά γραφίτικων σχιστόλιθων και σκετινότεφρων ταινιών ψαμμιτικού ασβεστόλιθου
T_Jm_ph	T_Jm_ph Φυλλίτες:σκετινότεφροι έως μαύροι, μερικώς γρανατούχοι γραφίτικοι, με μικρές ενστροφικές χαλαζιτών
T_Jm_mr	T_Jm_mr Ασβεστόλιθοι ανακρυσταλλωμένοι: λευκοί έως γαλαζωποί, παχυστρωματώδεις έως λεπτοστρωματώδεις, χαλαζακά σερικίτικα μάρμαρα και ασβεστίτικοι σχιστόλιθοι με παρεμβολές μαύρων φυλλινών
T_Jm_ph2	Άλλως επαφής του γρανοδιορίτη τύπου Σιθωνίας: χαλαζίωση, ανακρυστάλλωση ,νεοσχηματισμένο επιδοτο και γρανάτης

ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Πθανά ή καλυμμένο ρήγμα
Ρήγμα
Φύλλωση

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ	
gn2	gn2 Διμερμαργαικοί γνεύσιοι και μοσχοβίτικοι γνεύσιοι:τοπικά εξαλλοιωμένοι σε πρασινοκάστανους απομεταμορφωμένους σερικίτικούς χλωριτικούς σχιστόλιθους με υπολείμματα πλαγιόκλαστών και φεακοί μαρμαρώ
ΕΚΡΗΞΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑ ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ (ΚΙΜΜΕΡΙΔΙΟΝ)	
o	Ο Οφειολιθική σειρά: δολερίτες , σπιλίτες,γάββροι, pillow-λάβες, φλέβες και συμπαγείς διεδύσεις
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΧΙΣΤΩΔΗ ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ	
gr	gr Βιοιτιτικές και διμερμαργαϊακός γρανοδιορίτης(τύπου Σιθωνίας):σχιστώδης ,μεσόκοκος, στα περιθώρια φέρει κεροσιλίδη και διατέμνεται από πολυάριθμες πηγματίπτες και χαλαζακές φλέβες. Κατά τόπους περιέχει μεγάλες ποσότητες μεταζιγμάτων.
gn_Mz	gn_Mz Πλαγιόκλαστικός -μικροκλινικός γνεύσιος υπολειμματικός, ροδόχρωμος, μέσο έως λεπτόκοκκος, λεπτοστρωματώδης με οφθαλμοειδή ιστό στα περιθώρια εναλλάξ με μεταζιγμάτα
nhq	nhq Διορίτες και χαλαζακοί διορίτες (σύμπλεγμα Γερακινής):μεσόκοκοι ,εξαλλοιωμένοι, σε ενστροφικές μέσα στην Μαγματική σειρά Χορτιάτη
sch_gn	sch_gn Πρασινσχιστόλιθοι: σκουροπράσινοι και καστανωποί,λεπτό έως μεσόκοκοι, κυρίως επιδοιτικοί -χλωριτικοί σχιστόλιθοι, κεροσιλίθκοι-επιδοιτικοί σχιστόλιθοι με χαλαζα και με μεταβάσεις προς ακτινολιτικούς επιδοιτικούς χλωριτικούς σχιστόλιθους
peg	peg Εκτεταμένα πηγματτικά σώματα μέσα στην άνω επαφής
ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ	
ab	ab σκετινοπράσινοι ή μαύροι καλοστρωμένοι σε λεπτά στρώματα λεπτό έως μεσόκοκοι,πολύ σκληροί ,με ενστροφικές μεταζιγμάτων



ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΝΕΟΦΩΤΙΣΤΟΥ & ΜΑΡΚΟΥ Δ. ΤΡΑΝΟΥ, ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΛΛΟ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ ΣΙΘΩΝΙΑΣ ΤΟΥ Ι.Γ.Μ.Ε.
Η γεωλογική χαρτογράφηση έγινε από τον Δρ.ΕΚΟΣΚΕΛ και τον Δρ.Η.ΜΟΛΛΑΤ, γεωλόγους του Ομοσπονδιακού Ινστιτούτου για την γεωλογική επιστήμη και πρώτες ύλες, και Π.ΑΝΤΩΝΙΑΔΗ γεωλόγο του Ι.Γ.Μ.Ε. κατά το έτος 1969. Η διόρθωση των πεπραγμένων και νεογενών σημειώσεων έγινε από τον Δρ.Π.ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟ γεωλόγο του Ι.Γ.Μ.Ε. κατά το έτος 1974.
Πρόγραμμα εκπόνησης βασικού γεωλογικού χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50000. Διεύθυνση Γεωλογίας και Γεωλογικής Χαρτογράφησης, Διευθυντής :Δρ.Ι ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ. Επιμέλεια έκδοσης: Γραφείο Έκδοσης Γεωλογικών Χαρτογραφήσεων του Ι.Γ.Μ.Ε. κατά το έτος 1978. Γενικός Διευθυντής:Δρ. Γ.ΜΑΧΑΙΡΑΣ.