

Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας <i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	Τόμ. XXIV Vol.	σελ. 27-46 pag.	Αθήνα 1990 Athens
---	----------------------	-----------------------	-------------------------

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΜΗΛΟΥ*

Δ. Παπανικολάου, Ε. Λέκκας & Δ. Συσκάκης¹

ABSTRACT

Detailed geological and tectonic mapping of Milos island has been carried out at scales 1/10.000 and 1/25.000, aiming to clarify the structure and development of the geothermal field. This study showed the existence of neotectonic blocks, each characterized by the exclusive or dominant occurrences of certain stratigraphic formations and the absence of others due to non-deposition or to erosion or the preferential development over horst or graben areas throughout the neotectonic history. The presence or absence of each stratigraphic formation together with its thickness variations and its chrono-stratigraphy permitted a qualitative evaluation of the kinematics of the marginal faults of the neotectonic blocks. The kinematic analysis showed the existence of different motions in the various blocks during neotectonic history. The resulting overall neotectonic structure is characterized by a complex mosaic of neotectonic units, which alternate in space and time in the forms of tectonic uplift, subsidence or tilt. The major structure is the Milos Bay – Fyriplaka graben in the WW-SE direction, which intersects the structures of Western and Eastern Milos. The overall structure is not the result of successive deformation phases acting uniformly on Milos but instead there is a geographically varied activation of neotectonic structures during different time spans. The circulation of the geothermal fluids follows the main marginal faults of the neotectonic blocks with general movement from SSE to NNW above the crest of the anticline of the metamorphic basement which is probably overlying the magmatic chamber.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λεπτομερής χαρτογράφηση των γεωλογικών και τεκτονικών δομών της νήσου Μήλου σε κλίμακες 1/10.000 και 1/25.000 έδειξε την ύπαρξη νεοτεκτονικών ρηξιτεμαχών τα οποία χαρακτηρίζονται από την αποκλειστική ή κυρίαρχη ανάπτυξη ορισμένων σχηματισμών της Μήλου. Η παρουσία ή μη και το πάχος των σχηματισμών σε συνδυασμό με την ηλικία καθενός, επέτρεψε την ποιοτική εκτίμηση της κινηματικής των ρηγματίων που οριοθετούν τα νεοτεκτονικά ρηξιτεμάχια. Η κινηματική ανάλυση έδειξε διαφορετικές κινήσεις σε διάφορα ρηξιτεμάχια κατά τη νεοτεκτονική εξέλιξη. Η προκύπτουσα συνολική τεκτονική δομή χαρακτηρίζεται σαν μια πολύπλοκη δομή από νεοτεκτονικές ενότητες που διαδέχονται στο χώρο μορφές τεκτονικών τάφρων – κεράτων – περιστροφών. Κυρίαρχη δομή είναι η τάφρος του όρμου Μήλου – Φυριπλάκας με διεύθυνση

* Papanikolaou, D., Lekkas, E. & Syskakis, D.- Tectonic analysis of the Milos geothermal field.

¹ University of Athens, Dept. of Geology, Panepistimioupoli, Zografou, 15784, Athens, Greece.
(Ανακοινώθηκε κατά την Επιστημονική Συνεδρία της 18/5/1989).

NW-SE, που διακόπτει τη συνέχεια των δομών της Δυτικής και Ανατολικής Μήλου. Η όλη εικόνα δείχνει ότι η συνολική δομή δεν είναι το αποτέλεσμα διαδοχικών παραμορφωτικών φάσεων που έδρασαν ενιαία στη Μήλο αλλά μια εκλεκτική γεωγραφικά ενεργοποίηση δομών κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Η κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών ακολουθεί τα κυριότερα περιθωριακά ρήγματα των νεοτεκτονικών ρηξιτεμαχών με γενική κίνηση από SSE προς NNW πάνω από την κορυφαία ζώνη του αντίκλινου του μεταμορφωμένου υποβάθρου που υπέρκειται της μαγματικής εστίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νησιωτικό σύμπλεγμα της Μήλου και η Ν. Μήλος τοποθετείται στο νοτιοδυτικό τμήμα του σύγχρονου ενεργού ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από έντονη τεκτονική δραστηριότητα ως αποτέλεσμα της γεωδυναμικά εξελισσόμενης μετανάστευσης του ηφαιστειακού τόξου, προς Νότο και την άνοδο προς την επιφάνεια θερμών μαγματικών μαζών (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1986).

Τόσο η σταδιακή άνοδος των μαγματικών μαζών, όσο και η κυκλοφορία των ρευστών από την επιφάνεια προς το βάθος και αντίστροφα ελέγχονται σχεδόν απόλυτα από τον τεκτονικό ιστό της στενής αλλά και της ευρύτερης περιοχής του νησιωτικού συμπλέγματος της Μήλου.

Ως εκ τούτου η γνώση της γεωμετρίας του γεωλογικού – τεκτονικού ιστού και της κινηματικής των επί μέρους ρηξιτεμαχών που καθορίζουν οι ρηξιγενείς ζώνες της Μήλου, παρέχουν σημαντικές πληροφορίες που αφορούν τη δημιουργία του μαγματικού θαλάμου, την τροφοδοσία του με ψυχρές μάζες νερού και την υπόγεια κυκλοφορία των θερμών πλέον ρευστών μέσω της χαλαρωμένης δομής των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος των ρηξιγενών ζωνών.

Η λεπτομερής γεωλογική – τεκτονική χαρτογράφηση, η αποτύπωση των ρηξιγενών ζωνών και των κινηματικών τους χαρακτηριστικών και τέλος ο καθορισμός της κινηματικής κατάστασης κάθε ρηξιτεμάχους αναπληρώνουν τη μέχρι σήμερα ισχνή γνώση και την ανυπαρξία σαφούς και ολοκληρωμένης εικόνας του ρηξιγενούς ιστού της Μήλου.

Με τον εντοπισμό των ρηξιγενών ζωνών και τη συσχέτισή τους με τις εμφανίσεις των γεωλογικών σχηματισμών με εφαρμογή κάθε είδους γεωμετρικών, κινηματικών, δυναμικών δεδομένων και χρονικών κριτηρίων καθορίστηκαν οι νεοτεκτονικές ενότητες και οι τάσεις της δυναμικής και κινηματικής τους εξέλιξης.

Η έρευνα αυτή έγινε στο διάστημα 1987-88 και χρηματοδοτήθηκε από την ΔΕΜΕ/ΔΕΗ στα πλαίσια της επιστημονικής διερεύνησης του γεωθερμικού πεδίου της Μήλου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1988).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Οι έως τώρα γνώσεις μας για τη σημασία της τεκτονικής-νεοτεκτονικής στην ανάπτυξη και αξιοποίηση του γεωθερμικού πεδίου της Μήλου προέρχονται από ένα πολύ μικρό αριθμό δημοσιεύσεων οι οποίες περιέχουν μόνο γενικού χαρακτήρα πληροφορίες και δεν δίνουν μια ολοκληρωμένη και σαφή εικόνα της νεοτεκτονικής δομής.

Οι πρώτες αναφορές για την τεκτονική της Μήλου ανήκουν στον SONDER (1924) και στη συνέχεια στον ΛΙΑΤΣΙΚΑ (1949) οι οποίοι δέχθηκαν ότι η Αλπική ορογένεση δεν έχει επηρεάσει τους σχηματισμούς της νήσου ενώ κατά το Τεταρτογενές έδρασε μια άκαμπτη τεκτονική ρηγμάτων βαρύτητας η οποία κατά τον ΛΙΑΤΣΙΚΑ (1949) επηρέασε μόνο τους τόφφους της Μήλου.

Τα πρώτα νεοτεκτονικά στοιχεία για τη νήσο Μήλο παρουσιάστηκαν από τους ANGELIER *et al.* (1977) που πρότειναν μια συσχέτιση νεοτεκτονικής – ηφαιστειότητας. Συμπερασματικά, θεώρησαν ότι στο Ανώτερο Πλειόκαινο στη Μήλο επικράτησαν εφελκυστικές τάσεις οι οποίες αντιστοιχούν στην πρώτη φάση ηφαιστειότητας με ρυολιθικές λάβες. Κατά τη διάρκεια του Κατώτερου Τεταρτογενούς ακολούθησαν συμπίεστικές τάσεις οι οποίες συμπίπτουν με τη δεύτερη φάση ηφαιστειότητας με ασβεσταλκαλικές λάβες. Μετά το τέλος της ανωτέρω φάσης συμπίεσης δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες συνθήκες για τη διαφοροποίηση των ανδεδισικών μαγμάτων σε διάφορα βάθη, ενώ οι κατακόρυφες κινήσεις και μετατοπίσεις που συνόδευαν την επανάληψη του εφελκυσμού από το Μέσο Τεταρτογενές ως σήμερα δημιούργησαν τις προϋποθέσεις για την άνοδο και την εναπόθεση διαφοροποιημένων ηφαιστειακών προϊόντων της τελευταίας ηφαιστειακής δραστηριότητας.

Τέλος, παραθέτουν ένα γεωλογικό χάρτη – σκαρίφημα πάνω στο οποίο σημειώνεται και ένας μικρός αριθμός ρηγμάτων. Σποραδικές μετρήσεις από ορισμένες περιοχές ρηγμάτων συγκεκριμένης διεύθυνσης τον οδήγησαν στην παραδοχή εφελκυσμού κατά το Πλειόκαινο σε διεύθυνση $N20^{\circ}E$ και συμπίεση κάπου στη Νότια Μήλο όπου παρατήρησε ρήγματα με οριζόντια μετάπτωση.

Ορισμένα στοιχεία για το ρηματογόνο τεκτονισμό της νήσου αναφέρονται και από τον ΦΥΤΙΚΑ (1977), ο οποίος χωρίς τεκτονική ανάλυση δέχεται συνοπτικά τέσσερα κύρια συστήματα ρηγμάτων τα οποία είναι τα ακόλουθα:

α) Το πρώτο σύστημα περιλαμβάνει ρήγματα με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ τα οποία είναι ευδιάκριτα στο νότιο τμήμα του νησιού, έχουν επηρεάσει κυρίως το μεταμορφωμένο υπόβαθρο και είναι παράλληλα προς το ηφαιστειακό τόξο. Πρόκειται πιθανότατα για το αρχαιότερο σύστημα ρηγμάτων το οποίο είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία των διαδοχικών "τάφρων" και "κεράτων" του υποβάθρου.

β) Το δεύτερο σύστημα περιλαμβάνει ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ περίπου τα οποία είναι αρχαιότερα από την περίοδο που άρχισε η ηφαιστειακή δράση.

γ) Το τρίτο σύστημα περιλαμβάνει ρήγματα με διεύθυνση Β-Ν. Απαντούν με μεγάλη συχνότητα σε όλο σχεδόν το νησί, είναι υπεύθυνα για την άνοδο των μαγματικών υλικών καθώς επίσης και για τη δημιουργία των δύο τεκτονικών βυθισμάτων της Ζεφυριάς και του Προβατά – Χιβαδολίμνης. Το σύστημα αυτό έχει επηρεάσει – όπως διαπιστώθηκε από τα γεωφυσικά δεδομένα – και το μη ηφαιστειακό υπόβαθρο.

δ) Το τέταρτο σύστημα ρηγμάτων περιλαμβάνει ρήγματα με διεύθυνση $B60^{\circ}A - N60^{\circ}\Delta$ τα οποία οφείλονται σε επαναδραστηριοποίηση παλαιών ρηγμάτων του υποβάθρου ή σε τοπική διευθέτηση επιφανειακών όγκων πάνω σε υποκείμενες πλαστικές μάζες.

Ο JARRIGE (1978) με βάση ορισμένες παρατηρήσεις μικροτεκτονικής που έκανε στα κάτοπια των ρηγμάτων της Μήλου κατέληξε σε τρεις διαδοχικές φάσεις παραμόρφωσης που πλησιάζουν τις γενικότερες απόψεις των ANGELIER *et al.* (1977), ANGELIER (1979) με:

- Μια φάση εφελκυσμού με διεύθυνση NE-SW που επιδρά στους ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς του Κατώτερου Πλειοκαίνου,
- Μια φάση συμπίεσης σε διεύθυνση $N5^{\circ}E$ μετά – Πλειοκαινική
- Μια δεύτερη φάση εφελκυσμού σε διεύθυνση NW-SE που απαντά στους σχηματισμούς του Τεταρτογενούς.

Ο ΣΗΜΑΙΑΚΗΣ (1985) σε αδημοσίευτη έκθεσή του μελέτησε το ρηγματογόνο τεκτονισμό του νησιωτικού συμπλέγματος της νήσου Μήλου (νήσοι Μήλος, Αντίμηλος, Κίμωλος και Πολύαιος). Η μελέτη βασίστηκε αρχικά στη μέτρηση των στοιχείων των ρηξιγενών επιφανειών (διεύθυνση, κλίση) και των γραμμών τεκτονικής ολίσθησης από 38 θέσεις και στη συνέχεια στη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων πάνω σε δίκτυο Schmidt. Η μελέτη δεν συνοδεύτηκε από χαρτογράφηση των ρηγμάτων και πλήρη τεκτονική ανάλυση αλλά δόθηκε ένας γενικός χάρτης των νησιών (κλίμακα περίπου 1:500.000) με γραμμές διάρρηξης σε αντιστοίχιση με τα ρήγματα του γεωλογικού χάρτη του ΦΥΤΙΚΑ (1977) και γενικής φύσεως φωτοερμηνεία.

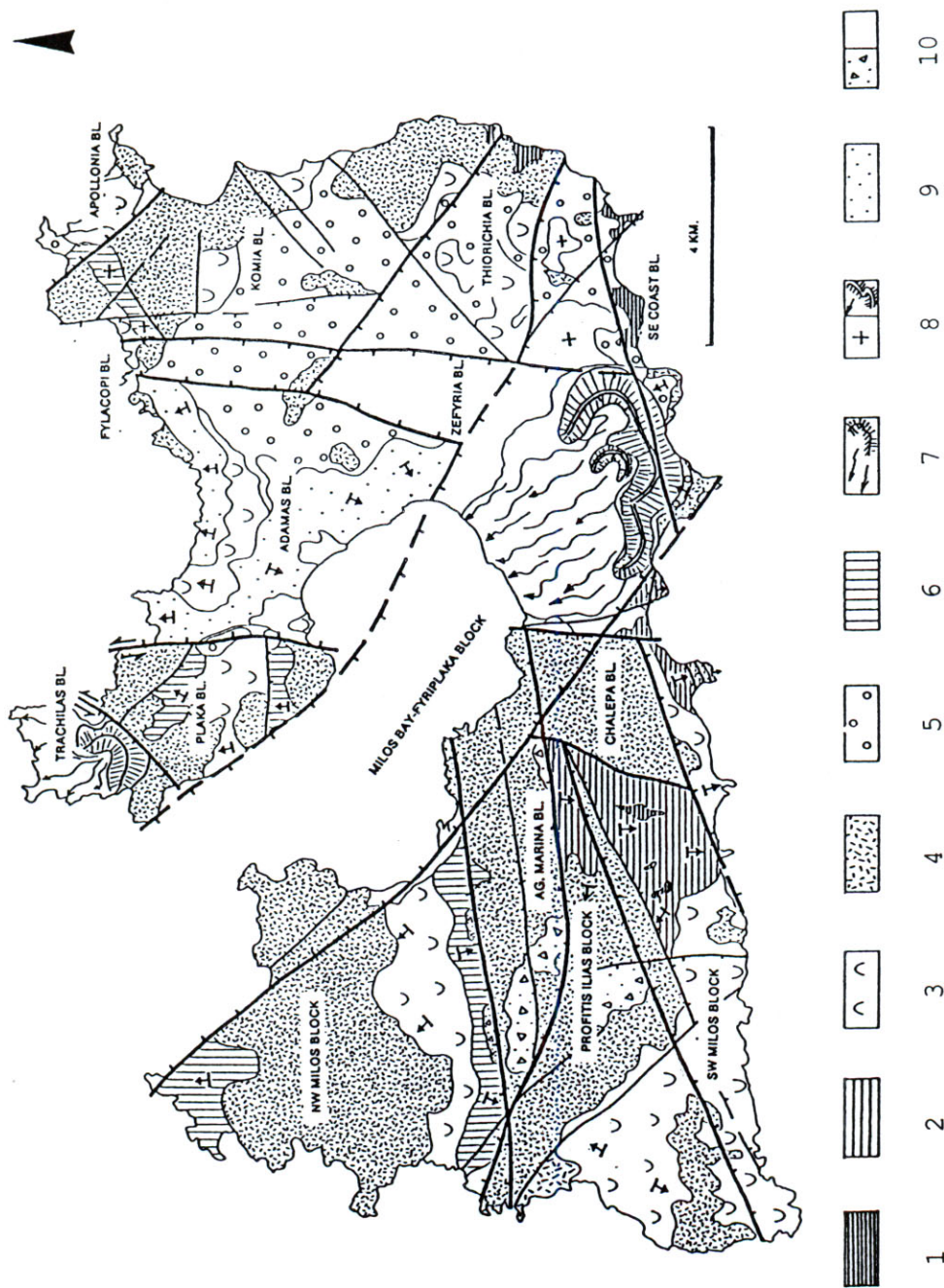
ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Μεθοδολογία

Η εκπόνηση του τεκτονικού χάρτη της Μήλου σε κλίμακα 1:25.000 βασίστηκε στο συνδυασμό τεκτονικών στοιχείων με στρωματογραφικά και μορφοδυναμικά στοιχεία με στόχο όχι μόνο την ποιοτική αλλά και την ποσοτική τεκτονική ανάλυση. Το πλήθος των ρηγμάτων της Μήλου είναι δυνατόν να διακριθεί σε κύρια και δευτερεύοντα ρήγματα, με βάση το μέγεθος της μετατόπισης εκατέρωθεν των κατά περίπτωση ρηξιτεμαχών. Ο προσδιορισμός του μεγέθους της μετατόπισης είναι δυνατός εφόσον είναι γνωστή η διαδοχή των στρωματογραφικών σχηματισμών της Μήλου καθώς και το πάχος τους, ενώ σημαντική βοήθεια προσφέρει και η μελέτη της παραμόρφωσης ειδικών παλαιομορφολογικών επιφανειών (όπως παλαιοακτές, παλαιοαναβαθμίδες, παλαιοκλιτύες). Η παρατήρηση των σχέσεων ανάμεσα στα ρήγματα και τους διάφορους στρωματογραφικούς σχηματισμούς σε συνδυασμό με την ηλικία τους οδήγησε στην πιστοποίηση της χρονικής διάρκειας κατά την οποία κάθε συγκεκριμένο ρήγμα ήταν ενεργό, εντοπίζοντας έτσι στο χώρο τα επιμέρους συνιζηματογενή γεωδυναμικά φαινόμενα, όπως ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις, περιστροφές, ζώνες διάβρωσης ή πρόσκωσης και σχετικές μετατοπίσεις της στάθμης της θάλασσας.

Με βάση τα παραπάνω έγινε γεωλογική χαρτογράφηση της Μήλου (Εικ. 1) με βάση την επιλογή στρωματογραφικών ενοπίων – οριζόντων, οι οποίοι να έχουν σχετικά μεγάλη εξάπλωση στο νησί, να είναι αρκετά γεωμετρικοί, με γνωστό το πάχος τους ή την τάση μεταβολής του πάχους και με γνωστή την ηλικία, ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί η χρονική εξέλιξη της τεκτονικής δομής με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι, ορισμένοι στρωματογραφικοί σχηματισμοί παρά το σχετικά μικρό πάχος τους, αποτελούν χαρακτηριστικούς ορίζοντες αναφοράς για την παραμόρφωση της Μήλου από την αρχή του Μέσου Πλειστόκαινου έως σήμερα, όπως οι πορώδεις τόφφοι-ψαμμίτες, τα πυροκλαστικά στρώματα της Φυριπλάκας, το χαοτικό Πλειστοκαινικό λατυποπαγές-λαχάρ και οι νέοι τοφφίτες.

Το πρώτο κριτήριο της σημαντικότητας των ρηγμάτων είναι η μετάθεση των ορίων ανάμεσα σε επιλεγμένους στρωματογραφικούς σχηματισμούς. Έτσι, όσα ρήγματα δεν μεταθέτουν εκατέρωθεν του επιφανειακού ίχνους τους τα όρια των στρωματογραφικών σχηματισμών μπορούν να χαρακτηρισθούν σαν δευτερεύοντα μικρά ρήγματα. Αντίθετα, ρήγματα, τα οποία μεταθέτουν τα όρια ή ακόμη και οριοθετούν συγκεκριμένες εμφανίσεις σχηματισμών μπορούν να χαρακτηρισθούν κύρια ρήγματα. Τα ρήγματα αυτά που οριοθετούν μεγάλα ρηξιτεμάχια (Εικ. 1), καθένα από τα οποία έχει τη δική του ιδιαίτερη νεοτεκτονική εξέλιξη μπορούν να



Εικ. 1: Σχηματικός γεωτεκτονικός χάρτης της Νήσου Μήλου.

1: Μεταμορφωμένο υπόβαθρο, 2: Αβεσθολίθοι κ.λπ. ιζήματα Ανωτέρου Μειόκαινου – Κατωτέρου Πλειοκαίνου, 3: Παλαιοί τοφρίτες, 4: Κατώτερες Λάδες, 5: Λαχάρ, 6: Νέοι τοφρίτες, 7: Ηφαιστειακά Τράχηλα, 8: Ηφαιστειακά Φυριπλάκες, 9: Πρόσφατοι τόφφοι και ψαμίτες, 10: Αλλούβια και πλευρικά κορήματα.

χαρακτηρισθούν σαν κύρια ρήγματα, ενώ τα ρηξιτεμάχη που περιβάλλονται από τέτοια κύρια ρήγματα συνιστούν τις κυριότερες νεοτεκτονικές ενότητες της Μήλου, οι οποίες και θα περιγραφούν αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Έτσι με βάση τα προγενέστερα γεωλογικά στοιχεία και κυρίως το χάρτη του ΙΓΜΕ (ΦΥΤΙΚΑΣ, 1977) έγινε συστηματική εργασία στο ύπαιθρο κατά τη διάρκεια της οποίας δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα:

1. στον εντοπισμό, χαρτογράφηση και μετρήσεις των στοιχείων των ρηγμάτων,
2. στη διερεύνηση του είδους των στρωματογραφικών επαφών,
3. στις μετρήσεις των κλίσεων των στρωμάτων για καθορισμό αντιπροσωπευτικών τιμών για κάθε περιοχή – ρηξιτέμαχος, με στόχο την πιστοποίηση στρέψεων περί οριζόντιο άξονα,
4. στις παρατηρήσεις πάνω στα τεκτονικά στοιχεία των κυρίων ρηγμάτων και των γειτονικών ρηξιτεμαχών σε συνδυασμό με τα μορφοδυναμικά στοιχεία, ώστε να προσδιορισθεί η διάρκεια και η εξέλιξη του συνιζηματογενούς τεκτονισμού.

Κατά τη χαρτογράφηση προέκυψαν πολλά νέα τεκτονικά στοιχεία που συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- α) Διαπιστώθηκε ότι σε αρκετές περιπτώσεις τα όρια των σχηματισμών συμπίπτουν με μεγάλα ή κύρια ρήγματα, γεγονός που φανερώνει τον τεκτονικό έλεγχο στη γεωλογική δομή.
- β) Ορισμένοι σχηματισμοί αναπτύσσονται μόνο σε συγκεκριμένα τμήματα του νησιού, το κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε ένα ανεξάρτητο ρηξιτέμαχος με ανεξάρτητη εξέλιξη στο χρόνο. Τα ρηξιτεμάχη αυτά που οριοθετούνται από κύρια ρήγματα συνιστούν ιδιαίτερες νεοτεκτονικές ενότητες σε κάθε μια από τις οποίες υπάρχει διαφορετική νεοτεκτονική παραμόρφωση, διαφορετική γεωλογική δομή και ακόμα διαφορετική γεωμορφολογική εικόνα.

Περιγραφή των σχηματισμών του νεοτεκτονικού χάρτη

Νο 1: Αλλουβιακές αποθέσεις, παράκτιες αποθέσεις, πλευρικά κορήματα, κώνοι κορημάτων και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις. Περιλαμβάνουν κροκαλολατύπες, άμμους και αργίλους, το πάχος των οποίων φθάνει σε ορισμένες περιοχές και τα 100 μέτρα (Ζεφυριά). Οι παράκτιες και οι ποταμοχειμάρριες αποθέσεις περιλαμβάνουν ασύνδετες κροκάλες και άμμους και έχουν περιορισμένο πάχος. Τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων αποτελούνται από ποικίλου μεγέθους ασύνδετες και τοπικά μόνο συνδεδεμένες λατύπες, των οποίων η σύσταση μεταβάλλεται ανάλογα με τα πετρώματα των περιοχών τροφοδοσίας. Παρατηρούνται στις κλιπείς των υψωμάτων και έχουν περιορισμένο πάχος (Εικ. 1).

Νο 2: Πρόσφατοι πορώδεις τόφφοι και ψαμμίτες. Επικάθονται ασύμφωνα πάνω σε τόφφους, τοφφίτες, λαχάρ, λάβες, κ.ά. Είναι στρωμένοι, συνεκτικοί, καστανού, ερυθρωπού ή και κιτρινωπού χρώματος από υλικά κυρίως λεπτομερή αλλά και αδρομερή. Σε ορισμένες θέσεις περιέχουν ολόκληρα ή και σπασμένα μικροαπολιθώματα όπως *Helix* sp. *Pecten jacobaeus*, *Terebratula* sp. κ.ά. Το πάχος τους είναι συνήθως λίγα μέτρα και σε σπάνιες περιπτώσεις φθάνει τα 30 μέτρα, ενώ οι κλίσεις των στρωμάτων τους είναι συνήθως 5°-10° και σπανιότερα 10°-25°. Αποτελούν ουσιαστικά το τελευταίο γεωμετρικό στρωματογραφικό σχηματισμό της Μήλου. Οι εμφανίσεις των πορώδων τόφφων παρατηρούνται κυρίως στο τμήμα του νησιού που ορίζεται προς μεν τα ανατολικά από τη ρηξιγενή ζώνη Ζεφυριά-Ακρωτήρι Κάπρου προς δε τα δυτικά από τη ρηξιγενή ζώνη Αδάμαντα-Μανδράκι. Είναι πιθανό να αντιστοιχούν στους συνήθεις ψαμμιτικούς σχηματισμούς του Αιγαίου με μορφή παράκτιων αναβαθμίδων

(FYTROLAKIS & PAPANIKOLAOU, 1977) ηλικίας Τυρρηνίου (Εικ. 1).

Νο 3α: Λεπτά στρώματα από πυροκλαστικά υλικά του Ηφαιστείου της Φυριπλάκας τα οποία επεξεργάστηκαν από νερά πιθανότατα θαλασσινά. Εμφανίζονται κυρίως στην ανατολική πλευρά του ηφαιστειακού κώνου με πλέον χαρακτηριστικές εμφανίσεις στην περιοχή της Αγίας Αικατερίνης. Η ηλικία τους είναι περίπου η ίδια με την ηλικία του ηφαιστείου δηλαδή 0,14-0,08 Μ.α. (κυρίως Ανώτερο Πλειστόκαινο) και ίσως λίγο νεότερη. Υπέρεται ασύμφωνα των παλαιότερων σχηματισμών και κυρίως του χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς λαχάρ και το πάχος τους φθάνει κατά θέσεις τα 40 μέτρα (Εικ. 1).

Νο 3β: Πυροκλαστικός κώνος και ρυολιθικές λαβές του Ηφαιστείου της Φυριπλάκας, ο οποίος περιλαμβάνει συνεχείς εναλλαγές από τέφρα, άμμο αλλά και περλιτικά στρώματα ρυολιθικής σύστασης. Προς το νότιο τμήμα του κώνου τα ηφαιστειακά υλικά επικάθονται ασύμφωνα σε παλαιότερους σχηματισμούς παλαιότερης ηφαιστειότητας. Οι ρυολιθικές λαβές συγκροτούν δόμους ή ρεύματα και έχουν περλιτική και κισσηρώδη υφή. Τόσο τα πυροκλαστικά υλικά όσο και οι ρυολιθικές λαβές δεν αναπτύσσονται δυτικότερα της ρηξιγενούς ζώνης όρμου Προβατά-Χιβαδολίμνης. Η ηλικία τους με βάση ραδιοχρονολογήσεις είναι 0,14 έως 0,08 Μ.α. δηλαδή τέλος Μέσου Πλειστοκαίνου-Ανώτερο Πλειστόκαινο (Εικ. 1).

Νο 4: Πυροκλαστικός κώνος και ρυολιθικές λαβές του Ηφαιστείου του Τράχηλα. Ο Πυροκλαστικός κώνος του Ηφαιστείου του Τράχηλα περιλαμβάνει συνεχείς εναλλαγές τέφρας, άμμου και περλιτικών στρωμάτων ρυολιθικής σύστασης. Οι ρυολιθικές λαβές αναπτύσσονται προς τα Βόρεια του κώνου και συγκροτούν δόμους και ρεύματα περλιτικής και κισσηρώδους υφής. Η ηλικία τους με βάση τις ραδιοχρονολογήσεις είναι 0,38 Μ.α. δηλαδή Μέσο Πλειστόκαινο. Προς το νότο ο πυροκλαστικός κώνος του Ηφαιστείου του Τράχηλα και οι ρυολιθικές λαβές οριοθετούνται από τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη Κόλπου Φουρκοβουνίου-Παραλία Φυροποτάμου (Εικ. 1).

Νο 5: Νέοι τοφφίτες. Πρόκειται για τοφφίτες σχεδόν οριζόντιους που επικάθονται ασύμφωνα πάνω σε παλαιότερους ηφαιστίτες, είναι κυρίως λεπτόκοκκοι αλλά και κατά θέσεις αδρομερέστεροι με αποστρωγυλωμένα τεμάχια οψιδιανού (ΒΔ του Αδάμαντα) και έχουν σχηματισθεί από παλαιότερα πυροκλαστικά υλικά που επεξεργάστηκε η θάλασσα. Κατά θέσεις περιέχουν θραύσματα από Ελασματοβράγχια (*Pecten* sp, *Ostrea* sp., κ.ά), Εχινόδερμα και Βραχιονόποδα. Οι τοφφίτες υπόκεινται των λαβών, των πυροκλαστικών της Φυριπλάκας και του Τράχηλα και φυσικά των πρόσφατων πορώδων τόφφων ψαμμιτών και των αλλουβίων. Αντίθετα υπέρκεινται του χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς-λαχάρ και των παλαιών τόφφων-τοφικών. Η ηλικία τους είναι Μέσο Πλειστόκαινο, το πάχος τους φθάνει κατά θέσεις τα 50 περίπου μέτρα και εμφανίζονται κυρίως στο ΒΔ και ΒΑ τμήμα της Μήλου (Εικ. 1).

Νο 6: Πράσινο Λαχάρ-χαοτικό Πλειστοκαινικό λατυποπαγές. Αποθέσεις ασύνδετων ετερογενών υλικών κυρίως κροκαλοπαγών από μεταμορφωμένα, ασβεστολιθικά μαργαϊκά ψαμμικά και ηφαιστειακά πετρώματα μέσα σε λεπτομερείς ηφαιστειακές τέφρες και τρήματα διαφόρων πετρωμάτων. Η εσωτερική δομή του σχηματισμού είναι χαώδης χωρίς ταξινόμηση ως προς το μέγεθος των αδρομερών υλικών. Υπέρεται ασύμφωνα σε λάβες, τόφφους-τοφφίτες και λοιπούς ηφαιστίτες καθώς επίσης και πάνω στο μεταμορφωμένο Αλπικό υπόβαθρο και στους Άνω Μειοκαινικούς σχηματισμούς (περιοχή ρέματος Κουραδή στο ανατολικό περιθώριο του βυθίσματος της Ζεφυρίας). Προς τα άνω καλύπτεται ασύμφωνα στη μεν περιοχή του Ηφαιστείου της Φυριπλάκας από τις ρυολιθικές λάβες και τόφφους στις δε υπόλοιπες περιοχές από τους πρόσφατους πορώδεις τόφφους και τα αλλούβια. Αποτελεί ιδιόμορφο σχηματισμό που καλύπτει μια ανώμαλη παλαιομορφολογική επιφάνεια. Η ηλικία του είναι Κάτω-Μέσο

Πλειστόκαινο (δηλαδή στο διάστημα 0,95-0,38 Μ.α.) εμφανίζεται κυρίως στο ανατολικό τμήμα της Μήλου και το πάχος του φθάνει τοπικά τα 70 περίπου μέτρα (Εικ. 1).

Νο 7: Λάβες, αδρομερείς πυροκλαστικές αποθέσεις και ρεύματα ρυολιθικοί ιγνιμβρίτες, αποθέσεις κίσσηρης και ηφαιστίτες έντονα εξαλλοιωμένοι. Οι λάβες είναι ανδρικές, δακτικές, ρυοδακτικές, ρυολιθικές με μορφή δόμων, δόμων εξώθησης, δόμων εκροής ρευμάτων και είναι συχνά εξαλλοιωμένες υδροθερμικά. Έχουν συνήθως πορφυρίτικο ή μικρολιθικό ιστό, φαινοκρυστάλλους από διάφορα ορυκτά και θεμελιώδη μάζα υαλώδη περλιτική ή μικρολιθική. Εμφανίζονται σε πολλές περιοχές σε όλη την έκταση του νησιού. Η ηλικία τους κυμαίνεται με βάση τις ραδιοχρονολογήσεις από 3,4 Μ.α. (τοποθεσία Πλατοράχες στο ΝΔ τμήμα του νησιού) ως 0,95 Μ.α. (τοποθεσίες Χαλέπα και Φουρκοβούνι) δηλαδή Πλειόκαινο-Κατώτερο Πλειστόκαινο. Αξιοσημείωτο όμως είναι το γεγονός ότι στο δυτικό τμήμα της Μήλου (δυτικά της ρηξιγενούς ζώνης Πούντας – Βρωμολίμνης) οι λάβες έχουν ηλικία μεγαλύτερη των 2,0 Μ.α., ενώ αντίθετα στο ανατολικό τμήμα οι λάβες έχουν ηλικία μικρότερη των 2,0 Μ.α. Οι πυροκλαστικές αποθέσεις – με ρεύματα περιλαμβάνουν τεμάχια κίσσηρης, λάβας, που εναλλάσσονται με άλλα πυροκλαστικά προϊόντα και συγκεκριμένα τέφρες, άμμους και λιθάρια. Οι ιγνιμβρίτες είναι ρυολιθικοί, παρεμβάλλονται σε ρεύματα λάβας, είναι συχνά εξαλλοιωμένοι και έχουν πάχος 5-10 περίπου μέτρα. Οι αποθέσεις ρευμάτων κίσσηρης περιλαμβάνουν κομμάτια άστρωτης ανοικτόχρωμης κίσσηρης μεγέθους ως δύο μέτρων τα οποία είναι συνδεδεμένα με υαλώδη κισσηρούχο λεπτομερή μάζα (Εικ. 1).

Νο 8: Παλαιοί τοφφίτες και τόφφοι Πλειοκαινικής – (;) Κάτω Πλειστοκαινικής ηλικίας. Οι τοφφίτες είναι λευκοί ως υποκίτρινοι, αποτελούνται από λεπτομερή κυρίως ηφαιστειακά υλικά που αποτέθηκαν σε ρηχές θαλάσσιες λεκάνες και εναλλάσσονται με τόφφους χερσαίας απόθεσης. Περιέχουν πλήθος μικροαπολιθωμάτων και κομμάτια κίσσηρης διαφόρων μεγεθών, συνήθως 15-50 εκατοστών, μέσα σε λεπτομερές υαλώδες κισσηρούχο συνδετικό υλικό και ορίζοντες με ηφαιστειακή τέφρα και άμμο. Πάνω από τους παλαιούς τόφφους-τοφφίτες επικάθονται ασύμφωνα νεώτεροι ηφαιστίτες (λάβες ρυολιθικές-δακτικές, λαχάρ, νεώτεροι τόφφοι και τοφφίτες, κλπ), ενώ η επαφή τους με τους άλλους σχηματισμούς είναι συχνά τεκτονική (Εικ. 1).

Νο 9: Ασβεστόλιθοι, μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή του Ανωτέρου Μειόκαινου. Επικάθονται πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο και περιλαμβάνουν στη βάση κροκαλοπαγές επίκλυσης μικρού πάχους το οποίο αποτελείται από κροκάλες μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Προς τα άνω ακολουθούν εναλλαγές κροκαλοπαγών, άμμων, ασβεστόλιθων, μαργών και τόφφων-τοφφιτών. Τα κροκαλοπαγή αποτελούνται από κροκάλες διαμέτρου (0,5-2 cm) ενώ το συνδετικό υλικό είναι ερυθρά άργιλος η οποία προσδίδει ένα έντονο ερυθρό χαρακτηριστικό χρώμα. Οι ασβεστόλιθοι είναι μεσοστρωματώδεις και κατά θέσεις περιέχουν μικρά απολιθώματα (κοράλλια, μαλάκια, κ.ά.). Οι ανώτεροι ασβεστόλιθοι πιθανά Κάτω-Πλειοκαινικής ηλικίας βρίσκονται σε μικρή γωνιώδη ασυμφωνία με τα υποκείμενα κλαστικά και τους κατώτερους ασβεστόλιθους πιθανά Άνω Μειοκαινικής ηλικίας. Η ύπαρξη της ασυμφωνίας αυτής διαπιστώνεται για πρώτη φορά. Οι τόφφοι-τοφφίτες παρεμβάλλονται με μορφή ενδιαστρώσεων πάχους έως 0,5 μέτρων και έχουν ανοικτό χρώμα. Η παρουσία των τόφφων-τοφφιτών στο συγκεκριμένο στρωματογραφικό ύψος δεν ήταν έως τώρα γνωστή. Πάνω στις Άνω-Μειοκαινικές αποθέσεις υπέρκεινται ασύμφωνα ιγνιμβρίτες στην περιοχή του δόμου του Προφήτη Ηλία, πράσινο λαχάρ στην περιοχή ανατολικά της λεκάνης της Ζεφυρίας, στρωμένοι τόφφοι και συνεκτικοί ψαμμίτες στην περιοχή Μπούντα και λάβες, τόφφοι-τοφφίτες σε άλλες θέσεις. Οι εμφανίσεις του σχηματισμού

είναι περιορισμένες και κυρίως εντοπίζονται στο νότιο-κεντρικό και το ανατολικό-κεντρικό τμήμα της Μήλου. Οι μεγαλύτερες εμφανίσεις σε έκταση απαντούν στην περιοχή του ρέματος Καλάμιου, Κουτσουνοράκης, Μπούντας και Μέσα Ακρωτηρίου, ενώ μικρότερες στην περιοχή Λαγκάδια στο ανατολικό κεντρικό τμήμα του νησιού. Μια νέα εμφάνιση εντοπίστηκε στο ανατολικό περιθώριο του βυθίσματος της Ζεφυρίας στο ρέμα Κουραδής, η οποία έχει πολύ μεγάλη σημασία στον υπολογισμό του μεγέθους των νεοτεκτονικών κινήσεων και γενικότερα της νεοτεκτονικής εξέλιξης.

Γενικά, η μελέτη των αρχαιότερων μεταλλικών ιζημάτων πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο της Μήλου έδωσε πολλά νέα στοιχεία που αναθεωρούν τις προηγούμενες απόψεις σχετικά με τη γεωδυναμική εξέλιξη της περιοχής κατά το όριο Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου και ιδιαίτερα σχετικά με την έναρξη της περιοχής της ηφαιστειότητας που εντάσσεται σαφώς στο Κατώτερο Πλειόκαινο (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *et al.*, 1990).

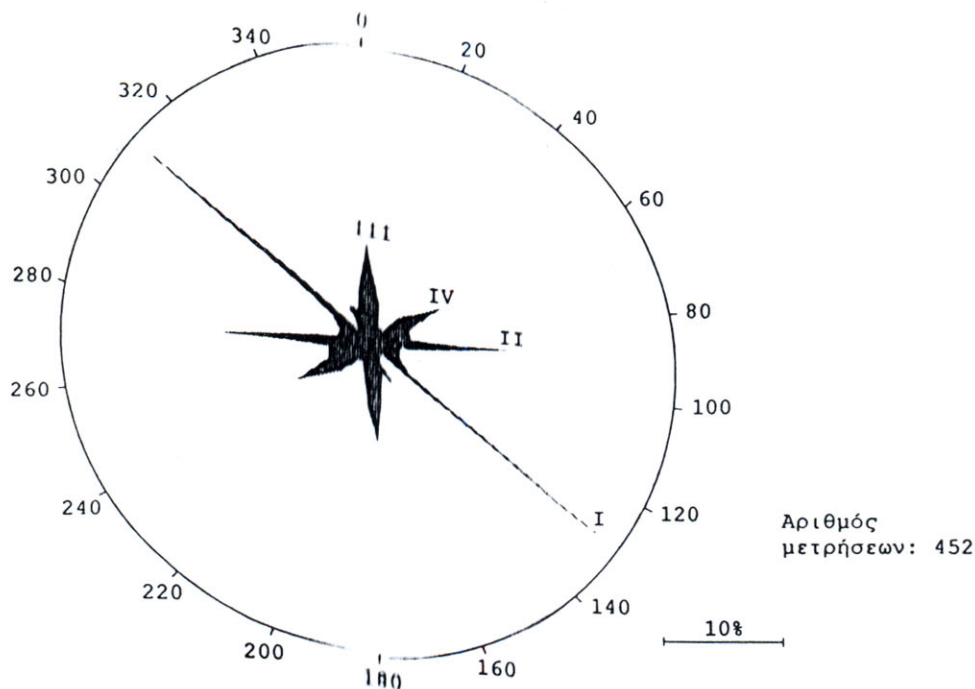
Νο 10: Μεταμορφωμένο υπόβαθρο από πρασινοσχιστόλιθους, κυανοσχιστόλιθους, μεταβασάλτες και χαλαζίτες. Η ηλικία της μεταμόρφωσης είναι για τους μεν κυανοσχιστόλιθους $64,2 \pm 6,5$ Μ.α. για τους δε πρασινοσχιστόλιθους είναι $33,2 \pm 1,03$ Μ.α. (στοιχεία από το γεωλογικό χάρτη της Μήλου, ΦΥΤΙΚΑΣ 1977). Το μεταμορφωμένο υπόβαθρο εμφανίζεται κυρίως στις περιοχές Θειωρυχεία, όρμος Αγίας Κυριακής, όρμος Παλαιοχωρίου, χείμαρρος Καλαμιάς, ενώ μικρότερες εμφανίσεις υπάρχουν κυρίως στο ανατολικό περιθώριο του τεκτονικού βυθίσματος της Ζεφυρίας. Δύο νέες εμφανίσεις του υποβάθρου εντοπίστηκαν στην περιοχή Ν-ΝΑ του Προφήτη Ηλία κάτω από τα ιζήματα του Ανωτέρου Μειοκαίνου. Πάνω στο μεταμορφωμένο Αλπικό υπόβαθρο επικάθονται ασύμφωνα είτε Άνω-Μειοκαινικοί σχηματισμοί είτε απευθείας νεότεροι σχηματισμοί (Πλειο-Πλειστοκαινικοί).

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΡΗΞΙΓΕΝΩΝ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΗΛΟΥ

Η στατιστική επεξεργασία των διευθύνσεων των 452 ρηγμάτων που συνολικά χαρτογραφήθηκαν φαίνεται στο ροδόγραμμα της Εικόνας 2. Το στατιστικό αυτό διάγραμμα διευθύνσεων ρηγμάτων δείχνει ότι στη Μήλο μπορούν να διακριθούν τέσσερις προτιμπτές διευθύνσεις ρηγμάτων, που συμβατικά έχει καθιερωθεί να θεωρούνται ισάριθμα και αντίστοιχα συστήματα ρηγμάτων, παρά το ότι όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια αυτή η αντιστοίχιση δεν ισχύει πάντοτε. Ιδιαίτερα στη Μήλο, ρήγματα ίδιας διεύθυνσης μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα και αντίθετα ρήγματα διαφορετικής διεύθυνσης να ανήκουν στο ίδιο συζυγές σύστημα ρηγμάτων.

Το επικρατούν πρώτο σύστημα ρηγμάτων έχει διεύθυνση NW-SE (130° - 130°) και περιλαμβάνει περίπου το 29% του συνόλου των ρηγμάτων. Το επόμενο δεύτερο σύστημα ρηγμάτων έχει διεύθυνση E-W (90° - 270°) και περιλαμβάνει περίπου το 19%. Το τρίτο σύστημα ρηγμάτων έχει διεύθυνση N-S (0° - 180°) και περιλαμβάνει περίπου το 18%, ενώ το τέταρτο σύστημα έχει διεύθυνση NEE-SWW (60° - 240°) και περιλαμβάνει περίπου το 16%.

Όπως αναφέρθηκε στη νήσο Μήλο διακρίθηκαν ορισμένα κύρια ρήγματα -ρηξιγενείς ζώνες οι οποίες οριοθετούν τα ρηξιτεμάχη - νεοτεκτονικές ενότητες. Τα κύρια ρήγματα - ρηξιγενείς ζώνες εντοπίστηκαν αρχικά από αναλυτικούς χάρτες εμφανίσεων καθενός σχηματισμού με κριτήριο είτε ότι μεταθέτουν σημαντικά τα όρια ή και οριοθετούν συγκεκριμένες εμφανίσεις σχηματισμών, είτε ότι οριοθετούν εμφανίσεις ενός συγκεκριμένου σχηματισμού ή

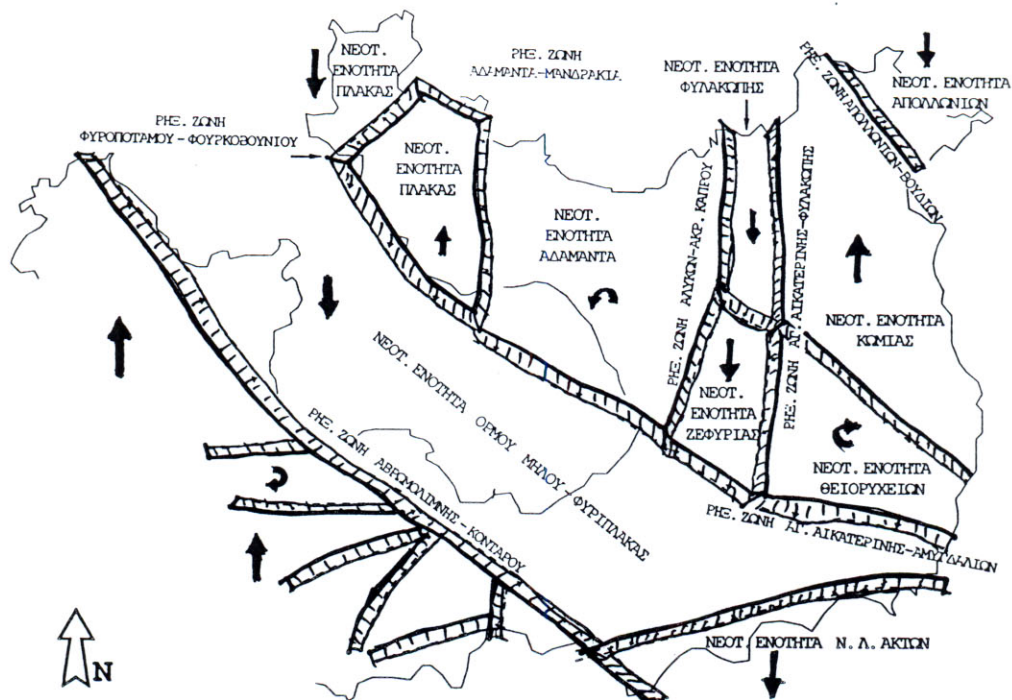


Εικ. 2: Συνοπτικό ροδόγραμμα των διευθύνσεων των ρηγμάτων της Μήλου.

ομάδας σχηματισμών συνολικά σε όλο το νησί ή σε ένα μεγάλο τμήμα του. Μια συνοπτική απεικόνιση των ρηξιγενών ζωνών δίνεται στην Εικόνα 3, ενώ η χρονική περίοδος δράσης της κάθε μιας ρηξιγενούς ζώνης δίδεται στην Εικόνα 4.

Ρηξιγενής ζώνη Βρωμολίμνης-Κονιάρου. Πρόκειται για μια μεγάλη ρηξιγενή ζώνη η οποία αρχίζει από το Ακρωτήριο Τούρλος και καταλήγει νότια του κώνου του Ηφαιστείου της Φυριπλάκας. Έχει μήκος πάνω από δεκαπέντε χιλιόμετρα και στο μεγαλύτερο της τμήμα συμπίπτει με τη δυτική ακτή του όρμου της Μήλου. Έχει διεύθυνση NW-SE και κατά μήκος τεκτονικής ολίσθησης που δείχνουν ότι έχει δράσει σε περισσότερες από μια περιόδους. Το παραγόντων και κυρίως μορφοδυναμικών ζώνης όπως προκύπτει από συνεκτίμηση πολλών Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα υπερβαίνει τα 200 μέτρα (Εικ. 3).

Κοντάρου αποτελεί το δυτικό όριο της νεοτεκτονικής ενότητας Όρμου Μήλου-Φυριπλάκας της οποίας το ανατολικό όριο είναι η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης-Αμυγδαλής. Η ενότητα αυτή είναι σημαντικά ταπεινωμένη σε σχέση με τις εκατέρωθεν νεοτεκτονικές ενότητες (π.χ. στο μεν NW τμήμα της να εισχωρεί η θάλασσα στο δε SE τμήμα της να αναπτυχθεί το Ηφαίστειο της Φυριπλάκας. Ουσιαστικά το ρηξιγενής Όρμου Μήλου-Φυριπλάκας δεν διαχωρίζει μόνο όλες οι νεοτεκτονικές δομές της Δυτικής Μήλου αλλά και τεκτονικά. Είναι χαρακτηριστικό ότι σταματούν απότομα στα δυτικά όρια του ρηξιγενούς ενώ όλες οι νεοτεκτονικές δομές στην Ανατολική Μήλο οι οποίες έχουν κυρίως διεύθυνση N-S σταματούν και αυτές απότομα στα



Εικ. 3: Οι ρηξιγενείς ζώνες και οι Νεοτεκτονικές ενότητες της Ανατολικής Μήλου.

ανατολικά όρια του ρηξιπεμάχους. Η ρηξιγενής ζώνη Βρωμολίμνης-Κοντάρου δεν έδρασε μόνο σε μια χρονική περίοδο αλλά επαναδραστηριοποιήθηκε πολλές φορές, γεγονός που διαπιστώθηκε κυρίως από την παρουσία στις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων της, πολλών συστημάτων γραμμών τεκτονικής ολίσθησης. Αναλυτικότερα, η ρηξιγενής ζώνη έδρασε κατά: (i) το Ανώτερο Μειόκαινο – Κατώτερο Πλειόκαινο, με αποτέλεσμα την παρουσία μόνο στη SW πλευρά της ζώνης Άνω Μειοκαινικών σχηματισμών (περιοχή Προβατά) και όχι στη NE (ii) το Μέσο Πλειστόκαινο, με αποτέλεσμα την οριοθέτηση προς τα NE μεγάλων εμφανίσεων των νέων τοφφίτων (Ακρωτήριο Τούρλος), (iii) το τέλος Μέσου Πλειστοκαίνου – Ανώτερο Πλειστόκαινο (δηλαδή 0,14-0,08 Μ.α.), με αποτέλεσμα την οριοθέτηση προς τα SW των λαβών του ηφαιστείου της Φυριπλάκας και (iv) το Ανώτερο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο με αποτέλεσμα, την οριοθέτηση σημαντικών εμφανίσεων αλλουβίων προς τα SW (περιοχές Βρωμολίμνης και κόλπου Κοντάρου).

Ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης-Αμυγδαλιές. Η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης-Αμυγδαλιές έχει διεύθυνση NW-SE και διαχωρίζει τις τεκτονικές ενότητες του όρμου της Μήλου-Φυριπλάκας προς τα νότια και των θειωρυχείων προς τα βόρεια. Η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης-Αμυγδαλιές αποτελεί πιθανότατα το SE τμήμα μιας μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης της οποίας το NW τμήμα συμπίπτει με την ανατολική ακτή του κόλπου της Μήλου (Εικ. 3). Η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης-Αμυγδαλιές γίνεται αμέσως αντιληπτή από την απότομη διακοπή των εμφανίσεων ορισμένων σχηματισμών κατά μήκος της αλλά και από την παρουσία πολλών κατοπτρικών επιφανειών με διεύθυνση περίπου E-W ως NW-SE και κλίση 60° - 85° προς τα νότια. Πάνω στις κατοπτρικές επιφάνειες παρατηρήθηκαν τουλάχιστον δύο συστήματα γραμμών προστριβής μερικές από τις οποίες είχαν σημαντική οριζόντια συνιστώσα. Είναι μια

Δ/ΝΕΗ ΡΗΣ. ΖΩΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	I (130°-310°)	II (W-E)	III (N-S)	IV (60°-240°)
ΟΛΟΚΑΙΝΟ 0.01 M.a.	ΒΡΟΧΟΛΙΜΝΗΣ- ΚΟΝΤΑΡΟΥ ΑΓ.ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ- ΑΜΥΓΔΑΛΙΣΣ ΑΠΟΛΛΟΝΙΟΝ-ΒΟΥΔΙΟΝ		ΑΔΑΜΑΝΤΑ-ΜΑΝΔΡΑΚΙΑ ΚΑΠΡΟΥ-ΑΛΥΚΕΣ ΜΗΛΟΥ ΑΓ.ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ- ΦΥΛΑΚΩΠΗΣ	
ΑΝΩΤ. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ 0.18 M.a.	ΒΡΟΧΟΛΙΜΝΗΣ- ΚΟΝΤΑΡΟΥ	ΑΓ.ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ- ΑΜΥΓΔΑΛΙΣΣ ΚΛΗΜΑ-ΣΚΟΙΝΩΠΗΣ		
ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ 0.8 M.a.	ΒΡΟΧΟΛΙΜΝΗΣ- ΚΟΝΤΑΡΟΥ			ΦΥΛΑΚΩΠΗΣ- ΦΟΥΡΚΟΒΟΥΝΙΟΥ
ΚΑΤΩΤ. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ 2.4 M.a.		ΑΓ.ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ- ΑΜΥΓΔΑΛΙΣΣ	ΑΔΑΜΑΝΤΑ-ΜΑΝΔΡΑΚΙΑ ΚΑΠΡΟΥ-ΑΛΥΚΕΣ ΜΗΛΟΥ ΑΓ.ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ- ΦΥΛΑΚΩΠΗΣ	
ΑΝΩΤ. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ 3.3 M.a.				
ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ				
ΚΑΤ. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ 7.0 M.a.	ΒΡΟΧΟΛΙΜΝΗΣ- ΚΟΝΤΑΡΟΥ			
ΑΝΩΤ. ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ				

Εικ. 4: Οι περίοδοι δραστηριοποίησης των ρηξιγενών ζωνών της Μήλου.

σύνθετη ρηξιγενής ζώνη η οποία έχει δράσει σε διάφορες χρονικές περιόδους και με διαφορετική κάθε φορά δυναμική και κινηματική. Συγκεκριμένα, πριν ή κατά τη διάρκεια του Πλειοκαίνου-Κατώτερου Πλειστοκαίνου τα ρήγματα της ρηξιγενούς ζώνης ταπεινώσαν σημαντικά το βόρειο ρηξιτέμαχος σε σχέση με το νότιο, με αποτέλεσμα την απόθεση του σχηματισμού των Παλαιών τόφφων-τοφφιτών μόνο στο ρηξιτέμαχος των θεωρυχειών. Στη συνέχεια και μετά την απόθεση του πράσινου λαχάρ-χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς τα ρήγματα της ζώνης επαναδραστηριοποιήθηκαν ταπεινώνοντας το νότιο ρηξιτέμαχος σε σχέση με το βόρειο. Αποτέλεσμα αυτής της κίνησης είναι η παρατηρούμενη σήμερα ταπείνωση της ανώτερης γεωμετρικής επιφάνειας του πράσινου λαχάρ-χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς στο ρηξιτέμαχος του όρμου Μήλου-Φυριπλάκας κατά 50 τουλάχιστον μέτρα. Η βύθιση αυτή επιβεβαιώνεται και από την απόθεση των λεπτών στρωμάτων από πυροκλαστικά υλικά του Ηφαιστείου της Φυριπλάκας που επεξεργάστηκε η θάλασσα (ηλικίας 0,14 – 0,08 M.a.) κατά κύριο λόγο στο ρηξιτέμαχος του Όρμου της Μήλου – Φυριπλάκας.

Ρηξιγενής ζώνη Φυροποτάμου-Φουρκοβουνίου. Η ρηξιγενής ζώνη Φυροποτάμου-Φουρκοβουνίου ευρίσκεται στη NW Χερσόνησο της Ανατολικής Μήλου, αρχίζει από τον κόλπο του Φυροποτάμου και καταλήγει στον όρμο του Φουρκοβουνίου, έχει γενική διεύθυνση SW-NE και διαχωρίζει τις νεοτεκτονικές ενότητες του Τράχηλα προς τα βόρεια και της Πλάκας προς τα νότια (Εικ. 3). Κατά μήκος της παρατηρούνται πολλές μικρές ρηξιγενείς επιφάνειες (κάτοπτρα) με γενική διεύθυνση NE-SW και με μεγάλη κλίση προς τα NW με πλέον χαρακτηριστικές αυτές που υπάρχουν στον κόλπο του Φυροποτάμου. Σε πολλές από τις

επιφάνειες παρατηρούνται γραμμές τεκτονικής ολίσθησης που δείχνουν κίνηση κατά κλίση και με το βόρειο ρηξιτέμαχος να έχει κατέβει σε σχέση με το νότιο, ενώ σε μερικές παρατηρήθηκαν και άλλες γραμμές τεκτονικής ολίσθησης με σημαντική μετατόπιση των εκατέρωθεν ρηξιτεμαχών. Η παρουσία της ρηξιγενούς ζώνης Φουρκοβουνίου-Φυροποτάμου τονίζεται και από: (i) την απότομη διακοπή των εμφανίσεων των πυροκλαστικών αποθέσεων προς τα νότια και την ταυτόχρονη διακοπή των εμφανίσεων των λαβών προς τα βόρεια, από τον κόλπο του Φυροποτάμου μέχρι και την τοποθεσία Λάμαρη, (ii) τις μορφολογικές ασυνέχειες που παρατηρούνται σε όλο το μήκος της και (iii) την τελείως διαφορετική μορφολογική εικόνα των εκατέρωθεν ρηξιτεμαχών-νεοτεκτονικών ενοτήτων που οριοθετεί. Με βάση τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις στις ρηξιγενείς επιφάνειες αλλά και με βάση άλλα στοιχεία (π.χ. μορφολογία) η ρηξιγενής ζώνη Φυροποτάμου-Φουρκοβουνίου έχει ταπεινώσει τη νεοτεκτονική ενότητα του Τράχηλα σε σχέση με τη νεοτεκτονική ενότητα της Πλάκας τουλάχιστον κατά 100-200 μέτρα, ενώ παράλληλα έχει προκαλέσει και μια οριζόντια αριστερόστροφη μετατόπιση των δύο νεοτεκτονικών ενοτήτων. Από τη συνεκτίμηση πολλών δεδομένων (ηλικία σχηματισμών που τέμνει ή οριοθετεί, κ.ά.) συμπεραίνεται ότι η δράση της ρηξιγενούς ζώνης θα πρέπει να είναι ταυτόχρονη της δράσης του ηφαιστείου του Τράχηλα (0,38 Μ.α) με μεγάλη πιθανότητα να συνεχίζεται μέχρι και σήμερα.

Ρηξιγενής ζώνη Αδάμαντα-Μανδράκια. Η ρηξιγενής ζώνη Αδάμαντα-Μανδράκια έχει γενική διεύθυνση NNE-SSW και διαχωρίζει τις νεοτεκτονικές ενότητες της Πλάκας δυτικά και του Αδάμαντα ανατολικά (Εικ. 3). Κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης Αδάμαντα-Μανδράκια και στις τοποθεσίες Μανδράκια και Κατηφόρα παρατηρούνται πολλές μικρές –αλλά σαφείς– παράλληλες κατοπτρικές επιφάνειες με διεύθυνση NNE-SSW και με μεγάλη κλίση προς τα ESE. Πάνω στις κατοπτρικές επιφάνειες υπάρχουν συχνά γραμμές τεκτονικής ολίσθησης που είχαν άλλοτε μεν σημαντική κατακόρυφη συνιστώσα άλλοτε δε σημαντική οριζόντια συνιστώσα. Σε όλο το υπόλοιπο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης δεν παρατηρούνται σαφείς κατοπτρικές επιφάνειες αλλά η ύπαρξή της τονίζεται από άλλα στοιχεία όπως (i) την παρουσία μορφολογικών ασυνεχειών κατά μήκος της, (ii) την τελείως διαφορετική μορφολογική εικόνα που υπάρχει εκατέρωθεν της και συγκεκριμένα το έντονο ανάγλυφο με σχετικά μεγάλα ύψη στο ρηξιτέμαχος της Πλάκας δυτικά και το ήπιο σχεδόν επίπεδο ανάγλυφο στο ρηξιτέμαχος του Αδάμαντα ανατολικά, (iii) την απότομη διακοπή των εμφανίσεων προς τα δυτικά του πράσινου λαχάρ-χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς και των πρόσφατων πορωδών τόφφων-ψαμμιτών. Ειδικότερα, η εμφάνιση των δύο τελευταίων σχηματισμών μόνο στο ρηξιτέμαχος του Αδάμαντα αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο όχι μόνο για τον καθορισμό της δράσης της ρηξιγενούς ζώνης αλλά και για τον καθορισμό της νεοτεκτονικής εξέλιξης των δύο ενοτήτων. Συγκεκριμένα, η εμφάνιση του πράσινου λαχάρ-χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς στο ρηξιτέμαχος του Αδάμαντα και η απουσία ανάλογων εμφανίσεων στο ρηξιτέμαχος της Πλάκας προϋποθέτει σημαντική ταπείνωση του πρώτου ρηξιτεμάχου (που έχει γίνει με την ενεργοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης) κατά τη διάρκεια του Κατώτερου-Μέσου Πλειστοκαινίου. Στη συνέχεια και κατά το Μέσο Πλειστόκαινο και τα δύο ρηξιτεμάχη βυθίζονται και αποτίθενται οι νέοι τοφφίτες. Κατά το Τυρρηνίο η ρηξιγενής ζώνη ενεργοποιήθηκε πάλι, με αποτέλεσμα τα δύο ρηξιτεμάχη να αποκτήσουν τελείως διαφορετική θέση, γεγονός που φαίνεται από την απόθεση του σχηματισμού των πορωδών τόφφων-ψαμμιτών μόνο στο ρηξιτέμαχος του Αδάμαντα. Από τη συνεκτίμηση πολλών παραγόντων και κυρίως μορφοδυναμικών το παρατηρούμενο σήμερα συνολικό άλμα της ρηξιγενούς ζώνης του Αδάμαντα-Μανδρακίων είναι της τάξης των 100-150 μέτρων.

Ρηξιγενής ζώνη Αλυκές Μήλου-Ακρωτήριο Κάπρου. Η ρηξιγενής ζώνη Αλυκές Μήλου-Ακρωτήριο Κάπρου έχει διεύθυνση NNE-SSW και οριοθετεί τη νεοτεκτονική ενότητα του Αδάμαντα προς τα δυτικά και τις νεοτεκτονικές ενότητες της Φυλακωπής και της Ζεφυρίας ανατολικά. Η ρηξιγενής ζώνη Αλυκές Μήλου-Ακρωτήριο Κάπρου είναι περισσότερο σαφής στο νότιο τμήμα (δυτικό περιθώριο του τεκτονικού βυθίσματος της Ζεφυρίας) όπου παρατηρούνται πολλές κατοπτρικές επιφάνειες με γενική διεύθυνση NNE-SSW με κλίση προς τα ανατολικά και με γραμμές προστριβής περίπου κατά κλίση. Επίσης η ρηξιγενής ζώνη τονίζεται στο νότιο τμήμα της από τις μεγάλες μορφολογικές ασυνέχειες που υπάρχουν κατά μήκος της, από τις τελείως διαφορετικές μορφολογικές εικόνες στα δύο εκατέρωθεν ρηξιπεμάχη που οριοθετεί και συγκεκριμένα το έντονο ανάγλυφο του ρηξιπεμάχους τους Αδάμαντα αφ' ενός και το επίπεδο ανάγλυφο της πεδιάδας της Ζεφυρίας αφ' ετέρου. Όπως συμπεραίνεται από το πάχος των αλλουβίων στο δυτικό τμήμα της Ζεφυρίας το άλμα των ρηγμάτων στο νότιο τμήμα της ζώνης είναι της τάξης των 100 μέτρων περίπου (κατά τη διάρκεια του Ολοκαίνου, δηλαδή περίπου των 10.000 τελευταίων χρόνων). Αν όμως ληφθεί υπόψη ότι και μετά την αφαίρεση αυτού του άλματος προκύπτει μια διαφορά υψομετρική της τάξης των 50-100 μέτρων της ανώτερης γεωμετρικής επιφάνειας του πράσινου λαχάρ – χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς εκατέρωθεν της ρηξιγενούς ζώνης συμπεραίνεται ότι το συνολικό άλμα από το Μέσο Πλειστόκαινο είναι της τάξης των 150-200 μέτρων περίπου. Αντίθετα με το νότιο τμήμα στο βόρειο τμήμα της, η ρηξιγενής ζώνη Αλυκές Μήλου – Ακρωτηρίου Κάπρου δεν είναι τόσο σαφής, τονίζεται όμως από την απότομη διακοπή του σχηματισμού των πρόσφατων πορωδών τόφφων – ψαμμιτών.

Ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης – Φυλακωπής. Η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης – Φυλακωπής έχει γενική διεύθυνση NNE-SSW και οριοθετεί τις νεοτεκτονικές ενότητες της Ζεφυρίας και της Φυλακωπής προς τα δυτικά και τις νεοτεκτονικές ενότητες των θειωρυχείων και της Κώμιας προς τα ανατολικά (Εικ. 3). Η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης – Φυλακωπής είναι περισσότερο σαφής στο νότιο τμήμα της (ανατολικό περιθώριο του τεκτονικού βυθίσματος της Ζεφυρίας όπου παρατηρούνται ορισμένες κατοπτρικές επιφάνειες με γενική διεύθυνση NNE-SSW με κλίση προς τα δυτικά και με γραμμές προστριβής περίπου κατά κλίση. Κυρίως όμως η ρηξιγενής ζώνη στο νότιο τμήμα της τονίζεται από τις μεγάλες μορφολογικές ασυνέχειες που υπάρχουν κατά μήκος της, από τις τελείως διαφορετικές μορφολογικές εικόνες στα δύο εκατέρωθεν ρηξιπεμάχη που οριοθετεί και συγκεκριμένα το έντονο ανάγλυφο του ρηξιπεμάχους των θειωρυχείων αφ' ενός και το επίπεδο ανάγλυφο του ρηξιπεμάχους της Ζεφυρίας αφ' ετέρου. Όπως συμπεραίνεται από το πάχος των αλλουβίων στο ανατολικό τμήμα της Ζεφυρίας, το άλμα των ρηγμάτων στο νότιο τμήμα της ζώνης είναι της τάξης των 20-30 μέτρων (κατά τη διάρκεια του Ολοκαίνου, δηλαδή των 10.000 τελευταίων χρόνων). Αν όμως ληφθεί υπόψη ότι και μετά την αφαίρεση αυτού του άλματος προκύπτει μια διαφορά υψομετρική της τάξης των 50-100 μέτρων της ανώτερης γεωμετρικής επιφάνειας του πράσινου λαχάρ – χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς εκατέρωθεν της ρηξιγενούς ζώνης, συμπεραίνεται ότι το συνολικό άλμα από το Μέσο Πλειστόκαινο είναι της τάξης των 70-130 μέτρων περίπου. Αντίθετα με το νότιο τμήμα στο βόρειο τμήμα η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης - Φυλακωπής δεν είναι τόσο σαφής τονίζεται όμως από την απότομη διακοπή των εμφανίσεων ορισμένων σχηματισμών όπως λαβών, παλαιών τόφφων - τοφφιτών, νέων τοφφιτών και αλλουβίων κατά μήκος της. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Αικατερίνης – φυλακωπής τέμνεται εγκάρσια από τις δύο άλλες ρηξιγενείς ζώνες (i) τη ζώνη Αγίου Ιωάννη Θεολόγου στο ύψος του ρέματος Κουραδής, η οποία ουσιαστικά και οριοθετεί εκατέρωθεν της ανά δύο

ρηξιτεμάχνη σε κάθε πλευρά της δηλαδή της Ζεφυρίας και της Φυλακωπής αφ' ενός της Κώμιας και Θειωρυχείων αφ' ετέρου και (ii) τη ζώνη Αγίας Αικατερίνης - Αμυγδαλιές στην τοποθεσία Αγία Αικατερίνη η οποία και μεταθέτει με δεξιόστροφη μετακίνηση τη νότια απόληξη της ρηξιγενούς ζώνης (δηλαδή της Αγίας Αικατερίνης Φυλακωπής).

Ρηξιγενής ζώνη Απολλωνίων – Βουδίων. Η ρηξιγενής ζώνη Απολλωνίων – Βουδίων ευρίσκεται στο ΝΕ άκρο της Μήλου, έχει διεύθυνση NW-SE και οριοθετεί τη νεοτεκτονική ενότητα Κώμιας δυτικά και τη νεοτεκτονική ενότητα Απολλωνίων ανατολικά (Εικ. 3). Η ρηξιγενής ζώνη Απολλωνίων – Βουδίων διακρίνεται εύκολα από την παρουσία ρηγμάτων με σημαντικά κάτοπτρα ανατολικά των υψωμάτων Καλόγερος και Κορακιά στα οποία όμως δεν υπήρχαν ευδιάκριτες γραμμές προστριβής, πιθανότατα λόγω της εύκολης αποσάθρωσης των λαβών. Η ρηξιγενής ζώνη εξ' άλλου τονίζεται (i) από την έντονη μορφολογική ταπείνωση που παρατηρείται στο ρηξιτέμαχος των Απολλωνίων λόγω της βύθισής του, (ii) τις μορφολογικές ασυνέχειες που υπάρχουν κατά μήκος της και (iii) την απότομη διακοπή της συνέχειας των Αλλουβιακών εμφανίσεων του ρηξιτεμάχους των Απολλωνίων. Η δράση των ρηγμάτων της ρηξιγενούς ζώνης Απολλωνίων – Βουδίων πιθανότατα είναι Ολοκαινική.

Ρηξιγενής ζώνη Αγίας Κυριακής – Παλαιοχωρίου. Η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Κυριακής – Παλαιοχωρίου ευρίσκεται στη SE Μήλο έχει διεύθυνση περίπου E-W και οριοθετεί τα ρηξιτεμάχνη Παλαιοχωρίου (ή νοτιοδυτικών ακτών) προς τα νότια και το ρηξιτέμαχος του όρμου Μήλου – Φυριπλάκας. Η ρηξιγενής ζώνη Αγίας Κυριακής – Παλαιοχωρίου δεν έχει μεγάλο κατακόρυφο άλμα και γίνεται αντιληπτή κυρίως από την απότομη διακοπή των εμφανίσεων κατά μήκος της: (i) του μεταμορφωμένου Αλπικού υποβάθρου προς τα βόρεια, (ii) των λαβών προς τα νότια και (iii) των κύριων εμφανίσεων του πράσινου λαχάρ – χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς.

Ρηξιγενής ζώνη Αγίου Ιωάννη Θεολόγου. Η ρηξιγενής ζώνη Αγίου Ιωάννη Θεολόγου έχει διεύθυνση NW-SE και οριοθετεί τις νεοτεκτονικές ενότητες της Κώμιας και της Φυλακωπής προς τα βορειοανατολικά και τις νεοτεκτονικές ενότητες της Ζεφυρίας και των Θειωρυχείων προς τα νοτιοδυτικά. Η παρουσία δύο ρηξιτεμαχών σε κάθε πλευρά οφείλεται στη διασταύρωση της ζώνης με μια άλλη (Αγίας Αικατερίνης – Φυλακωπής), η οποία έχει εγκάρσια διεύθυνση (δηλαδή N-S περίπου). Η ρηξιγενής ζώνη Αγίου Ιωάννη Θεολόγου είναι περισσότερο σαφής στη NW απόληξή της όπου οριοθετεί τις νεοτεκτονικές ενότητες της Φυλακωπής βόρεια και Ζεφυρίας νότια εξαιτίας της απότομης μορφολογικής κάμψης και της οριοθέτησης των Αλλουβιακών σχηματισμών του τεκτονικού βυθίσματος. Αντίθετα στο υπόλοιπο τμήμα της είναι δυσδιάκριτη και τονίζεται από: (i) την ύπαρξη μικρών κατοπτρικών επιφανειών κατά μήκος της, (ii) την οριοθέτηση προς τα βόρεια του Αλπικού μεταμορφωμένου υποβάθρου το οποίο εμφανίζεται μόνο στο ρηξιτέμαχος των Θειωρυχείων και όχι στο ρηξιτέμαχος της Κώμιας, (iii) την παρουσία εκατέρωθεν της τελείως διαφορετικών μορφολογικών εικόνων, (iv) την παρουσία του πράσινου λαχάρ – χαοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς.

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ – ΓΕΝΙΚΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

Η περιγραφή των κύριων ρηγμάτων, τα οποία οριοθετούν τους σχηματισμούς της Μήλου, η οποία προηγήθηκε, έδειξε τα όρια των σχετικά ενιαίων ρηξιτεμαχών. Τα σύνθετα αυτά ρηξιτεμάχνη προδιαγράφουν τις νεοτεκτονικές ενότητες της Μήλου κάθε μια από τις οποίες αποτελεί και μια συγκεκριμένη τεκτονική μακροδομή όπως τεκτονικό κέρας, τεκτονική τάφρο με οριζόντια κατακόρυφη ή και περιστροφική μετακίνηση. Οι νεοτεκτονικές ενότητες της Μήλου έχουν σημειωθεί στο χάρτη της Εικόνας 1 όπου σημειώνεται με βέλος η επικρατούσα ανοδική

ή καθοδική ή στρεπτική κίνηση. Έτσι υπάρχουν νεοτεκτονικές ενότητες που αποτελούν ένα τεκτονικό κέρασ, δηλαδή οριοθετούνται από κύρια ρήγματα με κυρίαρχη κατά κλίση συνιστώσα που συνολικά ανυψώνουν το ρηξιτέμαχος ως προς όλα τα γειτονικά ρηξιτέμαχ. Τέτοιες ενότητες είναι το ρηξιτέμαχος του Προφήτη Ηλία στη νοτιοδυτική Μήλο και το ρηξιτέμαχος της Κώμιας στη βορειοανατολική Μήλο. Αντίθετα, υπάρχουν νεοτεκτονικές ενότητες που αποτελούν τεκτονικές τάφρους, δηλαδή οριοθετούνται από κύρια ρήγματα με κυρίαρχη κατά κλίση συνιστώσα που συνολικά ταπεινώνουν το ρηξιτέμαχος ως προς τα γειτονικά ρηξιτέμαχ. Τέτοιες ενότητες είναι το ρηξιτέμαχος Όρμου Μήλου – Φυριπλάκας και το ρηξιτέμαχος Ζεφυρίας. Ακόμη υπάρχουν νεοτεκτονικές ενότητες οι οποίες οριοθετούνται από ρήγματα με κατά κλίση κυρίαρχη συνιστώσα που όμως έχουν σημαντικά διαφορετική κίνηση μεταξύ τους, έτσι ώστε να ανυψώνονται σε σχέση με ορισμένα γειτονικά ρηξιτέμαχ και να ταπεινώνονται σε σχέση με άλλα. Ταυτόχρονα, η διαφορετική κίνηση δημιουργεί περιστροφή προς το σημείο – ζώνη της μεγαλύτερης ταπείνωσης. Τα τεκτονικά αυτά ρηξιτέμαχ αντιστοιχούν σε τεκτονικά δίπολα και μπορεί να μέρει να συνυπάρχουν και στα τεκτονικά κέρατα ή τις τεκτονικές τάφρους. Το ρηξιτέμαχος του Αδάμαντα καθώς και των Θειωρυχείων, της Αγίας Μαρίας και της ΒΔ Μήλου αποτελούν τεκτονικά δίπολα. Τέλος, υπάρχουν ορισμένα κύρια ρήγματα στα οποία δεν επικρατεί η κατά κλίση συνιστώσα αλλά η κατά παράταξη. Στις περιπτώσεις αυτές οι νεοτεκτονικές ενότητες έχουν σύνθετη κινηματική, με περιστροφή περί κατακόρυφο ή κεκλιμένο άξονα. Τέτοιες ενότητες είναι το ρηξιτέμαχος του Τραχήλα και των ΝΑ ακτών της Μήλου.

Το είδος της τεκτονικής κίνησης σε κάθε νεοτεκτονική ενότητα έχει σαν αποτέλεσμα, εφόσον η κίνηση ήταν σταθερή στα τελευταία 3-4 εκ. χρόνια, την αποκλειστική ύπαρξη ή έλλειψη κάποιου σχηματισμού. Έτσι, στις νεοτεκτονικές ενότητες που αντιστοιχούν σε τεκτονικές τάφρους μπορεί να υπάρχουν σχηματισμοί που δεν αποτέθηκαν στις άλλες ανυψούμενες γειτονικές περιοχές. Τέτοιο παράδειγμα είναι η σημαντική παρουσία αλλουβίων στην ενότητα της Ζεφυρίας και η σχεδόν αποκλειστική ύπαρξη του σχηματισμού των πορωδών τόφφων – ψαμμιτών στην ενότητα του Αδάμαντα. Γενικά, κάθε νεοτεκτονική ενότητα χαρακτηρίζεται από κάποιο συγκεκριμένο σχηματισμό ή συνδυασμό σχηματισμών (Εικ., 1). Έτσι:

α. Η ενότητα της ΒΔ Μήλου χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη του σχηματισμού των νέων τοφφιών και μάλιστα σε μια επιμήκη ζώνη διεύθυνσης Ε-Ω παράλληλα και κατά μήκος του νότιου ορίου της, όπως και η φορά περιστροφής της.

β. Η ενότητα Προφήτη Ηλία χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των ιγνιμβριτών, οι οποίοι τεμαχίζονται τόσο από το βόρειο όσο και από το νότιο όριό της.

γ. Η ενότητα της ΝΔ Μήλου χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των ιζημάτων του Ανωτέρου Μειοκαίνου πάνω από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο.

δ. Η ενότητα Χαλέπας χαρακτηρίζεται από τις λάβες ηλικίας Κάτω Πλειστοκαινικής, ενώ λείπουν όλοι οι υπόλοιποι σχηματισμοί.

ε. Η ενότητα Όρμου Μήλου – Φυριπλάκας χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των ηφαιστειακών πετρωμάτων Φυριπλάκας που καλύπτουν τις λαβές και το μεταμορφωμένο υπόβαθρο, ενώ λείπουν οι υπόλοιποι σχηματισμοί και ιδιαίτερα τα ιζήματα του Ανωτέρου Μειοκαίνου.

στ. Η ενότητα Τράχηλα χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη σχεδόν αποκλειστικά των ηφαιστειακών πετρωμάτων του Τράχηλα.

ζ. Η ενότητα Πλάκας χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των λαβών με μικρές εμφανίσεις των νέων τοφφιών ενώ λείπουν οι περισσότεροι από τους άλλους σχηματισμούς.

η. Η ενότητα Αδάμαντα χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των πορωδών τόφφων – ψαμμιτών πάνω από το λαχάρ και τους τόφφους.

θ. Η ενότητα Φυλακωπής χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη του χασοτικού Πλειστοκαινικού λατυποπαγούς – λαχάρ πάνω από τους τόφφους.

ι. Η ενότητα Κώμιας χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των λαβών και το λαχάρ στα χαμηλότερα υψόμετρα (περίπου 100-120m).

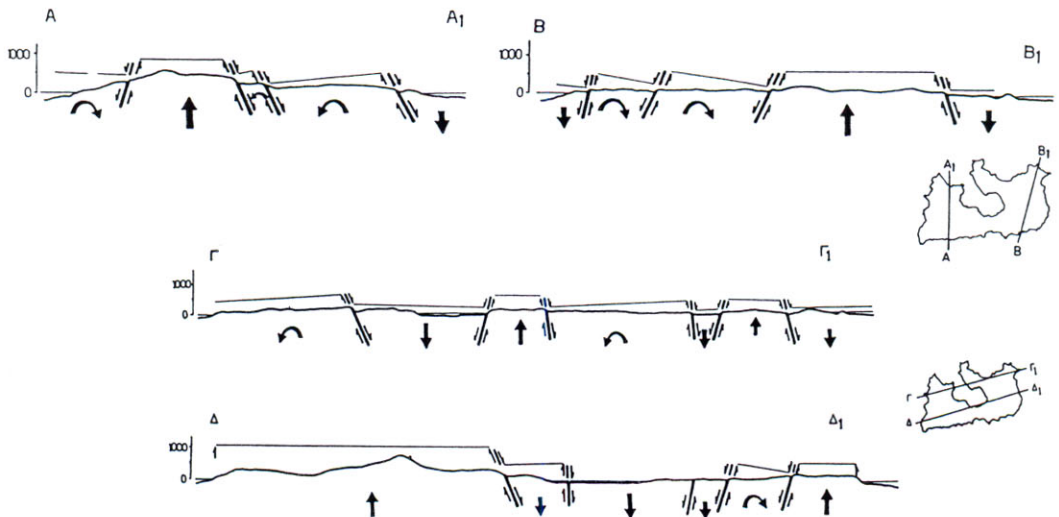
ια. Η ενότητα Ζεφυρίας χαρακτηρίζεται από την αποκλειστική ανάπτυξη των αλλουβίων.

ιβ. Η ενότητα Θειωρυχείων χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη λαχάρ πάνω από τους τόφφους και τις λάβες ενώ το μεταμορφωμένο υπόβαθρο απαντά σε μικρό βάθος.

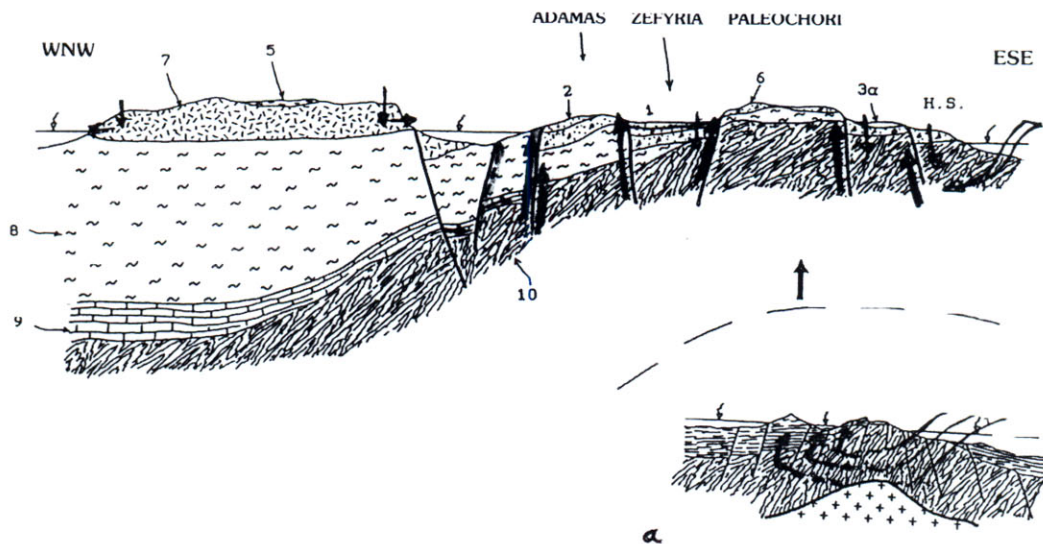
Ας σημειωθεί ότι, εάν ληφθούν υπόψη και οι ηλικίες των λαβών, τότε δημιουργείται ακόμη μεγαλύτερη ιδιομορφία σε κάθε νεοτεκτονική ενότητα δεδομένου ότι η συνήθης ύπαρξη των λαβών αναλύεται σε τρεις τουλάχιστον υποπεριπτώσεις με διαφορετική ηλικία (Πλειόκαινο, Κατώτερο Πλειστόκαινο, Όριο Κατώτερου – Μέσου Πλειστοκαινού (FYTIKAS, *et al.*, 1986).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι κάθε νεοτεκτονική ενότητα έχει τη δική της ιδιαίτερη εξέλιξη. Η προκύπτουσα συνολική τεκτονική δομή της Μήλου μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια περίπλοκη δομή από ρηξιτεμάχη που διαδέχονται στο χώρο μορφές τεκτονικών τάφρων – κεράτων – διπόλων. Η περιγραφή της συνολικής δομής δεν μπορεί να γίνει σε μια τομή, διότι ο προσανατολισμός των τεκτονικών δομών δεν είναι σταθερός μια και τα κύρια ρήγματα που οριοθετούν τα ρηξιτεμάχη διευθύνονται προς όλες τις διευθύνσεις, δηλαδή, και E-W και N-S και NW-SE και NE-SW.

Έτσι η περιγραφή της συνολικής δομής της Μήλου χρειάζεται συνδυασμό τομών διαφορετικών διευθύνσεων, όπως στην Εικόνα 5. Στις τομές AA1 και BB1 που έχουν διευθύνση περίπου N-S (Εικ. 5) φαίνεται η έλλειψη αντιστοίχησης της δομής της Δυτικής Μήλου με τη δομή της Ανατολικής Μήλου. Έτσι, στη Δυτική Μήλο παρατηρείται το τεκτονικό κέρα του Προφήτη Ηλία, το οποίο διαδέχονται κλιμακωτά τόσο προς βορρά όσο και προς νότο τα ρηξιτεμάχη – δίπολα Αγίας Μαρίας, ΒΔ Μήλου και όρμου Μήλου αφενός και ΝΔ Μήλου αφετέρου. Στην ανατολική Μήλο υπάρχει το τεκτονικό κέρα της Κώμιας με κλιμακωτή βύθιση προς νότο και περιστροφή προς βορά των ρηξιτεμαχών Θειωρυχείων και Φυριπλάκας και με βύθιση του ρηξιτεμάχους Απολλωνίων προς βορρά.



Εικ. 5: Γενικές τομές διεύθυνσης περίπου N-S και ENE-WSW της Νήσου Μήλου που δείχνουν τα κύρια ρήγματα που οριοθετούν τα ρηξιτεμάχη και τις κινήσεις τους.



Εικ. 6: Γενική τεκτονική τομή της Μήλου και σχηματικό γεωθερμικό πρότυπο (α).

1: Αλλουβία, 2: Πρόσφατοι πορώδεις τόφφοι και ψαμμίτες, 3α: τοφφίτες Φυριπλάκας, 5: Νέοι τοφφίτες, 6: Λαχάρ, 7: Κατώτερες Λάβες, 8: Παλαιοί Τοφφίτες, 9: Ασβεστόλιθοι κ.λπ. ιζήματα Ανώτερου Μειόκαινου – Κατώτερου Πλειόκαινου, 10: Μεταμορφωμένο υπόβαθρο.

Οι τεκτονικές ενότητες της Δυτικής Μήλου δε συνεχίζονται στην Ανατολική Μήλο, παρά το γεγονός ότι τα κύρια ρήγματά της έχουν διεύθυνση E-W. Τούτο οφείλεται στην παρεμβολή μεταξύ Ανατολικής και Δυτικής Μήλου του ρηξιτεμάχους του Όρμου Μήλου – Φυριπλάκας, όπου κυριαρχούν τα NW-SE ρήγματα, τα οποία έχουν δημιουργήσει μια τεκτονική τάφρο εντός της οποίας έχει εισχωρήσει η θάλασσα από N-W ενώ στο νοτιοανατολικό της άκρο έχει αναπτυχθεί το πρόσφατο ηφαίστειο της Φυριπλάκας. Στις τομές ΓΤ1 και ΔΔ1 (Εικ. 5) φαίνεται η καθοριστική διάκριση της Μήλου σε Δυτικό και Ανατολικό τμήμα από τα περιθωριακά τμήματα της τάφρου του όρμου Μήλου – Φυριπλάκας. Στη Βόρεια Μήλο η τάφρος του Όρμου Μήλου χωρίζει το ρηξιτέμαχος ΒΔ Μήλου από τη διαδοχή κεράτων – τάφρων της Ανατολικής Μήλου, δηλαδή από το κέρα της Πλάκας, το δίπολο Αδάμαντα, την τάφρο Φυλακωπής, το κέρα Κώμιας και την τάφρο Απολλωνίων. Αντίθετα, στη Νότια Μήλο η τάφρος της Φυριπλάκας χωρίζει το Κέρα του Προφήτη Ηλία δυτικά από την ελαφρά ανυψωμένη τάφρο της Ζεφυρίας ανατολικά και το ακόμη ανατολικότερα αναπτυσσόμενο δίπολο των θειωρυχείων και το κέρα της Κώμιας.

Γενικά φαίνεται ότι η τάφρος του όρμου Μήλου – Φυριπλάκας με διεύθυνση NW-SE διακόπτει τη συνέχεια των E-W δομών της Δυτικής Μήλου καθώς επίσης και των κυρίως N-S δομών της Ανατολικής Μήλου. Η όλη εικόνα δείχνει ότι η συνολική δομή δεν είναι το αποτέλεσμα διαδοχικών παραμορφωτικών φάσεων που έδρασαν ενιαία στη Μήλο αλλά μια εκλεκτική γεωγραφικά ενεργοποίηση δομών κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ

Το γεωθερμικό πρότυπο της Μήλου προκύπτει από την γενική τεκτονική του αλπικού υποβάθρου σε συνδυασμό με την περιγραφείσα συνολική νεοτεκτονική δομή, όπως φαίνεται στην αντιπροσωπευτική τομή της Εικόνας 6.

Το κύριο χαρακτηριστικό της δομής, είναι η παρουσία μιας αντικλινικής δομής διεύθυνσης περίπου E-W, η οποία εκφράζεται κυρίως από την εμφάνιση του μεταμορφωμένου υποβάθρου στη νότια-νοτιοανατολική Μήλο, κάτω από την οποία αναπτύσσεται ο μαγματικός θάλαμος.

Το βόρειο σκέλος του αντικλίνου βυθίζεται σε αρνητικά υψόμετρα προς βορρά όπου αποκτούν μεγάλο πάχος οι παλαιοι τοφφίτες, οι οποίες απουσιάζουν στη νότια παράκτια ζώνη. Οι τοφφίτες αυτοί δημιουργούν ένα αδιαπέραστο περιβλήμα της δεξαμενής των γεωθερμικών ρευστών που αναπτύσσονται μέσα στις διαρρήξεις των σχιστολίθων του μεταμορφωμένου υποβάθρου.

Η κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών ευνοείται από την διείσδυση μέχρι τον μαγματικό θάλαμο του θαλασσινού νερού από νότια όπου έχουμε το νότιο σκέλος του αντικλίνου και στη συνέχεια την άνοδο του θερμού νερού στην οροφή του αντικλίνου και στο βόρειο σκέλος του δια μέσου των ρηγμάτων (Εικ. 6α).

Η απευθείας απόθεση του λαχάρ πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο κατά μήκος της κορυφαίας ζώνης του αντικλίνου στη ΝΑ Μήλο – από όπου απουσιάζουν λόγω διάβρωσης ή μη απόθεσης οι αρχαιότεροι ηφαιστειογενή σχηματισμοί – δείχνει ότι η ανύψωση έγινε στο Ανώτερο Πλειόκαινο – Κάτω Πλειστόκαινο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANGELIER, J., CANTAGREL, J.M., VILMINOT, J.C. (1977). Neotectonique cassante et volcanisme plio-quaternaire dans l' arc egeen. Interme: l' ile de Milos (Grece). *Bull. Soc. Geol. France*, 19, 1, 119-124.
- ANGELIER, J. (1979). Neotectonique de l' arc Egeen. *Geol. Soc. Ged. Nord*, Publ. 3, 1-417.
- ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ., GIULIANI, O., INNOCENTI, F., MARINELLI, G., & MAZZUOLI, R., (1986). Geoghronological data on recent magmatism of Aegean sea. *Tectonophysics*, 31, 29-34.
- ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ. (1977). Γεωλογική και Γεωθερμική μελέτη της νήσου Μήλου. *Γεωλογικές και Γεωφυσικές έρευνες*, ΙΓΜΕ, XVIII, 1, 228σ.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1977). Some new occurrences of quaternary sandstones in the Cyclades and their paleogeographic importance. *Vith Coll. Aegean Region*, Athens 1977, 1, 459-467.
- JARRIGE, J. (1988). Etudes neotectoniques dans l' arc volcanique egeen. Les iles de Kos, Santorini et Milos. These Univ. Paris, XI, 235p..
- ΛΙΑΤΣΙΚΑΣ, Ν. (1949). Η γεωλογία της Μήλου. Ι.Γ.Μ.Ε., Έκθεση 91, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1986. Γεωλογία της Ελλάδας. Εκδόσεις Επτάλοφος, 240σ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1988). Structural analysis of the Milos geothermal field. Final synoptic report submitted to PPC. Research Project, University of Athens, 114p.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΜΙΡΚΟΥ, Μ.Ρ. & ΣΥΣΚΑΚΗΣ, Δ. 1990. Geodynamic aspects during early Pliocene in Milos island, Cyclades, Aegean Sea. *Int. Earth Sciences Congress on the Aegean Region* (IESCA), Izmir 1990, Abstracts p. 237.
- ΣΗΜΑΙΑΚΗΣ, Κ. (1985). Νεοτεκτονική εξέλιξη της νήσου Μήλου. Αδημοσίευτη έκθεση, ΙΓΜΕ.
- SONDER, R. (1924). Zur Geologie und Petrographie der Inselgruppe von Milos. *Zeits. Vulk.* N. Band 8, 1924-25 Berlin.