

## Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ (ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΣ)

Μ. Τριανταφύλλης\* και Ι. Καρφάκης\*

### ΣΥΝΩΜΗ

Η νήσος Κάλυμνος δομείται από τις ακόλουθες ενότητες από τις υποκείμενες προς τις υπερκείμενες: 1. Σχετικά αυτόχθονη ενότητα παλαιοζωικών σχηματισμών. 2. Τεκτονική ενότητα νεοπαλαιοζωικών αμφιβολιτών, διαφόρων τύπων σχιστολιθών και γνευσίων. 3. Τεκτονική ανάλυση νεοτεκτονικών ρηγμάτων οδηγεί στο συμπέρασμα για παρουσία ενός εφελκυστικού πεδίου από τομέσο Μειόκαινο και μετά που διαχωρίζεται όμως σε δύο ξεχωριστές φάσεις. Μία με ΒΑ - ΝΔ διεύθυνσης εφελκυσμό πιθανά από Πλειόκαινο μέχρι μέσο Πλειστόκαινο και μία δεύτερη με διεύθυνση εφελκυσμού Β-Ν, από Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα.

### ABSTRACT

The Kalymnos island is composed from the following units which from the base to top are: 1. Relative autochthonous unit of palaeozoic formations. 2. Tectonic unit of neopalaeozoic amphibolites, different types of schists and gneisses. 3. Tectonic unit of Ionian zone. 4. Tectonic unit of Gavrovo zone. The analysis of neotectonic faults leads to the conclusion that there exist an extensional regime in the area from post - middle Miocene to recent, but separated into two phases. The first trends NE - SW (minimum principal stress  $\sigma_3$ ) between Pliocene - early Pleistocene and the second one, with N - S, from middle Pleistocene to present.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αφετηρία της εργασίας αυτής απετέλεσε η γεωλογική χαρτογράφηση της νήσου Καλύμνου (ΝΑ Αιγαίο, σύμπλεγμα Δωδεκανήσου) σε κλίμακα 1:25.000 η οποία έχει αρχίσει στα πλαίσια των γεωλογικών χαρτογραφήσεων του Ι.Γ.Μ.Ε. Εκτίθενται τα στοιχεία τα οποία έχουν προκύψει μέχρι σήμερα και τα οποία αφορούν στη γεωλογική και τεκτονική δομή της νήσου. Η πετρογραφική μελέτη έχει γίνει από τη Δρα Φ. Μαυρίδου και η παλαιοντολογική από τη Δρα. Β. Κορωναίου.

Αρκετοί ερευνητές έχουν αναφερθεί κατά το παρελθόν στη γεωλογία της Καλύμνου. Ο ΤΣΙΛΙΑΤΣΕΦΦ (1869), στον γεωλογικό χάρτη του όπως και οι ΝΕΥΜΑΥΡ (1879), ΡΑΤΟΝ & ΜΥΡΕΣ (1897) και ΦΙΛΛΙΠΣΟΝ (1914) δέχονται κρητική ηλικία για τους ανθρακικούς σχηματισμούς. Ο ΔΕΣΙΟ (1931) διακρίνει ένα κρυσταλλοσχιστώδη σχηματισμό Προκαμβρίου έως Σιλουρίου και μία ανωκρητιδική ασβεστολιθική σειρά. Ο ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ (1969), αποδίδει ανωλιθανθρακοφόρο ηλικία στη μεταμορφωμένη σειρά, επί της οποίας αποτίθεται ασμφάτως το ανθρακικό κάλυμμα ηλικίας Ανωτ. Ιουρασικού έως Σαντωνίου - Κιμμεριδίου.

\* Institute of Geology and Mineral Exploration, 70 Messoghion Stre., 115 27 Athens, Greece

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Ασυμφώνως τοποθετημένους επ' αυτών αναφέρει ασβεστολίθους ηλικίας Τιθωνίου έως πιθανώς Ανωτ. Κρητιδικού οι οποίοι δεν αποκλείεται να ανήκουν σε διαφορετική από τους προηγούμενους γεωτεκτονική ζώνη. Οι ΔΟΥΝΑΣ, ΚΑΚΚΑΒΑΣ, ΤΑΣΙΟΣ (1972, 1983) διακρίνουν: α) Νεοπαλαιοζωϊκά ιζήματα β) Ανωιουρασικά ιζήματα υπερκείμενα επικλυσιγενώς γ) Ανωιουρασικούς - κατακρητιδικούς ασβεστολίθους επικλυσιγενώς υπερκείμενοι σε άλλη ζώνη την οποία δεν προσδιορίζουν. Οι DÜRR (1975) & DÜRR et al. (1978) διακρίνουν δύο νεοπαλαιοζωϊκές ενότητες: α) Μία τεκτονική ενότητα δαπέδου (Τεμένια), την οποία συγκρίνουν με την ενότητα Kara-Dag του Λυκιακού Ταύρου (DE GRACIANSKY, 1972), και β) μία ενότητα οροφής (Μαρίνα), η οποία σύμφωνα με τους BRINKMANN (1967) και BERNOULLI et al. (1974), λιθολογικά ανταποκρίνεται στα στρώματα Karaona του Milas. Ασύμφωνα επί της ενότητας Μαρίνας (C. FRANZ, 1991) αποτίθενται αργιλικόι σχιστόλιθοι, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή (Val Camere στρώματα κατά τον DESIO), οι οποίοι θεωρούνται ότι αποτελούν ένα ισοδύναμο του Αλπικού Verrucano (DÜRR, 1975) και επί των οποίων υπέρκεινται συμφώνως δολομίτες ηλικίας Τριαδικού έως Λιασίου. Οι WACHENDORF & GRALLA (1983) χωρίζουν ένα αυτόχθονο - παραυτόχθονο παλαιοζωϊκό (Λιθανθρακοπέρμιο) και ένα αλλόχθονο από ασβεστολίθους (1991), τέλος, χωρίζει όπως και οι FRANZ, OKRUSCH & SEIDEL (1990), το κρυσταλλοσχιιστώδες της ενότητας Μαρίνας, σε δύο λιθολογικές μονάδες. Στο κρυσταλλοσχιιστώδες Πανόρμου και στο κρυσταλλοσχιιστώδες Εμπορείου.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ

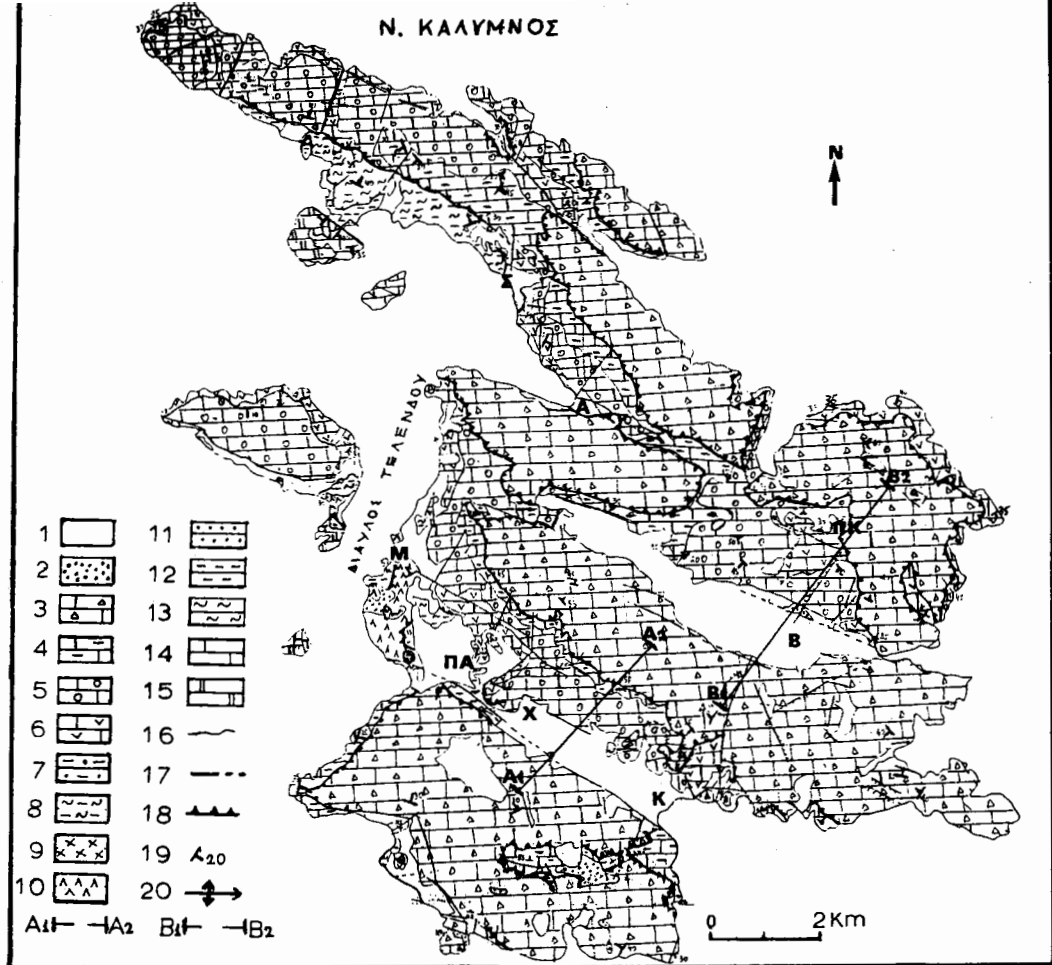
Όπως φαίνεται στο γεωλογικό χάρτη (Εικ. 1) και στις στρωματογραφικές στήλες (Εικ. 2) η νήσος Κάλυμνος δομείται από τις ακόλουθες ενότητες και σχηματισμούς, από κάτω προς τα επάνω:

α. Σχετικά αυτόχθονη ενότητα παλαιοζωϊκών σχηματισμών, η οποία περιλαμβάνει. α1) Κυρίως λευκού ασβεστολίθους και δολομιτικούς ασβεστολίθους, α2) Σκούρους μεσοστρωματώδεις και λιγότερο λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους, α3) Πηλίτες, φυλλίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους, με ενστρώσεις και φακούς ασβεστολίθων. β. Τεκτονική ενότητα αμφιβολιτών, σχιστόλιθων και γνευσίων. γ. Τεκτονική ενότητα Ιονίου ζώνης η οποία περιλαμβάνει: γ1) Κλαστικό σχηματισμό ο οποίος αποτελεί τη βάση της ενότητας, γ2) Ανθρακι-

**Εικ. 1:** Γεωλογικός χάρτης νήσου Καλύμνου. 1. Τεταρτογενές, 2. Νεογενές. ΖΩΝΗ ΓΑΒΡΟ ΒΟΥ: 3. Άστρωτοι λατυποπαγείς ασβεστολίθοι. ΙΟΝΙΟΣ ΖΩΝΗ: 4. Ασβεστόλιθοι με κερατόλιθους, 5. Ενδιάμεσοι ασβεστόλιθοι. 6. Δολομίτες - δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, 7. Κλαστικός σχηματισμός βάσης. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΩΝ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΩΝ ΚΑΙ ΓΝΕΥΣΙΩΝ: 8. Σχιστόλιθοι, 9. Γνεύσιοι, 10. Αμφιβολίτες. ΑΥΤΟΧΘΟΝΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: 11. Πηλίτες, 12. Φυλλίτες, 13. Αργιλικόι σχιστόλιθοι, 14. Μεσοστρωματώδεις και λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, 15. Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, 16. Γεωλογικό όριο, 17. Ρήγμα, 18. Επώθηση, 19. Διεύθυνση και κλίση, 20. Άξονας αντικλίνου και φορά βύθισης. Α=Αργινώντα, Β=Βαθός, Κ=Κάλυμνος, ΠΚ=Παναγία Κυρά Ψηλή, ΠΑ=Πάνορμος, Σ=Σκάλια, Χ=Χωρίον, Α<sub>1</sub>-Α<sub>2</sub>, Β<sub>1</sub>-Β<sub>2</sub> 'Ιχνη τομών.

**Fig. 1:** Geological map of Kalymnos Island. 1. Quarternary, 2. Neogene, GAVROVO ZONE: 3. No-bedded brecciated limestones. IONIAN ZONE: 4. Limestones with cherts. 5. Intermediate limestones, 6. Dolomites - dolomitic limestones, 7. Basal clastic formation. TECTONIC UNIT OF AMPHIBOLITES SCHISTS and GNEISSES: 8. Schists, 9. Gneisses, 10. Amphibolites limestones. AUTOCHTHONOUS UNIT, 11. Pelites, 12. Phyllites, 13. Shales, 1. Medium-fine bedded limestones, 15. Thick-bedded limestones, 16. Geological contact, 17. Fault, 18. Overthrust, 19. Strike and dip, 20. Anticlinal axis with plunge. A=Arginonta, B=Vathis, K=Kalymnos, PK=Panagia Kyra Psili, PA=Panormos, S=Skalia, X=Chorion, A<sub>1</sub>-A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>-B<sub>2</sub>: Trace of cross - sections.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.



κούς σχηματισμούς, υπερκείμενους κανονικά του προηγούμενου κλαστικού σχηματισμού και οι οποίοι συνίστανται από κάτω προς τα πάνω από

- δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστολίθους τριαδικής ηλικίας
- ενδιάμεσους ασβεστολίθους, δολομιτικούς ασβεστολίθους και δολομίτες ιουρασικής ηλικίας
- ασβεστολίθους με κερατολίθους, ανωιουρασικής - κρητιδικής ηλικίας.

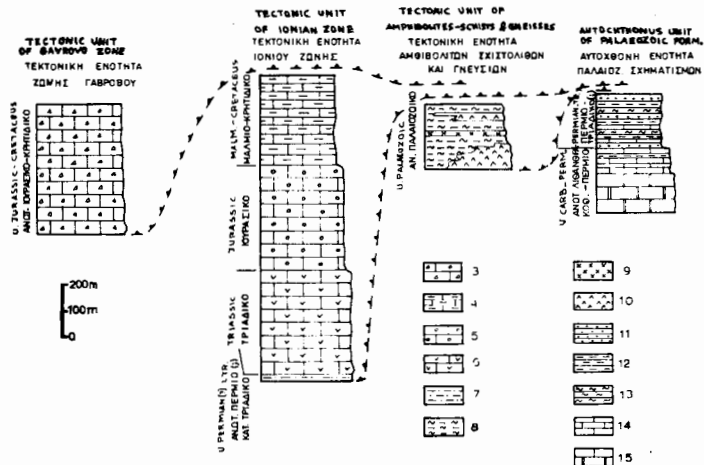
δ. Τεκτονική ενότητα ζώνης Γαβρόβου η οποία αντιπροσωπεύεται από ασβεστολίθους ανωιουρασικής - κρητιδικής ηλικίας, υπερκείμενους τεκτονικά κυρίως σχηματισμών της Ιονίου ζώνης.

Επάνω στις προαναφερθείσες ενότητες υπάρχουν μικρής ανάπτυξης νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις καθώς και ηφαιστειακοί τόφφοι.

Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή των προνεογενών σχηματισμών της νήσου.

### 2.1. ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΥΤΟΧΘΟΝΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Η ενότητα αυτή χαρακτηρίζεται ως σχετικά αυτόχθονη, διότι είναι η κατώτερη εμφανιζόμενη στη νήσο, χωρίς να υπάρχουν στοιχεία για την ύπαρξη άλλης υποκείμενης ενότητας. Τα βαθύτερα ορατά μέλη αποτελούνται κυρίως από



**Εικ. 2:** Στρωματογραφικές στήλες των ενοτήτων της νήσου Καλύμνου και η μεταξύ τους τεκτονική σχέση. Επεξήγηση υπομνήματος στην Εικ. 1.

**Fig. 2:** Stratigraphic columns of the Kalymnos island units and their tectonic correlation. Explanation of the legend in Fig. 1.

λευκούς παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους. Τα ενδιάμεσα μέλη αποτελούνται από σκούρους, κυρίως μεσοστρωματώδεις και λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους, οι οποίοι εξελίσσονται προς τα πάνω, βαθμιαία, σε πηλίτες, φυλλίτες και αργιλικούς σχιστολίθους με ενστρώσεις και φακούς ασβεστολίθους.

### 2.1.1. Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι

Συνιστούν, τα βαθύτερα ορατά μέλη της σχετικά αυτόχθονης ενότητας της νήσου. Είναι παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι, λεπτοκρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, συχνά δολομιτιωμένοι, λευκοί έως τεφροί και σπανίως τεφρόμαυροι έως μαύροι. Η ηλικία τους είναι Ανωτέρου Λιθανθρακοφόρου - Περιμίου. Το ορατό πάχος τους είναι περίπου 150μ.

### 2.1.2. Μεσοστρωματώδεις και λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι

Υπέρκεινται συμφώνως των προηγούμενων παχυστρωματωδών ασβεστολίθων. Η μετάβαση από τους παχυστρωματώδεις προς τους μέσο και λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους είναι απότομη όσον αφορά το χρώμα. Είναι κυρίως μεσοστρωματώδεις, λιγότερο λεπτοστρωματώδεις και σπανιότερα παχυστρωματώδεις. Ανακρυσταλλωμένοι, συχνά δολομιτιωμένοι και κατά θέσεις λατυποπαγείς. Ενστρώσεις πηλιτών, φυλλιτών και αργιλικών σχιστολίθων είναι σπάνιες στα κατώτερα μέλη, ενώ αυξάνουν σε ποσοστό προοδευτικά προς τα ανώτερα μέλη. Η ηλικία τους είναι επίσης Ανωτέρου Λιθανθρακοφόρου - Περιμίου, το δε πάχος τους περίπου 100m.

### 2.1.3. Πηλίτες - φυλλίτες - Αργιλικόι Σχιστόλιθοι

Αποτελούν την κανονική προς τα επάνω εξέλιξη των προηγούμενων ασβεστολίθων. Εμφανίζονται σε στρώσεις πάχους 1-8 cm και είναι βυσσινόχρωμοι και φαιοκίτρινοι.

Στα κατώτερα μέλη τους παρατηρούνται πυκνές εναλλαγές με ενστρώσεις και αφακούς μαύρους λεπτοστρωματωδών έως φυλλωδών μικριτικών και βιομικριτικών ασβεστολίθων, οι οποίοι διατέμνονται από πυκνό δίκτυο φλεβιδίων ασβεστίτη. Απαντώνται επίσης ψαμμίτες σε λεπτές στρώσεις και σπάνιες στρώσεις και φακοί μαύρου χαλαζία. Η ηλικία τους είναι ανωπαλαιοζωϊκή έως πιθανώς τριαδική, το δε μέγιστο ορατό πάχος τους φθάνει τα 200m.

## **2.2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΩΝ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΩΝ ΚΑΙ ΓΝΕΥΣΙΩΝ**

Βρίσκεται επωθημένη επάνω στη σχετικά αυτόχθονη ενότητα παλαιοζωϊκών σχηματισμών είναι δε ενιαία και δεν υπάρχει τεκτονική επαφή μεταξύ δύο υποενοτήτων της, όπως αναφέρουν οι FRANZ et al. (1990). Στην τεκτονική επαφή της με την υποκείμενη ενότητα υπάρχει μία μυλονιτωμένη ζώνη πάχους από 30 cm μέχρι και 2m.

Οι αμφιβολίτες, εμφανίζονται κυρίως στη βάση της ενότητας, όπου έχουν πάχος μέχρι 100m, αλλά εμφανίζονται και στρωματογραφικά υψηλότερα, σαν μικρού πάχους εναλλαγές μέσα στους σχιστολίθους και τους γνεύσιους. Οι σχιστόλιθοι είναι κυρίως μαρμαρυγιακοί, αλβιτικοί και γρανατικοί, οι δε γνεύσιοι είναι κυρίως αλβιτικοί, μαρμαρυγιακοί - αλβιτικοί και γρανατικοί - βιοτιτικοί, προερχόμενοι από ιζηματογενή πετρώματα. Σπανίως παρατηρούνται μικρών διαστάσεων φακοί κρυσταλλικών ασβεστολίθων και ασβεστιτικών σχιστολίθων. Το πάχος ολόκληρης της ενότητας είναι περίπου 250m.

Δεν κατορθώσαμε να βρούμε απολιθώματα στους σπάνιους φακούς των κρυσταλλικών ασβεστολίθων, από άλλους όμως ερευνητές (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1969, WACHENDORF & GRALLA, 1983) αποδίδεται ηλικία ανωλιθανθρακοφόρος ή λιθανθρακοπέρμιας.

## **2.3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΙΟΝΙΟΥ ΖΩΝΗΣ**

Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής, υπέρκεινται κυρίως της τεκτονικής ενότητας των αμφιβολιτών, σχιστολίθων και γνευσίων ενώ υπόκεινται της τεκτονικής ενότητας της ζώνης Γαβρόβου. Οι απαντώμενοι στη νήσο σχηματισμοί της ζώνης αυτής περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια.

### **2.3.1. Κλαστικός Σχηματισμός Βάσης**

Αποτελεί τη βάση της Ιονίου ζώνης. Από τον DESIO (1931) χαρακτηρίσθηκε σαν "Val -Camere" στρώματα, ενώ κατά τον DURR (1975) αποτελεί ένα ισοδύναμο του Αλπικού "Verrucano". Ο ΔΟΥΝΑΣ κ.ά. (1983) θεωρούν ότι ανήκει στους υποκείμενους νεοπαλαιοζωϊκούς σχηματισμούς, των οποίων αποτελεί τους ανώτατους ορίζοντες, ενώ ο FRAN (1991) αναφέρει ότι αποτίθεται ασυμφώνως επάνω στην ενότητα "Μαρίνα". Στην Κάλυμνο η επαφή, όπως προέκυψε από τη χαρτογράφηση, είναι τεκτονική, με δημιουργία τεκτονικού λατυποπαγούς πάχους κυμαινόμενου από 5 έως 40 cm τούτο δε συμφωνεί και με παρατηρήσεις του ΓΕΡΟΥΜΑΤΟΥ κ.ά. (1993) στη νήσο Λέρο. Πρόκειται για έναν ερυθροβυσσινόχρωμο σχηματισμό, πάχους 20 - 25m, που αποτελείται από εναλλαγές λεπτόκοκκων έως χονδρόκοκκων ψαμμιτών, κροκαλοπαγών, μεταπηλιτών αργιλικών σχιστολίθων καθώς και φακών και ενστρώσεων ασβεστολίθων. Η ηλικία του σχηματισμού θεωρείται σαν Ανωτ. Περμίου (;) - Κατωτ. Τριαδικού, διότι υπόκεινται κανονικά των τριαδικών δολομιτών - δολομιτικών ασβεστολίθων.

### **2.3.2. Δολομίτες - Δολομιτικοί ασβεστόλιθοι**

Υπέρκεινται του κλαστικού σχηματισμού βάσης, η δε μετάγαση είναι απότομη αλλά κανονική. Πρόκειται κυρίως για δολομίτες, ιδιαίτερα στα κατώτερα μέλη τους, και λιγότερο για δολομιτικούς ασβεστόλιθους και μάρμαρα, χρώματος μαύρου έως τεφρου, τριαδικής λεπτόκοκκοι έως μεσόκοκκοι, βιτωμνιούχοι, συνήθως έντονα τεκτονισμένοι. Κατά θέσεις εμφανίζουν στρωματολιθική υφή, το δε πάχος τους κυμαίνεται από 100 έως 400m.

### **2.3.3. Ενδιάμεσοι Ασβεστόλιθοι**

Αποτελούν την κανονική προς τα επάνω εξέλιξη των τριαδικών δολομιτών - δολομιτικών ασβεστολίθων. Το χρώμα τους ποικίλλει από λευκό και τεφρόλευκο έως μαύρο. είναι μέσο - παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι, συνήθως λατυποπαγείς. Στα κατώτερα μέλη είναι δολομιτικοί. Στα ανώτερα (b) τους περιέχουν

κερατολίθους με μορφή φακών, κονδύλων και μικρών διαστρώσεων, οι οποίοι αυξάνουν προοδευτικά προς τα επάνω.

Είναι ιουρασικής ηλικίας, το δε μέγιστο πάχος τους φθάνει τα 400m.

#### **2.3.4. Ασβεστόλιθοι με κερατολίθους**

Υπέρκεινται κανονικά των ενδιάμεσων ασβεστολίθων, η δε εξέλιξη από αυτούς είναι βαθμιαία. Είναι μαύροι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις και σπανίως, και ιδιαίτερα προς τα κατώτερα μέλη, παχυστρωματώδεις. Εναλλάσσονται πυκνά με κερατολιθικές ενστρώσεις, πάχους μέχρι 15 cm, ενώ περιέχουν και κονδύλους κερατολίθων. Είναι συνήθως ανακρυσταλλωμένοι λεπτοκρυσταλλικοί, κατά θέσεις δολομιτιωμένοι, η δε ηλικία τους είναι Μάλμιο - Κρητιδικό. Το μέγιστο πάχος τους φθάνει τα 350m.

#### **2.4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΖΩΝΗΣ ΓΑΒΡΟΒΟΥ**

Αντιπροσωπεύεται από ασβεστολίθους σημαντικού πάχους και ηλικίας Ανωτ. Ιουρασικού - Κρητιδικού, βρίσκεται δε επωθημένη κυρίως επάνω στους ανθρακικούς σχηματισμούς της Ιονίου ζώνης (Ι.Ζ.). Στην τεκτονική επαφή έχει δημιουργηθεί τεκτονικό λατυποπαγές με ανθρακικό, αργιλομαργαϊκό και αργιλικό συνδεδεικτό υλικό, είτε μη συγκολλημένες λατύπες, πάχους κυμαινόμενου, από λίγα εκατοστά μέχρι 5m. Σε μερικές θέσεις, στην επαφή των δύο ζωνών δεν παρατηρούνται λατυποπαγή, αλλά τεκτονική γωνιώδης συμφωνία.

##### **2.4.1. Ασβεστόλιθοι**

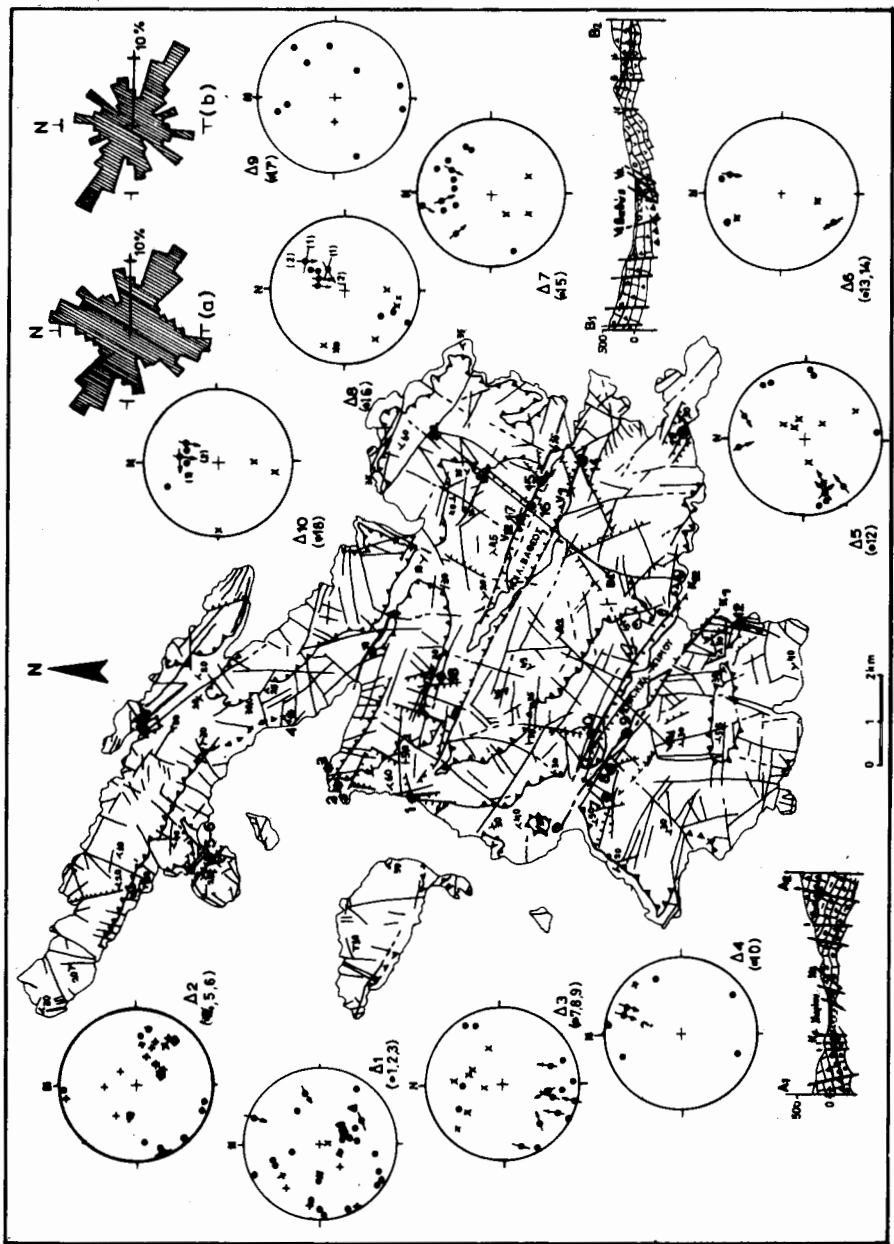
Είναι άστρωτοι, συνήθως ανακρυσταλλωμένοι, λεπτόκοκκοι έως μεσόκοκκοι, κατά θέσεις δολομιτιωμένοι. Είναι λευκοί έως λευκότεροι και σπανιότερα τεφροί ενώ σε ορισμένες θέσεις και κυρίως στα κατώτερα απαντώμενα μετλη τους είναι μαύροι έως τεφρόμαυροι. Περιέχουν κατά θέσεις άφθονα μακρο και μικροαπολιθώματα ανωιουρασικής - κρητιδικής ηλικίας και είναι συνήθως λατυποπαγείς, έντονα καρστικοποιημένοι.

### **3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

Η ερμηνεία των ασπρόμαυρων αεροφωτογραφιών (Α/Φ) της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:33.000 που καλύπτουν τη νήσο, καθώς και οι υπαίθριες εργασίες αποτέλεσαν τη βάση για τη χαρτογράφηση των τεκτονικών δομών που φαίνονται στο χάρτη της Εικ. 3.

Στη νήσο Κάλυμνο διαπιστώθηκαν τρεις επωθήσεις μεταξύ των ενοτήτων που την δομούν (Εικ. 2). Η ηλικία των επωθήσεων αυτών εκτιμάται ότι θα είναι μετά το Μέσο Μειόκαινο κατ' αναλογία προς τη νήσο Κω, όπου οι σχηματισμοί της ζώνης Γαβρόβου (Ζ.Γ.) βρίσκονται επωθημένοι επάνω σε μέσο μειοκαινικούς σχηματισμούς (βλ. γεωλογικούς χάρτες κλίμ. 1:50.000 Νήσου Κω του Ι.Γ.Μ.Ε.) και συνδέονται με συμπίεστικές τάσεις διεύθυνσης Β-Ν.

Στον τεκτονικό χάρτη (Εικ. 3) έχουν σημειωθεί οι θέσεις, \*(1-18) όπου πραγματοποιήθηκαν μικροτεκτονικές μετρήσεις. Τα στοιχεία αυτά προβάλλονται σε διαγράμματα στερεογραφικής προβολής (SCHMIDT- νότιο ημισφαίριο). Η αντιστοιχία των θέσεων 1-18 με τα διαγράμματα Δ<sub>1</sub>-Δ<sub>10</sub> που κατασκευάστηκαν από τα μικροτεκτονικά στοιχεία φαίνεται στο χάρτη της Εικ. 3. Τα διαγράμματα Δ<sub>1</sub> και Δ<sub>2</sub> περιέχουν κυρίως ιστολογικά στοιχεία από μετρήσεις σε σχηματισμούς του προνεογενούς υποβάθρου. Επίσης στο διάγραμμα SCHMIDT (Εικ. 4:Α) έχουν προβληθεί επιφάνειες επωθήσεων, επιφάνειες τεκτονικών γραμμών καθώς και ss επιφάνειες και άξονες πτυχών από στοιχεία των θέσεων 1-6 των διαγραμμάτων Δ<sub>1</sub> και Δ<sub>2</sub> καθώς και από άλλες θέσεις που αφορούν σχηματισμούς του προνεογενούς υποβάθρου. Από την ανάλυση των στοιχείων αυτών των διαγραμμάτων προκύπτουν τα εξής: - Οι άξονες των πτυχών σε λατυποπαγείς ασβεστολίθους της Ζ.Γ., διάγραμμα Δ<sub>1</sub>, βυθίζονται προς τα ΝΑ/



**Εικ. 3:** Τεκτονικός χάρτης νήσου Καλύμνου και γεωλογικές τομές Α1-Α2 και Β1-Β2 των δύο κύριων βυθισμάτων της νήσου. \* (1-18) θέσεις μικροτεκτονικών μετρήσεων. Δ1-Δ10=Διαγράμματα στερεογραφικής προβολής. Επεξήγηση των συμβόλων των διαγραμμάτων στην Εικ. 4. Ροδοδιαγράμματα ανά 10° του συνόλου 614 των ρηγματίων του χάρτη (α), και 160 ρηγματίων από μετρήσεις υπαίθρου (β).

**Fig. 3:** Structural map of the Kalymnos Island and geological cross sections A1-A2, B1-B2 of the two main grabens of the island. \* (1-18)=Sites of microtectonic measurements. Δ1-Δ10=Stereographic projection diagrams. Explanation of the symbols in Fig. 4. Rosediagrammes (10 degree interbal) of the 614 faults of the map (a) and 160 faults from field measurements (b).

κα (135/65°). Υπάρχουν όμως και μεγάλης κλίμακας αντίκλινα ΒΔ - ΝΑ διεύθυνσης και ΝΑ/κής βύθισης που έχουν χαρτογραφηθεί τόσο στην περιοχή Πανόρμου (ΠΑ) όσο και στον όρμο Αργινώντα (Α), (Εικ. 1 και Εικ. 3). - Στο διάγραμμα Δ<sub>2</sub> άξονας πυχλής του κλαστικού σχηματισμού βάσης της Ι.Ζ. έχει Δ/κή βύθιση (270/45°). Από την προβολή επιφανειών επωθητικών ρηγμάτων (Διάγραμμα Εικ. 4:Α) που έχουν μικρή προς Β. - γωνία κλίσης (5° - 30°) προκύπτει ότι οι επωθητικές κινήσεις προέρχονται από μία ώθηση που έχει Β.ΒΔ - Ν.ΝΑ διεύθυνση.

Τα μέτωπα των επωθήσεων διακόπτονται από ομάδες ρηγμάτων που είναι παράλληλα, εγκάρσια ή διαγώνια γραμμών επωθήσεων. Τα ρήγματα αυτά αποτελούν τον κύριο παράγοντα διαμόρφωσης, και εξέλιξης της σημερινής μορφολογικής εικόνας της νήσου.

Η στατιστική επεξεργασία 614 ρηγμάτων που περιέχει ο χάρτης της Εικ. 3 επέτρεψε την κατασκευή του ροδοδιαγράμματος του συνολικού αριθμού των ρηγμάτων, ανά διαστήματα 10° (Εικ. 3: α). Από το ροδοδιάγραμμα αυτό φαίνεται ότι τα ρήγματα της νήσου ακολουθούν τις εξής κατά σειρά προτεραιότητας προνομιούχες διευθύνσεις: α) Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ, β) Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ, γ) ΒΑ-ΝΔ και δ) Α.ΒΑ-Δ.ΝΔ.

Το συνολικό ροδοδιάγραμμα (Εικ. 3:β) 160 ρηγμάτων μεσοσκοπικού πεδίου που μετρήθηκαν στην ύπαιθρο παρουσιάζει τις ίδιες προνομιούχες διευθύνσεις, που ακολουθούν τα ρήγματα του χάρτη και φάνηκαν στο προηγούμενο διάγραμμα.

### 3.1. ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ

Η νήσος Κάλυμνος διαιρείται μορφολογικά σε τρία τμήματα δεν των κοιλάδων Καλύμνου - Χωρίου και Βαθέος ΝΔ/κά και ΒΑ/κά της νήσου αντίστοιχα, (Εικ. 3). Οι μεγάλοι άξονες αυτών των βυθισμάτων έχουν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και είναι παράλληλοι με τους ορογραφικούς άξονες.

Στις κοιλάδες έχουν αποθεθεί νεογενείς σχηματισμοί, η ύπαρξη των οποίων έχει διαπιστωθεί τόσο κατά τη χαρτογράφηση όσο και από φρέατα και γεωτρήσεις. Το πάχος τους φθάνει τουλάχιστον τα 70m (ΔΟΥΝΑΣ κ.ά., 1983).

Κατά τον ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, (1969) οι σημειούμενες ως νεογενείς αποθέσεις είναι ανωπλειοκαινικής έως τεταρτογενούς ηλικίας.

Με δεδομένο ότι η επώθηση των σχηματισμών της ζώνης Γαβρόβου έχει γίνει μετά το Μέσο Μειόκαινο, όπως ήδη αναφέρθηκε, θεωρούμε τους σημειούμενους ως νεογενείς σχηματισμούς τουλάχιστον Πλειοκαινικής ηλικίας.

#### 3.1.1. Λεκάνη Καλύμνου - Χωρίου

Η λεκάνη αυτή είναι ένα επίμηκες τεκτονικό βύθισμα (Εικ. 1 και Εικ. 3) με άξονα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης του οποίου το μήκος φθάνει τα 3,2 Km ενώ το πλάτος κυμαίνεται από 250m στα ΝΑ/κά (όρμος Καλύμνου) μέχρι και 800m στο μέσο της κοιλάδος. Τα κράσπεδα αυτού του βυθίσματος ελέγχονται από τα ρήγματα K<sub>1</sub> και K<sub>2</sub> (βλ. Εικ. 3) που έχουν Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ διεύθυνση.

Ρήγματα με γενική ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση δημιουργούν επιμέρους τεκτονικά κέρατα και βυθίσματα αυτής της διεύθυνσης, που διακόπτουν εγκάρσια τον επιμήκη άξονα του κυρίου βυθίσματος.

#### 3.1.2. Λεκάνη Βαθέος

Η λεκάνη Βαθέος σχηματίστηκε σ' ένα τεκτονικό επίμηκες βύθισμα παράλληλης διεύθυνσης με αυτό της Καλύμνου - Χωρίου. Το μήκος του είναι 6,5 Km, ενώ το μέγιστο πλάτος του φθάνει τα 1,4 Km (περιοχή Βαθέος), (Εικ. 3). Τόσο το ΝΔ/κό, όσο και το ΒΑ/κό κράσπεδό του, ελέγχεται επίσης από μεγάλα ρήγματα Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ διεύθυνσης (Ρήγματα V<sub>1</sub> και V<sub>2</sub> της Εικ. 3 - βλ. και γεωλογική τομή Β1-Β2).

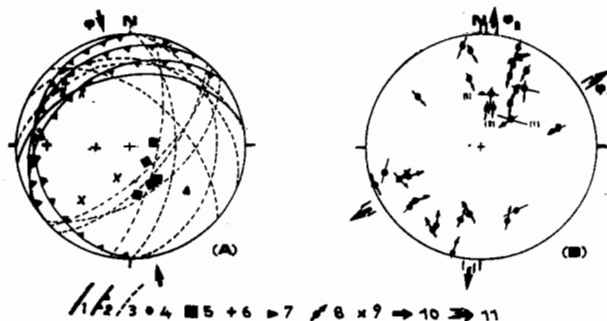
'Όπως φαίνεται στις γεωλογικές τομές Α<sub>1</sub>-Α<sub>2</sub> και Β<sub>1</sub>-Β<sub>2</sub> της Εικ. 3 τα



ρήγματα  $K_1$  και  $V_1$  που ελέγχουν τα ΝΔ/κά κράσπεδα των βυθισμάτων είναι σχεδόν κατακόρυφα, ενώ τα ρήγματα  $K_1$  και  $V_2$  που ελέγχουν τα ΒΑ/κά κράσπεδά τους είναι μικρότερης γωνίας ( $40-55^\circ$ ) και πιθανά λιστρωτού χαρακτήρα. Έτσι, τα βυθίσματα παρουσιάζουν παράλληλης μορφής ασυμμετρία των κρασπέδων τους που πιθανότατα οφείλεται στις προνεογενείς δομές της νήσου.

### 3.2. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Όλες οι επιφάνειες ρηγμάτων με ή χωρίς γραμμώσεις ολίσθησης πάνω σ'



**Εικ. 4:** Διάγραμμα στερεογραφικής προβολής (δίκτυο SCHMIDT-νότιο ημισφαίριο) ιστολογικών στοιχείων από μετρήσεις υπαίθρου σε προνεογενείς σχηματισμούς. (Α) και προβολή των πόλων των επιφανειών ρηγμάτων και των διανυσμάτων των γραμμώσεων ολίσθησης πάνω σ' αυτούς για όλες τις θέσεις των νεοτεκτονικών ρηγμάτων (Β). σύμβολα διαγραμμάτων: 1=Επιφάνεια ρήγματος, 2=Επιφάνεια επώθησης, 3=ss Επιφάνειες, 4=Πόλοι ρηγμάτων χωρίς γράμμωση, 5=Πόλοι ρηγμάτων επώθησης, 6=Πόλοι επιφανειών στρώσης, 7=Άξονας πτυχής, 8=Πόλοι ρηγμάτων με γράμμωση (βλέπε κείμενο), 9=Γράμμωση ολίσθησης, 10=Συμπίεση, 11=Εφελκυσμός.

**Fig. 4:** Stereographic projection diagrams (SCHMIDT - Lower hemisphere) of fabric data from the pre-Neogene formations (A). Neotectonic faults and displacement populations (total sites) (B). Stereoplot symbols: 1=Fault plane, 2=Thrust plane, 3=Bedding planes, 4=Poles of faults without striae, 5=Poles to thrust faults, 6=Poles to bedding, 7=Fold axis, 8=Poles to faults with trace of striae (see text), 9=Slickensides, 10=Compression, 11=Extension.

αυτές, παρουσιάζονται στα διαγράμματα Δ3 έως Δ10 της Εικ. 3, καθώς και στο διάγραμμα Β της Εκ. 4, που προέκυψε από την επικάλυψη όλων των ρηγμάτων με γραμμώσεις ολίσθησης αυτών των διαγραμμάτων. Με τη χρησιμοποίηση των μεθόδων των HOERPPENER (1955), ETCHECOPAR et al. (1981), ALEKSANDROWSKI (1985) και ONKEN, (1988) κατέστη δυνατόν να παρουσιαστούν στα δίκτυα αυτά και τα διανύσματα των γραμμώσεων ολίσθησης πάνω στους πόλους των επιφανειών (δηλ. βοηθητικό επίπεδο μεταξύ πόλου επιφάνειας και γράμμωσης) και να γίνει προσδιορισμός των διάφορων τεκτονικών φάσεων από ομαδοποιήσεις στοιχείων ίδιας διεύθυνσης.

Από την επεξεργασία και ανάλυση των επί μέρους διαγραμμάτων στερεογραφικής προβολής (Εικ. 3: Δ3-Δ10) και του συνολικού διαγράμματος (Εικ. 4:Β), προκύπτουν τα εξής: - Στο διάγραμμα Δ3 (ΝΔ/κά κράσπεδο λεκάνης Καλύμνου - Χωρίου) εμφανίζονται δύο ομάδες γραμμώσεων. Η πρώτη οφείλεται σε ΒΑ-ΝΔ εφελκυσμό και η άλλη σε εφελκυσμό Β-Ν. Τα Δ.ΒΔ ρήγματα είναι σχεδόν κατακόρυφα, ενώ υπάρχουν στην ίδια διεύθυνση και αντιθετικής κίνησης ρήγματα.

- Τα Β.ΒΔ/κά ρήγματα (Διάγραμμα Δ5) δρουν ταυτόχρονα με τα Δ.ΒΔ στον εφελκυσμό ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης με κανονικό χαρακτήρα κίνησης, ενώ στον εφελκυσμό Β-Ν επανανεργοποιούνται με οριζόντιο χαρακτήρα κίνησης. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνεται ότι τα Α.ΒΑ ρήγματα δρουν ως κανονικά στον τελευταίο

αυτό εφελκυσμό. - Στο διάγραμμα Δ6 υπάρχει στα Δ.ΒΔ διευθυνόμενα ρήγματα μία ομάδα γραμμώσεων του προσδίδει σ' αυτά πλαγιοκανονικό χαρακτήρα κίνησης οφειλόμενο σε εφελκυσμό Β-Ν. Τα ΒΑ ρήγματα στο ίδιο διάγραμμα Δ6 κόβουν πλειστοκαινικά κορήματα. Ίδιες παρατηρήσεις για τις ίδιες ομάδες ρηγμάτων προκύπτουν και από το διάγραμμα Δ7. Στο διάγραμμα Δ8, το περιθωριακό ρήγμα του ΒΑ/κού κρασπέδου της λεκάνης Βαθέος έχει στην επιφάνειά του τεκτονικές αυλακώσεις επίχρισμα  $CaCO_3$  και λατυποπαγές ρήματος και κατά πάσα πιθανότητα είναι λιστρωτό (220/40). Χαρακτηριστικό είναι στο διάγραμμα Δ10 ομάδα ρηγμάτων τέτοιας διεύθυνσης (190-200°/30°) με γραμμώσεις οριζόντιας και πλαγιο-κανονικής κίνησης που οφείλονται σε τάσεις εφελκυσμού διεύθυνσης Β-Ν.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε: i) Τα Δ.ΒΔ έως ΒΔ/κά διευθυνόμενα ρήγματα είναι τα σημαντικότερα στην περιοχή της Καλύμνου γιατί ελέγχουν και διαμορφώνουν τη σημερινή μορφολογική της εικόνα (ορεογραφικοί άξονες - άξονες κοιλάδων). Στα ρήγματα αυτά αποτυπώνονται κινήσεις που οφείλονται σε δύο διάφορες μεταξύ τους τεκτονικές φάσεις εφελκυσμού: 1η φάση εφελκυσμός με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και 2η φάση εφελκυσμός με περίπου Β-Ν διεύθυνση που είναι και ο πιο πρόσφατος (Πλειστόκαινο - σήμερα). Τα ρήγματα αυτά παρουσιάζουν κανονικό χαρακτήρα κίνησης στην 1η φάση εφελκυσμού ενώ στη φάση 2 τα ρήγματα αυτά επαναενεργοποιούνται σαν πλαγιοκανονικά έως οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα. Ταυτόχρονα λειτουργούν τα Β.ΒΔ με οριζόντιο χαρακτήρα και κανονικού τα Α.ΒΑ έως ΒΑ/κής διεύθυνσης ρήγματα. ii) Τα Β.ΒΔ, ΒΑ και Α.ΒΑ/κά διευθυνόμενα ρήγματα συμβάλλουν στην όλη τεκτονική μορφολογική εικόνα της νήσου και δραστηριοποιούνται ή επαναενεργοποιούνται με διαφορετικό χαρακτήρα κίνησης υπό την επίδραση των παραπάνω δύο τεκτονικών φάσεων.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η νήσος Κάλυμνος δομείται από σχηματισμούς, που ανήκουν σε μία αυτόχθονη ενότητα και τρεις επωθημένες. Μία κατώτερη νεοπαλαιοζωϊκών σχηματισμών, την ενότητα της Ιονίου ζώνης και τέλος αυτή της ζώνης Γαβρόβου. Οι νεογενείς σχηματισμοί έχουν αποτεθεί μετά την επώθηση κυρίως σε βυθίσματα και θεωρούνται πλειοκαινικής ηλικίας αφού η επώθηση τουλάχιστον της ζώνης Γαβρόβου έγινε μετά το Μέσο Μειόκαινο. Η ανάλυση νεοτεκτονικών ρηγμάτων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είναι δυνατόν να διακριθούν δύο διάφορες τεκτονοφάσεις στην περιοχή από το Μέσο Μειόκαινο και μετά. Η παλαιότερη έχει ΒΑ-ΝΔ/κή (εφελκυστική) διεύθυνση των αξόνων των τάσεων και συνέβη κατά το Πλειόκαινο, είναι δε υπεύθυνη για τη δημιουργία των βυθισμάτων. Η νεότερη, έχει διεύθυνση τάσεων Β-Ν (εφελκυστική) και συνεχίζεται μέχρι σήμερα από το μέσο Πλειστόκαινο.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALEKSANDROWSKI, P. (1985). Graphical determination of principal stress directions for slickenside lineation populations; an attempt to modify Arthoud's method. *J. Struct. Geol.* 7: 73-82.
- AUBUIN, J., BONNEAU, M., DAVIDSON, J., LEBOULENGER, P., MATESCO, S. et ZAMBETAKIS, A. (1976). Esquisse structurale de l' Arc égéen externe: des Dinarides aux Taurides. *Bull. Soc. geol. Fr.* 7, XVIII, 2, 327-336.
- BERNOULLI, D., GRACIANSKY, P.C. DE and MONOD, O. (1974). The extension of the Lycian Nappes (SW Turkey) into the Southwestern Aegean Islands. *Eclogae geol. Helv.* 67/1, 37-90.
- BRINKMANN, R., (1967). Die Südflanke des Menderes-Massivs bei Milas-Bodrum und Oereen. - *Ege Universitesi Fen Facultesi ilni Raportar Serisi* 43, 1-

- BRUNN, J., ARGYRIADIS, I., RICOU, L., POISSON, A., MARCOUX, J. et GRACIANSKY, P. CH. (1976). Éléments majeurs de liaison entre Taurides et Hellenides. Bull. Soc. Geol. Fr., 7, XVIII, 2, 481-497.
- ΓΕΡΟΛΥΜΑΤΟΣ, Η., ΜΑΥΡΙΔΟΥ, Φ.Ε.Κ. και ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ, Α. (1993). Πολυμεταμορφική και γεωδυναμική εξέλιξη των σχηματισμών της νήσου Λέρου (Δωδεκάνησος). Ε.Γ.Ε. Επιτρ. Τεκτον. 29-30/5/93. (Υπό έκδοση).
- DESIO, A. (1931). Le isole Italiane dell'Egeo. Mem. Descr. Carta Geol. Ital., 24, 1-534, Roma.
- ΔΟΥΝΑΣ, Α., ΚΑΚΑΒΑΣ, Ν., ΤΑΣΙΟΣ, Ν. (1972). Υδρογεωλογική έρευνα νήσου Καλύμνου. Υδρολογικά και υδρογεωλογικά έρευναι, 6, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- ΔΟΥΝΑΣ, Α., ΚΑΚΑΒΑΣ, Ν., ΤΑΣΙΟΣ, Ν. (1983). Φύλλο Νήσος Κάλυμνος. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, κλίμ. 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε.
- DÜRR, S. (1975). Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes - Krystallins/SW Anatolien und seine Äquivalente in der mittleren Ägäis-Habil. Schr. Univ. Marburg/Lahn, 107 S., Marburg.
- DÜRR, S., ALTHERR, R., KELLER, J., OKRUSCH, M. and SEIDEL, E. (1978). The median Aegean crystalline belt: Stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. - In: CLOSS, H., ROEDER, D., SCHMIDT, K., (eds): Alps, Apennines, Hellenides, I.U.G.S. Rep. N° 38, 455-477 p.
- ERSOY, S. (1990). Similarities of the Western Taurus belt with the external Hellenides. IESCA, II, 129-142, Izmir.
- ETCHECOPAR, A., VASSEUR, G. and DAIGNIERES, M., (1981). An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault striations analysis. J. Struct. Geol., 3; 51-65.
- FRANZ, L., OKRUSCH, M. and SEIDEL, E. (1990). Comparison between prealpidic basement rocks on Crete and the Dodecanese. In: M.Y. SABANGIN & A.H. ERONAT (eds): International Earth Sciences, Congress on Aegean Region, 1-8 October 1990, IESCA publication, I, 195-205.
- FRANZ, L. (1991). Geologische, geochemische und petrologische Untersuchungen an präalpidischen Metamorphiten der Insel Kreta und des Dodekanes (Griechenland). Diss. naturwiss., Bayer. Univer. Würzburg, 76-81.
- GRACIANSKY, P.C. DE (1972). Recherches géologiques dans le Taurus lycien. These Doct. Etat, Orsay, 2 vol., 762 p.
- HARBURY, N.A. and HALL, R., (1988). Mesozoic extensional history of the southern Tethyan continental margin in the SE Aegean. Journ. of the Geol. Soc., 145, 283-301, London.
- HOEPPENER, R., (1955). Tektonik im Schiefergebirge. Geol. Rundsch., 44:26-58.
- LEMEILLE, F., GAUTHIER, A.J., JARRIGE, J.J. et PHILIP, H. (1977). Évolution néotectonique du domaine égéen et de sa bordure externe orientale. Une mise au point. Bull. Soc. géol. Fr., XIX, 3, 673-677.
- MYRES, I.L. (1920). The Dodecanese. Geogr. Journ., 56, 329-347, London.
- NEUMAYR, M. (1879). Über den geologischen Bau der Insel Kos und über die Gliederung der jungtertiären Binnenablagerung des Archipels. - Denksch. K.Wiss. Math. Naturw. GL., 40, 213-314, Wien.
- ONCKEN, D., (1988). Aspects of the reconstruction of the stress history of a fold and thrust belt (Rhemish Massif, Federal Republic of Germany), Tectonophysics, 152 (1988), 19-40.
- PHILIPPSON, A. (1914). Geol. Karte des Westel. Kleinasien, Bl. 5, Berlin.

- PHILIPPSON, A. (1959). Die griechischen Landschaften, Vd., IV, 282-287, Frankfurt.
- TCHIHATCHEFF, P. (1869). Asie mineure. Pt IV Géologie, Paris.
- ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ, Μ. (1994). Φύλλο Νήσος Αν. Κως. Γεωλ. χάρτης της Ελλάδος κλίμ. 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε. (Υπό έκδοση).
- WACHENDORF, H. and GRALLA, P. (1983). Korrelation der präneogenen Serien im NE Dodekanes (Griechenland). Z.d.t. geol. Ges. 134, 95-117.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1969). Παρατηρήσεις επί της γεωλογίας της νήσου Καλύμνου (Δωδεκανήσου) και της ηλικίας των συνιστώντων ταύτην σχηματισμών. Ann. Geol. des Pays Helleniques, 21, 307-319, Athenes.