



Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



**ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΤΗΝΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βουτσά-Ρεντζεποπούλου Σεμέλη Μαρία



ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010



Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



**ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΤΗΝΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βουτσά-Ρεντζεποπούλου Σεμέλη Μαρία

Επιβλέπουσα : *Δρ. Κόκκινου Ελένη*
Επίκουρος Καθηγήτρια

Επιτροπή Αξιολόγησης : *Δρ. Ελένη Κόκκινου*
: *Δρ. Σάλτας Βασίλειος*
: *Δρ. Αλεξάκης Δημήτρης*

Ημερομηνία Παρουσίασης :

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :

Θα κάνω μια παράφραση στη ρήση του Sullivan Αμερικάνου ψυχαναλητή , ο οποίος είχε πει ότι « οι άνθρωποι κάνουν δεσμούς και πάνω σ' αυτούς τραυματίζονται », έτσι και τα πετρώματα κάνουν συνδέσεις και τραυματίζονται πάνω σ' αυτές , δημιουργώντας ρήγματα.

Ευχαριστίες

Μέσα από αυτό το σημείωμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου, κυρία Ελένη Κόκκινου για τη συμβολή της στην πραγματοποίηση και επιμέλεια της πτυχιακής μου εργασίας, για το χρόνο που μου αφιέρωσε, τις γνώσεις και τη μεθοδικότητα που μου μετέδωσε, μα κυρίως για τον τρόπο με τον οποίο με μύησε στον κόσμο της γεωλογίας. Έτσι με έκανε να αγαπήσω τη γεωλογία σα μάθημα, σαν επιστήμη, σαν ένα κομμάτι με το οποίο ποτέ δεν πίστευα ότι μπορώ να ασχοληθώ. Αυτό, της το οφείλω. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας πολύτιμη υπήρξε η συμβολή του Δρ. Καμπέρη Ευάγγελου από την εταιρία Ελληνικά Πετρέλαια τον οποίο ευχαριστώ ιδιαίτερα.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω το Ι.Γ.Μ.Ε και τον Δήμο Εξωμβούργου Τήνου για τις πληροφορίες που μου έδωσαν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την υποστήριξη, την αγάπη τους και για ότι μου έχουν προσφέρει μέχρι σήμερα. Ιδιαίτερα ευχαριστώ την μητέρα μου, η οποία συνέβαλε με τον τρόπο της στην πραγματοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας, δίνοντας κουράγιο και αναλαμβάνοντας όλη την ευθύνη των μετακινήσεών μας στην Τήνο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Περίληψη

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η γεωλογική και τεκτονική χαρτογράφηση της Τήνου με ιδιαίτερη έμφαση στην επεξεργασία των τεκτονικών στοιχείων. Συγκεκριμένα για να υλοποιηθεί η παρούσα εργασία συλλέχθηκαν αρχικά όλα τα διαθέσιμα στοιχεία (τοπογραφία, στρωματογραφία, υδρογραφικό δίκτυο, φωτογραμμώσεις, τεκτονικά στοιχεία) και δημιουργήθηκε ψηφιακή βάση σε ΓΣΠ. Το καλοκαίρι του 2010 έγινε η γεωλογική και τεκτονική χαρτογράφηση του νησιού.

Abstract

Main purpose of the present study is to investigate the geological and tectonic conditions of Tinos Island. For this reason all available information (topography, stratigraphy, drainage net, foto-lineaments and tectonic elements) has been integrated in a GIS database. Geological mapping (summer 2010) and tectonic analysis have been carried out for the study area.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 7 -
1.1	Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας	- 7 -
1.2	Μεθοδολογία εκπόνησης	- 7 -
1.3	Γεωμορφολογία της Τήνου	- 7 -
1.4	Το κλίμα της Τήνου	- 9 -
2.	ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΗΝΟ	- 11 -
2.1	Εισαγωγή	- 11 -
2.2	Γεωλογικά στοιχεία της Τήνου	- 11 -
2.3	Τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Τήνου	- 12 -
3.	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	- 22 -
3.1	Εισαγωγή	- 22 -
3.2	Ρήγματα και μετατοπίσεις	- 22 -
3.3	Ρήγματα σμίκρυνσης ή ρήγματα συμπίεσης ή ανάστροφα ρήγματα	- 24 -
3.4	Ρήγματα απομάκρυνσης ή ρήγματα έκτασης ή κανονικά ρήγματα	- 26 -
3.5	Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης	- 27 -
3.6	Πλάγια ρήγματα	- 27 -
3.7	Σχέσεις μεταξύ της διεύθυνσης κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών και των γεωλογικών σχηματισμών	- 28 -
3.8	Ρηξιγενής επιφάνεια και υλικά πλήρωσης των ρηγμάτων	- 28 -
3.9	Αναγνώριση ρηγμάτων στην ύπαιθρο	- 30 -
3.10	Γεωλογικά στοιχεία	- 32 -
3.11	Επιφανειακά στοιχεία	- 33 -
3.12	Γραμμικά στοιχεία	- 34 -
3.13	Καθορισμός της θέσεως στο χώρο των επιφανειακών στοιχείων	- 35 -
3.14	Γενικά για την τεκτονική της Τήνου	- 36 -
3.15	Αποτελέσματα της τεκτονικής χαρτογράφησης και επεξεργασίας	- 37 -
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 38 -

5.1 Εισαγωγή	- 38 -
5.2 Συμπεράσματα	- 38 -
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	- 39 -
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 44 -

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η γεωλογική και τεκτονική χαρτογράφηση της Τήνου με ιδιαίτερη έμφαση στην επεξεργασία των τεκτονικών στοιχείων. Συγκεκριμένα για να υλοποιηθεί η παρούσα εργασία συλλέχθηκαν αρχικά όλα τα διαθέσιμα στοιχεία (τοπογραφία, στρωματογραφία, υδρογραφικό δίκτυο, φωτογραμμώσεις, τεκτονικά στοιχεία) και δημιουργήθηκε ψηφιακή βάση σε ΓΣΠ. Το καλοκαίρι του 2010 έγινε η γεωλογική και τεκτονική χαρτογράφηση του νησιού.

1.2 Μεθοδολογία εκπόνησης

Η μεθοδολογία εκπόνησης της εργασίας περιλαμβάνει:

- Την συγκέντρωση των διαθέσιμων πληροφοριών και στοιχείων που αφορούν την περιοχή μελέτης και την ευρύτερη περιοχή από κάθε είδους γεωλογικές, υδρογεωλογικές, εδαφοτεχνικές μελέτες και έρευνες που έχουν εκπονηθεί από διάφορους ιδιωτικούς ή δημόσιους φορείς και επιστημονικές δημοσιεύσεις από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία, καθώς και ερμηνεία αεροφωτογραφιών για τις περιοχές ενδιαφέροντος και την ευρύτερη περιοχή.
- Την έρευνα πεδίου γεωλογική και τεκτονική χαρτογράφηση της εξεταζόμενης περιοχής.
- Την επεξεργασία και αξιολόγηση του συνόλου των δεδομένων χρησιμοποιώντας σύγχρονο λογισμικό.
- Σύνταξη της παρούσας εργασίας.

1.3 Γεωμορφολογία της Τήνου

Η μορφολογία του νησιού (σχήμα 1.1) ελέγχεται κυρίως από την εξάπλωση των λιθολογικών σχηματισμών και το υπάρχον τεκτονικό καθεστώς. Επηρεάζεται όμως και από το κλίμα, που χαρακτηρίζεται από ισχυρούς ανέμους, έντονη ηλιοφάνεια και υψηλή σχετική υγρασία αέρα, παράγοντες που ενισχύουν την χημική και αιολική αποσάθρωση. Τέλος, καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του ανάγλυφου παίζει και η ανθρώπινη δραστηριότητα, που με την κατασκευή των πολυάριθμων αναβαθμίδων για να συγκρατούνται τα προϊόντα της αποσάθρωσης, καθώς και τα εδάφη, δημιουργεί ένα χαρακτηριστικό ανάγλυφο (σχήμα 1.2).

Η χρονολογική διαδοχή των γεωμορφικών διεργασιών φαίνεται να απεικονίζει την αλλαγή των κλιματικών συνθηκών από το Μειόκαινο και μετά. Κατά την διάρκεια του Άνω μειόκαινου και του Κάτω Πλειστόκαινου το κλίμα της περιοχής και γενικότερα της περιοχής του Αιγαίου, ήταν σχεδόν τροπικό με έντονες εποχιακές βροχοπτώσεις (Riedl 1995). Σύμφωνα με τον Riedl (1995) στη περιοχή υπήρχε βλάστηση τύπου Σαβάνας με σταδιακή μετάβαση σε ανοιχτές δασώδεις περιοχές.

Χαρακτηριστικό της μορφολογίας της νήσου είναι η έντονη ασυμμετρία μεταξύ του ΝΔ και ΒΑ τμήματος που χωρίζονται από τον κύριο υδροκρίτη, ο οποίος εντοπίζεται κατά μήκος του νησιού και συμπίπτει με τον άξονα των κύριων πτυχώσεων διαχωρίζοντας δυο περιοχές με διαφορετικές μορφές αναγλύφου (Λειβαδίτης Γ. & Αλεξούλη Λειβαδίτη Α., 2001). Οι διαφορές αφορούν στην ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, στις μορφολογικές κλίσεις και στην μορφή των ακτών.



Σχήμα 1.1 Το νησί της Θήνου (<http://earth.google.com/>)



Σχήμα 1.2 Οι χαρακτηριστικοί αναβαθμοί (πεζούλες) που έχουν κατασκευαστεί από τους κατοίκους στο μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας του νησιού.

1.4 Το κλίμα της Τήνου

Συνοψίζοντας στην Τήνο η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται στους 10 – 11 °C και το καλοκαίρι στους 26 °C. Κατά την ξηρή περίοδο, η Τήνος είναι πιο υγρή από ότι ο ημίξηρος πυρήνας των Κυκλάδων, ενώ κατά την υγρή περίοδο εμφανίζεται υγρότερη κατά περισσότερο 50 χιλιοστά. Η σχετική υγρασία αέρα λαμβάνει τιμές της τάξης του 65 – 70 τοις εκατό. Κατά την ψυχρή περίοδο η επικρατούντες άνεμοι είναι οι βόρειοι και βορειοανατολικοί και κατά την θερμή περίοδο επικρατούν οι ετήσιοι άνεμοι με μεγάλη συχνότητα και ένταση.

Ο κλιματικός χαρακτήρας μιας περιοχής είναι ένας σημαντικός παράγοντας, που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη μελέτη της γεωλογίας και της γεωμορφολογίας. Η θερμοκρασία μιας περιοχής, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και το καθεστώς της εξάτμισης επηρεάζουν τον συντελεστή κατείσδυσης μιας περιοχής και κατ' επέκταση το ποσοστό εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα.

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το είδος και την πυκνότητα της φυτοκάλυψης, που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το συντελεστή κατείσδυσης. Βέβαια το αποτέλεσμα της φυτοκάλυψης στην ικανότητα κατείσδυσης είναι δύσκολο να προσδιοριστεί διότι μέσω των φυτών κατακρατείται ένα τμήμα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Χωρίς αμφιβολία, η ικανότητα κατείσδυσης σε έδαφος με φυτοκάλυψη είναι μεγαλύτερη από αυτή που παρατηρείται στον ίδιο έδαφος χωρίς φυτοκάλυψη. Ακόμα, η

ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων επηρεάζουν την ικανότητα κατείσδυσης αφού είναι αντιστρόφως ανάλογη της έντασης των βροχοπτώσεων.

Τέλος, η σχετική υγρασία αέρος, η διεύθυνση και η ένταση των ανέμων καθώς και το ποσοστό ηλιοφάνειας καθορίζουν το είδος και το βαθμό αποσάθρωσης των πετρωμάτων, που έχει πολύ μεγάλη σημασία για την ικανότητα κατείσδυσης αλλά και γιατί αποτελεί φίλτρο προστασίας για τον υδροφόρο ορίζοντα.

Συγκεκριμένα για το νησί της Τήνου,

- Οι ισχυροί άνεμοι, η σχετικά υψηλή σχετική υγρασία αέρα και η έντονη ηλιοφάνεια ενισχύουν την διεργασία της χημικής αποσάθρωσης που οδηγεί στην δημιουργία χαρακτηριστικών μορφών όπως τα Tafoni.
- Η μικρή μέση ετήσια βροχόπτωση επηρεάζει τον τύπο, αλλά και τα χαρακτηριστικά των υδρογραφικών δικτύων, δημιουργώντας μικρής έντασης υδρογραφικές λεκάνες και πολυάριθμους κλάδους μικρού μήκους και μη μόνιμης ροής.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΗΝΟ

2.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γεωλογικά στοιχεία για την περιοχή που μελετήθηκε. Αν και η τεκτονική θα παρουσιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο, εντούτοις θεωρούμε απαραίτητο να συμπεριληφθούν τα τεκτονικά στοιχεία και στους χάρτες του παρόντος κεφαλαίου.

2.2 Γεωλογικά στοιχεία της Τήνου

Το οριστικό αποτέλεσμα του συνόλου των διεργασιών που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα είναι ότι στη γεωλογική δομή της Τήνου μετέχουν οι πιο κάτω ομάδες ή ακολουθίες πετρωμάτων:

Ομάδες ή ακολουθία των μεταμορφιτών

Ομάδες των μαγματικών πετρωμάτων

Από την επισκόπηση του γεωλογικού χάρτη (σχήμα 2.1) γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι μεταξύ των τριών ομάδων πετρωμάτων που μετέχουν στη δομή της νήσου κυριαρχεί εκείνη των μεταμορφιτών. Η συνολική έκταση την οποία καταλαμβάνουν τα πετρώματα της ομάδας αυτής είναι 153,7 Km² που αντιστοιχεί στο 79% περίπου της επιφάνειας της νήσου, ενώ το μέγιστο πάχος της υπερβαίνει τα 2.800 m. Για τις υπόλοιπες ομάδες πετρωμάτων σημειώνεται ότι οι μεν μαγματικές κατέχουν έκταση 32,7 Km² οι δε τεταρτογενείς αποθέσεις μόλις 8,4 Km², δηλαδή το 17% και 4% αντίστοιχα, της επιφάνειας της νήσου.

Η ομάδα των μεταμορφιτών διακρίνεται από πάνω προς τα κάτω σε δύο επί μέρους σειρές: την ανώτερη σειρά ή σειρά των πράσινων σχιστόλιθων με οφειόλιθους και την κατώτερη σειρά ή σειρά των σχιστόλιθων –γνευσίων-μαρμάρων.

Μολονότι οι σχιστοφυείς επιφάνειες των μεταμορφιτών των δύο αυτών σειρών είναι κατά μήκος του μεγαλύτερου ποσοστού των οριακών τους γραμμών, παράλληλες μεταξύ τους, εντοπίστηκαν εν τούτοις και περιοχές στις οποίες οι σχέσεις επαφής μεταξύ κατώτερης και ανώτερης σειράς είναι τέτοιες ώστε να διακρίνεται μια ασυμφωνία και μάλιστα τεκτονική. Αν η ασυμφωνία αυτή δεν είναι τοπικό φαινόμενο, είναι πολύ πιθανό ότι η ανώτερη σειρά αντιστοιχεί σε ένα « τεκτονικό κάλυμμα εξ αποθήσεως». Είναι βέβαια αυτονόητο ότι η επώθηση πραγματοποιήθηκε προ της εκδήλωσης των διαφόρων φάσεων του μεταμορφισμού διότι μόνο έτσι αιτιολογείται η σε μεγάλο βαθμό εξάλειψη της τεκτονικής ασυμφωνίας και η παραλληλότητα των σχιστοφυών επιφανειών των δύο σειρών των

μεταμορφιτών. Οι πλήρεις όμως αποδείξεις για την υποστήριξη της άποψης περί επωθήσεων λείπουν και συνεπώς το πρόβλημα παραμένει, προς το παρόν τουλάχιστον ανοικτό.

Η ερμηνεία της παρουσίας των απομονωμένων εμφανίσεων των πρασινοσχιστολίθων με οφειολίθους σαν αποτέλεσμα της επωθήσεως, όχι μόνο δεν έρχεται σε αντίθεση με τις νεότερες αντιλήψεις για την γεωλογική δομή της περιοχής του Αιγαίου και γενικότερα των Ελληνίδων, αλλά αντίθετα τις ενισχύει.

Τα αλπικής ηλικίας οφειολιθικά συμπλέγματα των Ελληνίδων ερμηνεύονται σαν «υπολείμματα καλυμμάτων εξ επωθήσεως» (Bernoulli, D. & Laubscher, H., 1972; Smith, A. G. & Moores, E. M., 1974; Jacobschagen, V. et al., 1976; Jacobschagen, V., 1977). Υποστηρίζεται επίσης ότι τα καλύμματα-εμφανίσεις από οφειολιθικά πετρώματα δεν ανήκουν σε ένα αρχικά ενιαίο οφειολιθικό κάλυμμα, αλλά σε διαφορετικά τα οποία μάλιστα τοποθετήθηκαν στις σημερινές τους θέσεις σε διαφορετικούς χρόνους. Έτσι οι περισσότερες οφειολιθικές εμφανίσεις της Ηπειρωτικής Ελλάδας, Πελοποννήσου και ενός μέρους του «Ελληνικού τόξου» (Κρήτη, Γαύδος, Κάρπαθος) προωθήθηκαν ανοδικά στη διάρκεια της Ηωελληνικής φάσεως (Τιθώνιο-Παλαιοκρητιδικό), ενώ άλλα συμπλέγματα του ΝΑ Αιγαίου αποχωρίστηκαν κατά την επώθηση που έγινε στη διάρκεια του Νεοκρητιδικού. Σαν τελευταία φάση ανοδικής προώθησης οφειολιθικών συμπλεγμάτων θεωρείται εκείνη του Παλαιογενούς, η οποία εντοπίστηκε στη χερσόνησο του Πηλίου (Jacobschagen et al., 1977) και επηρέασε ίσως την Εύβοια (Κατσιακάτσος, Γ., 1977), τις Β. Σποράδες και την Αργολίδα.

Σε ότι αφορά τις μαγματικές εμφανίσεις της νήσου, διακρίνονται- ανάλογα με τις σχέσεις τους προς τους μεταμορφίτες - σε συντεκτονικούς, συνιζηματογενείς, υστεροτεκτονικούς-μετατεκτονικούς (γκρανοδιορίτες ,γρανίτες) και νεοηφαιστίτες.

Πάνω στις σειρές των μεταμορφιτών (και στους μαγματίτες που τις συνδέουν) έχουν αποθεθεί, με σαφή βέβαια ασυμφωνία , τα διαφόρων κατηγοριών ιζήματα του Τεταρτογενούς.

2.3 Τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Τήνου

Τα μεταμορφωμένα πετρώματα διακρίνονται στην:

A. Κατώτερη σειρά ή Σειρά των γνευσίων –σχιστολίθων –μαρμάρων

Τα πετρώματα της σειράς αυτής είναι τα περισσότερο διαδεδομένα στη νήσο. Αρκεί να αναφερθεί ότι από τα 153,7 Km² που κατέχονται από μεταμορφίτες, τα 136,4 Km² (δηλ. ποσοστό 70% περίπου ολόκληρης της επιφάνειας της νήσου) καλύπτονται από πετρώματα της σειράς αυτής. Το συνολικό στρωματογραφικό της πάχος είναι άγνωστο, για το λόγο ότι

σε καμία θέση της νήσου δεν βρέθηκε το υπόβαθρό της, η φύση του οποίου εξακολουθεί να παραμένει επίσης άγνωστη.

Οι πετρολογικοί τύποι που μετέχουν στη συγκρότηση της Κατώτερης σειράς αντιστοιχούν γενικά σε σχιστολίθους, γνευσιοσχιστολίθους, γνευσίους και μάρμαρα. Εκτός όμως από τα πετρώματα αυτά, σε διάφορες θέσεις της νήσου και σε διάφορα στρωματογραφικά επίπεδα της ίδιας σειράς, ιδιαίτερα δε στους μεσαίους και κατώτερους ορίζοντές της, απαντώνται και εκρηξιγενή πετρώματα γαββροδιοριστικής μέχρι και διοριστικής συστάσεως. Πρόκειται για κοίτες φακοειδούς γενικά μορφής, το πάχος των οποίων κυμαίνεται μεταξύ λίγων cm μέχρι και, σε μια περίπτωση, 60 m περίπου (κεντρική περιοχή ΒΔ ακτής της νήσου).

Από την ανάλυση της δομής της κατώτερης σειράς προέκυψε, ότι οι τράπεζες μαρμάρου που απαντώνται σ' αυτήν ανήκουν σε τρεις διαφορετικούς ορίζοντες, η θέση των οποίων είναι τόσο συγκεκριμένη, ώστε να μπορούν να χαρακτηριστούν (και χρησιμοποιηθούν) σα «στρωματογραφικός σκελετός».

Τα πάχη των μαρμαροτραπεζών κυμαίνονται μεταξύ λίγων μέχρι και 30m περίπου. Εξαιρέση αποτελεί η κατώτερη (κύρια) τράπεζα του ορίζοντα, το πάχος της οποίας υπερβαίνει, απ' ότι φαίνεται, τα 100m. Σε ότι αφορά στα πάχη των τριών οριζόντων διαπιστώθηκε ότι και αυτά κυμαίνονται μέσα σε μεγάλα πλαίσια. Αν εξαιρεθεί ο ΒΔ τομέας της νήσου, όπου παρουσιάζονται και οι τρεις μαρμαροφόροι ορίζοντες, καθολική εξάπλωση έχει (αν και με διαρκείς αποσφηνώσεις) μόνο ο ανώτερος ορίζοντας, ενώ από τους άλλους δύο, ο ενδιάμεσος παρουσιάζεται σε περιορισμένες σχετικά περιοχές της νήσου, ο κατώτερος δε απουσιάζει από τους κεντρικούς και ανατολικούς τομείς της σχεδόν τελείως.

Σημειώνουμε τέλος ότι από τους τρεις μαρμαροφόρους ορίζοντες, εκείνος ο οποίος προσφέρει κατάλληλα – τόσο από άποψη χρώματος όσο και από άποψη φυσικομηχανικών και τεχνικών ιδιοτήτων – πετρώματα για την «μαρμαρική τέχνη» είναι ο ορίζοντας του Πύργου, που άλλωστε υφίσταται εκμετάλλευση από τους κλασικούς χρόνους.

Την επόμενη κατηγορία πετρωμάτων συνιστούν οι γνευσιοσχιστόλιθοι, τα σχιστοφυή δηλαδή εκείνα τα πετρώματα τα οποία διαφορίζουμε από τους σχιστολίθους και τους γνευσίους, στηριζόμενοι αποκλειστικά και μόνο στο ότι το ποσοστό των πλαγιεκλάστων που μετέχουν στη σύστασή τους είναι περίπου 20%. Το ποσοστό του χαλαζία είναι άλλοτε μεγαλύτερο και άλλοτε , συνήθως μικρότερο εκείνου των πλαγιεκλάστων. Θα πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι τόσο τα πετρώματα αυτά όσο και οι τυπικοί γνευσιοί, αφ' ενός μεν εμφανίζονται από του κατώτερου οριακού επιπέδου του ορίζοντα με γλαυκοφαντικούς σχιστολίθους μέχρι και των προσιτών στην παρατήρηση βαθύτερων σχηματισμών της

Κατώτερης σειράς , αφ'ετέρου δε ότι το ποσοστό συμμετοχής τους ανέρχεται περίπου στο 45%.

Σε ότι αφορά τέλος τα ανθρακικά πετρώματα αναφέρουμε ότι αυτά σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις αντιστοιχούν, από απόψεως συστάσεως , σε «καθαρά μάρμαρα» (αποκλειστικά από CaCO_3). Κατά κανόνα σχεδόν στη σύστασή τους μετέχουν διάφορα πυριτικά ορυκτά, τα οποία κάποτε προσδίδουν σ'αυτά ένα ιδιαίτερο χαρακτήρα. Διακρίνονται περιπτώσεις στις οποίες τα τελευταία αντιπροσωπεύονται αποκλειστικά σχεδόν από φυλλοπυριτικά, ενώ σε άλλες υπερτερούν οι αμφίβολοι.

B. Ανώτερη σειρά ή σειρά των πρασίνων σχιστολίθων με οφειολίθους

Η σειρά αυτή, επικάθεται της προηγούμενης κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να υποτεθεί ότι μεταξύ αυτών υπάρχει τεκτονική ασυμφωνία. Η έκταση την οποία καταλαμβάνουν τα πετρώματά της ανέρχεται σε $27,2 \text{ Km}^2$ (14% περίπου της επιφάνειας της νήσου), είναι δηλαδή κατά πολύ περιορισμένη σε σχέση με την Κατώτερη σειρά, η οποία υπενθυμίζεται, κατέχει το 70% περίπου της επιφάνειας της νήσου. Πρέπει επίσης να σημειωθεί, ότι όχι μόνο οι οριζόντιες διαστάσεις, αλλά και το πάχος της σειράς αυτής, συγκρινόμενο με εκείνοι της Κατώτερης, είναι κατά πολύ μικρότερο. Τούτο σε λίγες σχετικές περιπτώσεις υπερβαίνει τα 100m και μόνο σε μια (ύψωμα Προφ.Ηλίας, ΒΔ τομέας της νήσου) ανέρχεται σε 470 m περίπου.

Οι πετρολογικοί τύποι από τους οποίους δομείται η Ανώτερη σειρά αντιπροσωπεύονται, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους, από σχιστολίθους πράσινου γενικά χρώματος, πράγμα το οποίο οφείλεται στις αποχρώσεις των ορυκτών των συνήθων παραγενέσεων τους. Άλλα γενικά χαρακτηριστικά της σειράς αυτής είναι: α) η συμμετοχή στη δομή της, μάλιστα δε σε ψηλό σχετικά ποσοστό, ενός συνόλου από συνιζηματογενή (υπερβασικά και βασικά) πετρώματα , τα οποία αντιστοιχούν σε υπολείμματα των μητρικών πετρωμάτων των ορθοπετρωμάτων-μελών αυτής και β) η εξαιρετικά περιορισμένη συμμετοχή στη δομή της ανθρακικών πετρωμάτων. Τα πετρώματα του τελευταίου αυτού τύπου περιορίζονται σε ελάχιστα στρώματα φακοειδούς αναπτύξεως μέγιστου πάχους 1,5 m και οριζοντίων διαστάσεων που μετρώνται σε δεκάδες m.

Οι χαρακτήρες της μεταμόρφωσης και η ηλικία αυτής

Το οριστικό αποτέλεσμα από την όλη μελέτη των μεταμορφωμένων πετρωμάτων και των δύο σειρών της νήσου Τήνου είναι ότι αυτά αντιστοιχούν, ως προς το σύνολο των ιστολογικών τους χαρακτήρων και των ορυκτολογικών τους παραγενέσεων, σε προϊόντα

καθολικής θερμοδυναμικής μεταμόρφωσης τύπου Barrow. Η παρουσία των ορυκτών χλωρίτης, στυλπνομέλας και του συνδιασμού ζοισίτης /πιστακίτης + αλβίτης αποτελεί επαρκή απόδειξη για το ότι ένα μέρος από τα πετρώματα στα οποία αναφερώμαστε –το μεγαλύτερο- σχηματίστηκαν στις συνθήκες της πρασινοσχιστολιθικής φάσεως. Εκτός όμως από τα πετρώματα με τους προηγούμενους ορυκτολογικούς συνδιασμούς προσδιορίστηκαν και αρκετά, ή «κριτική ορυκτολογική παραγένεση» των οποίων (γλαυκοφανής-αλβίτης-επίδοτο-φεγγίτης-γρανάτης-υπολειμματικοί κόκκοι λαουσονίτη) αποδεικνύει, ότι αυτά σχηματίστηκαν κάτω από σαφώς ψηλότερες, σε σχέση με τα προηγούμενα, P/T και συγκεκριμένα στα όρια των φάσεων Λαουσονίτη-γλαυκοφανούς και Πρασινοσχιστολιθικής.

-Ο Μαρίνος Γ. (1942,1947) περιέγραψε φαινόμενα ανάδρομης μεταμόρφωσης (γρανιτών και γνευσίων σε μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους-φυλλίτες και πυροξενικών πετρωμάτων σε επιδοτραμφιβολιτικούς σχιστολίθους και πρασινοσχιστολίθους) από τη νήσο Ίο.

-Ο Μελιδώνης Ν. (1963), βασιζόμενος στη χρονολόγηση των μητρικών πετρωμάτων των μεταμορφιτών της νήσου Ανάφης και στα συμπεράσματα από τη μελέτη των φαινομένων μεταμόρφωσης και μαγνητισμού –εκτός από τη φάση μεταμορφώσεως επαφής που συνδέεται με τις εκεί μεταηκαινικές γρανιτικές κ.α. διεισδύσεις –απέδειξε, ότι η καθολική μεταμόρφωση αφ' ενός μεν έχει και ανάδρομο χαρακτήρα, αφ' ετέρου δε ολοκληρώθηκε σε δύο κύριες φάσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν μετά το Ηώκαινο, χωρίς να αποκλείεται η περίπτωση, για την πρώτη απ' αυτές, το Αν. Ηώκαινο.

-Οι Okrusch,M. & Seidel,E. (1975), από τη μελέτη δειγμάτων μεταμορφιτών από τις νήσους Σύρο και Σίφνο, κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η μεταμόρφωση πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο σχηματίστηκε η χαμηλών θερμοκρασιών παραγένεση αιδείτικός πυρόξενος+χαλαζία; (πίεση περίπου 10kb ή και μεγαλύτερη, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία βρισκόταν γύρω στους 300° C.)

-Οι Jansen,B.J.H .& Schuiling,R.(1976), από τη ραδιοχρονολόγηση των (ψηλού βαθμού μεταμορφώσεως) μιγματιτών και γνευσίων της Νάξου (με την εφαρμογή της μεθόδου Rb/Sr σε μοσχοβίτη) απέδειξαν, ότι η ηλικία τους είναι 6-13 εκατομ.χρόνια (μεταξύ Μειόκαινου και Πλειόκαινου). Η ηλικία των (χαμηλού βαθμού μεταμορφώσεως) μαρμαρυγιανών σχιστολίθων αποδείχτηκε – με την εφαρμογή της ίδιας μεθόδου – ότι είναι 40 εκατομ. Χρόνια (όρια Ηωκαίνου /Ολιγοκαίνου). Η ραδιοχρονολόγηση, τέλος, του γρανοδιορίτη έδωσε μια ηλικία γι' αυτόν 12 εκατομ.χρόνια (Ανώτ.Μειόκαινο).

-Οι Altherr,R. et al. (1976) από τη ραδιοχρονολόγηση των μεταμορφιτών της νήσου Σίφνου (μέθοδος K/Ar σε λευκό μαρμαρυγία) οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα, ότι τα

πετρώματά της και γενικότερα εκείνα της περιοχής των Κυκλάδων έχουν υποστεί μια ψηλών πιέσεων και μέσων θερμοκρασιών μεταμόρφωση, η οποία έγινε κατά το Ανωτ.Ηώκαινο.

-Οι Altherr,R. et al.(1977), από τη ραδιοχρονολόγηση (μέθοδοι K/Ar και Rb/Sr) των γρανιτικών πετρωμάτων της Αττικοκυκλαδικής μάζας κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυτά σχετίζονται με μια μεταμορφική φάση μέσων μέχρι και χαμηλών P/T και ότι είναι μέσης μέχρι ανωμειοκαινικής ηλικίας.

-Οι Andriessen,P. et. al. (1977), Andriessen,P. et. al. (1978), και Andriessen,P. et. al. (1979), βασιζόμενοι στα αποτελέσματα ραδιοχρονολογίσεως των μεταμορφιτών και των γρανιτικών πετρωμάτων στη Νάξο (με την εφαρμογή των μεθόδων K/Ar και Rb/Sr σε λευκό μαρμαρυγία), απέδειξαν τρεις κύκλους (στάδια) μεταμορφώσεως, εκτός από τη μεταμόρφωση επαφής που συνδέεται με τις εκεί γρανοδιοριτικές διεισδύσεις. Η πρώτη, η οποία έγινε πριν από 45 ± 4 εκατομ.χρόνια (Μέσο Ηώκαινο) είναι μεταμόρφωση ψηλών πιέσεων και μέτριων θερμοκρασιών. Η δεύτερη, που πραγματοποιήθηκε πριν από $25 \pm$ εκατομ.χρόνια (Άνω Ολιγόκαινο –Κάτω Μειόκαινο), είναι μετρίων πιέσεων και ψηλών θερμοκρασιών, τέλος δε η τρίτη, η οποία έγινε πριν $9,9 \pm 0,4$ εκατομ.χρόνια (Άνω Μειόκαινο) έχει χαρακτήρα ανάδρομης μεταμορφώσεως.

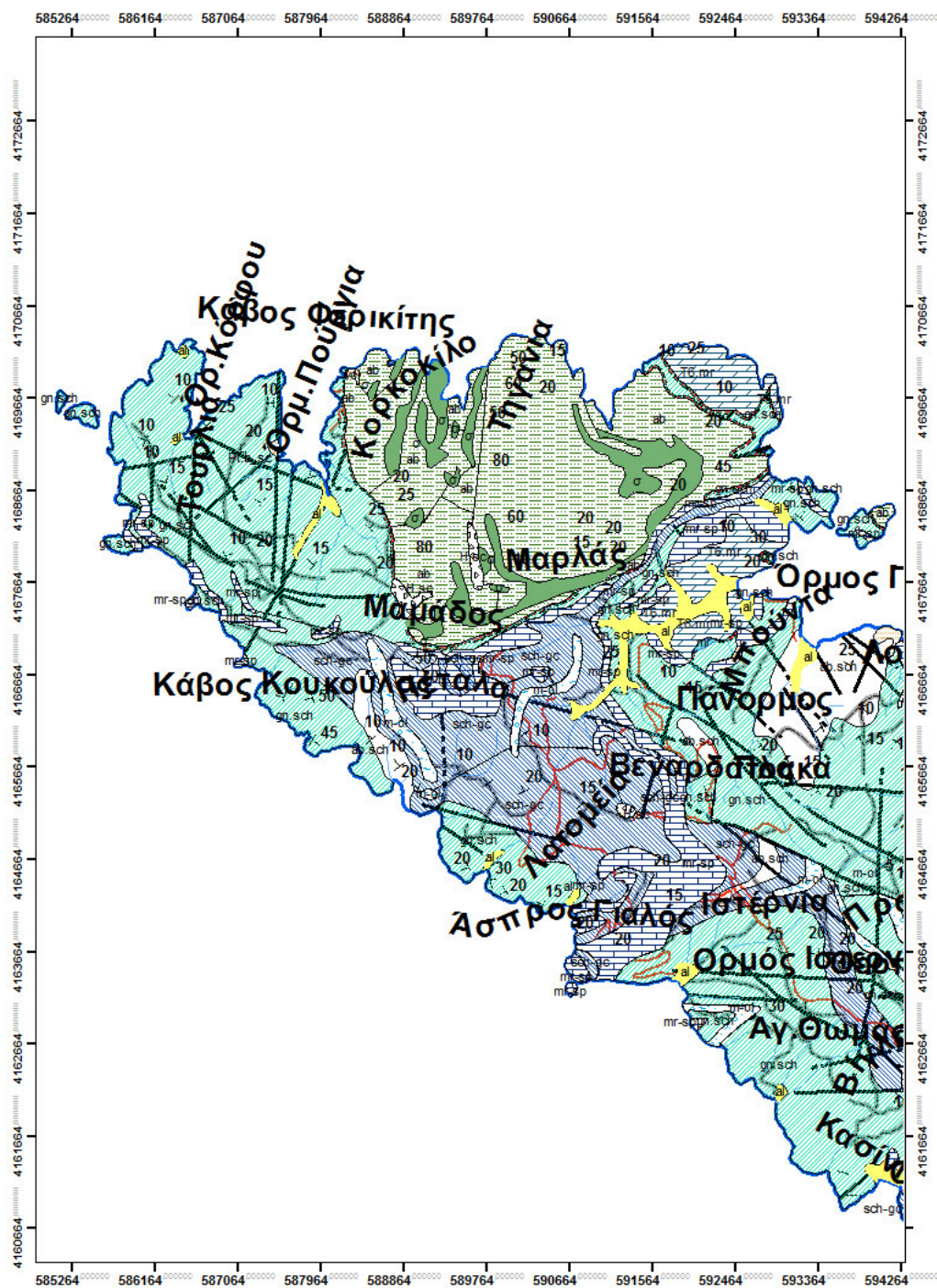
-Οι Altherr,R. & Seidel,E. (1977), σε μια εργασία τους η οποία αποτελεί κυρίως σύνθεση των μέχρι τότε δεδομένων που είχαν προκύψει από διάφορες πετρολογικές μελέτες, γεωχρονολογήσεις και τεκτονικές αναλύσεις των μεταμορφιτών της περιοχής του Αιγαίου, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στη περιοχή αυτή εκδηλώθηκαν τρεις κύκλοι μεταμορφώσεως. Ο παλαιότερος που διαπιστώθηκε στη Δονούσα και Νικουρία, είναι χαμηλών P/T, συνοδεύεται από γρανιτικές διεισδύσεις και εκδηλώθηκε στα όρια Ανωτ.Κρητιδικού/Παλαιοκαίνου. Ο δεύτερος ο οποίος «κορυφώθηκε» πριν από 40 εκατομ.χρόνια, δηλαδή στο όριο Ηώκαινου/Ολιγοκαίνου, είναι ψηλών P/T. Ο τελευταίος, που είναι μέσων μέχρι χαμηλών P/T, πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του Μέσου Μειοκαίνου και συνοδευόταν από γρανιτικές διεισδύσεις.

-Οι Henjes-Kunst, F. & Okrusch, M.(1978), οι οποίοι εργάστηκαν στη νήσο Ίο, διαπίστωσαν, εκτός από τις κύριες μεταμορφικές φάσεις του αλπικού κύκλου, και μια προαλπική ψηλών P/T, με την οποία σχετίζεται η διείσδυση των γρανιτικού-αλπικού τύπου μαγμάτων.

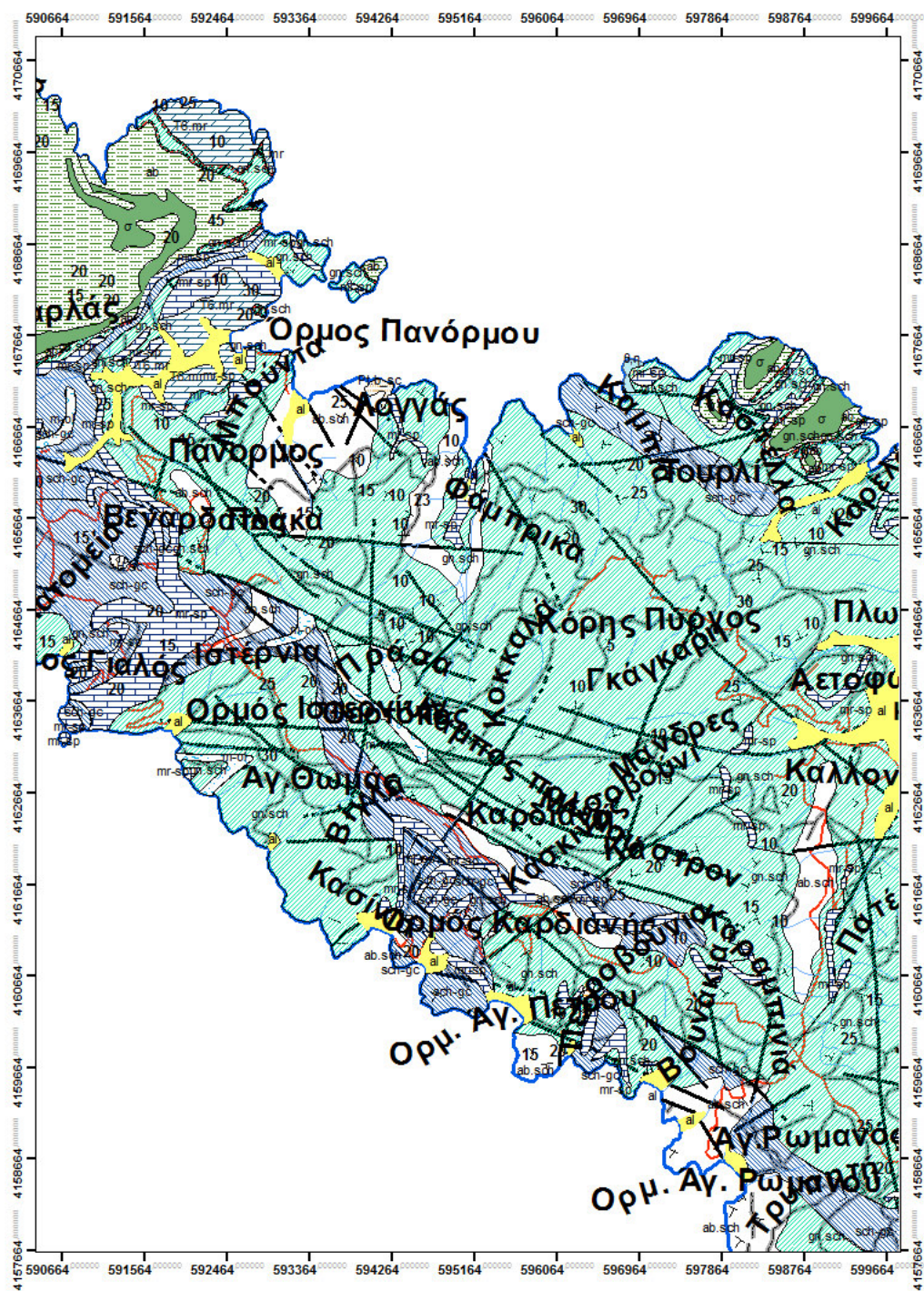
-Οι Μελιδώνης, Ν. & Κωνσταντινίδης, Δ. (1979), τέλος, βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της αναλύσεως του ιστού και της υφής των σχιστολιθικών και γνευσιακών πετρωμάτων και του περιεχομένου των μεταμορφικών κοιτασμάτων της νήσου Σύρου,

οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα, ότι οι εκεί μεταμορφώτες σχηματίστηκαν στα πλαίσια δύο τουλάχιστον κύκλων καθολικής θερμοδυναμικής μεταμορφώσεως.

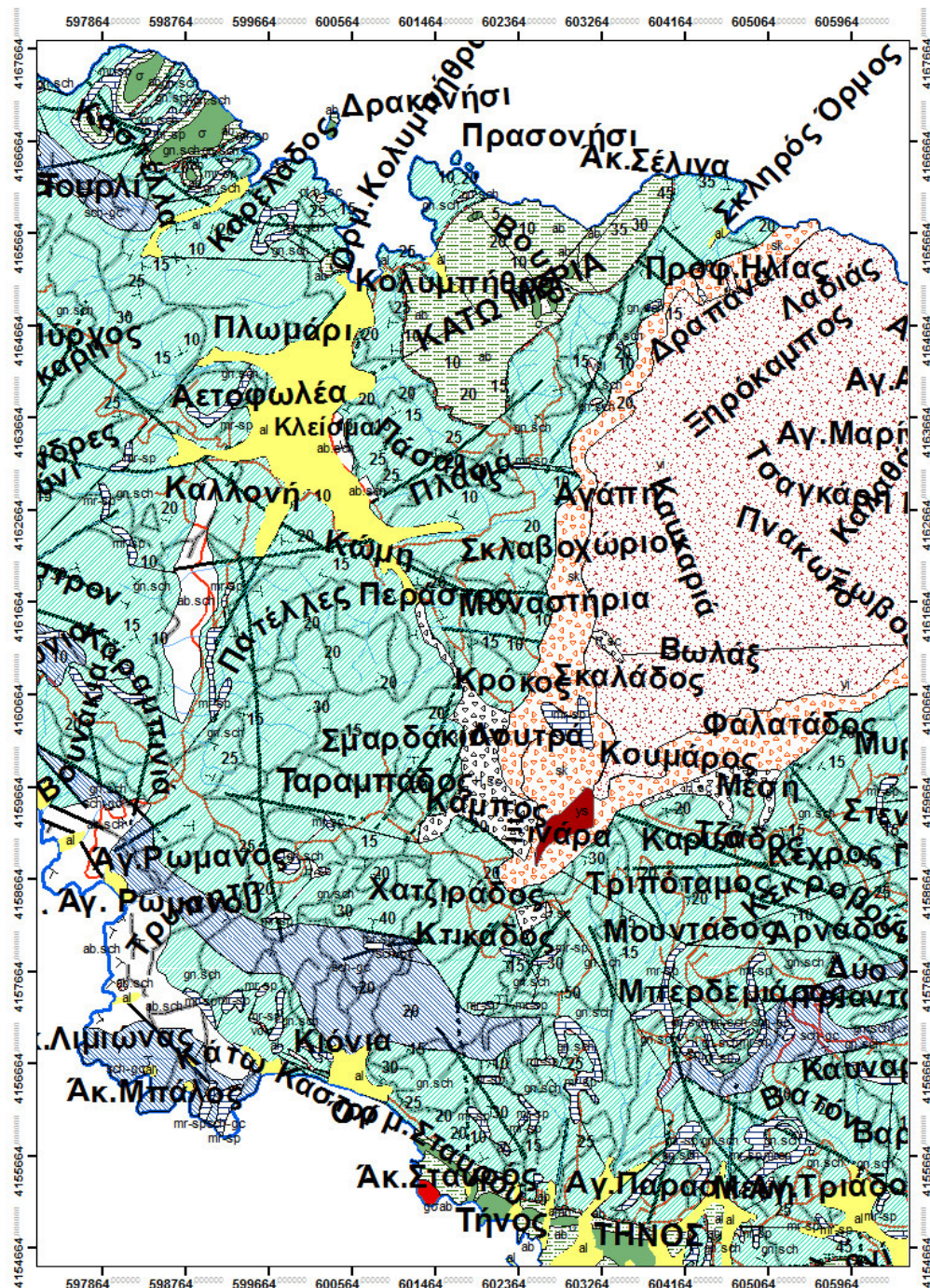
Από την επισκόπηση του συνόλου της βιβλιογραφίας που αφορά στην ηλικία της μεταμορφώσεως των πετρωμάτων της περιοχής των Κυκλάδων, γίνεται σαφές πλέον ότι αυτή πραγματοποιήθηκε σε περισσότερα από ένα στάδια. Αν εξαιρέσουμε τους προαλπικής ηλικίας μεταμορφικούς κύκλους, αποδείξεις για τους οποίους υπάρχουν από τις νότιες περιθωριακές περιοχές των Κυκλάδων και για τους οποίους άλλωστε οι πληροφορίες μας είναι μάλλον ασαφείς, τα κύρια μεταμορφικά φαινόμενα στην περιοχή που μελετάται είναι αλπικής ηλικίας. Σύμφωνα με όλα τα δεδομένα, οι κύριοι κύκλοι καθολικής θερμοδυναμικής μεταμορφώσεως είναι δύο. Ο κυριότερος από αυτούς κορυφώθηκε πριν από 40 περίπου εκατομ. χρόνια στο όριο δηλαδή μεταξύ Ηωκαίνου και Ολιγοκαίνου, τα δε προϊόντα του είναι τέτοια, ώστε να συνάγεται μια φάση μεταμορφώσεων υψηλών πιέσεων και μέτριων θερμοκρασιών. Η συμμετοχή ορυκτού λαουσονίτη με τη μορφή υπολειμματικών κόκκων αποδεικνύει, ότι η θερμοκρασία σχηματισμού της φάσεως αυτής ξεπέρασε τους 450°C. Ο δεύτερος κύκλος μεταμορφώσεως πραγματοποιήθηκε πριν από 25± εκατομ. χρόνια (Αν. Ολιγόκαινο/Κατ.Μειόκαινο) και χαρακτηρίζεται από μέτριες πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Εκτός όμως από τους προηγούμενους κύκλους διαπιστώθηκε και ένας τρίτος, κατά πολύ όμως ασθενέστερος, που πραγματοποιήθηκε πριν από 10 εκατομ. χρόνια περίπου, δηλαδή κατά τη διάρκεια του Αν. Μειόκαινου ή και Κατ. Πλειόκαινου, τα προϊόντα του οποίου έχουν χαρακτήρες ανάδρομης μεταμορφώσεως.



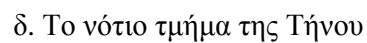
α. Το βορειότερο τμήμα της Τήγνου



β. Το κεντρικό-βόρειο τμήμα της Τήνου



γ. Το κεντρικό τμήμα της Τήνου



- 21 -

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η τεκτονική χαρτογράφηση και επεξεργασία. Μεγάλο μέρος του θεωρητικού τμήματος του συγκεκριμένου κεφαλαίου προέρχεται από το βιβλίο του καθηγητή Κίλια Α. (Αριστοτέλειο Παν., Τμήμα Γεωλογίας) με τίτλο «Εισαγωγή στην τεκτονική γεωλογία» - 1985. Η επεξεργασία των τεκτονικών καταγραφών έγινε με το λογισμικό FP Tectonics.

3.2 Ρήγματα και μετατοπίσεις

Ρήγμα στην τεκτονική ονομάζουμε κάθε ρηξιγενή δομή εκατέρωθεν της οποίας παρατηρούνται μετακινήσεις των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που παραμορφώνεται. Οι μετατοπίσεις αυτές μπορεί να είναι της τάξης μεγέθους από 1cm μέχρι και πάνω από 1000m.

Οι ρηξιγενείς επιφάνειες μπορεί να είναι κατακόρυφες, κεκλιμένες ανάλογα ή οριζόντιες. Μπορεί να εμφανίζονται όπως και οι επιφάνειες των διακλάσεων, λείες επίπεδες, κεκαμμένες ή και σιγμοειδώς κεκαμμένες.

Συνήθως τα ρήγματα στους γεωλογικούς σχηματισμούς, είτε αυτοί είναι ιζηματογενείς, είτε μαγματογενείς, είτε μεταμορφωσιγενείς, προκαλούνται μετά το σχηματισμό τους, από την επίδραση μεταγενέστερων παραμορφωτικών δυνάμεων. Υπάρχουν περιπτώσεις ιδίως στα ιζηματογενή πετρώματα όπου ο σχηματισμός των ρηγμάτων μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια της ιζηματογένεσης. Τα ρήγματα αυτά αποτελούν μια ιδιαίτερη μεγάλης σημασίας για τη σχετική χρονολόγηση τεκτονικών συμβάντων στη φύση κατηγορία ρηγμάτων που χαρακτηρίζονται ως συνιζηματογενή ρήγματα.

Κατά μήκος των ρηγμάτων κυκλοφορεί συνήθως νερό, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολλές φορές πηγές σε ορισμένα σημεία τους ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες διαπιστώθηκε ότι τα ρήγματα ιδίως αυτά που αναπτύσσονται κάθετα στη διεύθυνση ροής του νερού μέσα στο πέτρωμα και το υλικό πληρώσεως τους έχει συμπαγοποιηθεί, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα στην κίνηση του νερού σχηματίζοντας ένα αδιαπέρατο για το νερό διάφραγμα.

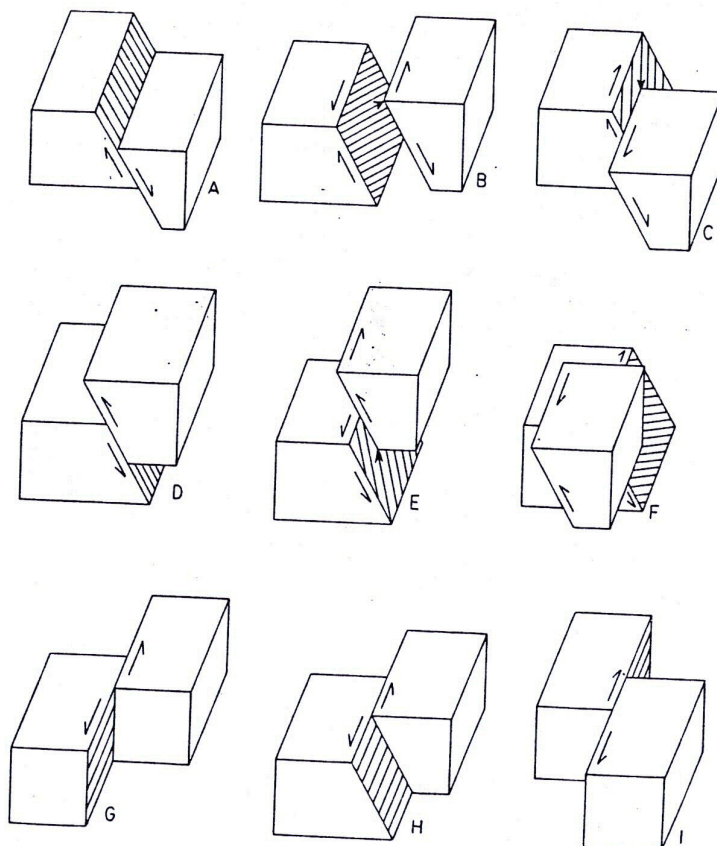
Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού εκατέρωθεν του ρήγματος, διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες (σχ. 3.1):

α) ρήγματα σμίκρυνσης

β) ρήγματα απομάκρυνσης

γ) ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης

Πολλές φορές λοιπόν παρατηρούνται μεταβατικές μορφές μεταξύ των α και γ κατηγοριών ρηγμάτων καθώς και μεταξύ των β και γ κατηγοριών. Δημιουργούνται έτσι στην πρώτη περίπτωση τα πλάγια ανάστροφα ρήγματα ενώ στη δεύτερη τα πλάγια κανονικά.



Σχ. E.17. Οι κυριότεροι τύποι των ρηγμάτων. Α. κανονικό ρήγμα, Β. πλάγιο κανονικό ρήγμα αριστερόστροφο, C. πλάγιο κανονικό ρήγμα δεξιόστροφο, D. ανάστροφο ρήγμα. Ε. πλάγιο ανάστροφο ρήγμα αριστερόστροφο, F. πλάγιο ανάστροφο ρήγμα δεξιόστροφο, G. ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, H. ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κεκλιμμένη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, I. ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια δεξιόστροφο. (C.T.H. 16, 1978).

Σχήμα 3.1. Ταξινόμηση ρηγμάτων

Κατά τη γεωλογική εξέλιξη ενός ρήγματος είναι δυνατόν να αλλάξει η αρχική φορά κίνησης των τμημάτων εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας έτσι ώστε ένα ανάστροφο ρήγμα να μεταπίπτει σε ένα κανονικό ρήγμα ή και αντίστροφα. Αλλά και κατά μήκος του ίδιου του ρήγματος συμβαίνει καμιά φορά οι παρατηρούμενες κινήσεις να έχουν αντίθετη φορά σε ορισμένα σημεία της ρηξιγενούς επιφάνειας με αποτέλεσμα το ίδιο ρήγμα αλλού να εμφανίζεται ως ανάστροφο και αλλού ως κανονικό.

Γενετικά τα ρήγματα θεωρούνται αντίθετα με τις διακλάσεις και ρωγμώσεις ως διατμητικές ρηξιγενείς δομές που προκαλούνται έστω και δευτερογενώς από διατμητικές τάσεις, ως αποτέλεσμα συμπιεστικών ή εφελκυστικών κύριων δυνάμεων.

3.3 Ρήγματα σμίκρυνσης ή ρήγματα συμπίεσης ή ανάστροφα ρήγματα

Στα ανάστροφα ρήγματα το τμήμα του γεωλογικού σχηματισμού που βρίσκεται πάνω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται προς τα πάνω, ενώ αυτό που βρίσκεται κάτω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται αντίθετα προς τα κάτω.

Τα ανάστροφα ρήγματα όπως φαίνεται και από το χαρακτηρισμό τους ως ρήγματα σμίκρυνσης, προκαλούν μια σμίκρυνση των διαστάσεων του γεωλογικού σχηματισμού κατά το οριζόντιο επίπεδο.

Γεωδυναμικά οι ρηξιγενείς αυτές τεκτονικές δομές αντιστοιχούν στο μεγαλύτερο μέρος των πτυχωσιγενών δομών, κατά τις οποίες δεν παρατηρείται καμιά ρήξη των γεωλογικών σχηματισμών. Και οι δύο αυτές τεκτονικές δομές δημιουργούνται από συμπιεστικές τάσεις και εμφανίζονται έτσι συχνά μαζί ή πολλές φορές η μια μορφή μεταπίπτει στην άλλη εφόσον είναι αποτέλεσμα της ίδιας παραμορφωτικής φάσης. Και οι δύο τεκτονικές δομές αναπτύσσονται συνήθως κάθετα στην ισχυρότερη και παράλληλα στη μικρότερη τεκτονική καταπόνιση που δέχεται ο γεωλογικός σχηματισμός.

Όταν παράλληλα περίπου μεταξύ τους ρήγματα επιπτεύσεων ή επωθήσεων ακολουθούν το ένα πίσω από το άλλο σχηματίζεται τότε μια ζώνη που ονομάζεται ζώνη λεπιώσεων. Στα διάφορα λείπια που σχηματίζονται μεταξύ των ανάστροφων ρηγμάτων εμφανίζονται συχνά οι ίδιες εναλλαγές των γεωλογικών σχηματισμών. Η γεωτεκτονική ζώνη του Αξιού στον Ελληνικό χώρο, χαρακτηρίζεται ως μια τυπική ζώνη λεπιώσεων.

Ένα τεκτονικό φαινόμενο επακόλουθο της δράσης μικρής κλίσεως ή και οριζόντιων ανάστροφων ρηγμάτων αποτελεί η δημιουργία των τεκτονικών καλυμμάτων.

Ως τεκτονικό κάλυμμα χαρακτηρίζεται κάποιος γεωλογικός σχηματισμός ο οποίος από τη δράση ακριβώς τέτοιων ανάστροφων ρηγμάτων, αποχωρίζεται από την πρωταρχική του θέση και τοποθετείται τεκτονικά πάνω σε κάποιον άλλο γεωλογικό σχηματισμό.

Το τεκτονικό κάλυμμα αποτελεί τον αλλόχθονο γεωλογικό σχηματισμό ενώ ο γεωλογικός σχηματισμός πάνω στον οποίο επωθείται το τεκτονικό κάλυμμα, αποτελεί τον αυτόχθονο. Παρατηρείται συχνά σε μια περιοχή ο σχηματισμός αλληπάλληλων τεκτονικών καλυμμάτων το ένα πάνω στο άλλο και όλα μαζί επωθημένα σε κάποιο αυτόχθονο σύστημα

πετρωμάτων που συχνά αποτελεί και τον νεότερης ηλικίας γεωλογικό σχηματισμό της περιοχής.

Σε κάθε τεκτονικό κάλυμμα διακρίνουμε τα εξής επί μέρους τμήματα:

- α) βασικό σώμα : πρόκειται για τον κύριο όγκο του τεκτονικού καλύμματος
- β) μέτωπο τεκτονικού καλύμματος: είναι το μπροστινό τμήμα του βασικού σώματος
- γ) ράχη τεκτονικού καλύμματος: αποτελεί την οροφή του βασικού σώματος
- δ) ρίζα του τεκτονικού καλύμματος: πρόκειται για το σημείο από όπου ξεκινάει το τεκτονικό κάλυμμα

ε) τεκτονικό ράκος ή απομονωμένο τεκτονικό κάλυμμα: πολλές φορές είναι δυνατό να αποκοπεί από τον κύριο όγκο του βασικού σώματος ένα κομμάτι και να εμφανίζεται ως ένα ανεξάρτητο και απομονωμένο τεκτονικό κάλυμμα, το απομονωμένο τμήμα χαρακτηρίζεται τεκτονικό ράκος

στ) βάση του τεκτονικού καλύμματος: πρόκειται για το κάτω μέρος του βασικού σώματος με το οποίο έρχεται σε επαφή με το αυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων πάνω στο οποίο επωθείται.

Η βάση του τεκτονικού καλύμματος αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα διότι στο σημείο αυτό μπορούμε να διαπιστώσουμε τη διεύθυνση κίνησης του τεκτονικού καλύμματος από τη μορφή και την ανάπτυξη των μικροδομών.

Στενά συνδεδεμένο με τη δημιουργία των τεκτονικών καλυμμάτων βρίσκεται ο σχηματισμός του τεκτονικού παράθυρου. Πολλές φορές σε κάποια περιοχή λόγω έντονης διάβρωσης ενός τμήματος του τεκτονικού καλύμματος αποκαλύπτονται στα μορφολογικά κατώτερα κατά κανόνα σημεία μέλη του αυτόχθονου συστήματος. Αναφερόμαστε λοιπόν στην παρουσία τεκτονικού παράθυρου.

Τεκτονικά παράθυρα στον Ελληνικό χώρο έχουμε στις περιοχές του Ολύμπου ,της Όσσας, των ΒΑ Πιερίων όπου λόγω της διάβρωσης των παλαιοζωικών κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων της Πελαγονικής ζώνης που αποτελεί στην προκειμένη περίπτωση το τεκτονικό κάλυμμα αποκαλύπτονται τα μεσοζωικά και νεότερα ανθρακικά πετρώματα του υποκείμενου αυτόχθονου συστήματος.

Η γένεση ενός τεκτονικού καλύμματος δεν οφείλεται πάντοτε στην παρουσία ανάστροφων ρηγμάτων.

3.4 Ρήγματα απομάκρυνσης ή ρήγματα έκτασης ή κανονικά ρήγματα

Η κατηγορία αυτή των ρηγμάτων, αντίθετα με την κατηγορία των ανάστροφων ρηγμάτων, προκαλείται από εφελκυστικές τάσεις, ενώ συνδέονται συνήθως με μια **επιμήκυνση ή έκταση** του γεωλογικού σχηματισμού κατά το οριζόντιο επίπεδο.

Τα κανονικά ρήγματα προκαλούν τις μεταπτώσεις των τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που βρίσκονται εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας με τρόπο ώστε το τμήμα που βρίσκεται πάνω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται προς τα κάτω ενώ το τμήμα που βρίσκεται κάτω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται αντίθετα προς τα πάνω.

Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών των κανονικών ρηγμάτων είναι συνήθως μεγάλη και κυμαίνεται από 50-75 μοίρες. Το ποσό της επιμήκυνσης των γεωλογικών σχηματισμών από τη δράση των κανονικών ρηγμάτων προκύπτει από την απόσταση κατά το οριζόντιο επίπεδο μεταξύ ενός σημείου ενός στρώματος και του αντίστοιχου σημείου του ίδιου στρώματος, μετά τη μετάπτωση.

Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερη γωνία κλίσης έχει η ρηξιγενής επιφάνεια του κανονικού ρήγματος, τόσο μικρότερη θα είναι και η αντίστοιχη επιμήκυνση του γεωλογικού σχηματισμού που παραμορφώνεται.

Η παρουσία πολλών κανονικών ρηγμάτων σε μια περιοχή έχει ως αποτέλεσμα ανάλογα με τις διευθύνσεις κλίσεων των αντίστοιχων ρηγμάτων τη δημιουργία χαρακτηριστικών τεκτονικών δομών που ονομάζονται **τεκτονικά κέρατα και τεκτονικές τάφροι ή τεκτονικά βυθίσματα**.

Παραδείγματα τέτοιων τεκτονικών κεράτων και τάφρων στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά. Αναφέρουμε για παράδειγμα τα τεκτονικά βυθίσματα της Βόλβης- Ρεντίνας και του Ανθεμούντα τα οποία με ανάπτυξη BBA-NNΔ κόβουν εγκάρσια σε γενικές γραμμές την κύρια ανάπτυξη των γεωλογικών σχηματισμών της Σερβομακεδονικής μάζας στις περιοχές βορειοανατολικά και ανατολικά της Θεσσαλονίκης.

Στην περίπτωση που ένα πλήθος μεταπτωτικών ρηγμάτων με την ίδια διεύθυνση κλίσης προκαλεί σταδιακή ταπείνωση μιας περιοχής προς τη μια κατεύθυνση, τότε μιλάμε για κλιμακωτή εμφάνιση των ρηγμάτων αυτών.

Τα κανονικά ρήγματα αποτελούν στο μεγαλύτερο μέρος τους διατμητικές ρηξιγενείς δομές που προήλθαν όμως δευτερογενώς από τη μετατροπή ρηξιγενών δομών εφελκυσμού σε κάποιο μεταγενέστερο στάδιο. Η δημιουργία των ρηγμάτων αυτών θα πρέπει να αποδοθεί σε μεταγενέστερες κινήσεις που προκλήθηκαν από την επίδραση κάποιας νεότερης και

ανεξάρτητης ως προς την πτύχωση παραμορφωτικής φάσης με διαφορετικές ίσως διευθύνσεις και φορά τάσεων.

3.5 Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης

Τα ρήγματα αυτά προκαλούν οριζόντια μετατόπιση των τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που βρίσκονται εκατέρωθεν της ρηξιγενής επιφάνειας ενώ συγχρόνως δεν παρατηρείται καμιά αξιόλογη μεταβολή των διαστάσεων του γεωλογικού σχηματισμού. Μεγάλων διαστάσεων ρήγματα χαρακτηρίζονται ως παραφορές.

Ανάλογα με τις σχετικές κινήσεις που λαμβάνουν χώρα στα τμήματα του γεωλογικού σώματος εκατέρωθεν του ρήγματος διακρίνουμε δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ρήγματα οριζόντιων μετατοπίσεων.

Τα **ρήγματα μετασχηματισμού** ανήκουν στην κατηγορία των ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης διαφέρουν όμως όπως τονίσθηκε από αυτά ως προς τον τρόπο γένεσης ενώ εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στις περιοχές των μέσο-ωκεάνιων ράχων.

3.6 Πλάγια ρήγματα

Παραπάνω περιγράφηκαν ρήγματα στα οποία οι κινήσεις που έλαβαν χώρα ήταν κάθετα ή παράλληλα στην παράταξή τους. Με την παραδοχή αυτή διακρίθηκαν ανάλογα σε κανονικά ρήγματα σε ανάστροφα ρήγματα και σε ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Παρατηρούνται κινήσεις των δύο τμημάτων εκατέρωθεν του ρήγματος, πλάγια στην παράταξή του. Σε τέτοια ρήγματα λοιπόν οι μετατοπίσεις γίνονται κατά τη συνισταμένη μιας κάθετης και μιας παράλληλης προς την παράταξή τους κίνησης.

Σε τέτοιες περιπτώσεις αναφερόμαστε σε πλάγια κανονικά ή πλάγια ανάστροφα ρήγματα ανάλογα της κίνησης των δύο τεμαχίων εκατέρωθεν της ρηξιγενής επιφάνειας.

Στα πλάγια ρήγματα όσο μεγαλώνει η συνιστώσα της οριζόντιας κίνησης, τόσο αυτά πλησιάζουν να μετατραπούν σε ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Αντίθετα όσο ελαττώνεται η συνιστώσα της οριζόντιας κίνησης τα πλάγια ρήγματα τείνουν να μετατραπούν σε κανονικά ή ανάστροφα ρήγματα.

3.7 Σχέσεις μεταξύ της διεύθυνσης κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών και των γεωλογικών σχηματισμών

Τόσο σε κανονικά όσο και σε ανάστροφα ρήγματα η διεύθυνση κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών τους, είναι δυνατόν να συμπίπτει ή να είναι αντίθετη με τη διεύθυνση κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών που διαρηγνύουν.

Στην πρώτη περίπτωση μιλάμε για συνθετικά ρήγματα και στη δεύτερη για αντιθετικά ρήγματα. Ανάλογα λοιπόν με το χαρακτήρα του ρήγματος, διακρίνουμε αντιθετικά ή συνθετικά ανάστροφα ή πλάγια ανάστροφα ρήγματα, αντιθετικά ή συνθετικά κανονικά ή πλάγια κανονικά ρήγματα.

Οι γωνίες κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών αντίστοιχα είναι δυνατόν να είναι είτε μικρότερες είτε μεγαλύτερες των γωνιών κλίσεων των γεωλογικών σχηματισμών. Μια σειρά σχέσεων μεταξύ των διευθύνσεων και γωνιών κλίσεων ρηξιγενών επιφανειών και επιφανειών στρώσεως ή σχιστότητας σε αντιθετικά και συνθετικά ρήγματα απεικονίζεται σε τομή στο παρακάτω σχήμα.

3.8 Ρηξιγενής επιφάνεια και υλικά πλήρωσης των ρηγμάτων

Οι επιφάνειες κατά μήκος των οποίων συμβαίνουν οι μετατοπίσεις των γεωλογικών σχηματισμών, αποτελούν τις **ρηξιγενείς επιφάνειες**. Οι ρηξιγενείς επιφάνειες εμφανίζονται συνήθως στιλπνές και λείες και χαρακτηρίζονται ως Harnisch- επιφάνειες ή ως «**καθρέφτης ρήγματος**» ή ως **κατοπτρικές επιφάνειες**. Το στιλβωμένο επικάλυμμα της ρηξιγενής επιφάνειας, αποτελείται από λεπτόκοκκο μυλονιτιωμένο πέτρωμα και συχνά φέρει φυλόμορφα ορυκτά, χαλαζία, ασβεστίτη, ορυκτά της αργίλου.

Πάνω στον «καθρέφτη» του ρήγματος αν δεν έχει επιδράσει σε μεγάλο βαθμό η διάβρωση, παρατηρούνται σχεδόν πάντα οι γραμμές ολίσθησης.

Οι γραμμές αυτές μοιάζουν με νυχιές πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια. Σχηματίζονται από την τριβή σκληρών υλικών τα οποία λόγω της αντίθετης κίνησης των δύο τεμαχών εκατέρωθεν του ρήγματος σύρθηκαν πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια. Πρόκειται λοιπόν για μικροαυλακώσεις και μικροράχεις που πολλές φορές φέρουν στη μικροκλίμακα μια ελαφριά κλίνουσα και μια απότομη κλίνουσα πλευρά, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κλιμακωτές δομές που υποδηλώνουν έτσι τη φορά της κίνησης.

Οι γραμμές ολίσθησης κατά τη μελέτη των ρηγμάτων αποτελούν ένα σημαντικό γραμμικό στοιχείο, γιατί η διάταξη τους μας δείχνει τη διεύθυνση της τελευταίας κίνησης που έλαβε χώρα. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου πάνω σε μια ρηξιγενή επιφάνεια

παρατηρούνται γραμμώσεις με διαφορετικές διευθύνσεις οπότε πλέον έχουμε ένα στοιχείο για τη μελέτη της κινητικής εξέλιξης του ρήγματος, διότι κάθε διαφορετική κίνηση θα δημιουργήσει και διαφορετικής διεύθυνσης γράμμωση ολίσθησης.

Οι γραμμές ολίσθησης σε επωθήσεις ή μεταπτώσεις τοποθετούνται κάθετα στην παράταξη του ρήγματος ή παράλληλα στη διεύθυνση κλίσης του. Αντίθετα σε ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης τοποθετούνται παράλληλα στην παράταξη ή κάθετα στη διεύθυνση κλίσης του ρήγματος.

Κατά τη παρατήρηση στο ύπαιθρο θα πρέπει να εξακριβώσουμε και τη σχετική φορά κίνησης των τεμαχίων εκατέρωθεν του ρήγματος που αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την τεκτονική ανάλυση μιας ρηξιγενούς δομής.

Οι παρακάτω ενδείξεις θα μας οδηγήσουν στην ανάλυση της φοράς των επιμέρους κινήσεων εκατέρωθεν του ρήγματος:

α) Λόγω της **κλιμακωτής μικροδομής** των γραμμώσεων ολίσθησης, εάν τοποθετήσουμε την παλάμη μας πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια και την κινήσουμε πάνω κατά τη διεύθυνση της κίνησης που θα μας τη φανερώσουν οι γραμμές κίνησης τότε η φορά της κίνησης του τμήματος που βρίσκεται προς το μέρος που στεκόμαστε θα πρέπει να είναι αντίθετη προς τη φορά κίνησης του χεριού που θα παρατηρηθεί η μεγαλύτερη αντίσταση.

β) Οι **μικροκάμψεις** των γεωλογικών σχηματισμών εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας.

γ) **Η παρουσία πτεροειδών διακλάσεων** Ο τρόπος της αναγνώρισης των σχετικών κινήσεων σύμφωνα με την τοποθέτηση των πτεροειδών διακλάσεων.

δ) **Η παρουσία ασύμμετρων μικροπτυχών** με φορά κοντά στη ρηξιγενή επιφάνεια. Η φορά των πτυχών μας δείχνει και τη φορά της κίνησης.

ε) **Η παρουσία σφηνοειδών ρωγμών**. Η φορά της κίνησης τοποθετείται κατά την ανάπτυξη της οξείας γωνίας που σχηματίζεται από τη σφηνοειδή ρωγμωση και τη ρηξιγενή επιφάνεια. Οι σφηνοειδείς ρωγμές εμφανίζονται συνήθως πληρωμένες με μεταγενέστερο υλικό που μπορεί να είναι αργιλικό, ασβεστίτικο, χαλαζιακό.

στ) **Η διάταξη τεμαχίων** που αποκολλήθηκαν από τον ένα από τους δύο σχηματισμούς εκατέρωθεν του ρήγματος και ενσωματώθηκαν στον άλλον κατά την κίνηση, μας δείχνει τη φορά των επί μέρους κινήσεων. Η διεύθυνση κλίσης αυτών βρίσκεται συνήθως αντίθετη της φοράς της κίνησης.

Μέσα στα ρήγματα ή σε ζώνες ρηγμάτων παρατηρούνται ισχυρά τεκτονισμένα μέλη των πετρωμάτων που παραμορφώνονται και τα οποία συνοδεύονται από υλικά που αποθέτει

το νερό που κυκλοφορεί στο ρήγμα όπως ασβεστίτη, χαλαζία, άργιλλο. Τα υλικά αυτά αποτελούν τα υλικά πλήρωσης των ρηξιγενών δομών.

Από την ισχυρή τριβή που αναπτύσσεται στα σημεία των ρηγμάτων λόγω της αντίθετης κίνησης των δύο τεμαχών εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας δημιουργείται αρχικά ένα τεκτονικό λατυποπαγές. Αυτό αποτελεί ένα συνεκτικό κατακλασμένο σχηματισμό που συνίσταται από συνδετική ύλη και γωνιώδη θραύσματα των γειτονικών πετρωμάτων, σε αντίθεση με το ιζηματογενές λατυποπαγές, στο οποίο δεν παρατηρείται η ισχυρή κατάκλαση και η τέλεια γωνιώδη ανάπτυξη των συστατικών του.

Συχνή είναι η εμφάνιση πολλών διαδοχικών ρηξιγενών επιφανειών μεταξύ δύο κύριων ακραίων ρηγμάτων οπότε στην προκειμένη περίπτωση μιλάμε για μια ρηξιγενή ζώνη. Μεταξύ των δύο ακραίων ρηγμάτων της ρηξιγενούς ζώνης μετατοπίζονται τα διάφορα τεμάχια κατά μήκος των συνοδών ρηξιγενών επιφανειών με αποτέλεσμα να εμφανίζονται ισχυρά τεκτονισμένα και να συνοδεύονται από τη δημιουργία διαδοχικών μυλωνιτών σε όλο το πλάτος της ρηξιγενούς ζώνης.

Ρηξιγενείς ζώνες αναπτύσσονται τόσο από ανάστροφα όσο και από κανονικά ρήγματα. Στην πρώτη περίπτωση μιλάμε για ζώνη λεπιώσεων και στη δεύτερη περίπτωση για ζώνη κλιμακωτών μεταπτώσεων.

3.9 Αναγνώριση ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Κάποιοι παράγοντες όπως η διάβρωση, η φυτική κάλυψη, οι νέες προσχώσεις, η οικιστική ανάπτυξη δυσχεραίνουν συχνά την αναγνώριση ή χαρτογράφηση του ρήγματος στο ύπαιθρο έτσι ώστε μόνο με έμμεσες παρατηρήσεις να αποφανθούμε για την ύπαρξη ενός ρήγματος. Κατά την αναγνώριση ενός ρήγματος πρέπει να είμαστε προσεχτικοί στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον χαρακτηρισμό, το μέγεθος της ανάπτυξης, την κινητική και τη δυναμική του κατάσταση.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιες βασικές ενδείξεις που βοηθάνε στην αναγνώριση και στη μελέτη του ρήγματος.

α) Η παρουσία μιας κατοπτρικής επιφάνειας μας φανερώνει την ύπαρξη ενός ρήγματος μεταπτωτικού χαρακτήρα.

β) Η απότομη μεταβολή της γεωλογικής δομής και της πετρογραφικής σύστασης μιας περιοχής καθώς και της γωνίας κλίσης ή της παράταξης ενός γεωλογικού σχηματισμού αποτελούν σημαντικές ενδείξεις για την παρουσία ενός δείγματος. Εξ άλλου η απότομη

αύξηση του πάχους προσχώσεων ή νεογενών σχηματισμών στην επαφή τους με κάποιο υπόβαθρο, φανερώνει την ύπαρξη κάποιας ρηξιγενής δομής.

γ) **Τεκτονικά λατυποπαγή ή υλικό μυλωνίτου**, διατεταγμένα κατά ζώνες αποτελούν σημαντικό κριτήριο για την αναγνώριση ρηξιγενών δομών. Τα τεκτονικά λατυποπαγή τοποθετούνται συνήθως σε γωνιώδη ασυμφωνία με τα γειτονικά πετρώματα. Στα τεκτονικά λατυποπαγή που συνδέονται με επωθήσεις ή επιπτεύσεις η συνδετική ύλη και τα γωνιώδη θραύσματα αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Η συνδετική τους ύλη εμφανίζεται συνήθως ως μυλωνίτης και δεν περιέχει φερτά ξένα υλικά, λόγω της μικρής δυνατότητας κυκλοφορίας των διαλυμάτων σε ζώνες τέτοιων λατυποπαγών.

Αντίθετα στα τεκτονικά λατυποπαγή, που συνδέονται με μεταπτωτικά ρήγματα ή ρωγμές η συνδετική ύλη αποτελείται και από φερτά υλικά ή νεοσχηματισθέντα ορυκτά που αποτίθενται από τα διαλύματα που κυκλοφορούν σε ζώνες τέτοιων λατυποπαγών.

Οποσδήποτε όμως μια σειρά συμπληρωματικών παραγόντων είναι δυνατόν να αλλοιώσει τα γενικά χαρακτηριστικά των τεκτονικών λατυποπαγών έτσι ώστε για την αναγνώριση μιας επώθησης ή μιας μετάπτωσης δεν μπορούμε να στηριχθούμε μόνο στο χαρακτήρα των διάφορων τεκτονικών λατυποπαγών.

δ) Η **μορφολογία μιας περιοχής** μας βοηθάει πολλές φορές στην ανεύρεση ενός ρήγματος.

ε) Η **διαφορά της βλάστησης** σε ορισμένες περιοχές συνδέεται πολλές φορές με την ύπαρξη ρηγμάτων.

στ) Οι **αεροφωτογραφίες** αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα διαγνωστικά μέσα των ρηξιγενών δομών. Ρήγματα και μεγάλα συστήματα ρωγμών που αναγνωρίζονται πολύ δύσκολα κατά τις εργασίες υπαίθρου είναι δυνατόν να αποκαλυφθούν με μεγάλη ακρίβεια στην αεροφωτογραφία και να τοποθετηθούν στο γεωλογικό χάρτη.

ζ) Στην περίπτωση που διαπιστώσουμε από στρωματογραφικά ή τεκτονικά δεδομένα, ότι ένας παλιότερης ηλικίας σχηματισμός υπέρκειται ενός νεότερης ηλικίας είμαστε σίγουροι ότι η μεταξύ τους σχέση θα είναι τεκτονική και ότι ο υπερκείμενος γεωλογικός σχηματισμός επωθήθηκε πάνω στον υποκείμενο νεότερό του.

Αντίθετα η αναγνώριση επωθητικών ρηγμάτων στην περίπτωση που νεότερης ηλικίας γεωλογικοί σχηματισμοί επωθούνται πάνω σε παλαιότερης ηλικίας πετρώματα, ιδίως όταν οι στρώσεις των νεότερων ή και των παλαιότερων σχηματισμών βρίσκονται σε συμφωνία με την επιφάνεια της επώθησης αποτελεί τις περισσότερες φορές ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα.

Σε μια τέτοια διάταξη γεωλογικών σχηματισμών βρισκόμαστε πάντα σε αμφιβολία εάν μεταξύ τους υπάρχει στρωματογραφική συμφωνία ή ασυμφωνία ή αν υπάρχει τεκτονική επαφή.

Η ανεύρεση τεκτονικών λατυποπαγών ή σχιστοποιημένων ζωνών στα όρια των σχηματισμών δεν αποτελεί σοβαρό κριτήριο για την τεκτονική τους σχέση. Διότι ακόμη και όταν υπάρχει στρωματογραφική επαφή μεταξύ δύο ανομοιογενών υλικών είναι δυνατόν, χωρίς τη δράση κάποιου αξιόλογου ανάστροφου ρήγματος, να δημιουργηθούν τεκτονικά λατυποπαγή ή ζώνες τεκτονισμού.

Η ανεύρεση ενός κροκαλοπαγούς επίκλυσης θα έδινε σοβαρά στοιχεία για τον χαρακτηρισμό της επαφής τους ως στρωματογραφική.

Μια επιφάνεια επαφής ανώμαλη που θα προήλθε προφανώς από τη διάβρωση του υποκείμενου σχηματισμού σε περίοδο χέρσευσης, θα έδινε πρόσθετα στοιχεία για μια στρωματογραφική επαφή.

Βαθμιαία μετάβαση του υποκείμενου γεωλογικού σχηματισμού προς τον υπερκείμενο, δείχνει επίσης μια στρωματογραφική επαφή.

Υπολείματα καρστικών σχηματισμών ή γενικά ενδείξεις ηπειρωτικής επεξεργασίας του υποκείμενου σχηματισμού στην επαφή του με τον υπερκείμενο συνηγορούν για στρωματογραφική επαφή.

Αντίθετα η παρατήρηση θραυσμάτων του υποκείμενου σχηματισμού ενσωματωμένα στη βάση του υπερκείμενου σχηματισμού σε συνδυασμό με μια έντονη τεκτονική καταπόνηση της περιοχής επαφής των δύο σχηματισμών δείχνει σαφώς τεκτονική επαφή.

Όταν η στρώση του νεότερου υπερκείμενου σχηματισμού βρίσκεται σε ασυμφωνία με μια ισχυρά τεκτονισμένη επιφάνεια επαφής των δύο σχηματισμών, τότε μιλάμε για επωθητικό φαινόμενο.

3.10 Γεωλογικά στοιχεία

Τα επιφανειακά και γραμμικά στοιχεία αποτελούν εκφράσεις των τεκτονικών-γεωλογικών δομών. Το μεγαλύτερο μέρος των γεωλογικών-τεκτονικών δομών εκφράζεται είτε ως επιφανειακό είτε ως γραμμικό στοιχείο. Η γένεσή τους αποδίδεται σε φαινόμενα ιζηματογένεσης, διαγένεσης, μεταμόρφωσης, μαγματισμού και τεκτογένεσης.

- Τα **ιζηματογενή φαινόμενα** είναι διεργασίες που γίνονται στην επιφάνεια της γης και στηρίζονται στις επί μέρους διεργασίες της διάβρωσης, αποσάθρωσης, μεταφοράς και απόθεσης υλικών.

- Τα φαινόμενα της **διαγένεσης** είναι διεργασίες που γίνονται στην επιφάνεια της γης ή σε ένα μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια και επιδρούν στα ιζηματογενή πετρώματα μετά το στάδιο της απόθεσης τους. Με αυτά συνδέεται η αποξήρανση και μετατροπή του ιζήματος σε συμπαγή σχηματισμό, καθώς επίσης η ανακρυστάλλωση ή ο σχηματισμός νέων ορυκτών.

- **Μαγματικά** φαινόμενα είναι διεργασίες κατά τις οποίες από την ψύξη και κρυστάλλωση ενός πυριτικού τήγματος(μάγμα), σχηματίζονται τα μαγματικά πετρώματα. Όταν η κρυστάλλωση αυτή γίνει στην επιφάνεια της γης ή σε μικρό βάθος δημιουργούνται ως γνωστό τα ηφαιστειακά πετρώματα όπως για παράδειγμα βασάλτης. Κρυστάλλωση του μάγματος σε μεγαλύτερο βάθος έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό των plutonικών πετρωμάτων καθώς επίσης και μεγάλου μέρους των φλεβικών πετρωμάτων.

- **Φαινόμενα μεταμόρφωσης** αποτελούν διεργασίες κατά τις οποίες προκαλούνται μεταβολές στις ορυκτολογικές παραγενέσεις των πετρωμάτων καθώς και στην υφή τους. Οι μεταβολές αυτές γίνονται συνήθως ενώ ακόμη το πέτρωμα βρίσκεται σε στερεά κατάσταση και οφείλονται στο γεγονός ότι το πέτρωμα βρέθηκε για μια ορισμένη αιτία σε διαφορετικές φυσικό-χημικές συνθήκες από αυτές του πρωταρχικού περιβάλλοντος όπου σχηματίσθηκε.

- **Τεκτονικά φαινόμενα** είναι οι διεργασίες κατά τις οποίες δημιουργούνται μηχανικές παραμορφώσεις στους γεωλογικούς σχηματισμούς από την επίδραση τεκτονικών δυνάμεων. Εκφράζονται σε κάμψεις και σε διαρρήξεις.

3.11 Επιφανειακά στοιχεία

1.Επιφάνειες στρώσεως. Παράλληλες στη στρώση των ιζηματογενών πετρωμάτων επιφάνειες διαχωρισμού. Διαχωρίζουν τα ιζηματογενή πετρώματα στις επί μέρους μικρομονάδες, τα στρώματα.

2.Επιφάνειες ασυνεχειών. Αποτελούν επιφάνειες διαχωρισμού γεωλογικών σωμάτων και διαχωρίζουν σειρές ή τύπους πετρωμάτων διαφορετικής συστάσεως, αποχρώσεως, υφής και πολλές φορές ηλικίας. Συνήθως φανερώνουν ένα χρονικό κενό μεταξύ των σχηματισμών που διαχωρίζουν.

Οφείλονται σε φαινόμενα ιζηματογενή, μαγματικά, μεταμόρφωσης και τεκτονικά. Τα πετρώματα που διαχωρίζουν οι επιφάνειες αυτές βρίσκονται σε συμφωνία ή ασυμφωνία.

3.Επιφάνειες διασταυρωμένης στρώσης. Κεκαμμένες επιφάνειες μέσα σε στρώματα ιζηματογενών πετρωμάτων που προήλθαν λόγω μεγαλύτερης ταχύτητας ροής του νερού στα σημεία.

4.Τραπεζοειδείς επιφάνειες. Επιφάνειες αποχωρισμού, με μικρή συνήθως γωνία κλίσεως σε μαγματίτες και μεταμορφωμένα πετρώματα, αποτέλεσμα προσανατολισμού ορυκτών.

5.Επιφάνειες κατατμήσεων. Επιφάνειες διαχωρισμού στα πετρώματα. Σχηματίζονται είτε από τεκτονική παραμόρφωση, είτε στο στάδιο της διαγένεσης ενός ιζήματος, είτε στο στάδιο κρυσταλλώσεως ενός μάγματος.

Ανάλογα με τη γεωμετρική τοποθέτησή τους ως προς τα υπόλοιπα στοιχεία δομής των γεωλογικών σχηματισμών, είναι δυνατόν οι κατατμήσεις να διακριθούν σε επιμήκεις, εγκάρσιες, οριζόντιες και διαγώνιες.

6. Επιφάνειες ρηγμάτων. Τεκτονικές επιφάνειες διαχωρισμού κατά μήκος των οποίων μετατοπίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί.

Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των τμημάτων του πετρώματος που βρίσκονται εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας, τα ρήγματα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες ομάδες:

α) Ανάστροφα

β)Κανονικά

γ)Ρήγματα οριζόντιων μετατοπίσεων.

7.Επιφάνειες σχιστότητας. Παράλληλες ή ριπιδοειδείς διατεταγμένες επιφάνειες διαχωρισμού σε τεκτονικά παραμορφωμένα πετρώματα. Οι επιφάνειες αυτές βρίσκονται συνήθως σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Κατά μήκος των επιφανειών αυτών παρατηρούνται μικρής κλίμακας μετακινήσεις των τμημάτων του πετρώματος, φαινόμενα διαλύσεως, ανακρυστάλλωσης ορυκτών και σχηματισμός νέων ορυκτών.

3.12 Γραμμικά στοιχεία

α) Τεκτονικά γραμμικά στοιχεία

α1) **Γράμμωση διατομής.** Πρόκειται για γράμμωση που προκύπτει από την τομή δύο διασταυρωμένων επιφανειών, ετεροειδών ή ομοειδών.

α2) **Αξονες πτυχής.** Γράμμωση που προκύπτει από τη σύνδεση των σημείων της εντονότερης κάμψης ενός κεκαμμένου γεωλογικού σχηματισμού. Από τη σύνδεση των υψηλότερων ή χαμηλότερων σημείων της κάμψης προκύπτει η κορυφαία και πυθμαία γράμμωση της πτυχής.

α3) **Γράμμωση ολίσθησης.** Γραμμώσεις στις επιφάνειες των ρηγμάτων, που αποτελούν ενδείξεις των επί μέρους κινήσεων, των τμημάτων που βρίσκονται εκατέρωθεν του ρήγματος.

α4) **Γράμμωση** που προκύπτει από τον **προσανατολισμό επιμήκων ή επιμηκυσμένων**, μετά από τεκτονική καταπόνηση, **ορυκτών, κροκάλων** ή και **ορυκτολογικών συσσωματωμάτων**. Συνδέεται, κυρίως, με μεταμορφωμένα ή ισχυρά τεκτονισμένα πετρώματα τους τεκτονίτες.

β) Γραμμώσεις συνδεδεμένες με ιζηματογένεση

β1) **Στενές αυλακώσεις** στις πάνω επιφάνειες στρωμάτων των ιζηματογενών πετρωμάτων. Προκύπτουν από τη μεταφορά και την τριβή πάνω στο μαλακό ίζημα σκληρότερων υλικών όπως απολιθωμάτων, κροκάλων που γίνεται από τη δράση ισχυρών ρευμάτων ροής.

β2) Ρυτιδώσεις στις επιφάνειες των ιζημάτων που προκύπτουν από τη δράση του ανέμου, ρευμάτων ροής ή κυματοειδών κινήσεων του νερού.

β3) Γραμμώσεις στις επιφάνειες γεωλογικών σχηματισμών ή των μοραίνων που προκύπτουν κατά την κίνηση των παγετώνων. Σκληρά υλικά που κουβαλάει ο παγετώνας στη βάση του τρίβονται πάνω στο υπόβαθρο, όπου κινείται ο παγετώνας με αποτέλεσμα τη δημιουργία των χαρακτηριστικών γραμμώσεων.

γ) Γραμμώσεις σε μαγματίτες

γ1) Γράμμωση που προκύπτει από τον προσανατολισμό επίμηκων ορυκτών ή ορυκτολογικών συσσωματωμάτων ως αποτέλεσμα της κίνησης του μάγματος. Η γράμμωση αυτή αντιγράφει συνεπώς τη διεύθυνση της ροής του μάγματος.

γ2) **Γραμμικοί σχηματισμοί** πάνω στην εξωτερική επιφάνεια ηφαιστειακών πετρωμάτων που σχηματίζονται λόγω της ροής του μάγματος.

γ3) **Γραμμικός προσανατολισμός** από φυσαλίδες αερίων σε ηφαιστειακά πετρώματα.

3.13 Καθορισμός της θέσεως στο χώρο των επιφανειακών στοιχείων

Η θέση μιας γεωλογικής επιφάνειας καθορίζεται και αναπαριστάται πλήρως με τρεις παραμέτρους:

1) **Παράταξη(διεύθυνση)** Ως παράταξη επιφάνειας χαρακτηρίζεται η γωνία (αζιμούθιο) που σχηματίζει η διεύθυνση μιας οριζόντιας ευθείας πάνω στην επιφάνεια αυτή, με το μαγνητικό βορρά. Η παράταξη μιας κεκλιμένης ή κατακόρυφης επιφάνειας είναι ίδια σε κάθε σημείο της επιφάνειας αυτής. Αντίθετα η

παράταξη μιας οριζόντιας επιφάνειας μπορεί να λάβει άπειρες τιμές, με αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή να μην είναι δυνατός ο ορισμός της.

2) **Γωνία κλίσης** Ως γωνία κλίσης επιφάνειας χαρακτηρίζεται η γωνία που σχηματίζει το οριζόντιο επίπεδο με τη μέγιστη κλίση της επιφάνειας.

3) **Διεύθυνση κλίσης** Ως διεύθυνση χαρακτηρίζεται η διεύθυνση προς την οποία βυθίζεται η επιφάνεια. Η διεύθυνση αυτή βρίσκεται κάθετα στην παράταξη.

3.14 Γενικά για την τεκτονική της Τήνου

Η τεκτονική της Τήνου μπορεί να χαρακτηριστεί σαν τεκτονική πτυχών, ρηγμάτων και πιθανών επωθήσεων. Το σημαντικότερο στοιχείο είναι μια αντίκλινη πτυχή (αντιφόρμα), που αφορά σε ολόκληρη σχεδόν τη νήσο, ο άξονας της οποίας στον μεν κύριο « κορμό » της έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ στο δε ανατολικό τμήμα της στρέφεται ομαλά προς ΒΑ, ενώ ταυτόχρονα βυθίζεται προς την ίδια κατεύθυνση. Τοπικές ασυνέχειες του άξονα που προαναφέρθηκε (σαν συνέπεια της νεότερης τεκτονικής εγκαρσίων ρηγμάτων και πιθανώς επωθήσεων) και η ύπαρξη παράλληλων αξόνων συγκλίνων (συνφόρμες) της ίδιας τάξης είναι συνηθισμένα μάλλον φαινόμενα.

Από την μέχρι τώρα έρευνα διαπιστώθηκε η ύπαρξη τουλάχιστον δύο ακόμη κατηγοριών πτυχών. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν πτυχές, οι άξονες των οποίων έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, ενώ στη δεύτερη πτυχές με άξονες διευθύνσεων Β-Ν. Κλασικά παραδείγματα για τις πτυχές της πρώτης κατηγορίας παρέχουν τα ΝΑ και ΒΔ ακραία διαμερίσματα της νήσου, δηλαδή οι περιοχές των ορεινών μορφολογικών μονάδων Τσικνιάς (ΝΑ διαμέρισμα) και Προφήτης Ηλίας (ΒΔ διαμέρισμα). Θεωρείται απαραίτητο να αναφερθεί, ότι οι άξονες των πτυχών και των δύο περιοχών βυθίζονται προς ΒΑ. Τα τρία συστήματα πτυχών που προαναφέρθηκαν αντιστοιχούν μάλλον και σε τρεις πτυχωμένες παραμορφωτικές φάσεις, οι οποίες συνοδεύονται και από μεταμορφικά φαινόμενα. Καθοριστικές πάντως για την τεκτονική δομή και τη μορφολογία της νήσου είναι οι πτυχές με άξονες ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ.

Αποτέλεσμα του παραπάνω τύπου τεκτονικής είναι η δημιουργία ενός εκτεταμένου, επιμηκυμένου (με άξονα διεύθυνσης ΝΑ-ΒΔ), κυρτού προς ΝΔ και ασύμμετρου θόλου (ελλειψοειδούς βραχυαντικλίνου). Σαν βασικά αίτια της ασυμμετρίας του βραχυαντικλίνου θα πρέπει να θεωρηθούν η παρεμβολή του γρανιτικού σώματος μέσα στους μεταμορφίτες των ανατολικών διαμερισμάτων της νήσου, η ύπαρξη του συστήματος των πτυχών με άξονες διευθύνσεως ΝΔ-ΒΑ και η τεκτονική των ρηγμάτων των επωθήσεων. Χαρακτηριστικά

αναφέρεται, ότι ο ΝΔ τομέας του ελλειψοειδούς που προαναφέρθηκε βρίσκεται σήμερα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, συνέπεια ενός παράκτιου ρήγματος ΝΑ-ΒΔ διευθύνσεως. Το γεγονός ότι τα μέλη της ανώτερης σειράς των μεταμορφιτών περιορίζονται αποκλειστικά και μόνο στους περιθωριακούς τομείς της νήσου είναι το φυσικό επακόλουθο του τύπου της τεκτονικής που κυριαρχεί σ' αυτήν.

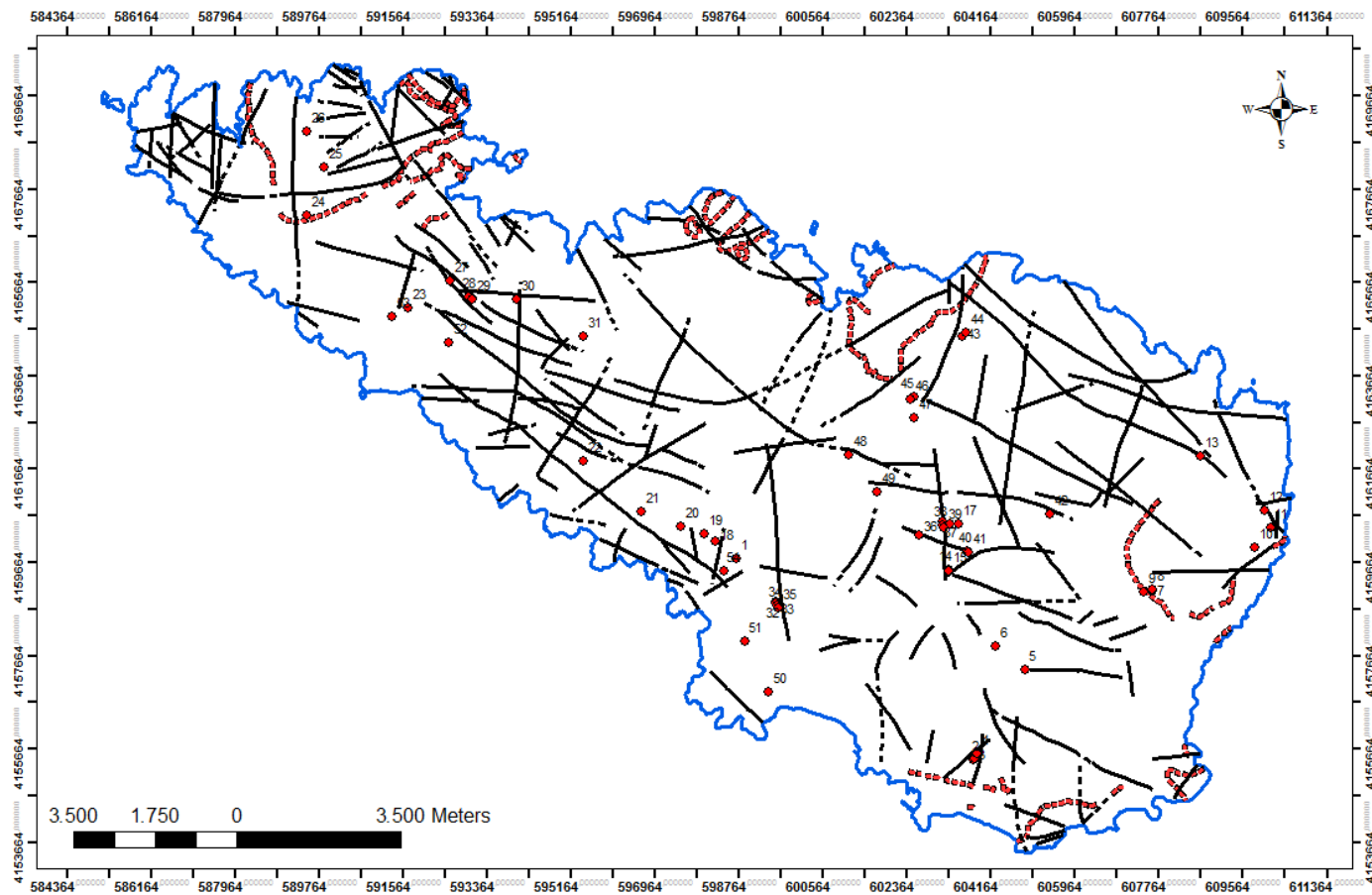
Το δεύτερο στοιχείο από το οποίο καθορίζεται η τεκτονική της νήσου είναι τα ρήγματα τα οποία διακρίνονται σε δύο ομάδες. Στην πρώτη υπάγονται τα ΝΑ-ΒΔ διευθύνσεως, τα οποία είναι και πολυπληθέστερα και περισσότερο εκτεταμένα από εκείνα της δεύτερης ομάδας. Ρήγματα της διευθύνσεως αυτής παρατηρούνται τόσο στο εσωτερικό της νήσου όσο και στις παράκτιες περιοχές της, μπορεί δε να θεωρηθεί ότι αυτά είναι τα γενεσιουργά της νήσου. Πρόκειται για νέας βεβαίως ηλικίας τεκτονικά στοιχεία, η παρουσία των οποίων ανάγεται στην εποχή της καταβυθίσεως της Αιγηίδος. Τα ρήγματα της δεύτερης ομάδας είναι σχετικά με εκείνα της πρώτης, πολύ λιγότερα η δε διεύθυνση τους είναι σχεδόν κάθετη εκείνης των προηγούμενων (ΒΒΑ-ΝΝΔ). Οι αποκλίσεις από τις διευθύνσεις που προαναφέρθηκαν είναι τόσο για τα ρήγματα της μιας όσο και για εκείνα της άλλης ομάδας, συνηθισμένες μάλλον.

3.15 Αποτελέσματα της τεκτονικής χαρτογράφησης και επεξεργασίας

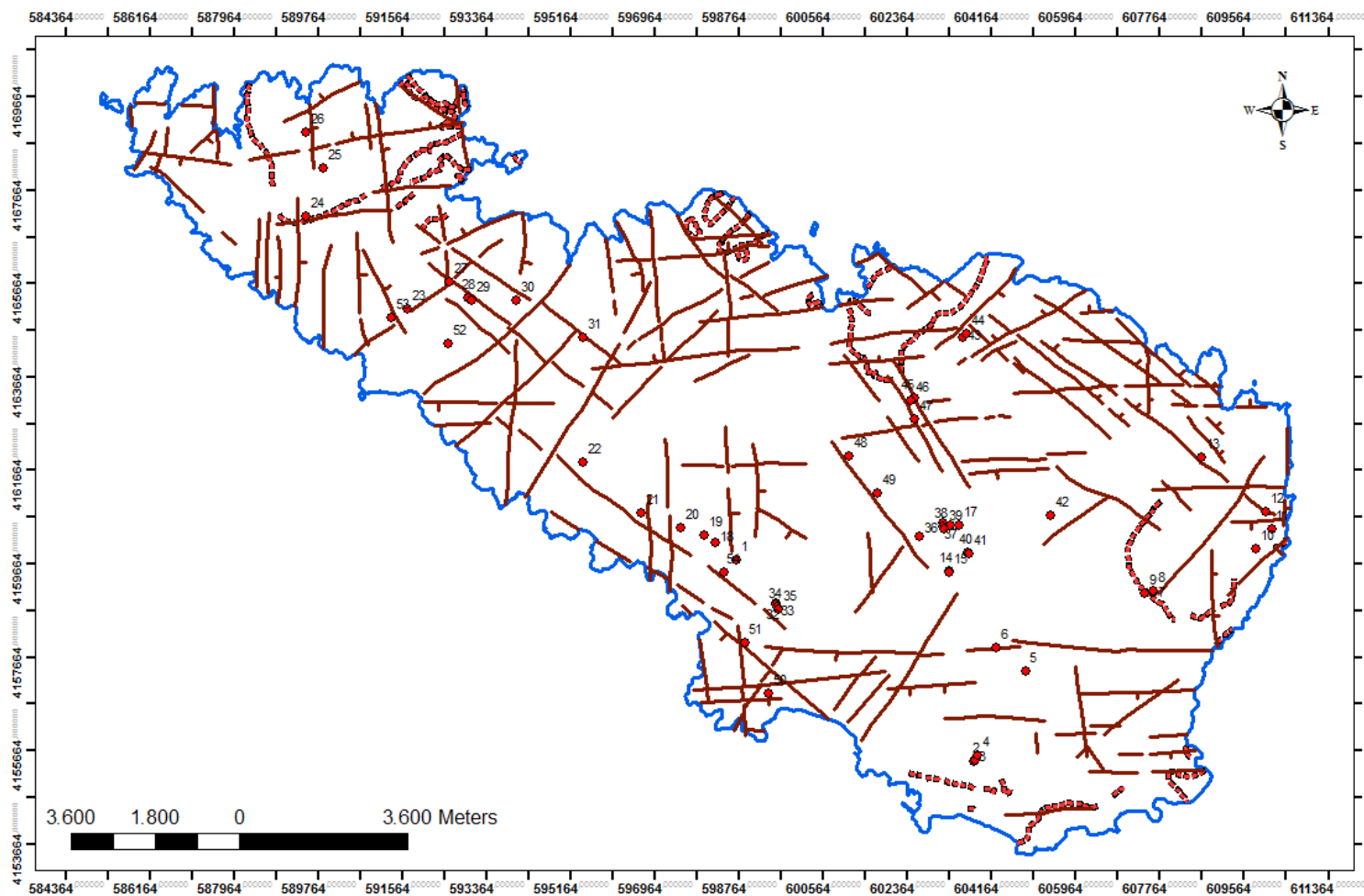
Στα σχήματα (3.2 – 3.6) που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την πρώτη φάση επεξεργασίας των τεκτονικών στοιχείων που καταγράφηκαν κατά την επίσκεψη στην Τήνο το καλοκαίρι του 2010. Τα ροδοδιαγράμματα απεικονίζουν την διεύθυνση και κλίση των μετρημένων τεκτονικών στοιχείων. Από την μελέτη των χαρτών προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Γενικά υπάρχει σύμπτωση των μετρήσεων υπαίθρου και των ρηγμάτων του γεωλογικού χάρτη της Τήνου 1:50000 (Ι.Γ.Μ.Ε) αλλά και των φωτογραμμώσεων.
2. Το παράκτιο τμήμα της Τήνου με μεγάλη πιθανότητα ελέγχεται από κανονικά ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και ΒΒΔ-ΝΝΑ με μέτριες προς μεγάλες κλίσεις.
3. Τα κανονικά ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, τα οποία είναι λιγότερα σε αριθμό σε σχέση με τα ΒΔ-ΝΑ, πιθανότατα ευθύνονται για την στολίδωση των ακτών, κόλπων και όρμων.

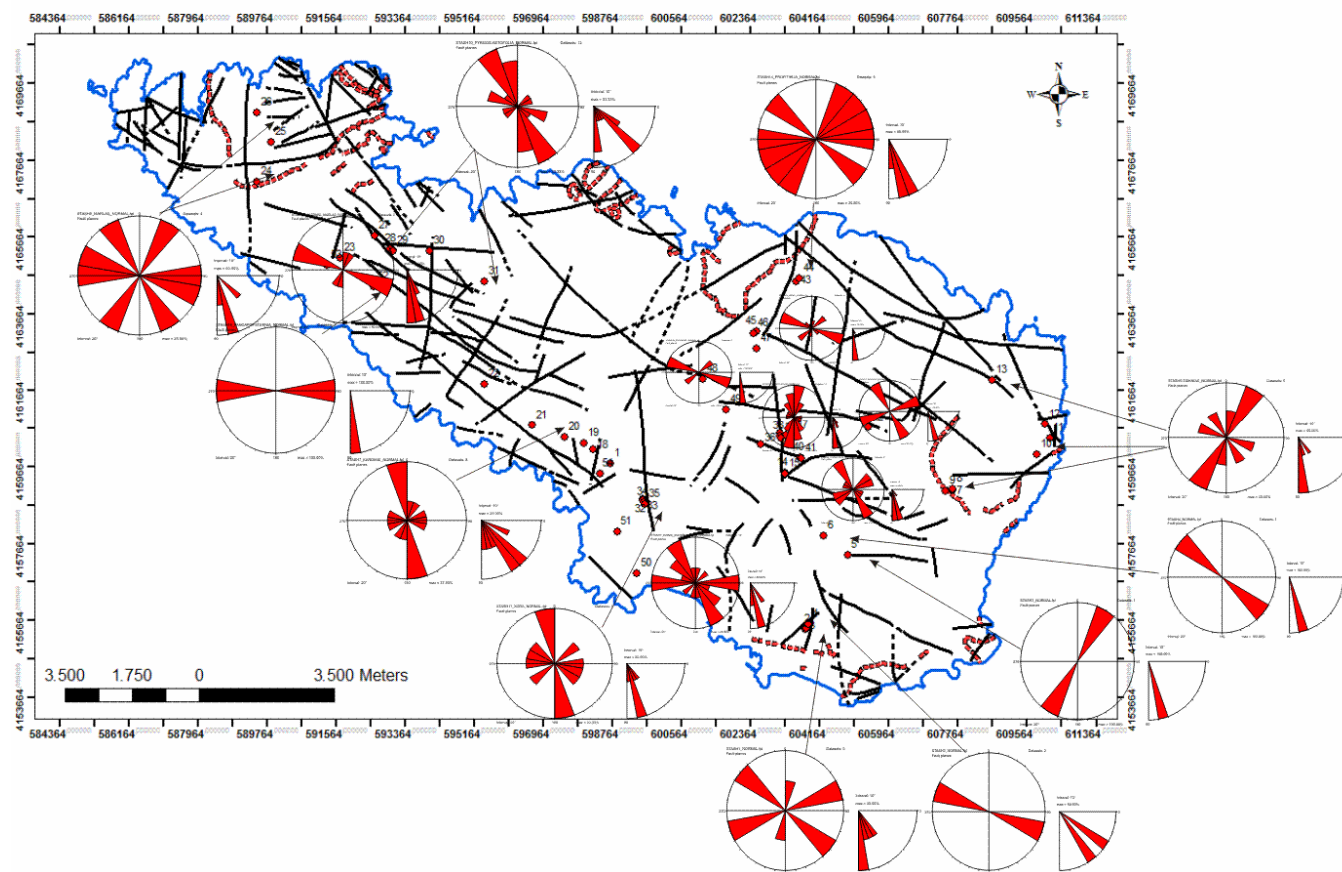
4. Τα ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ εντοπίζονται σε όλη την έκταση του νησιού.
5. Μια πρώτη εκτίμηση σχετικά με την ηλικία των κανονικών ρηγμάτων θα μπορούσε να είναι: Τα ρήγματα ΒΔ διεύθυνσης πρέπει να είναι σχετικά παλαιότερα ως προς τα ΒΑ. Τα ρήγματα ΒΝ διεύθυνσης είναι πιθανότατα νεότερα και λιγότερα. Τέλος ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης πρέπει να είναι τα νεότερα και πιθανότατα επαναδραστηριοποιημένα.
6. Τα ανάστροφα-επωθητικά ρήγματα παρουσιάζουν τις παρακάτω διευθύνσεις: ΑΝΑ-ΔΒΔ, ΒΑ-ΝΔ και Β-Ν.



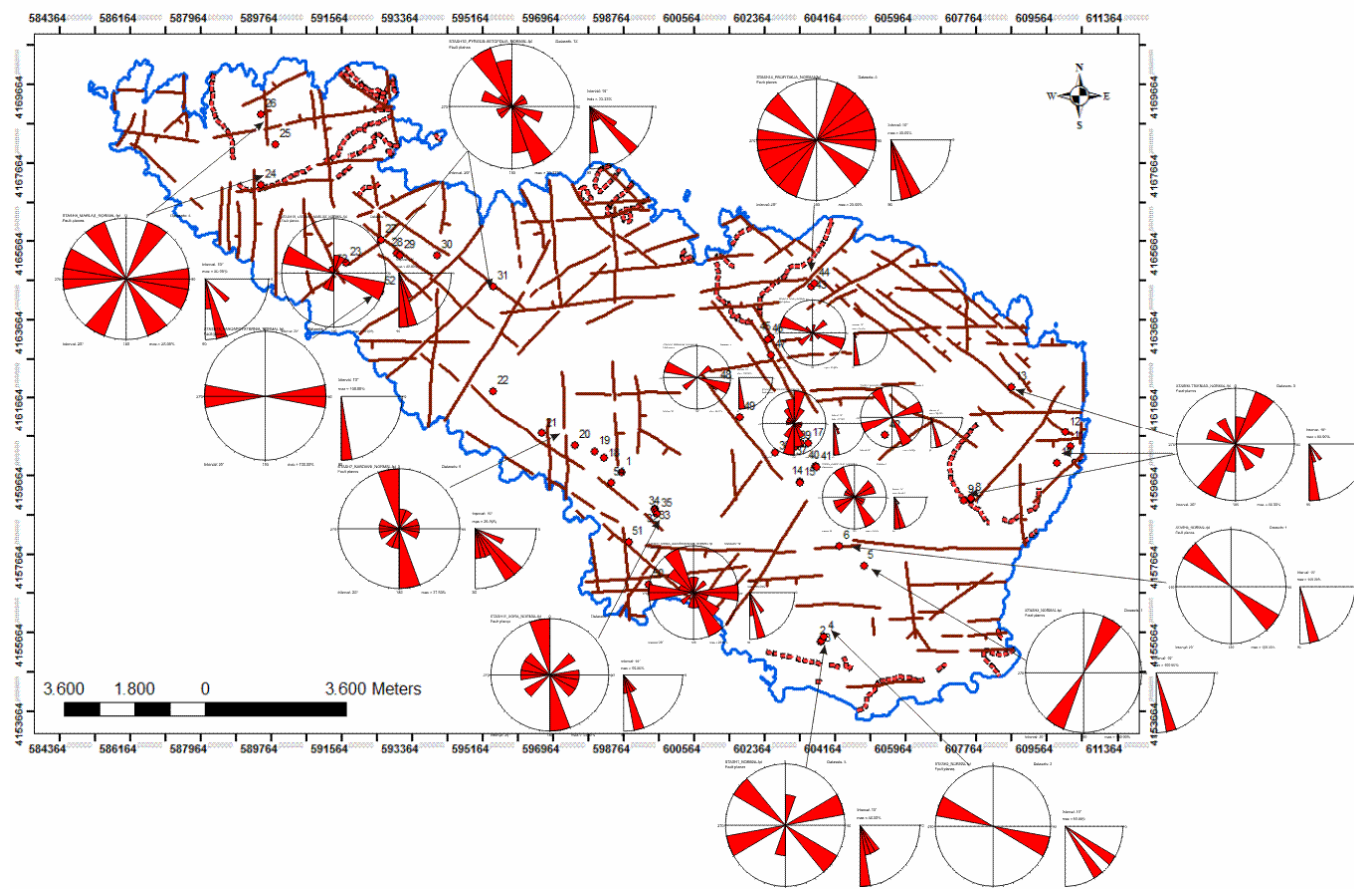
Σχήμα 3.2. Κατανομή των κανονικών (μαύρο) και ανάστροφων (κόκκινο) ρηγμάτων στο νησί της Τήνου (γεωλογικός χάρτης της Τήνου 1:50000, Ι.Γ.Μ.Ε.)



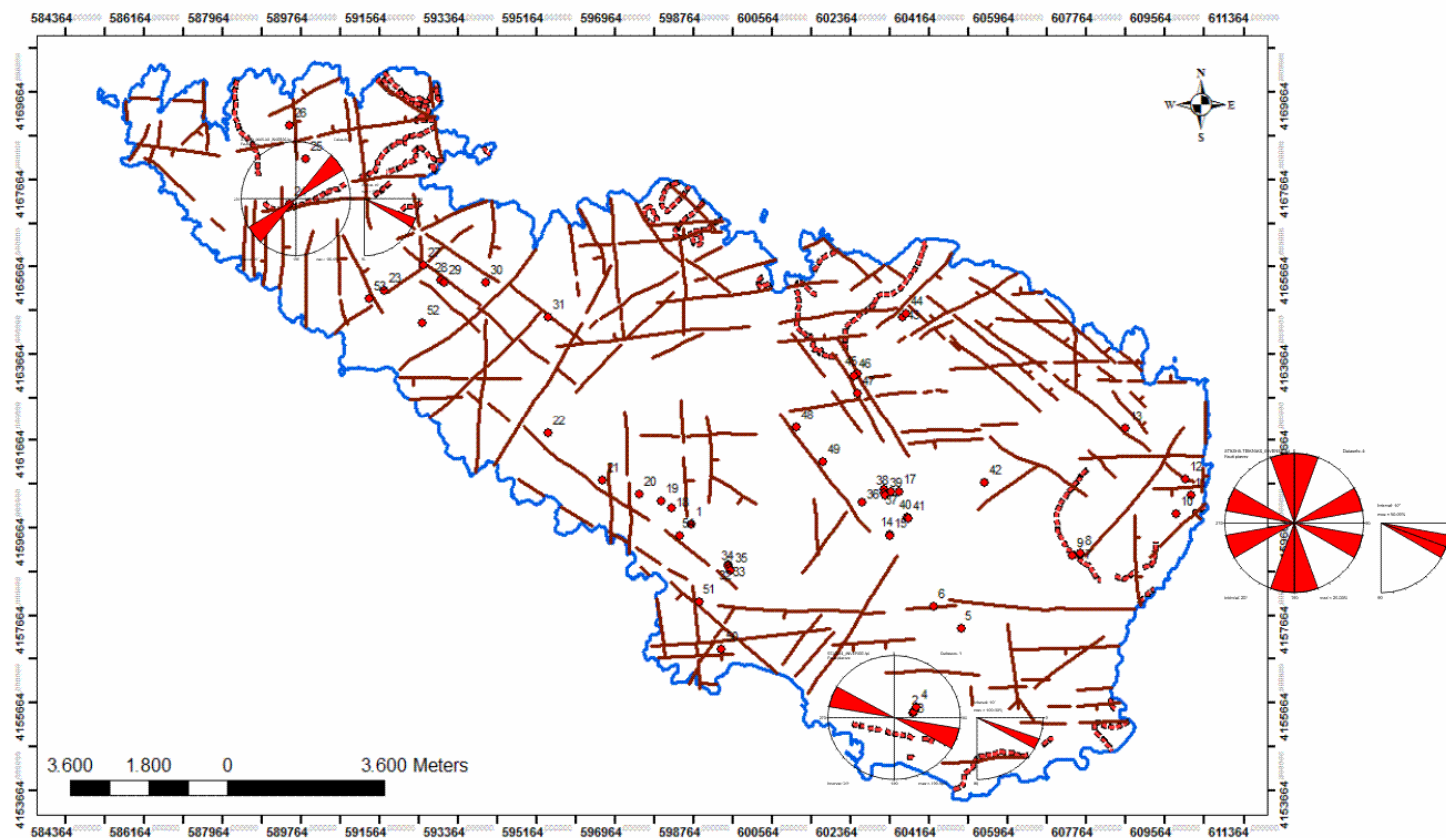
Σχήμα 3.3. Φωτογραμμώσεις στο νησί της Τήνου



Σχήμα 3.4. Κατανομή των κανονικών και ανάστροφων ρηγμάτων στο νησί της Τήνου (γεωλογικός χάρτης της Τήνου 1:50000, Ι.Γ.Μ.Ε.) και απεικόνιση των ροδοδιαγραμμάτων που αντιπροσωπεύουν την διεύθυνση και κλίση των μετρημένων κανονικών συστημάτων διάρρηξης



Σχήμα 3.5. Φωτογραμμώσεις στο νησί της Τήνου και απεικόνιση των ροδοδιαγραμμάτων που αντιπροσωπεύουν την διεύθυνση και κλίση των μετρημένων κανονικών συστημάτων διάρρηξης



Σχήμα 3.6. Φωτογραμμώσεις στο νησί της Τήνου και απεικόνιση των ροδοδιαγραμμάτων που αντιπροσωπεύουν την διεύθυνση και κλίση των μετρημένων ανάστροφων συστημάτων διάρρηξης

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας ερευνήθηκε σε πρώτη φάση το γεωλογικό και τεκτονικό καθεστώς της Τήνου. Συγκεκριμένα για να υλοποιηθεί η παρούσα εργασία συλλέχθηκαν αρχικά όλα τα διαθέσιμα στοιχεία (τοπογραφία, στρωματογραφία, υδρογραφικό δίκτυο, φωτογραμμώσεις, τεκτονικά στοιχεία) και δημιουργήθηκε ψηφιακή βάση σε ΓΣΠ. Το καλοκαίρι του 2010 έγινε η γεωλογική και τεκτονική χαρτογράφηση του νησιού.

5.2 Συμπεράσματα

Κάνοντας μια ανασκόπηση των όσων έχουν παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάζουμε τα κυριότερα συμπεράσματα.

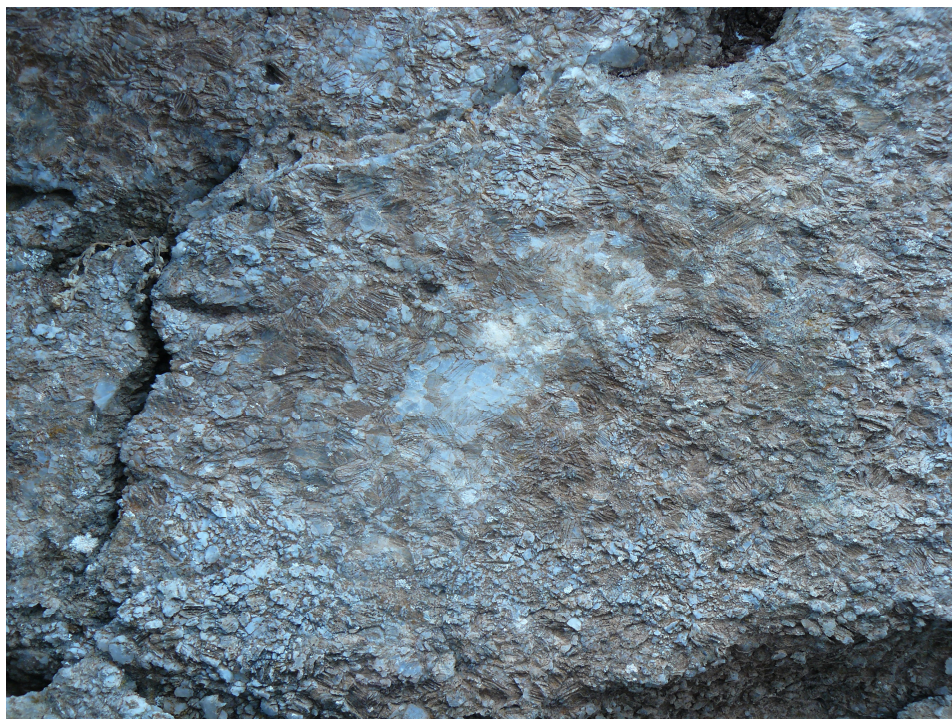
1. Γενικά υπάρχει σύμπτωση των μετρήσεων υπαίθρου και των ρηγμάτων του γεωλογικού χάρτη της Τήνου 1:50000 (Ι.Γ.Μ.Ε) αλλά και των φωτογραμμώσεων.
2. Το παράκτιο τμήμα της Τήνου με μεγάλη πιθανότητα ελέγχεται από κανονικά ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και ΒΒΔ-ΝΝΑ με μέτριες προς μεγάλες κλίσεις.
3. Τα κανονικά ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, τα οποία είναι λιγότερα σε αριθμό σε σχέση με τα ΒΔ-ΝΑ, πιθανότατα ευθύνονται για την στολίδωση των ακτών, κόλπων και όρμων.
4. Τα ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ εντοπίζονται σε όλη την έκταση του νησιού.
5. Μια πρώτη εκτίμηση σχετικά με την ηλικία των κανονικών ρηγμάτων θα μπορούσε να είναι: Τα ρήγματα ΒΔ διεύθυνσης πρέπει να είναι σχετικά παλαιότερα ως προς τα ΒΑ. Τα ρήγματα ΒΝ διεύθυνσης είναι πιθανότατα νεότερα και λιγότερα. Τέλος ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης πρέπει να είναι τα νεότερα και πιθανότατα επαναδραστηριοποιημένα.
6. Τα ανάστροφα-επωθητικά ρήγματα παρουσιάζουν τις παρακάτω διευθύνσεις: ΑΝΑ-ΔΒΔ, ΒΑ-ΝΔ και Β-Ν.

6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ











7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALTHERR.R.,KELLER,J.,HARRE,W.,HONDORF,A.,KREUZER,H.,LENZ,H.,RASCHKA,H.,WEN DT,I.(1976a):Geochronological data on granitic rocks of the Aegean Sea (preliminary results).-25th Congr. and Plen. Ass. (C.I.E.M).Split.
- ALTHERR.R.,HARRE,W.,KREUZER,H.,OKRUSCH,M.SEIDEL,E.(1976β):On the Age of the High-Pressure Metamorphism on Sifnos (Greece).Peliminary report .-Intern.Symp. on the struct. History of the Medier. Basins, 315-6.Split.
- ALTHERR.R., & SEIDEL, E.(1977): Speculations on the Geodynamic Evolution of the Attic-Cycladic Crystalline Complex during Alpidic Times.-Vith Coll.Geol.Aegean Region,I,347-352.Athens
- ALTHERR.R.,KELLER,J.,HARRE,W.,HONDORF,A.,KREUZER,H.,LENZ,H.,RASCHKA,H.,WEN DT,I.,WAGNER,G.(1977):Miocene metamorphism and related plutonism within the Attic-Cycladic crystalline complex.- Vith Coll.Geol.Aegean Region,I,345.Athens
- ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΣ,Ι.(1963):Γεωλογική κατασκευή της νήσου Αντιπάρου και των περί αυτήν νησίδων .-Γεωλ. Γεωφ. Μελ., 7, 235-375.Αθήνα
- ANDRIESEN, P.,BOELRIJK,N.A.I.M.,HEBEDA,E.H.,PRIEM,H.N.A.,VERDURMEN,E.A.Th.,VERSCHURE,R.H. (1977):Mineral dating in relation to metamorphic zonation in the Alpine Basement of the island of Naxos (Cyclades,Greece).- Fifth European Coll. Of Geochron., Cosmochron.and Isotope Geol. Pisa.
- ANDRIESEN, P.(1978): Isotopic age relations within the polymetamorphic complex of the island of Naxos (Cyclades,Greece).-Verh.Nr.3 zwo Labor.v.Isotopen-Geologie,1-69.Amsterdam.
- P.,BOELRIJK,N.A.I.M.,HEBEDA,E.H.,PRIEM,H.N.A.,VERDURMEN,E.A.Th.,VERSCHURE,R.H. (1979):Dating the Events of Metamorphism and Granitic Magmatism in the Alpine Orogen of Naxos (Cyclades,Greece).-Contrib.Mineral.Petrol.,69,215-25
- ARTHABER,G.v.(1903):Die alpine Trias des Mediterran-Gebietes.-Lethaea geognostica,II , Teil Mesozoicum I,Bd.Trias,p.355,Tf.42
- BERNULLI,D.&LAUBCHER,H.(1972):The palinspatic problem of the Hellenides.-Eclogae geol.Helv.,65,107-118.Basel.
- BITNER,A.NEUMAYR,M & TELLER,F.(1880):Überblick über die geologische Verhältnisse eines Teiles des agaischen Küstenlandes.-Denk AWW,40,379-415.
- BOBLAY,E.&VIRLET,TH.(1833):Geologie et mineralogy.-Expedition scientifique de Moree.Sciences physiques,2/2,1-375.Paris
- BUCKING,H.(1881):ÜBER DIE KRISTALLINISCHEN Schiefer von Attika.Zeits der deutsch.geol.Gets.,33,118-38
- CAYEUX,L.(1911):Existence de calcaire a Gyroporelles dans les Cyclades.-C.R.Ac.Se.,152,292-93.Paris.
- CORDELLA,A.(1878):La Grece sous le rapport geologique et Mineralogique.Paris.
- CTENAS,C.(1924):Les plissement d'age primaire dans la region central de la mer Egee.-CR.13 Congr.G.Int. Liege,I, 573-83. Liege.
- ΔΗΜΟΥ,Ε.Γ.(1978): Πετρολογική μελέτη των οφιοειδών της περιοχής Κοζάνης .-Γεωλ.Γεωφ. Μελ.,2, 103-104.Αθήνα
- DURR.ST.(1976):Über das Menderes-Kristallin und seine Aequivalente in Griechen-land.-Bull.Soc.geol. France, XVIII, 2, P. 429.Paris.
- DURR.ST. & FLUGEL,E.(1978):Obertrias –fossilien in den Marmoren von Naxos (Ein Beitrag zur Stratigraphie des Kykladen –Kristallins). Symp. du Com. de Geol. Et Geoph. marines . Monaco a Antalya.
- DURR.ST., ALTHERR,R.,KELLER,J.,OKRUSCH,M.,SEIDEL,E.(1978):The Median Aegean Crystalline Belt: Stratigraphy,Structure,Metamorphism,Magmatism.-Inte.Union Comm. On Geodyn. 38,part 4, 455-477.Stuttgart.
- ELLIOTT,G.F.(1965):The interrelationships of some cretaceous Codiaceae(Calcareous Algae).-Palaeontology, vol. 8 , part 2, p.199. London.
- FABRICIUS,F.H.(1966):Becken sedimentation und Riffbildung an der Wende Trias/Jura in den Bayerisch-Tiroler Kalkapen. Leiden.

- FIEDLER, K.G. (1840/41): Reise durch alle Teile des Konigreiches Greicheland (1834-1837). Leipzig.
- FLUEGEL, E. (1960): Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberosterreich). II. Un Untersuchungen nuber die Fauna und Flora des Dachsteinriffkalkes der Donnerkogel-Gruppe. - Verth. Geol. Bundesansalt, Helf 1-3, p. 241. Wien.
- FLUEGEL, E. & RAMOV, A. (1961): Fossilinhalt und Mikrofazies des Dachsteinkalkes (Ober-Trias) im Begunjscica-Gebirge, S-Karawanken (NW-Slovenien, Jugoslawien). - N. Jb. Geol. Palaont. Mh., p. 287.
- FOULLON, H. v. & GOLDSCHMINDDT, V. (1887): Uber die geologischen Verhaltnisse der Inseln Syra, Syphnos und Tinos. - Jb. Geol. Reich., 37, 1-34, 2 Kart, Wien.
- FRECH, F. (1890): Die Korallenfauna der Trias. - Palaeontographica, vol. 37, p. 15, TF. IV.
- FRENZEL, G. (1959): Idait und "blaubleibender Covellin". - N. Jahrb. Min. Abh. 93, 87-132.
- FROLIO, M. M. (1938): Sur un nouveau genre de Codiacee du Jurassique superieur des Carpates Orientales. - Bull. Soc. Geol. France, ser. 5, t. 8, p. 269.
- GAUDRY, A. (1862): Sur la single fossile de Grece. - Bull. Soc. Geol. France, (2), 19, 1022-25.
- GRIMM, H. (1861): Uber die von Herrn Prof. Siegel in Griechenland aufgefundenen Marmorbruche des Rosso antico und verde antico. - ZSCHR. Allg. Erdk., II, 132-34.
- HARALAMBOUS, D. (1959): Morphogenese des Grangebietes von Ost-Tinos. - Πρακτ. Ακαδ. Αθ., 34, 264-68. Αθήνα.
- HENJES-KUNST, F. & OKRUSCH, M. (1978): Polymetamorphose auf Ios, Kykladen-Kristallin (Griechenland). - Fotschr. Miner., 56, Beiheft 1, 38-39.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1974): Εισαγωγή εις την παλαιοντολογικήν ταξινόμησιν και ονοματολογίαν. Πατρα.
- JACOB SHAGEN, V., RICH, H., ROEDER, D. (1976): Die eohehenische Phase. Definition und Interpretation. - Z. d. geol. Ges., 127, 133-145. Hannover.
- JACOB SHAGEN, V., MARTZ, J., REINHARDT, R. (1977): Eine alttertiare Ophiolith-Deche in den inneren Helleniden NE-Griechenlands. - N. Jb. Geol. Palaont., 613-20. Stuttgart.
- JACOB SHAGEN, V. (1977): Structure and geotectonic evolution of the Hellenides. - VI Coll. Geol. OF THE Aegean Region, III, 1355-1367. Athens.
- JANSEN, B. J. H. & SCHUILLING, R. (1976): Metamorphism on Naxos: Petrology and geothermal Gradients. - Amer. Jourl. Of Sciences, 276, 1225-53.
- KATSIKATSOS, G. (1977): La structure tectonique d'Attique et de l'ile d'Eubee. - VI Coll. Geol. Of the Aegean Region, I, 211-228. Athens.
- KOBER, L. (1929): Beitrage zur Geologie von Attika. - Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss in Wien. Math.-nat. Klasse, Abt. 1, Bd 138, 299-326. Wien.
- KREUZER, H., HARRE, W., LENZ, H., WENDT, I., HENJES-KUNST, F., OKRUSCH, M. (1978): K/Ar- und Rb/Sr- Daten von Mineralen aus dem polymetamorphen Kristallin der Kykladen - Insel Ios (Griechenland). - Fortschr. Miner., 56, Beiheft 1, 69-70.
- LE MAITRE, D. (1935): Spongiomorphides et Algues. Etudes paleontologiques sur le Lias du Maroc. - Notes et Memoires No 34, p. 46.
- LEPSIUS, R. (1893): Geologie von Attika. Berlin.
- ΜΑΡΑΚΗΣ, Γ. (1968): Παρατηρήσεις επί της θειούχου μεταλλογενέσεως εις την περιοχήν των Κυκλάδων. - Ann. Geol. d. Pays Hell., 19, pp 695-700 Athenes.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. & PETRASCHECK, W. (1951): Πρόδρομος έκθεσης επί της εκτελεσθείσης γεωλογικής εργασίας εις Λαυρεωτικήν. - Υπηρ. Ερευν. Υπεδάφους - (Έκδοσης πολυγραφημένην). Αθήναι.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. & PETRASCHECK, W. (1956): Λαύριο. - Γεωλ. Και γεωφ. Μελ., ΙΓΕΥ, 4/Ι, 2476. Αθήναι.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. (1942): Συμβολή εις την πετρολογία του κρυσταλοσχιστώδους της ΝΑ Ελλάδος. Η εξάπλωσης των αλκαλιούχων αμφιβόλων και ο συσχετισμός αυτών προς την δυναμομεταμόρφωση. - Πρακτ. Ακαδ. Αθ., 17, 210-17. Αθήνα.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. (1947): Συμβολή εις την πετρολογία του κρυσταλοσχιστώδους της ΝΑ Ελλάδος (Η νήσος Ιος). - Ann Geol. D. Pays Hellen., I, 60-96. Αθήνα.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. (1948^α): Μικροτεκτονικές έρευνες εν Αττική. - Πρακτ. Ακαδ. Αθ., 23, 274-80. Αθήνα.
- MARINOS, G. (1948^β): Note on the Structure of Greek Marbles. - Amer. Journ. of Science, 246, 386-89.

- ΜΑΡΙΝΟΣ,Γ.(1953): Γενική Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη της νήσου Ανδρου.-Γεωλ. Γεωφ. Μελ. , 3, Αθήνα
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ.(1955): Η ηλικία των μεταμορφωμένων στρωμάτων της Αττικής .- Δελτ. Ελλ.Γεωλ. Εταιρ., 3, 1-13. Αθήνα
- ΜΑΡΙΝΟΣ,Γ.(1956): Uber Geologie , Petrologie & Metallogenese des Ophiolitkomplexes in Ostgriechenland . Berg- und huttenm. Momatsh. 101,34-36.
- ΜΑΡΙΝΟΣ,Γ.(1971): Επι της ραδιοχρονολόγησης των πετρωμάτων της Ελλάδας.- Ann Geol. D. Pays Hellen.,23,175-182.Αθήνα
- MARKS,P.& SCHUILING,R. D. (1965): Sur la presence du Permien superieur non – metamorphique a Naxos.-Πρακτ. Ακαδ. Αθ. , 40,96-99.Αθήνα
- ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ,Ν. (1963): Η γεωλογία της νήσου Ανάφης .-Γεωλ. Και Γεωφ. Μελ. , 8, 61 -308.Αθήνα
- ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ,Ν. & ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ,Δ.(1979): Μελέτη της θειούχου μεταλλοφορίας της νήσου Σύρου(Κυκλάδες).- Ειδ.Μελ. Επί της Γεωλ. Της Ελλάδας ,12,1-91. Αθήνα
- NEGRIS,PH.(1915/1919): Roches cristalophylliennes et tektonique de la Grece .Athenes
- NEUMAYR,N.(1881): Die kristallinischen Schiefer in Attika .Zdgg, 33,456-64
- OKRUSCH, M. & SEIDEL,E.(1975): Zur Hoch-Druck-Metamorphose im Kykladen – Kristalin (Griecheland).-Fortschr.Min., 53,Beiheft 1,63.
- ΟΤΤ,Ε.(1967): Dasycladaceem (Kalkalgen) aus der nordalpinen Obertrias.-Mitt. Bayer.Staatssamml Palaont. Hist. Geol. 7,p.205
- ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΑΚΗΣ,Ι.(1965): Παρατηρήσεις επί της μεταλλοφορίας των σερπεντινικών της νήσου Τήνου.-Πρακτ. Ακαδ. Αθ.,40, 359-70 .Αθήνα
- ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΑΚΗΣ,Ι.(1966):Τα εις την μαρμαρικήν τεχνην χρήσιμα πετρώματα της Ελλάδας.- Ann Geol. D. Pays Hellen.,18,193-270.Αθήνα
- ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΑΚΗΣ,Ι.(1968): Περι μιας εμφανίσεως Κρητιδικού της νήσου Πάρου.-Πρακτ. Ακαδ.Αθ., 163-174.Αθήνα
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ,Δ.(1976): Η ηλικία του Κρυσταλοσχιστώδους εις την νήσον Άνδρου .- Πρακτ.Ακαδ. Αθ., 51,292-301.Αθήνα
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ,Δ.(1978): Γεωλογικές έρευνες εις την νήσον Άνδρον .- Διατρ.επί διδακτ.Αθήνα
- ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ,Ι.(1958): Περί της ηλικίας των κρυσταλλικών ασβεστιλίθων της νήσου Θήρας.- Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.,3/1, 104-113.Αθήνα
- PAPASTAMATIOU,J.(1963): Sur la presence de roches sedimentaires d' age pretriasique a Myconos (Archipel des Kyclades, Grece). – C.Rac.Ss.,256,5167-69.Paris
- ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ,Γ.& ΚΑΝΑΚΗ,Φ.(1972): Η γενεση των Ελληνικών οφιτοασβεστιτών.- Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.,9/2,413-51.Αθήνα
- PETRASCHECK,W.& MARINOS,G.(1953) : Zur Geologie von Sud-Attika.-Kober Festschrift,52-59.Wien.
- PHILIPSON,A.(1901): Beitrage zur Kenntniss der griechischen Inselwelt.-Gotha .
- PIA,J.v.(1943): Geologische Untersuchungen in der Salmgruppe(Oberdonau).-Annalen Naturhist. Mus. Wien.53.Bd.I Teil,p.5.Wien.
- RAMDOHR,P.(1975): Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen .Berlin.
- RATH,G.(1882): Durch Italien und Griecheland nach dem heiligen Lande .I.Heidelberg.
- RENZ,C.(1908): Sur les preuves de l'existence du Carbonifere et du Trias dans l'Attique.Buull.Soc .geol.France (4) ,8,519-523.Paris
- RENZ,C.(1910): Stratigraphische Untersuchungen im griechischen Mesozoikum und Paluozoikum.- Jahrb.der K.K. geolog. Reichanstalt, 60, 421-636,Wien.
- RENZ,C.(1940): Die Tectonik der griechischen Gebirge –Πραγμ.Ακαδ. Αθ.,8 Αθήνα.
- RENZ,C. & REICHEL,M.(1954): Beitrage zur Stratigraphie und Palaontologie des ostmediterranen Jungpalaozoikums und dessen Einordnung im griechischen Gebirgssystem.-Ecl.Geol.Helv.,38,2,15-313.
- RUSSEGER,J.(1840): Geognosie des Laurischen Vorgebirges in Attica und der Cycladen .-N.Jb.fur Miner .196-208.
- ΣΑΜΠΩ,Β. & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ,Δ.(1976) : Η συμβολή της γεωμορφολογικής αναλύσεως εις την μελέτην των κινήσεων του φλοιού εις την περιοχήν του Αιγαίου .-Πρακτ.Ακαδ. Αθ., 51,86-96. Αθήνα
- SAUVAGE,C.(1846) : Description geologique de l'île de Milo dans l' Archipel Grec.-Ann. Des Mines (4), 10, 69-100.

- SMITH,A.G. &MOORES,E.M.(1974) : Hellenides .In: Spencer,A.M.(ed): Mesozoic-Cenozoic orogenic belts.Data for orogenic studies .- Geol.Soc. London, spec.Publ.,4, 159-185.Edinburg.
- TATAPHΣ,A.(1965): Επί της παρουσίας του Ηωκαίου εις το ημιμεταμορφωμένο υπόβαθρο της νήσου Θήρας .Δελτ.Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 6, 232-38.Αθήνα
- TOYLA.F.(1884): Geologische Untersuchungen im westlichen Teile des Balkan und in den anrenzeden Gebieten.- Sitzungsber. Mathem.naturw.Kl Akad. Wissench.Wien .vol . 83,I. Abt. Heft1-5,p.1279.Wien.
- TRIKKALINOS,J.(1936): Uber die Schichtenfolge und den Bau Attikas.-Festschrift Stille, 303-14.Studgart.
- TRIKKALINOS,J.(1947): Uber Oberkreidettransgression auf den kristallinen Schichten der Inset Paros .- Ann. Geol. D. Pays Hellen., 1, 1-6. Αθήνα
- TRIKKALINOS,J.(1950): Beitrage zur Erforschung des tectonischen Baus Griechenlands.Uber das Alter des Kristallinen Gesteine Griechenlands.- Πρακτ. Ακαδ. Αθ., 25,500-518. Αθήνα.
- TRIKKALINOS,J.(1954): Beitrage zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands.Uber das Alter der metamorphen Gesteine Attikas.-Πραγμ. Ακαδ. Αθ., 18,2. Αθήνα.
- TRIKKALINOS,J.(1955α): Beitrage zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands.Uber das Alter der metamorphen Gesteine Attikas.-Ann. Geol. D. Pays Hellen., 6, 193-98.Athenes.
- ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ,Ι.(1955β): Συμβολή εις την έρευνα της τεκτονικής δομής της Ελλάδας . Περί της ηλικίας των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων της Αττικής.-Πρακτ. Ακαδ. Αθ., 30, 198-211. Αθήνα.
- ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ,Ι.(1960): Συμβολή εις την εξερεύνηση της τεκτονικής δομής της Ελλάδας .Παρατηρήσεις τινές επί των μελετών αίτινες εξετελέσθησαν εσχάτως εις την Αττικήν, Ανατολικήν Όρθυν και Βόρειον Εύβοιαν.-Ann. Geol. D. Pays Hellen.,11, 297. Αθήνα.
- WENDT,I.,RASCHKA,H.,LENZ,H., KREUZER,H., HOHNDORF,A., HARRE,W., WAGNER,G.A., KELLER,J., ALTHERR,R., OKRUSCH,M., SCHLIESTEDT,M., SEIDEL,E.(1977): Radiometric dating of crystalline rocks from the Cyclades (Aegean Sea, Greece).- Fifth European Coll. Of Geochron., Cosmochron. And Isotope Geol. Pisa.
- WINKLER, H.G.F.(1967): Die Genese der metamorphen Gesteine. Heidelberg.
- WINKLER, H.G.F.(1976): Petrogenesis of metamorphic Rocks. New York.

RIEDL H., (1995). Beiträge zur regionalen Geographie der Insel Tinos (Kykladen) mit besonderer Berücksichtigung des quasinatürlichen Formenschatzes. Beiträge zur Landeskunde von Griechenland V, Band 29, Salzburger Geographische Arbeiten. Salzburg.

ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ Γ., ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α., (2001). Μορφολογία της Νήσου Τήνου. Δελτίο ΕΛΛ. Γεωλ. Ετ., XXXIV/1, 389-396. Αθήνα.