

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Ο.Α.Σ.Π.

**ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ:
Ο ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΤΩΝ ΝΗΣΩΝ ΚΩ-ΝΙΣΥΡΟΥ**

Από την Υπ.Διδ. Παρασκευή Νομικού



**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΕΥΝΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ -ΕΠΕΤ ΙΙ**

*Συμβολή στη Γεωδυναμική των Δωδεκανήσων:
Ο υποθαλάσσιος χώρος των νήσων Κω-Νισύρου.*

ΔΡΑΣΗ: ΥΠΕΡ 97

**ΑΡΜΟΔΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΓΓΕΤ: Δ/ΝΣΗ ΥΠΟΕΤΗΡΙΩΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

**ΦΟΡΕΑΣ ΧΡΗΣΤΗΣ: ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
& ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δ.Ι.ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΥΠΟΨΗΦΙΑ ΔΙΔΑΚΤΩΡ: ΓΕΩΛΟΓΟΣ Π.ΝΟΜΙΚΟΥ

ΑΘΗΝΑ, 2001

ABSTRACT

The overall neotectonic structure of the area is a tectonic graben of approximately E-W direction between the alpine basements of Kos island to the north and Tilos island to the south. In between, there is a mean sea-bottom level at about 600-700m depth which is interrupted by several volcanic intrusions, whose summits, locally appear as small volcanic islands in the area around Nisyros and Yali. The lack of sediments overlying the volcanic domes indicates their very young age, ranging between Upper Pleistocene and Holocene.

The main morphological features of the studied area are three zones of positive relief comprising Kos in the NW (843m elevation in Dikeos Mt), Nisyros (698m in Profitis Ilias Mt.) and surrounding islets in the middle and Tilos (654m, Profitis Ilias) in the SE. These zones subdivide the submarine area between Kos and Tilos in two basins with an average sea bottom depth of 600m. Consequently, the topographic differences between the Mountain ranges and the submarine basins are of the order of 1-1,5 Km.

In those cases where there is a high morphological gradient from the top of the mountain ranges to the edge of the submarine basins which results in very steep slopes, the zone of shallow depths (0-300m) is very narrow, as in the case of the southern coast of Kos Island. On the contrary, the area of the islets around Nisyros is characterized by extended shallow water depths which as shown by the lithoseismic profiles and verified by dives with submersible THETIS are occupied by volcanic formations.

The volcanic centres occupy the shallow parts of the graben with depths usually less than 350-400 m together with their summits building up the volcanic islands. On the contrary, the average sea-bottom depth of the sedimentary basins within the graben is between 600-700 m.

The distinguished volcanic centres are: 1) The Nisyros volcano, which comprises a first strato-volcanic activity which culminated in a 4 km diameter caldera, followed by a series of volcanic domes building up the Profitis Ilias Mt (698 m), 2) The Yali volcano, which comprises a relic of a caldera made of pumice in the west and obsidian in the east, 3) The Strongyli islet volcanic cone, 4) The

Pergousa islet volcanic cone and 5) The Pachia islet and the eastern Kondelioussa submarine volcanic domes which may represent the westward prolongation of the Profitis Ilias lava domes.

Συμβολή στη Γεωδυναμική των Δωδεκανήσων:
Ο υποθαλάσσιος χώρος των νήσων Κω-Νισύρου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ βελ. 6
2. ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΥ ΤΟΞΟΥ β. 10
3. ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ βελ. 14
4. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΝΗΣΟΥ ΚΩ βελ. 20
5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ-ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΝΗΣΟΥ ΚΩ βελ. 31
6. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΝΗΣΟΥ ΝΙΣΥΡΟΥ βελ. 45
7. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ-ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΝΗΣΟΥ ΝΙΣΥΡΟΥ βελ. 60
8. ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ ΝΗΣΟΥ ΝΙΣΥΡΟΥ βελ. 76
9. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ βελ. 82
10. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΥΘΟΥ βελ. 87
11. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗ βελ. 109
12. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ βελ. 116
13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ βελ. 124
14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ βελ. 127

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ**Αντικείμενο έργου**

Το αντικείμενο του ερευνητικού προγράμματος: «**Συμβολή στη Γεωδυναμική των Δωδεκανήσων: Ο υποθαλάσσιος χώρος των νήσων Κω-Νισύρου**» αφορά τη γνώση της γεωδυναμικής της κεντρικής περιοχής των Δωδεκανήσων και ιδιαίτερα την περιοχή μεταξύ των νησιών Κω-Νισύρου. Η γνώση αυτή αφορά τόσο τη σημερινή κατάσταση και τα υπό εξέλιξη γεωδυναμικά φαινόμενα όσο και την κατάσταση πριν από 13 εκατομμύρια χρόνια όταν άρχισε η διαμόρφωση του σημερινού γεωδυναμικού καθεστώτος του Ελληνικού ορογενετικού τόξου. Η σύνδεση των παλαιότερων αυτών γεγονότων του Μειοκαίνου-Πλειστοκαίνου με τα Ολοκαινικά σύγχρονα φαινόμενα, βοηθά στο να γίνει κατανοητή η όλη παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής.

Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον της περιοχής έγκειται στο ότι παρατηρούνται τόσο έντονα φαινόμενα τεκτονικής με πολλές νεοτεκτονικές και ενεργές δομές όσο και έντονη ηφαιστειότητα. Στα παραπάνω προστίθενται, από γεωλογική άποψη, η εξ ολοκλήρου ηφαιστειακή δομή της Νισύρου με λάβες και πυροκλαστικά αποκλειστικά Τεταρτογενούς ηλικίας και η εμφάνιση στο δυτικό τμήμα του Γυαλιού Άνω Πλειστοκαινικών πυροκλαστικών. Σε συνδυασμό και με την πολύπλοκη υποθαλάσσια μορφολογία, ο ευρύτερος χώρος μεταξύ της Κω και της Νισύρου, αποτελεί ένα σύνολο ρηξιτεμαχών, όπου παρατηρούνται έντονα γεωδυναμικά φαινόμενα με συνύπαρξη σημαντικών τεκτονικών κινήσεων, με ανοδικές, καθοδικές αλλά και περιστροφικές κινήσεις, ηφαιστειότητας, ιζηματογένεσης και αντίστοιχων μορφών χερσαίου και υποθαλάσσιου ανάγλυφου.

Η σεισμικότητα της περιοχής χαρακτηρίζεται από μεγάλα καταστροφικά γεγονότα με πιο χαρακτηριστικό το σεισμό του 1933 που είχε μέγεθος 6,6 ρίχτερ και έπληξε την Κω και την Νίσυρο. Η πόλη της Κω καταστράφηκε εντελώς και καταστράφηκαν ολικώς ή μερικώς η Αντιμάχεια, το Ασφάντι, τα Καρδάμαινα και το Πυλιό, όπου σκοτώθηκαν 200 άνθρωποι και 600 τραυματίστηκαν. Οι βλάβες επεκτάθηκαν μέχρι την Αλικαρνασσό και τα γύρω χωριά της Μικράς Ασίας. Ο πιο πρόσφατος σεισμός 4,6 ρίχτερ τον Ιούλιο του 1996, προκάλεσε φαινόμενα ρηγματώσεων τόσο σε οικίες όσο και στο έδαφος στο Μανδράκι της Νισύρου και μια σημαντική διάρρηξη στο μέσο της νησίδας Γυαλί.

Η σχέση της ηφαιστειότητας με τα ενεργά ρήγματα και με την σεισμικότητα της περιοχής προκύπτει στη χέρσο, τόσο από τα μεγάλα μεγέθη των ρηξιγενών μετατοπίσεων που

πιστοποιούνται στη Κω (Papanikolaou & Lekkas, 1990) όσο και από την οριοθέτηση των ηφαιστειακών σχηματισμών από τεκτονικά ρήγματα στη Νίσυρο (Παπανικολάου κ.α. 1990). Επομένως υπήρξε ανάγκη για εντοπισμό των ηφαιστειακών σχηματισμών (ηφαιστειοιζηματογενείς ακολουθίες, δόμοι) στον υποθαλάσσιο χώρο οι οποίοι διακόπτουν τη συνέχεια των υποθαλάσσιων λεκανών ιζηματογένεσης και οριοθετούνται τις περισσότερες φορές από ρηξιγενείς ζώνες με μεγάλο κατακόρυφο άλμα. Επίσης η υποθαλάσσια ανάπτυξη των ηφαιστειών συνδέεται άμεσα και με την χερσαία ηφαιστειότητα των νησιών και συμβάλλει στην κατανόηση της δημιουργίας ή και της πιθανής εξάπλωσης του μάγματος τα τελευταία εκατομμύρια χρόνια καθώς και στον εντοπισμό πιθανής ηφαιστειακής υποθαλάσσιας έκρηξης.

Κατά τη διάρκεια του ερευνητικού προγράμματος έγιναν:

1) επί τόπου παρατηρήσεις και διορθώσεις στην ύπαιθρο των υπάρχοντων γεωλογικών χαρτών των νησιών (φύλλο Κέφαλος και Ανατολική Κως κλίμακας 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε. και χάρτης Νισύρου από Δ.Παπανικολάου & Ε.Λέκκα, κλίμακας 1:50.000) καθώς και παρατηρήσεις στις δορυφορικές εικόνες και τις υπάρχουσες αεροφωτογραφίες.

2) ωκεανογραφικά ερευνητικά ταξίδια στον υποθαλάσσιο χώρο Κω-Νισύρου-Τήλου στα οποία πραγματοποιήθηκαν: I) λιθοσεισμική διασκόπηση του πυθμένα με μονοκάνναλλο και πολυκάνναλλο σύστημα air-gun, II) δειγματοληψία ιζημάτων με πυρηνοληψίες και πετρωμάτων με δράγες από τον θαλάσσιο πυθμένα, III) βυθομετρική αποτύπωση της περιοχής με το αναλογικό βυθόμετρο Furuno, FF824 και νέα αποτύπωση της μορφολογίας του βυθού με το νέο σύστημα διασκόπησης αναγλύφου πυθμένα multi beam των οποίων τα στοιχεία είναι υπό επεξεργασία.

Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι τα εξής:

- 1) Γεωλογικός χάρτης Νισύρου κλίμακας 1:25.000 και γεωλογικός χάρτης Κω, κλίμακας 1:100.000.
- 2) Μορφοτεκτονικός χάρτης της Νισύρου σε κλίμακα 1:25.000 και της Κω σε κλίμακα 1:100.000, αναλύοντας την μορφολογία των νησιών, διαχωρίζοντας τις επιφάνειες επιπέδωσης από άποψη γεωδυναμικής και διεκρίνα τις μορφολογικές ασυνέχειες και την υπάρχουσα κατά βάθος διάβρωση.
- 3) Ανάλυση των στοιχείων από τις λιθοσεισμικές καταγραφές του αναλογικού μονοκάνναλλου και πολυκάνναλλου συστήματος air-gun κατασκευάζοντας υποθαλάσσιο τεκτονικό χάρτη ανάμεσα στην Κω και στην Νίσυρο όπου είναι δυνατή η διάκριση των ηφαιστειακών αποθέσεων και δομών, των ιζηματογενών λεκανών και των κύριων ρηγμάτων.

- 4) Βαθυμετρικός χάρτης κλίμακας 1:100.000 από τα βυθομετρικά στοιχεία του αναλογικού βυθομέτρου, όπου αναλύεται η μορφολογία του πυθμένα διαχωρίζοντας τις επίπεδες επιφάνειες οι οποίες αποτελούν τις υποθαλάσσιες ιζηματογενείς λεκάνες σε σχετικά μεγάλο βάθος από τις μορφές δόμων λόγω των υποθαλάσσιων ηφαιστειακών σχηματισμών σε μικρότερο βάθος.
- 5) Ενιαίος νεοτεκτονικός χάρτης χέρσου-θάλασσας κλίμακας 1:100.000 με τη βοήθεια των λιθοσεισμικών καταγραφών, την ανάλυση της βυθομετρίας και την γεωλογία και τεκτονική των νησιών.

Ειδικότερα η έρευνα συμβάλλει στη γνώση των σεισμικά επικίνδυνων δομών της περιοχής Κω-Νισύρου, τόσο ως προς τα κύρια ενεργά ρήγματα τα οποία είναι δυνατόν να ενεργοποιηθούν και να δώσουν σεισμούς, όσο και ως προς την ηφαιστειότητα και τη αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΥ ΤΟΣΟΥ

Γεωδυναμική εξέλιξη του ηφαιστειακού τόξου

Στον Ευρύτερο Ελλαδικό χώρο παρατηρείται η σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών, της Ευρωπαϊκής που επωθείται και κινείται προς τα νοτιοδυτικά και της Αφρικανικής που υποβυθίζεται και κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το όριο σύγκλισης των δύο λιθοσφαιρικών πλακών διέρχεται από το Ιόνιο πέλαγος δυτικά των Ιόνιων νησιών, από τα νότια παράλια της Κρήτης και συνεχίζει νοτιοανατολικά της Ρόδου (Παπανικολάου 1986,1993) (Σχήμα 1).

Η υποβυθιζόμενη Αφρικανική λιθοσφαιρική πλάκα εισέρχεται σε χώρους υψηλών θερμοκρασιών, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα την τήξη της. Το τήγμα αυτό έχει μικρότερη πυκνότητα και ανέρχεται στην επιφάνεια διαπερνώντας την Ευρωπαϊκή πλάκα που υπέρκειται. Τα υλικά που δεν έχουν το χρόνο να στεροποιηθούν δημιουργούν τα ηφαίστεια των Λιχάδων, του Σουσακίου, του Πόρου, των Μεθάνων, της Μήλου-Αντιμήλου, της Κιμώλου, της Θήρας, της Αντιπάρου, των Χριστιανών, της Κω και της Νισύρου για τα οποία έχει πιστοποιηθεί δραστηριότητα κατά τα τελευταία 3 εκατομμύρια χρόνια. Η υποβύθιση αυτή έχει μια γενική ΒΒΑ διεύθυνση, γωνία βύθισης περίπου 30° , σχετικό ρυθμό σύγκλισης 3,5 εκατοστά ανά έτος και θεωρείται ότι ξεκίνησε πριν από 13 εκατομμύρια χρόνια.

Τα ανωτέρω ηφαίστεια απαρτίζουν το λεγόμενο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου που χαρακτηρίζεται από ασβεστοαλκαλικά πετρώματα, το οποίο απέχει περίπου 250 χιλιόμετρα από το σημερινό όριο των δύο λιθοσφαιρικών πλακών. Έχει μήκος 500χλμ. και πλάτος περίπου 20-40 χλμ., αρχίζει από το Σαρωνικό κόλπο διέρχεται από το νότιο Αιγαίο και φθάνει στις δυτικές ακτές της Μικράς Ασίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ηφαίστεια του Ελληνικού χώρου τα οποία έδρασαν και σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους είναι πάρα πολλά, αλλά θεωρούνται πλέον ανενεργά χωρίς πιθανότητα ενεργοποίησης.

Η πρώτη ορογένεση που τεκμηριώνεται στις Ελληνίδες είναι η λεγόμενη παλαιοαλπική που περιλαμβάνει το χρονοδιάστημα Μάλμιο-Παλαιοκρητιδικό δηλαδή πριν από 140-150 εκ.χρόνια. Κατά την ορογένεση αυτή έχουμε σαν κυρίαρχο γεωτεκτονικό γεγονός την τοποθέτηση τεκτονικών καλυμμάτων οφιολίθων πάνω στις εσωτερικές ενότητες. Τα υπάρχοντα στοιχεία συμπληρώνουν την εικόνα ενός ορογενετικού τόξου την εποχή αυτή με:

- Δημιουργία τάφρου με φλυσχογένεση σε όλες τις εσωτερικές ενότητες κατά το Μάλμιο με εξωτερικό όριο τις περιοχές των ενοτήτων Δυτικής Θεσσαλίας-Βοιωτίας.

- Δημιουργία νησιωτικού τόξου κύρια από οφιόλιθους και κερατόλιθους που τροφοδοτούν την τάφρο
- Πιθανή δημιουργία οπισθοτάφρου στο χώρο της Παιονίας
- Δημιουργία ηφαιστειακού τόξου με εκδηλώσεις κύρια στο Πάϊκο και τις ενότητες Βερτίσκου και Κερδυλίων.

Το επόμενο ορογενετικό τόξο στοιχειοθετείται στο Ηώκαινοκαι περιλαμβάνει:

- Την τάφρο με φλυσχογένεση σε Κυκλάδες, Πίνδο, Παρνασσό και Ανατολική Ελλάδα
- Το νησιωτικό τόξο στο χώρο του Αξιού
- Την οπισθοτάφρο με μόλασσα στην Ροδόπη-Βόρειο Αιγαίο
- Το ηφαιστειακό τόξο σε Ροδόπη-Βόρειο Αιγαίο

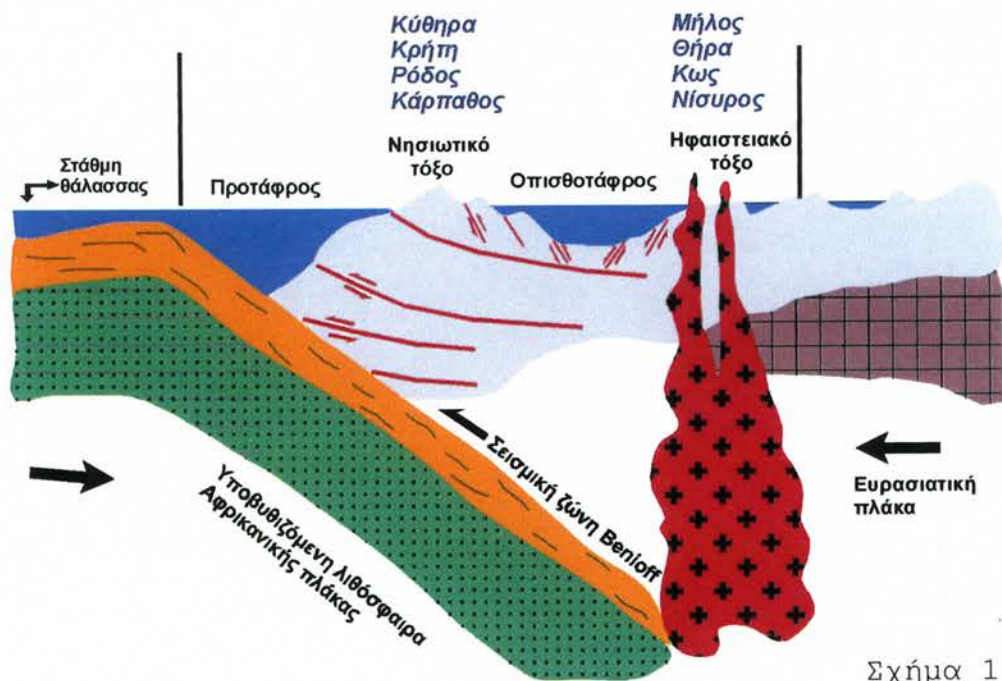
Στη συνέχεια το ορογενετικό τόξο μετασχηματίζεται κατά το Ολιγόκαινο-Κάτω Μειόκαινο σε πιο εξωτερική θέση με:

- Τάφρο με φλυσχογένεση στην Ιόνια, Γάβροβο, Μάνη, Τρίπολη
- Νησιωτικό τόξο με Πίνδο, Παρνασσό, Δυτική Θεσσαλία-Βοιωτία και τμήματα της Ανατολικής Ελλάδας
- Οπισθοτάφρο με μόλασσα στην Μεσο-Ελληνική Αύλακα και στις Κυκλάδες
- Ηφαιστειακό τόξο στο Βόρειο Αιγαίο με αιχμή σε Λήμνο, Λέσβο, Άγιο Ευστράτιο.

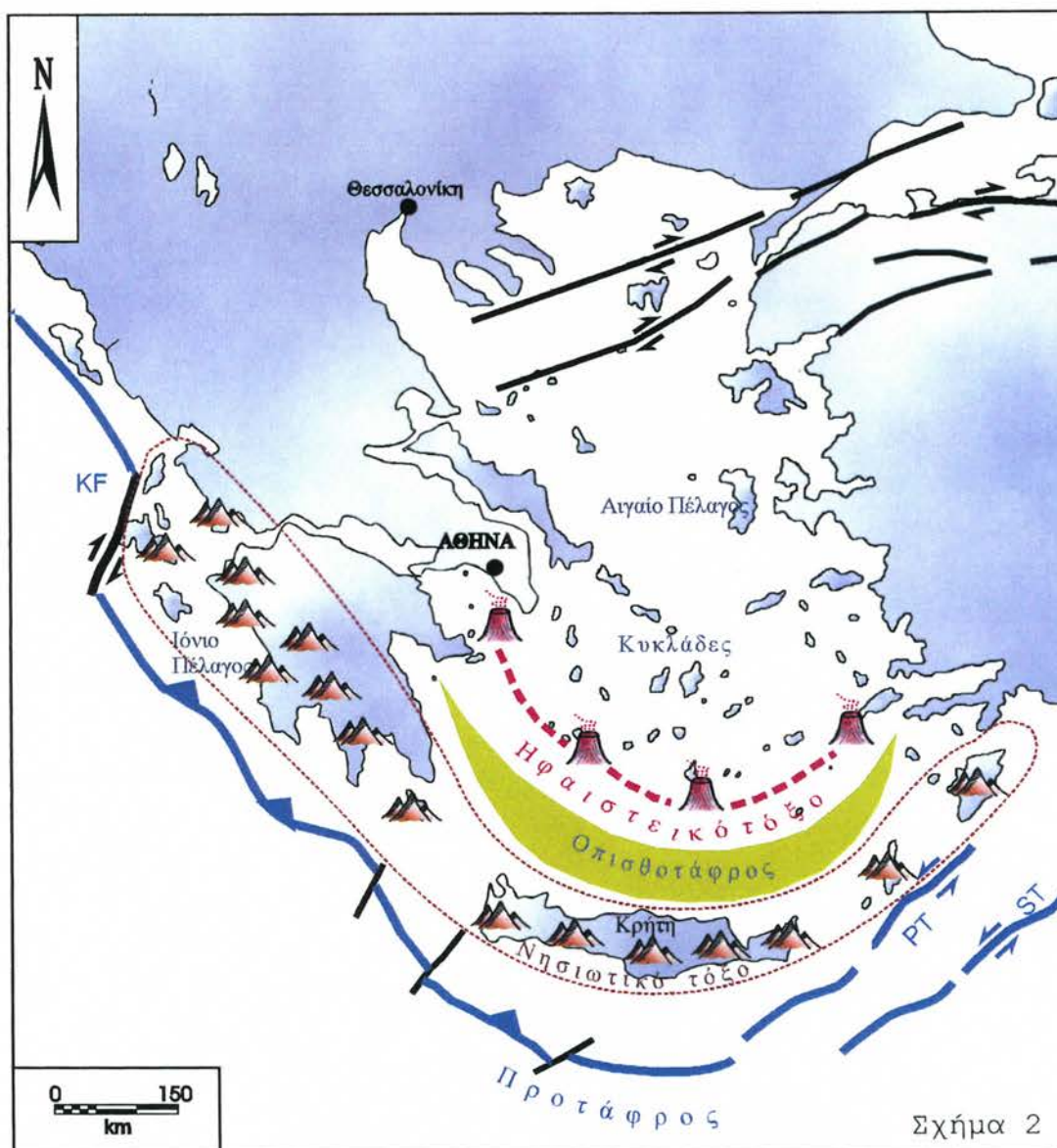
Τέλος στη σημερινή γεωμετρία του Ελληνικού ορογενετικού τόξου (Σχήμα 2) με:

- Τάφρο στο χώρο του Ιονίου και νότια της Κρήτης στις τάφρους Πλίνιου και Στράβωνα
- Νησιωτικό τόξο που περιλαμβάνει την Πελοπόννησο, Κρήτη και Δωδεκάνησα
- Οπισθοτάφρο στο χώρο της Κρητικής Λεκάνης
- Ηφαιστειακό τόξο το οποίο συμπεριλαμβάνει δυτικά τα Μέθανα, το Σουσάκι, νότια την Μήλο και την Σαντορίνη ενώ ανατολικά καταλήγει στην Κω και τη Νίσυρο.

Ενεργό Ελληνικό Ορογενετικό Τόξο



Σχήμα 1



Σχήμα 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ

**Γεωδυναμική των Δωδεκανήσων με έμφαση
στο χώρο Κως-Νίσυρος**

Ιστορική ανασκόπηση στη γεωδυναμική των νήσων Κω και Νισύρου.

Η νήσος Κως ευρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του Ελληνικού τόξου και χαρακτηρίζεται από μια ιδιαίτερη πολυπλοκότητα στη γεωλογική της δομή και εξέλιξη. Η πολυπλοκότητα αυτή αποδεικνύεται από το γεγονός ότι παρόλη τη σχετικά μικρή έκτασή της, στη δομή της συμμετέχουν πετρώματα και σχηματισμοί από τον Παλαιοζωϊκό αιώνα ως σήμερα, τα οποία είναι εκρηξιγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα. Πολλά από τα πετρώματα που ανήκουν στον αλπικό κύκλο δεν μπορούν να ενταχθούν σε γνωστές γεωτεκτονικές ενότητες ενώ στη Δυτική Κω μεγάλη έκταση καταλαμβάνουν και ηφαιστειακοί σχηματισμοί οι οποίοι εντάσσονται μαζί με τους σχηματισμούς του ηφαιστείου της Νισύρου, στο ενεργό ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου. Η σύνθετη γεωλογική δομή της Κω και η ποικιλομορφία των γεωλογικών σχηματισμών της έχει προκαλέσει από παλιά το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών.

Ήδη από τον περασμένο αιώνα οι FORBES & SPRATT (1846), CORCEIX (1876), RAYET (1876), FORSYTH-MAJOR (1887), TOURNOUER (1876), NEUMAUER (1880), και τις αρχές του αιώνα μας οι PLIENINGER (1905), PLIENINGER & SAPPER (1920), LUDHOFF (1927), AIRACHI (1928), BLIANCHI (1928,1929) κ.α. έδωσαν τα πρώτα τεκτονικά, στρωματογραφικά και πετρολογικά στοιχεία για την Κω.

Η πρώτη όμως εκτενή αναφορά ανήκει στο DESIO (1931) στον οποίο ανήκει και ο συνολικός χάρτης του νησιού. Με βάση τις απόψεις του DESIO στη δομή της Κω λαμβάνουν μέρος: (i) Σχιστόλιθοι και ελαφρά μεταμορφωμένοι ανθρακικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στη νοτιοανατολική Κω, (ii) Διορίτες οι οποίοι εμφανίζονται στην περιοχή του Δικαίου, (iii) Ανθρακικοί σχηματισμοί και φλύσξης ηλικίας Κρητιδικού-Ηωκαίνου οι οποίοι εμφανίζονται επίσης στο όρος Δίκαιος και στην ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Κω, (iv) ανθρακικοί και κλαστικοί σχηματισμοί Μειοκαίνου-Ολοκαίνου οι οποίοι εμφανίζονται τόσο στην Ανατολική Κω όσο και στη Δυτική Κω και καλύπτουν ασύμφωνα πολλούς προηγούμενους σχηματισμούς, (v) ηφαιστειακοί σχηματισμοί οι οποίοι εμφανίζονται στο ακρωτήριο Κέφαλος στη Δυτική Κω.

Μετά τον DESIO (1931), και κυρίως την τελευταία εικοσαετία, αρκετοί ερευνητές ασχολήθηκαν τόσο με τη μελέτη των ιζηματογενών σχηματισμών (BIGNOT & GUERNET, 1976, MOSTAFAWI, 1981, BOGER et al 1974, GUERNET et al

1976, WILLMANN 1983 κ.α.) όσο και με τη μελέτη των εκρηξιγενών σχηματισμών (KELLER, 1969, ALTHER et al, 1976, 1982, PASTEELS et al 1986, KELEPERTSIS & REEVES 1988, DALABAKIS 1987, BARDITZEFF et al 1989 κ.α.). Έτσι με βάση τα υφιστάμενα στοιχεία οι Προ-νεογενείς σχηματισμοί της νήσου Κω ανήκουν σε ορισμένες τεκτονικές ενότητες οι οποίες μπορούν να αντιστοιχισθούν με διάφορες ενότητες του Ελληνικού και Μικρασιατικού χώρου (BERNOULLI et al 1974, BREITKREUZ, 1981). Πιο πρόσφατα έγινε διάκριση των ενοτήτων της Κω στα τεκτονοστρωματογραφικά πεδία του Αιγαίου (PAPANIKOLAOU et al, 1995).

Εκτός βέβαια από τους Προνεογενείς σχηματισμούς της νήσου Κω έχουν μελετηθεί και οι Νεογενείς-Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί οι οποίοι καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση κυρίως στο βορειοανατολικό τμήμα της και στο δυτικό (περιοχή Αντιμάχειας/ακρωτηρίου Κέφαλος). Οι Νεογενείς-Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί της Καρδάμαινας-Αντιμάχειας μελετήθηκαν από τον WILLMANN (1983) ο οποίος δίνει ένα λεπτομερή γεωλογικό χάρτη και παλαιογεωγραφική εξέλιξη από το Μειόκαινο ως σήμερα με βάση τις αντίστοιχες φάσεις ιζημάτων που διέκριναν. Τέλος ο DALABAKIS (1987) μελέτησε τους ηφαιστειακούς σχηματισμούς της Κεφάλου και έδωσε έναν πρώτο χάρτη της χερσονήσου.

Σε γενικές γραμμές και όπως φαίνεται από τα προηγούμενα στοιχεία φαίνεται να υφίσταται μία σαφής διαφοροποίηση της γεωλογίας από την ανατολική στη δυτική Κω. Συγκεκριμένα η ανατολική Κω φαίνεται να έχει συνθετότερη γεωλογική δομή και εξέλιξη (i) με μεγάλες εμφανίσεις προνεογενών πολλών και ιδιόμορφων σχηματισμών που ανήκουν σε διαφορετικές νεοτεκτονικές ενότητες, (ii) με παρουσία πλουτώνιων δεισδύσεων και (iii) με εμφανίσεις νεώτερων σχηματισμών που παρουσιάζουν σύνθετη κατακόρυφη και οριζόντια διάρθρωση. Αντίθετα στη Δυτική Κω φαίνεται να υπάρχει κάποια απλούστερη γεωλογική δομή (i) με δύο μόνο μικρές εμφανίσεις του υποβάθρου, (ii) με ανάπτυξη στο μεγαλύτερο τμήμα ενός-δύο σχηματισμών και (iii) με εμφάνιση ορισμένων ηφαιστειακών σχηματισμών κυρίως υπό μορφή δόμων.

Η νήσος Νίσυρος (Εικ. 1) αποτελεί στο σύνολό της, ίσως την πιο χαρακτηριστική και ενδιαφέρουσα ηφαιστειακή μορφή στο Ελλαδικό χώρο με ιδιαίτερο γεωλογικό και γεωθερμικό ενδιαφέρον. Παρά ταύτα η υφιστάμενη γεωλογική βιβλιογραφία μπορεί να χαρακτηριστεί ανεπαρκής και γενικά είναι σχετικά άγνωστη τόσο στο επιστημονικό όσο και στο ευρύτερο κοινό. Οι περισσότερες επιστημονικές δημοσιεύσεις που αφορούν τη Νίσυρο είναι κυρίως ορυκτολογικού-πετρολογικού χαρακτήρα και περιέχουν λίγα

μόνο στοιχεία για τη γεωλογική δομή και για την τεκτονική της εξέλιξη.

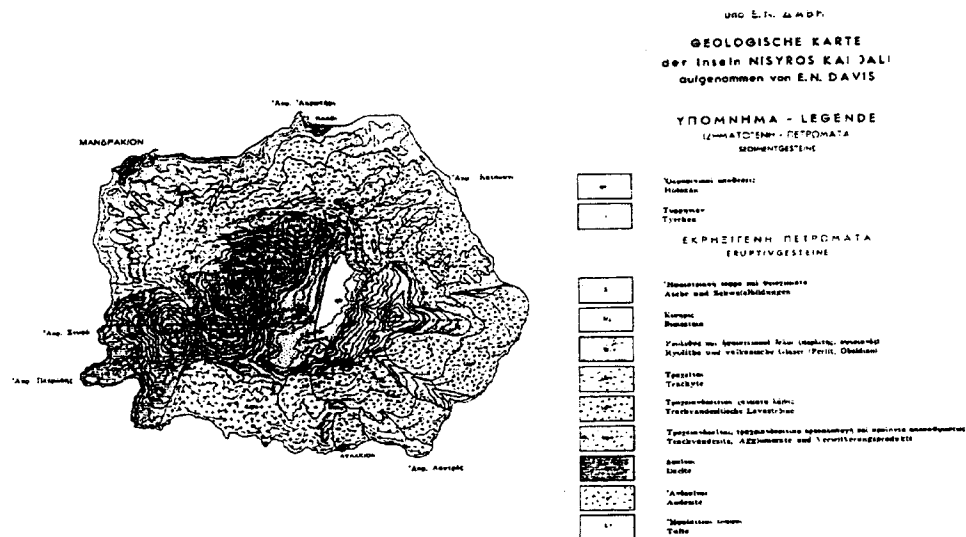


Εικ.1 Αποψη της Νισύρου από τα ΒΔ.

Οι πρώτες αναφορές για τη γεωλογία της Νισύρου ανήκουν κατά σειρά στους MARTELLI (1917), DESIO (1931) και ΓΕΩΡΓΑΛΑ (1958), στις οποίες υπάρχουν μόνο ορισμένες γενικές πληροφορίες περιγραφικού χαρακτήρα. Η πρώτη εκτενής γεωλογική μελέτη για τη Νίσυρο έγινε από την Ε.ΔΑΒΗ (1967) (Εικ.2) η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υφίστανται δύο ηφαιστειακές περίοδοι εκχύσεως, κάθε μια από τις οποίες είχε αρχικά βασικό χαρακτήρα και στη συνέχεια απέδιδε όξινα τελικά παράγωγα. Τα υλικά της πρώτης ηφαιστειακής περιόδου απαντούν μόνο σε ορισμένες θέσεις και στη συνέχεια ο κύκλος έκλεισε με το σχηματισμό παχύτατων στρωμάτων ηφαιστειακής υέλου (κίσσηρης). Η δεύτερη ηφαιστειακή περίοδος έδωσε μια μεγάλη ποικιλία πετρολογικών τύπων όπως ανδεσίτες, τραχειανδεσίτες, τραχείτες, δακίτες και στη συνέχεια ρυόλιθους και κίσσηρη. Οι εμφανίσεις όλων των προηγούμενων σχηματισμών, χωρίς όμως να γίνεται σαφής ένταξή τους σε κάποια από τις δύο φάσεις ηφαιστειακής δράσης, παρουσιάζονται σε ένα γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:50.000, που χαρακτηρίζεται ακριβέστερα ως γεωλογικό σκαρίφημα.

Στη συνέχεια ο DI PAOLA (1974) (Εικ.3), κάνοντας μια πιο εκτενή μελέτη κυρίως πετρολογικού περιεχομένου, θεωρεί ότι υπάρχουν δύο περίοδοι εξέλιξης του ηφαιστείου: (i) προ-καλδερική που διακρίνεται σε μία αρχικά υποθαλάσσια δράση και στη συνέχεια σε μία αέρια η οποία έδωσε μία μεγάλη ποικιλία πετρωμάτων και (ii) μετακαλδερική περίοδος η οποία έδωσε τους ρυοδακίτες που καταλαμβάνουν τα 2/3 περίπου της καλδέρας καθώς και ένα τμήμα του νησιού έξω απ' αυτή. Οι εμφανίσεις των κυριότερων

Λιθολογικών τύπων-σχηματισμών παρουσιάζονται σε ένα γεωλογικό σκαρίφημα, στο οποίο παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές ηφαιστειακές μορφές (ρεύματα, δόμοι) καθώς επίσης και 2-3 ρήγματα που διακόπτουν την συνέχεια των σχηματισμών.



Εικ.2 Γεωλογικός χάρτης της Νισύρου κατά Ε.ΔΑΒΗ (1967).

Από την εξέταση των δύο γεωλογικών σκαριφημάτων διαπιστώνεται:

• Δεν υπάρχει αντιστοίχιση μεταξύ των σχηματισμών του ενός χάρτη και των σχηματισμών του άλλου. Τούτο οφείλεται στη διαφορετική φιλοσοφία της χαρτογράφησης που ακολούθησαν οι δύο ερευνητές και στην παρουσία νέων στοιχείων.

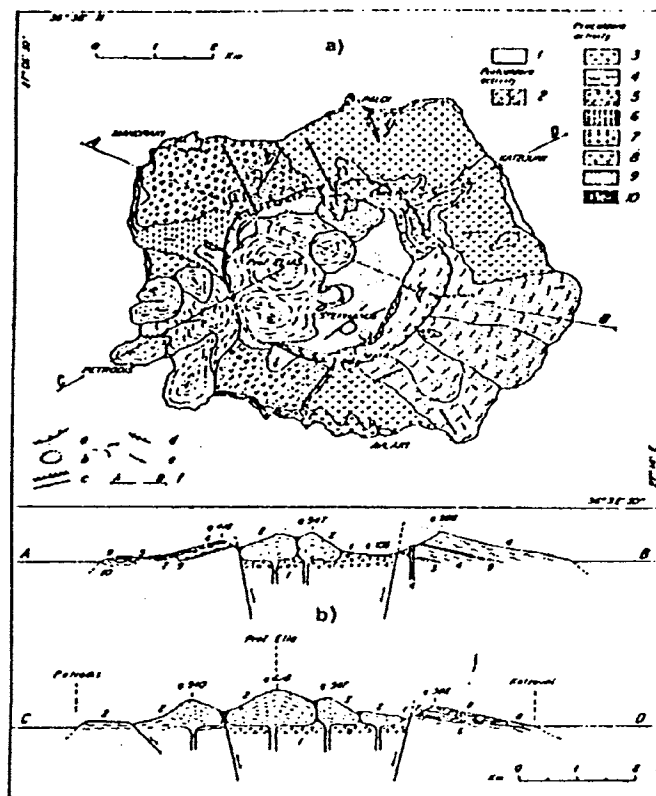
•Τα όρια, σε όσους από τους σχηματισμούς υπάρχει ή υπονοείται κάποια αντιστοίχιση, δεν συμπίπτουν στους δύο χάρτες αλλά υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις.

•Και στους δύο χάρτες δεν παρουσιάζονται οι διαδοχικές εκροές-εκχύσεις των λαβών που αντιστοιχούν σε διαφορετικές περιόδους ηφαιστειακής δράσης ενταγμένες σε μία στρωματογραφική σχέση. Τα τελευταία όμως ούτε χαρακτηρίζουν ούτε αντιστοιχούν σε μία συγκεκριμένη έκχυση αλλά αντίθετα κάθε μία έκχυση λάβας αποδίδει διαφορετικούς πετρολογικούς τύπους λόγω της διαφοροποίησής του αρχικού υλικού.

• Δε γίνεται αντιστοίχιση μεταξύ της κάθε λάβας και ορισμένων σχηματισμών που την συνοδεύουν ή την ακολουθούν αλλά όλοι οι σχηματισμοί παρουσιάζονται ενιαίοι.

Επομένως, παρόλου που οι δύο αυτές μελέτες περιέχουν αρκετά σημαντικά στοιχεία (κυρίως πετρολογικού

περιεχομένου) δε δίδουν σε καμία περίπτωση μία σαφή εικόνα της γεωλογικής δομής και εξέλιξης του νησιού.



a) Legend:

- 1: Detrital deposits filling the caldera, soil and shore deposits;
 - 2: Highly porphyritic lava domes and flows (dacites);
 - 3: Layered unwelded pumice fall (dacites);
 - 4: Highly porphyritic perlitic lava flows (rhyodacites);
 - 5: Silicic pyroclastic deposits: irregular sequences of unwelded pumice layers, pumiceous tuffs and volcanic agglomerates;
 - 6: Aphyric to slightly porphyritic glassy lava flows and dykes (andesites);
 - 7: Subaphyric to porphyritic glassy lava flows and dykes (dacites);
 - 8: Basic pyroclastic deposits: layered unwelded scoriae, sands and ashes with scoriae, basic bombs (basic andesites and andesites);
 - 9: Subaerial porphyritic lava flows and scoria cones (basic andesites);
 - 10: Submarine porphyritic pillow lavas and hyaloclastites (basic andesites).
- a: Upper rim of the caldera; b: Phreatic explosion craters; c: Faults and fractures; d: Dykes and necks; e: Direction of lava flows; f: Cross-sections.

b) Cross-sections. Same legend as in Fig. 3a. q. 418 = elevation in meters a.s.l.

Εικ.3 Γεωλογικό σκαρίφημα και γεωλογικές τομές της Νισύρου κατά DI PAOLA (1974)

Στη συνέχεια οι ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΕΚΚΑΣ (1990) περιέγραψαν τη στρωματογραφική διάρθρωση των ηφαιστειακών σχηματισμών της Νισύρου με βάση λεπτομερή χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:10.000. Διέκριναν μία ακολουθία ηφαιστειακών σχηματισμών που αποτελούν εστρωμένους σχηματισμούς γύρω από ένα ηφαιστειακό κώνο και στη συνέχεια καταστροφή του κώνου με δημιουργία καλδέρας και νέα ηφαιστειακή δράση, μετακαλδερική, από ογκώδεις δόμους ρυοδακτιτικής σύστασης. Επίσης διέκριναν 4 κύριες ρηξιγενείς ζώνες που έδρασαν και κατά το προκαλδερικό και κατά το μετακαλδερικό στάδιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΝΗΣΟΥ ΚΩ

- Μεταλπικοί σχηματισμοί
- Μεταλπικοί ηφαιστειακοί σχηματισμοί
- Αλπικοί σχηματισμοί

Στρωματογραφία (Γεωλογικός χάρτης)

Ο γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:100.000 βασίστηκε στους γεωλογικούς χάρτες (φύλλο Κέφαλος και Ανατολική Κως κλίμακας 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε), στον DESIO (1931), WILLMANN (1983), ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΕΚΚΑ (1992), ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΝΟΜΙΚΟΥ (1999) αλλά κυρίως με παρατηρήσεις στην ύπαιθρο.

Μεταλπικοί σχηματισμοί

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί οι οποίοι εμφανίζονται στη Κω είναι:

- 1) Αλούβια-Παράκτιες Αποθέσεις: Πρόκειται κυρίως για ασύνδετους άμμους και κροκάλες και για αργιλοπυριτικά υλικά όπου καλύπτουν ασύμφωνα τους παλαιότερους σχηματισμούς και έχουν πάχος ως μερικά μέτρα. Εμφανίζονται κατά μήκος της παραλιακής ζώνης του κόλπου της Κεφάλου, του όρμου του Αλμυρού, κατά μήκος της παραλιακής ζώνης στην περιοχή Καρδάμαινα και στη βόρεια πλευρά της Νήσου από το Μαστιχάρι έως την χώρα.
- 2) Διλούβια: Πρόκειται για χαλαρές κροκάλες και αργιλοπυριτικά υλικά με ερυθροϊώδες χρώμα (Εικ.1), τα οποία συναντώνται σε περιορισμένη έκταση στο ανατολικό τμήμα της Κω, σε επιμήκης διάταξη κοντά στο Πλατύ ρέμα.



Εικ.1 Σχηματισμός διλουβίων αποτελούμενος από αργιλοπυριτικά υλικά με ερυθροϊώδες χρώμα στην Ανατ. Κω

- 3) Λιμναίες-Ελώδεις Αποθέσεις: Αναπτύσσονται κατά μήκος της βόρειας ακτής της Κω, κυρίως στην περιοχή Τιγκάκι.

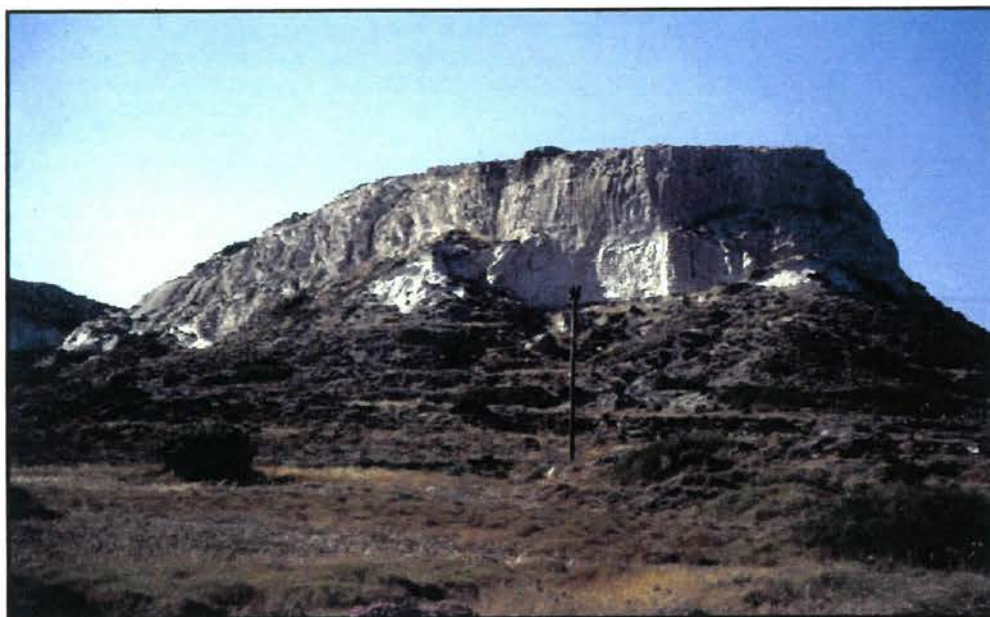
- 4) **Πλευρικά Κορήματα:** Αποτελούνται από ασύνδετες κροκαλολατύπες και μεγαλύτερα τεμάχη πετρωμάτων, με ενδιάμεσο λεπτομερές υλικό.
- 5) **Ιζηματογενείς Αποθέσεις Πλειστοκαίνου-Πλειοκαίνου:** Πρόκειται για μαργαϊκές ως επί το πλείστον αποθέσεις μέσα στις οποίες παρατηρούνται κατά θέσεις παρεμβολές ψαμμιτών και κροκαλών παράκτιας φάσης. Περιέχουν απολιθωματοφόρα κοιτάσματα από *Ostrea* (Εικ.2) και *Cardium*. Απαντούν στην περιοχή της Αντιμάχειας και κατά μήκος των νότιων ακτών στην περιοχή γύρω από τα Καρδάμαινα (Εικ.3). Καλύπτονται ασύμφωνα από τους Άνω Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς. Το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 50 μέτρα ενώ η γενική κλίση είναι βόρεια-βορειοδυτική.



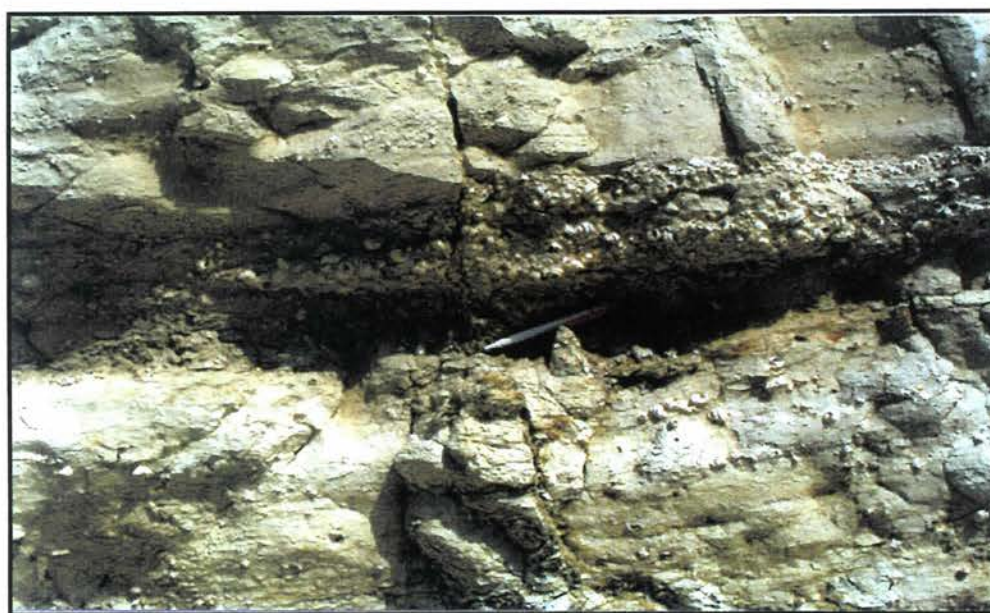
Εικ.2 Θαλάσσιο απολιθωματοφόρο στρώμα του Κατώτερου Πλειστοκαίνου (1 εκατ. χρόνια) από την περιοχή της Αντιμάχειας σε υψόμετρο περίπου 100μ.

- 6) **Ιζηματογενείς Αποθέσεις Πλειστοκαίνου-Πλειοκαίνου:** Πρόκειται για μαργαϊκές ως επί το πλείστον αποθέσεις μέσα στις οποίες παρατηρούνται κατά θέσεις παρεμβολές ψαμμιτών και κροκαλών λιμναίας φάσης με απολιθωματοφόρα κοιτάσματα (Εικ.4). Απαντούν αποκλειστικά στο ανατολικό τμήμα της Κω, νότια του ακρωτηρίου Λούρος μέχρι την περιοχή του Αγίου Παντελεήμονα. Το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 50 μέτρα.
- 7) **Νεογενές αδιαίρετο:** Αποτελείται αναλυτικά από:
- α) **Εναλλαγές μαργών και ψαμμιτών του Πλειοκαίνου-Άνω Μειοκαίνου:** Πρόκειται για μαργαϊκές αποθέσεις σε εναλλαγές με ψαμμίτες, οι οποίες έρχονται σε επαφή με

τις Ιζηματογενείς αποθέσεις Πλειστοκαίνου-Πλειοκαίνου στην περιοχή μεταξύ της Αντιμάχειας και του Πυλίου.



Εικ.3 Στρωματογραφική ασυμφωνία των θαλάσσιων Πλειστοκαινικών αποθέσεων με τον ινγκριμβρίτη (Άνω Πλειστόκαινο) στα Καρδάμαινα.



Εικ4. Λιμναίο απολιθωματοφόρο στρώμα στην Ανατολική Κω.

β) Ανθρακινοί και κλαστικοί σχηματισμοί του Άνω Μειοκαίνου: Πρόκειται για μια ακολουθία η οποία περιλαμβάνει στη βάση εναλλαγές τεφρών-βαθυκύανων ψαμμιτών, πηλιτών, μαργών και μαργαϊκών ασβεστολίθων (Εικ.5) με ορισμένα απολιθώματα θαλάσσιας φάσης ενώ στην συνέχεια περιλαμβάνει λευκούς-υπόλευκους

κονδυλώδεις ασβεστόλιθους με ενδιαστρώσεις μαργαϊκού υλικού που περιέχουν πολλά απολιθώματα και Lithothamnium, λιμνοθαλάσσιας φάσης. Το συνολικό πάχος τους υπερβαίνει τα 50 μέτρα και εμφανίζονται στις περιοχές νότια της Κεφάλου, στον όρμο Χιλανδριού, βορειοανατολικά του Ασφενδίου και στο ανατολικό τμήμα του νησιού. Καλύπτουν ασύμφωνα τους μολασσικούς σχηματισμούς του Κάτω Μειοκαίνου και καλύπτονται επίσης ασύμφωνα από τους Άνω Πλειστοκαινικούς ηφαιστειακούς σχηματισμούς, ενώ σε ορισμένες θέσεις έρχονται σε επαφή με τα νεογενή-Πλειστοκαινικά ηφαιστειακά πετρώματα.



Εικ.5 Έντονα κεκλιμένα προς Βορρά Νεογενή στρώματα στην περιοχή του ακρωτηρίου του Αγ. Φωκά.

γ) Κλαστικοί σχηματισμοί του Μέσου Μειοκαίνου: Πρόκειται για ακολουθία η οποία περιλαμβάνει εναλλαγές από ψαμμίτες, πηλίτες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Στην περιοχή του Λαγουδιού-Ζια καλύπτονται ασύμφωνα από τους Άνω Πλειστοκαινικούς ηφαιστειακούς σχηματισμούς και έρχονται σε επαφή με τον φλύσχη της Ενότητας της Τρίπολης. Στην περιοχή Πλατάνι καλύπτονται από τις αλουβιακές αποθέσεις.

Μεταλπικοί ηφαιστειακοί σχηματισμοί

Οι μεταλπικοί ηφαιστειακοί σχηματισμοί είναι οι εξής:

- 1) Ηφαιστειακοί Σχηματισμοί Τεταρτογενούς: Πρόκειται για οριζόντια στρώματα ηφαιστειακής σποδού, ιγκνιμβρίτη (Εικ.6). Η ηλικία τους είναι 0,25-0,55 Ma (DALABAKIS

Στρωματογραφία νήσου Κω

1987), το πάχος τους φτάνει κατά θέσεις τα 40 μέτρα και καλύπτουν ασύμφωνα μεγάλο τμήμα των παλαιότερων σχηματισμών. Εμφανίζονται στην περιοχή των Ελληνικών, σε υψόμετρα από 0-90 μέτρα όπου έχουν μικρές κλίσεις προς τα ΒΔ καθώς επίσης στην περιοχή της Κεφάλου σε υψόμετρα μέχρι και 180 μέτρα και σε μεγάλη έκταση δυτικά της Αντιμάχειας.

- 2) *Λάβες Πλειοκαίνου-Ανωτέρου Μειοκαίνου*: Πρόκειται για ιγκνιμβρίτες, ρυολίθους και δακίτες ηλικίας Πλειοκαίνου-Ανωτέρου Μειοκαίνου (Εικ.7). Εμφανίζονται νότια της Κεφάλου και στις κορυφές Καστέλι, Ζήνι, Θυμίαμα, Λάτρα καθώς επίσης και στο ακρωτήριο Κρίκελο είτε με μορφή δόμων είτε με μορφή ρευμάτων.



Εικ.6 Χαρακτηριστικός σχηματισμός ινγκριμβρίτη που καλύπτει ολόκληρο το οροπέδιο της Αντιμάχειας, αποτέλεσμα τεράστιας ηφαιστειακής έκρηξης πριν από 125.000 χρόνια.



Εικ.7 Αποψη των ηφαιστειακών σχηματισμών του Ανω Μειοκαίνου στη Δυτική Κω και του όρμου του Κεφάλου.

- 3) Μονζονίτης Ανω Μειοκαινικής ηλικίας: Πρόκειται για μεσόκκοκο, αδρόκκοκο κρυσταλλικό πέτρωμα με φαινοκρυστάλλους αλκαλικών αστρίων. Περιέχει πλαγιόκλαστα, καλιούχους αστρίους, κεροστίλβη, βιοτίτη, λίγο χαλαζία και σφήνα. Παρατηρούνται εγκλείσματα διοριτικής έως μονζοδιοριτικής σύστασης. Έχει ηλικία περίπου 11 Ma και εμφανίζεται στην περιοχή του Δικαίου.

Αλπικοί σχηματισμοί

Οι αλπικοί σχηματισμοί της Κω είναι οι εξής:

- 1) Ενότητα Ανατολικής Κω: Πρόκειται για άγριο φλύσχη (Εικ.8) (Εικ.9) που αντιστοιχεί στο φλύσχη Karabotztlen της Λυσίας (BERNOULLI et al 1974). Είναι αντίστοιχος σχηματισμός με την ενότητα της Laerma της Ρόδου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al, 1995) και εμφανίζεται στην ανατολική-νοτιοανατολική Κω όπου είναι γνωστός και ως φλύσχη Θέρμης. Περιέχει κυρίως ολισθόλιθους της Ενότητας της Πίνδου και ελάχιστους της Ενότητας της Τρίπολης μαζί με βασικά ηφαιστειακά πετρώματα.



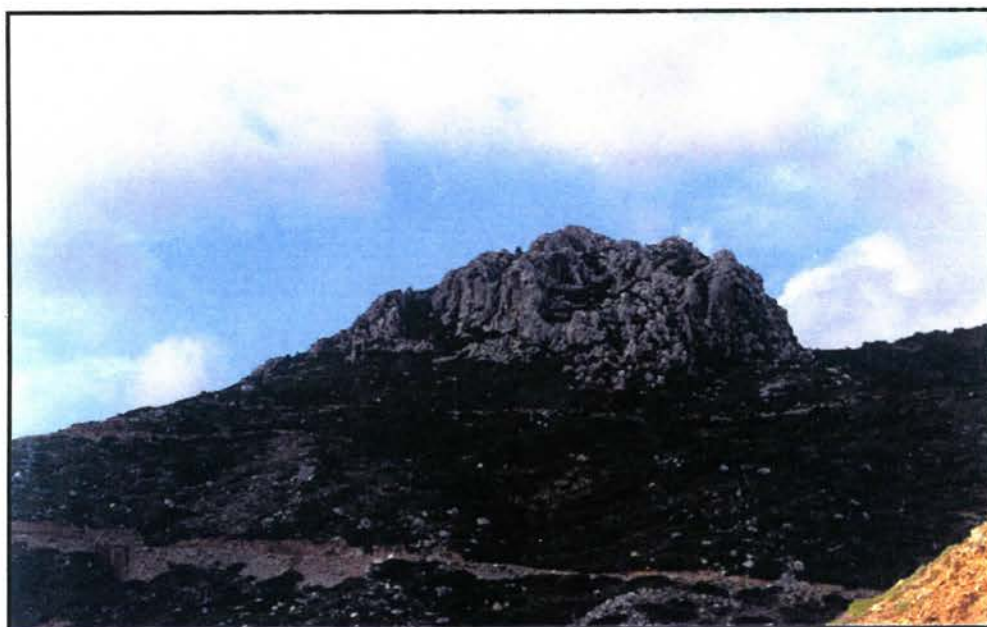
Εικ.8 Ο άγριος φλύσχος της Ανατολικής Κω.



Εικ.9 Ολισθόλιθοι Μεσοζωϊκών σχηματισμών στον Ηωκαινικό φλύσχη.

2) *Ενότητα Πίνδου*: Είναι γνωστή και ως ενότητα Προφ.Ηλία, η οποία περιλαμβάνει ασβεστόλιθους αγνώστης ηλικίας καθώς επίσης και πελαγικούς ασβεστόλιθους με ενδιαστρώσεις silex ηλικίας Κατώτερου Κρητιδικού και φλύσχη. Η ενότητα αυτή μπορεί να αντιστοιχισθεί με μέρος της σειράς Kouycegiz (BERNOULLI et al 1974) της Λυσίας και μέρος της σειράς Μαρίνα της Λέρου και της Καλύμνου (DURR et al 1978). Εμφανίζεται κυρίως στην περιοχή βόρεια του Δικαίου.

3) *Ενότητα Τρίπολης*: Αποτελείται από μη μεταμορφωμένους νηριτικούς ασβεστόλιθους ηλικίας Κατώτερου Κρητιδικού, Κατώτερου Ηώκαινου οι οποίοι καλύπτονται από φλύσχη ηλικίας Μέσο Μειοκαίνου (BLONDEAU et al 1975, BREITKEUZ 1981) και είναι γνωστή ως ενότητα Ζιάς, η οποία έχει τοποθετηθεί πάνω στους Μονζονίτες και στην Ενότητα των Παλαιοζωικών σχηματισμών και εμφανίζεται στο όρο Δίκαιος. Επίσης μαύροι βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι οι οποίοι περιέχουν κατά θέσεις θραύσματα ρουδιστών, εμφανίζονται σαν τεκτονικά ράκη τα οποία είναι τοποθετημένα πάνω στους Κατω Μειοκαινικούς Μολασσικούς σχηματισμούς στην Δυτική Κω (Εικ.9) και είναι γνωστοί σαν Ενότητα της Βίγλας. Εμφανίζονται στη θέση Βίγλα νότια της Κεφάλου (ΡΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, ΛΕΚΚΑΣ, 1990).



Εικ.9 Τεκτονικό ράκος της Ενότητας της Τρίπολης (περιοχή Κεφάλου) πάνω στους μολασσικούς σχηματισμούς στη Δυτική Κω.

4) *Μόλασσα Κάτω Μειοκαίνου*: Ο μολασσικοί σχηματισμοί υπέρκεινται του αλπικού υπόβαθρου και υπόκεινται των Άνω Μειοκαινικών ιζημάτων και των ηφαιστειακών σχηματισμών. Περιλαμβάνουν στη βάση εναλλαγές κίτρινων-βυσσινέρυθρων-φαίων-υπόλευκων ψαμμιτών, πηλιτών, μαργών και μαργαϊκών ασβεστολίθων πάχους τουλάχιστον 15 μέτρων που περιέχουν κατά θέσεις γαστερόποδα, βραχιονόποδα και ελασματοβράγχια (Εικ.10). Προς τα άνω εξελίσσονται σε εναλλαγές φαιών ψαμμιτών πηλιτών και μαργών μέσα στις οποίες παρατηρούνται κατά θέσεις κροκάλες κρυσταλλικών ασβεστολίθων με θραύσματα ρουδιστών. Απαντούν στην ακτή του Λιμνιών (Εικ.11), στα ακρωτήρια Συκοφά και Ρουθιανό. Η επαφή με τους υποκείμενους ασβεστολίθους της αλλόχθονης

Στρωματογραφία νήσου Κω

ενότητας είναι ρηξιγενής (περιοχή Λιμνιώνα) γεγονός που υποδηλώνει και τα έντονα φαινόμενα συνιζηματογενούς τεκτονισμού. Καλύπτονται ασύμφωνα από τους ανθρακικούς και κλαστικούς σχηματισμούς του Άνω Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου καθώς επίσης και από τους Τεταρτογενείς ηφαιστειακούς σχηματισμούς.



Εικ. 10 Χαρακτηριστικά απολιθώματα από εχίνους στους μολασσικούς σχηματισμούς του Κ.Μειοκαίνου στον Λιμνιώνα.



Εικ.11 Εμφάνιση κλαστικών ιζημάτων με παράκτια θαλάσσια απολιθώματα σε επαφή με μάρμαρα στην περιοχή του Λιμνιώνα.

Στρωματογραφία νήσου Κω

5) *Ενότητα Μεταμορφωμένου σχετικά αυτόχθονου:* Περιλαμβάνει δύο διαφορετικές εμφανίσεις : 1) Μια ακολουθία που εμφανίζεται στο όρος Δικαίου και που περιλαμβάνει μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, ασβεστόλιθους, μάρμαρα και μεταβασικά πετρώματα Παλαϊοζωϊκής ηλικίας με βάση απολιθώματα που έχει βρει ο DESIO (1931) (Εικ.12). Στους Παλαιοζωϊκούς σχηματισμούς έχει διεισδύσει στο Άνω Μειόκαινο μονζονίτης και έχει προκαλέσει μεταμόρφωση επαφής. 2) Μια ακολουθία από χαρακτηριστικούς κρυσταλλικούς-ημικρυσταλλικούς λευκούς ασβεστόλιθους του Λιμνιών, νηριτικής φάσης με ευμεγεθείς ρουδιστές. Η ηλικία τους είναι Άνω Κρητιδικό και εμφανίζονται στη βόρεια παραλιακή ζώνη της Δυτικής Κω και στο ύψωμα Κρατήρας. Καλύπτονται είτε από μολασσικούς σχηματισμούς του Κάτω Μειοκαίνου είτε από μεταλπικούς σχηματισμούς και συγκεκριμένα από τους Τεταρτογενείς ηφαιστειακούς σχηματισμούς.



Εικ.12 Νότιες κλιτείες του όρους Δικαίου όπου απαντούν τα αρχαιότερα απολιθωματοφόρα πετρώματα του Παλαιοζωϊκού στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ-ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΝΗΣΟΥ ΚΩ

- Τεκτονική
- Νεοτεκτονική
- Μορφοτεκτονική

Τεκτονική

Κατά τη διάρκεια της εργασίας υπαίθρου στην νήσο Κω διαπιστώθηκε ότι ήταν πολύ δύσκολος ο εντοπισμός των ρηγμάτων ή των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών. Επίσης σε όσα ρήγματα εντοπίσθηκαν διαπιστώθηκε πως ήταν αδύνατη η παρατήρηση και η μέτρηση γραμμών τεκτονικής ολίσθησης ή άλλων στοιχείων έτσι ώστε να μη μπορεί να γίνει κινηματική, δυναμική και γενικότερα τεκτονική ανάλυση.

Το γεγονός αυτό, δηλαδή της δυσκολίας εντοπισμού των ρηγμάτων και των κινηματικών στοιχείων τους, ήταν αποτέλεσμα δύο κυρίως παραγόντων. Ο πρώτος από τους παράγοντες είχε σχέση με τη φύση των ηφαιστειακών σχηματισμών αλλά και των πλείστων ιζηματογενών, οι οποίοι λόγω του του ευαποσάθρωτου του χαρακτήρα τους δεν επιτρέπουν την διατήρηση των κατοπτρικών επιφανειών και των στοιχείων τους. Ο δεύτερος από τους παράγοντες έχει σχέση με την παρουσία των ανώτερων ηφαιστειακών σχηματισμών και συγκεκριμένα των Άνω Πλειστοκαινικών σχηματισμών, οι οποίοι έχουν καλύψει το 1/3 περίπου της έκτασης του νησιού, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η παρατήρηση των παλαιότερων σχηματισμών και φυσικά των παλαιότερων τεκτονικών δομών.

Έτσι λοιπόν η τεκτονική ανάλυση στηρίχθηκε κατ'ανάγκη κυρίως στην έμμεση διερεύνηση και μελέτη του ρηγματογόνου τεκτονισμού και κυρίως στην μορφοτεκτονική ανάλυση, όπως αναφέρεται παρακάτω, η οποία δίνει ασφαλή στοιχεία τόσο σε περιοχές χωρίς ηφαιστειακούς σχηματισμούς όσο και σε περιοχές που στη δομή τους συμμετέχουν κυρίως ηφαιστειακοί σχηματισμοί. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μεγάλη συσχέτιση και εξάρτηση της μορφολογίας και γενικότερα της επιφάνειας της γης από τις ενδογενείς τεκτονικές διεργασίες.

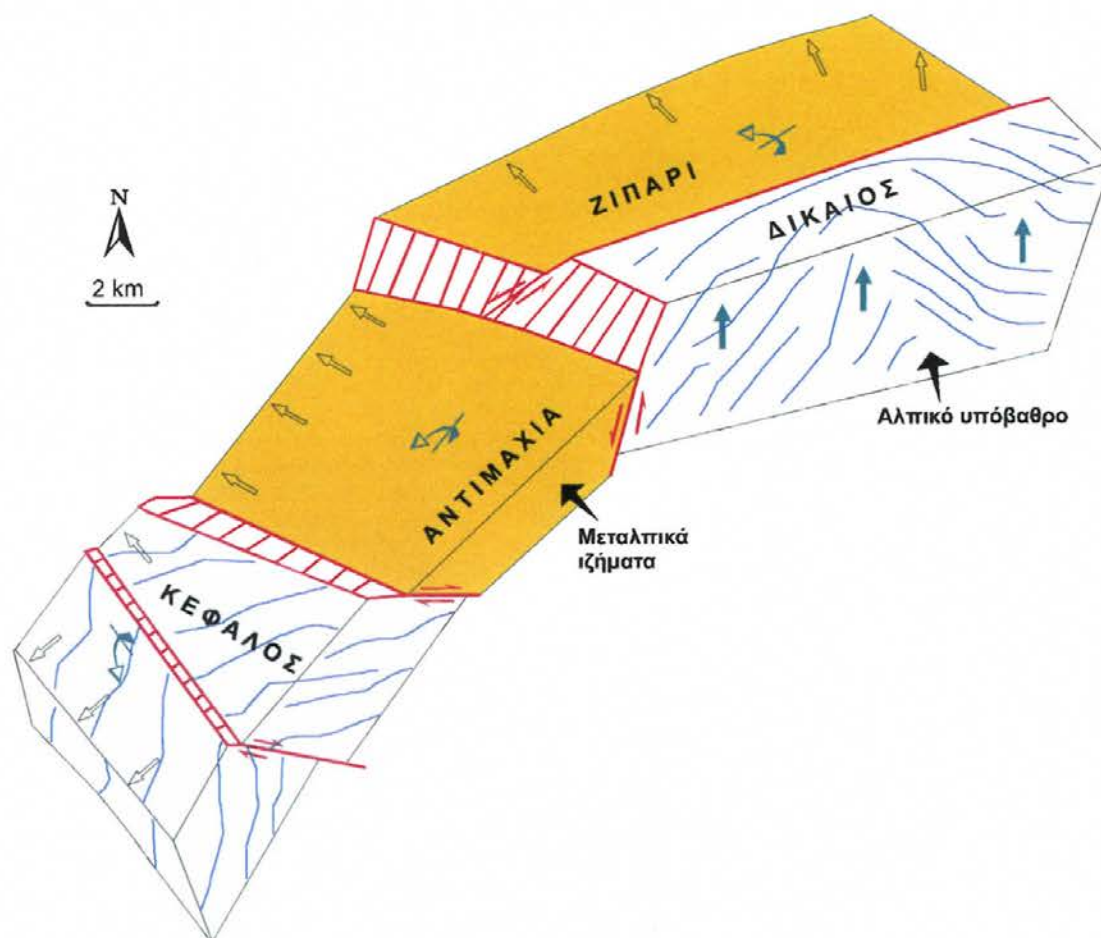
Νεοτεκτονική

Ρήγματα-Ρηξιτεμάχη της νήσου Κω

Από την εξέταση των αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων διαπιστώθηκε ένας αριθμός ρηγμάτων τα οποία διακόπτουν τη συνέχεια των σχηματισμών και προκαλούν είτε ταπεινώσεις ορισμένων ρηξιτεμαχών σε σχέση με τα παρακείμενα είτε αριστερόστροφες ή δεξιόστροφες μεταθέσεις των εκατέρωθεν ρηξιτεμαχών. Η Κως όπως φαίνεται και από το τεκτονικό σκαρίφημα (Σχήμα) αποτελείται από 4 μεγάλα ρηξιτεμάχη, στα οποία εμφανίζεται διαφορετική δομή του υποβάθρου, διαφορετική ανάπτυξη των μεταλπικών ιζημάτων, διαφορετική εμφάνιση των μαγματικών-ηφαιστειακών πετρωμάτων και διαφορετικό

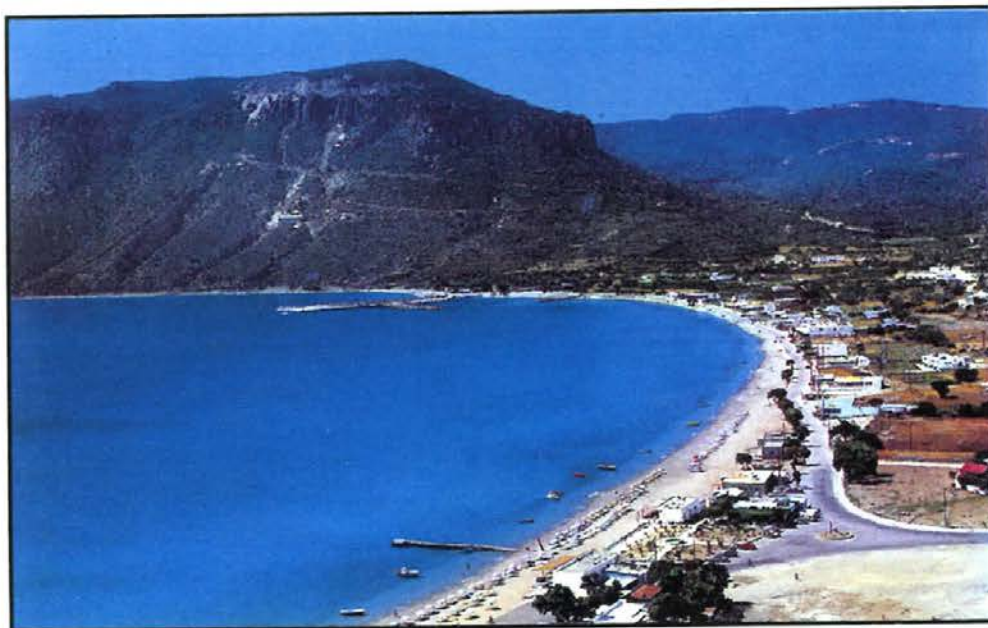
Τεκτονική-Μορφοτεκτονική νήσου Κω

ανάγλυφο σαν αποτέλεσμα διαφορετικών νεοτεκτονικών κινήσεων. Τα ρηξιτεμάχη αυτά είναι τα ακόλουθα:



Τεκτονικό σκαρίφημα της Κω, το οποίο αποτελείται από τέσσερα μεγάλα ρηξιτεμάχη (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΝΟΜΙΚΟΥ 1999).

Α. Ρηξιτέμαχος Κεφάλου: Ορίζεται προς τα ανατολικά από τη νοητή γραμμή Ακρωτηρίου Τηγάνι-Όρμος Χοχυλαρίου (Εικ.1) προς τα βόρεια και νοτιοανατολικά από τη βόρεια και νότια ακτογραμμή ενώ προς τα ανατολικά τα όρια του δεν είναι ευκρινή, θα πρέπει όμως να φθάνει μέχρι την περιοχή του υψώματος Κρατήρα-Καμάρι. Κατά μήκος της βόρειας ακτογραμμής στον όρμο Δάφνης εμφανίζεται κυρίως το αλπικό υπόβαθρο και οι ασύμφωνοι υπερκείμενοι Μολασσικοί σχηματισμοί του Κατωτέρου-Μέσου Μειοκαίνου ενώ κατά μήκος της νότιας ακτής εμφανίζονται μόνο παράκτιες αποθέσεις και Αλλουβιακοί σχηματισμοί. Στη Δυτική Κω εμφανίζεται το μεταμορφωμένο αυτόχθονο, ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού με απευθείας απόθεση επικλυσιογενώς της Κάτω Μειοκαινικής μόλασσας πάνω στην οποία παρατηρούνται τα υπερκείμενα τεκτονικά ράκη της Ενότητας της Τρίπολης (Βίγλα). Επίσης παρατηρείται ηφαιστειότητα με ρυόλιθους κατά το Άνω Μειόκαινο και ινγκριμπρίτες κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο.



Εικ.1 Αποψη του ορίου του ρηξιτεμάχους του Κέφαλου από το ρηξιτέμαχος της Αντιμάχειας.

Κατά μήκος της βόρειας ακτής παρατηρούνται κατά βάθος διαβρώσεις των ρευμάτων, ενώ αντίθετα προς την νότια ακτή παρατηρούνται οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης. Τα ανώτερω στοιχεία υποδεικνύουν μια ανοδική κίνηση στο βόρειο τμήμα του ρηξιτεμάχους και μια καθοδική κίνηση στο νότιο-νοτιοανατολικό, δηλαδή μια περιστροφική κίνηση προς τα νοτιοανατολικά με άξονα περιστροφής ΒΑ-ΝΔ.

Β.Ρηξιτέμαχος Αντιμάχειας: Ορίζεται προς τα δυτικά από τη νοητή γραμμή Ακρωτηρίου Τηγάνι-Όρμος Χοχυλαρίου ενώ προς τα ανατολικά οριοθετείται από την επαφή των Νεογενών αποθέσεων με τις Πλειοπλειστοκαινικές θαλάσσιες αποθέσεις (Εικ.2) και προς τα βόρεια και νότια από τη βόρειο και νότιο ακτογραμμή αντίστοιχα. Στη δομή του ρηξιτεμάχους συμμετέχουν οι παράκτιες αποθέσεις, τα Αλλούβια, οι ηφαιστίτες του Πλειστοκαίνου καθώς επίσης και οι ιζηματογενείς θαλάσσιες αποθέσεις του Πλειοπλειστοκαίνου σε μεγάλη έκταση. Στο τέμαχος της Αντιμάχειας το αλπικό υπόβαθρο είναι βυθισμένο σε μεγάλο βάθος χωρίς καμία επιφανειακή εμφάνιση.

Οι κλίσεις των Άνω Πλειστοκαινικών Ηφαιστειακών σχηματισμών παρουσιάζουν μια εντυπωσιακή συστηματικότητα προς τα ΒΔ με τιμές 10^0 - 20^0 , ενώ ταυτόχρονα πάνω στο συγκεκριμένο σχηματισμό αναπτύσσεται μία εντυπωσιακή ως προς τη γεωμετρία της επιφάνεια επιπέδωσης με την ίδια φορά κλίσης και την ίδια περίπου τιμή με αυτή της κλίσης των στρωμάτων (Εικ.3). Οι κυριότερες εμφανίσεις του υποκείμενου σχηματισμού δηλαδή των ιζηματογενών αποθέσεων

του Πλειοπλειστόκαινου απαντούν στο δυτικό τμήμα του ρηξιτεμάχους τόσο στη βόρεια όσο και νότια ακτογραμμή με έντονη κατά βάθος διάβρωση των ρεμάτων περισσότερο προς τα νότια. Όλα τα ανωτέρω στοιχεία υποδεικνύουν μια περιστροφή περί τις 10^0 - 20^0 προς τα ΒΔ και με άξονα ΒΑ-ΝΔ.



Εικ.2 Ρήγματα του Πλειοκαίνου-Κάτω Πλειστοκαίνου χωρίς πρόσφατη ενεργοποίηση.



Εικ.3 Κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης με κλίση προς τα βορειοδυτικά ακολουθώντας το στρώμα του ινγκριμβρίτη.

Η ρηξιγενής ζώνη που υπάρχει μεταξύ των δύο ρηξιτεμαχών είναι αυτή που ορίζεται γεωγραφικά από τον όρμο του

Χοχυλαρίου και τον όρμο του Αλμυρού και έχει γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Κατά μήκος της ζώνης αυτής απαντούν τα Βουλκανιά όπου υπάρχουν ατμίδες και άλλα ηφαιστειακά αναβλήματα. Η συνολική μετατόπιση των εκατέρωθεν τεμαχών στα άκρα τους δεν ξεπερνά τα 50-60 μέτρα.

Γενικά παρατηρείται μια ταπείνωση του ρηξιτεμάχους της Αντιμάχειας σε σχέση με το ρηξιτέμαχος του Κέφαλου-κυρίως στον όρμο του Αλμυρού. Η χρονική περίοδος δράσης της ρηξιγενούς ζώνης είναι η περίοδος του Ανωτέρου Πλειστοκαίνου-Ολοκαίνου χωρίς βέβαια να αποκλείεται και παλαιότερη. Η πρόσφατη έντονη δραστηριότητα εκφράζεται από την υφιστάμενη δράση στην περιοχή των βουλκανίων, με την παρουσία των ατμίδων και εξαλλοιώσεων πάνω στη ρηξιγενή ζώνη.

Γ.Ρηξιτέμαχος Δικαίου: Οριοθετείται προς τα νότια και ανατολικά από την νότια και ανατολική ακτογραμμή της νήσου Κω αντίστοιχα ενώ προς τα βόρεια από την ρηξιγενή ζώνη η οποία έχει διεύθυνση περίπου Α-Δ και φέρνει σε επαφή κυρίως τις αποθέσεις του Νεογενούς με τους σχηματισμούς του αλπικού υποβάθρου από την περιοχή της Ζιάς μέχρι τον Άγιο Παντελεήμονα και τέλος δυτικά συνορεύει με το ρηξιτέμαχος της Αντιμάχειας (Εικ.4). Το ρηξιτέμαχος αυτό χωρίζεται σε δύο επιμέρους μικρότερα το ανατολικό του Αγίου Φωκά και το δυτικό του Δικαίου με όριο την τεκτονική επαφή μεταξύ των ενοτήτων του αλπικού υποβάθρου η οποία έχει διεύθυνση Β-Ν.

α) **Δικαίος:** Στο ρηξιτέμαχος αυτό το αλπικό υπόβαθρο έχει ανυψωθεί σε υψόμετρο περίπου 1000 μέτρα με παρατήρηση εκ των άνω προς τα κάτω των αλπικών γεωτεκτονικών ενοτήτων που αντιστοιχούν στην ενότητα της Πίνδου, στην ενότητα της Τρίπολης και σε ένα μεταμορφωμένο υπόβαθρο εν μέρει Παλαιοζωϊκής ηλικίας (Εικ.5) το οποίο έχει διατηρηθεί από τον Μειοκαινικό μονζονίτη και εμφανίζεται με τη μορφή αναθόλωσης. Οι επιφάνειες επιπέδωσης είναι κυρίως οριζόντιες μικρής έκτασης χωρίς να καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση, ενώ το κύριο χαρακτηριστικό του ρηξιτεμάχους είναι η έντονη κατά βάθος διάβρωση των ρεμάτων και οι μεγάλες μορφολογικές ασυνέχειες.

β) **Άγιος Φωκάς:** Εμφανίζεται η ιδιόμορφη Ενότητα της Ανατολικής Κω, που αποτελεί ένα τεράστιου πάχους σχηματισμό άγριου φλύσχη Ηωκαινικής ηλικίας και καθώς σποραδικές εμφανίσεις Μειοκαινικών ηφαιστιτών. Η ρηξιγενής ζώνη η οποία διαχωρίζει τον άγριο φλύσχη από τις αποθέσεις του Νεογενούς ανυψώνει όλον τον ορεινό όγκο του ρηξιτεμάχους από την πεδινή έκταση που εξαπλώνεται στα βόρεια.

Δ. Ρηξιτέμαχος Κω: Το ρηξιτέμαχος αυτό καταλαμβάνει όλο το βορειοανατολικό τμήμα του νησιού από το ακρωτήριο του Λούρου έως και το Πυλί ενώ νότια οριοθετείται από το ρηξιτέμαχος του Δικαίου με την μεγάλη ρηξιγενή ζώνη Α-Δ του Μέσου Μειοκαίνου λόγω της οποίας έχει καθοδική κίνηση. Δομείται κυρίως από Αλλούβια, Παράκτιες αποθέσεις, ιζηματογενείς αποθέσεις του Νεογενούς Πλειοπλειστοκαινικές λιμναίες αποθέσεις οι οποίες εμφανίζονται μόνο στην περιοχή του Αγίου Παντελεήμονα. Επίσης κατά μήκος της βόρειας ακτογραμμής από το ακρωτήριο Αμμουδιά μέχρι και το Μαρμάρι καθώς και σε μικρότερη έκταση στο ακρωτήριο Λούρος αναπτύσσονται λιμναίες ελώδεις αποθέσεις που σηματοδοτούν την γενικότερη βύθιση του ρηξιτεμάχους.



Εικ.4 Ρηξιγενής ζώνη με διεύθυνση Β-Ν, η οποία οριοθετεί το ρηξιτέμαχος της Αντιμάχειας από το ρηξιτέμαχος του Δικαίου.



Εικ.5 Παλιά τεκτονική επιφάνεια που χωρίζει το μεταμορφωμένο Παλαιοζωϊκό υπόβαθρο από τα υπερκείμενα μη μεταμορφωμένα Μεσοζωϊκά ιζήματα στο δρόμο προς το Χριστό (στην ένθετη φωτογραφία οι κινηματικοί δείκτες πάνω στην ρηξιγενή επιφάνεια).

Μορφοτεκτονική

Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά αναλύθηκαν και μελετήθηκαν σε τοπογραφικό χάρτη με στόχο να επισημανθούν σε πρώτη φάση οι ανωμαλίες που παρουσιάζει το ανάγλυφο, και σε δεύτερη να εξακριβωθεί και να καταδειχθεί η σχέση ανάμεσα στις ιδιαιτερότητες του αναγλύφου και στις ενεργές τεκτονικές δομές από τη σύγκριση των οποίων μπορεί να προέλθει η συνθετική τεκτονική δομή.

Υδρογραφικό δίκτυο

Για την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου χρησιμοποιήθηκαν δύο φύλλα τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1:50.000 έκδοσης της Γ.Υ.Σ. (ΚΕΦΑΛΟΣ, ΚΩΣ) όπου λήφθηκαν υπόψη οι κυανές γραμμές των ρευμάτων. Οι κλάδοι των κύριων ποταμών δεν παρουσιάζουν μεγάλο μήκος και είναι πιο πυκνά αναπτυγμένοι στο βόρειο τμήμα του νησιού, χωρίς ωστόσο να εμφανίζουν μικρότερης τάξης κλάδους που τους κατατάσει στις κατηγορίες 1 και 2 του συστήματος ταξινόμησης HORTON/STRAHLER. Οι λεκάνες απορροής τους δεν καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση και έχουν σχέση μήκους/εύρους περίπου 2 έως 3. Ο κεντρικός υδροκρίτης στη δυτική Κω έχει διεύθυνση Β-Ν, κατόπιν στο τέμαχος της Αντιμάχειας αλλάζει σε ΔΝΔ-ΑΒΑ και καταλήγει στην περιοχή του όρους Δικαίου σε διεύθυνση Α-Δ.

Τεκτονική-Μορφοτεκτονική νήσου Κω

Συγκεκριμένα στη δυτική Κω (Σχήμα 1.α.) το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει μια ασυμμετρία με αύξηση των κλάδων στο δυτικό τμήμα σε σχέση με το ανατολικό όπου οι κλάδοι είναι αραιά διατεταγμένοι μεταξύ τους, έχουν μικρό μήκος λόγω του απότομου αναγλύφου και ρέουν προς τα ανατολικά. Οι κυριότεροι κλάδοι των ποταμών (Κάλαμος Ρ., Μεγ. Ποταμός, Κακός Ποταμός) είναι αναπτυγμένοι στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς, σε ήπιο ανάγλυφο και ρέουν προς τα δυτικά.

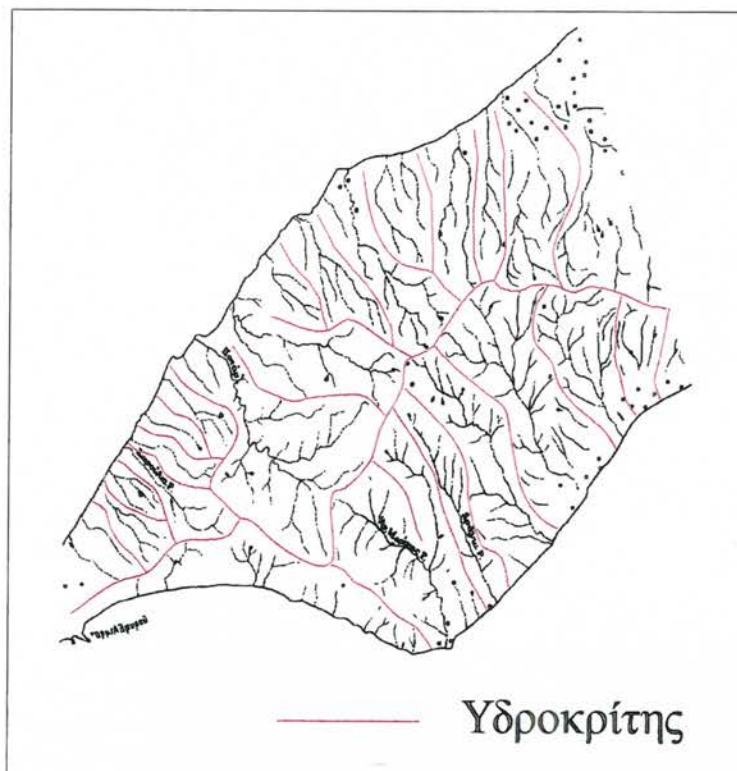


Σχήμα 1.α Το υδρογραφικό δίκτυο στη Δυτική Κω.

Στο τέμαχος της Αντιμάχειας (Σχήμα 1.β) ο υδροκρίτης διαχωρίζει τα υδρογραφικά συστήματα σε δύο τμήματα που παρουσιάζουν σχετική συμμετρία μεταξύ τους και είναι αναπτυγμένα στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και στις ιζηματογενείς αποθέσεις του Πλειστοκαίνου-Πλειοκαίνου. Οι μεγαλύτεροι ποταμοί στο βόρειο τμήμα είναι ο Καιρούλιας, το Ποτάμι, ο Βαθύς Ποταμός, οι οποίοι ρέουν προς τα ΒΑ, ενώ στο νότιο τμήμα τα ρέματα της Αγ.Μαρίνας, του Αραγκιού και της Μιάς ρέουν προς τα ΝΑ, παρουσιάζοντας όλα έντονη κατά βάθος διάβρωση και απόθεση των υλικών τους κατά μήκος της παραλιακής ζώνης.

Ο υδροκρίτης με διεύθυνση Α-Δ που διέρχεται από το όρος του Δικαίου οριοθετεί δύο περιοχές με ασύμμετρα αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο (Σχήμα 1.γ). Στην νότια πλευρά του νησιού όπου το ανάγλυφο είναι αρκετά απότομο και εμφανίζεται η ακολουθία των Παλαιοζωϊκών σχηματισμών και ο άγριος φλύσχος, οι κλάδοι των ποταμών έχουν μικρό

μήκος, είναι παράλληλα διατεταγμένοι μεταξύ τους και ρέουν προς τα νότια, αποστραγγίζοντας τις νότιες πλευρές του Δικαίου όρους. Αντίθετα στην βόρεια πλευρά του νησιού όπου επικρατούν τα αλλούβια και οι σχηματισμοί του Μειοκαίνου, το ανάγλυφο είναι ήπιο και οι κλάδοι των ποταμών (Ευριός, Βαθύλλακα, Ζιπάρι, Μεσαριά, Μύλοι, Τσουκαλαριάς, Πλατύς και Πρακλής) παρουσιάζουν μεγάλο μήκος με σχετικά μεγάλης έκτασης επιμήκεις λεκάνες απορροής.



Σχήμα 1.β Το υδρογραφικό δίκτυο στο τέμαχος της Αντιμάχειας.

Επιφάνειες Επιπέδωσης

Οι επιφάνειες επιπέδωσης που αναπτύσσονται στη Κω διακρίνονται στις εξής βασικές κατηγορίες : α) τις δημιουργικές, δηλαδή επιφάνειες που έχουν προέλθει από απόθεση υλικών, β) τις καταστροφικές, δηλαδή επιφάνειες που έχουν προέλθει από διάβρωση. και γ) τις επιφάνειες διάβρωσης κάτω από στρωματογραφικό έλεγχο, σκληρές και ανθεκτικές στη διάβρωση (π.χ. ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθοι) κυρίως αναπτυγμένες στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς στην περιοχή των Ελληνικών. Επιπλέον μπορούν να διακριθούν σε επιφάνειες που παρουσιάζουν μια μικρή μορφολογική κλίση (<5%) και σε οριζόντιες (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΝΟΜΙΚΟΥ 1998).



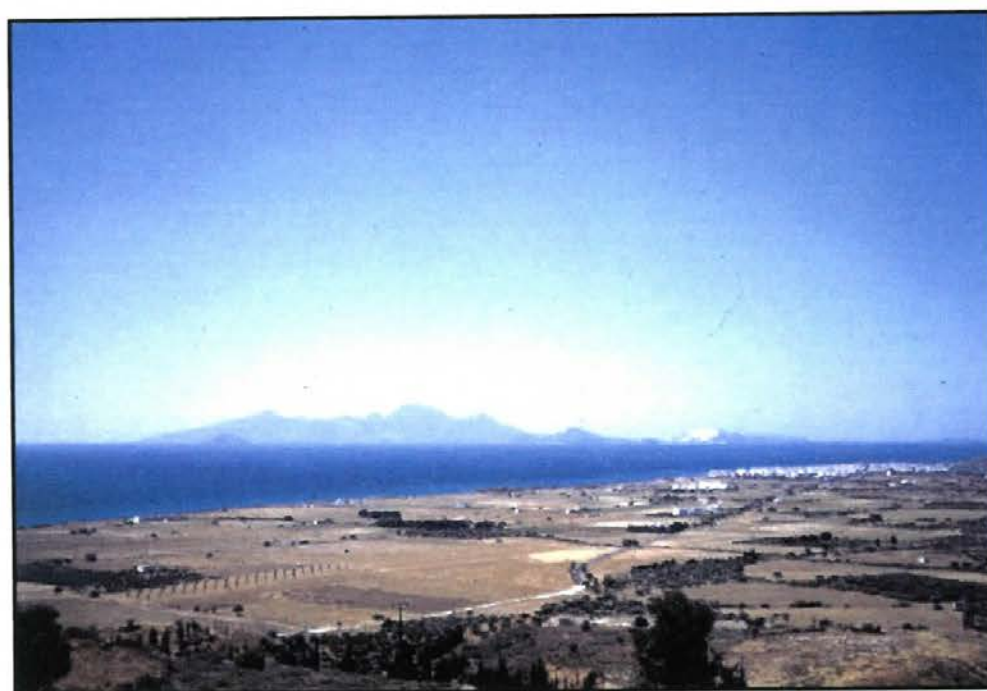
Σχήμα 1.γ Το υδρογραφικό δίκτυο στην Ανατ.Κω.

Οι οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης (Εικ.6) είναι κυρίως αναπτυγμένες κατά μήκος της βόρειας παραλιακής ζώνης του νησιού πάνω σε παράκτιες αλλά και σε λιμνιαίες αποθέσεις με μέσο υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 50 μέτρα. Επίσης υπάρχει μια οριζόντια επιφάνεια απόθεσης στην περιοχή των Καρδάμαινων (Εικ.7) και στον κόλπο του Κεφάλου πάνω σε αλλούβια, με μικρότερη έκταση σε σχέση με τις επιφάνειες απόθεσης οι οποίες καταλαμβάνουν τη βόρεια παραλιακή ζώνη της Κω.

Οι οριζόντιες καταστροφικές επιφάνειες αναπτύσσονται με μεγάλη έκταση κυρίως στο τέμαχος της Αντιμάχειας (Εικ.8) πάνω στους ηφαιστειογενή σχηματισμούς του Τεταρτογενούς έχοντας μέσο υψόμετρο 100 μέτρα (Εικ.9). Μικρότερες σε έκταση επιφάνειες απαντώνται στο όρος του Δικαίου σε μεγαλύτερο υψόμετρο 600-800 μέτρα και σποραδικά στο ανατολικό τμήμα του νησιού. Στη δυτική Κω οι καταστροφικές επιφάνειες αναπτύσσονται κατά μήκος του κεντρικού υδροκρίτη σε υψόμετρο 300 έως 400 μέτρων και κυρίως εμφανίζονται στις ανατολικές ακτές.



Εικ.6 Οριζόντια επιφάνεια απόθεσης με αλλούβια στην βόρεια παράκτια ζώνη.



Εικ.7 Οριζόντια επιφάνεια απόθεσης με αλλούβια στα Καρδάμαινα. Στο βάθος διακρίνεται η Νίσυρος, το Γυαλί και η Στρογγύλη.



Εικ.8 Οριζόντιες επιφάνειες διάβρωσης στο οροπέδιο της Αντιμάχειας.



Εικ.9 Χαρακτηριστική οριζόντια επιφάνεια επιπέδωσης πάνω στην οποία έχει κτιστεί το κάστρο της Αντιμάχειας.

Οι κεκλιμένες επιφάνειες διάβρωσης αναπτύσσονται κυρίως κατά μήκος της βόρειας παραλιακής ζώνης του νησιού με κλίση προς τα βόρεια, πάνω σε παράκτιες αποθέσεις ακολουθώντας τη γενική διεύθυνση των κύριων κλάδων των ποταμών. Στη δυτική Κω απαντώνται στις δυτικές ακτές πάνω στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και κλίνουν προς τα δυτικά. Χαρακτηριστική είναι η κεκλιμένη

επιφάνεια στην περιοχή των Ελληνικών η οποία κλίνει προς τα ΒΔ και είναι κάτω από στρωματογραφικό έλεγχο αναπτυγμένη στα ηφαιστειακούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς.

Μορφολογικές Ασυνέχειες

Οι μορφολογικές ασυνέχειες (Εικ.10) αντιπροσωπεύουν αλλαγές στις τιμές της μέσης μορφολογικής κλίσης που ξεπερνούν το 15%. Συνήθως αντιστοιχούν σε εδαφικές εξάρσεις, χαραδρώσεις και γενικά επιφάνειες με τιμές μορφολογικών κλίσεων πάνω από 45%. Στην Κω απαντούν κυρίως γύρω από το όρος του Δικαίου και στις ανατολικές ακτές μεταξύ του ακρωτηρίου του Κρίκελλου και του κόλπου του Κέφαλου.



Εικ.10 Χαρακτηριστική κοιλάδα με κατά βάθος διάβρωση λόγω γενικής ανύψωσης που αυλακώνει το οροπέδιο της Αντιμάχειας.

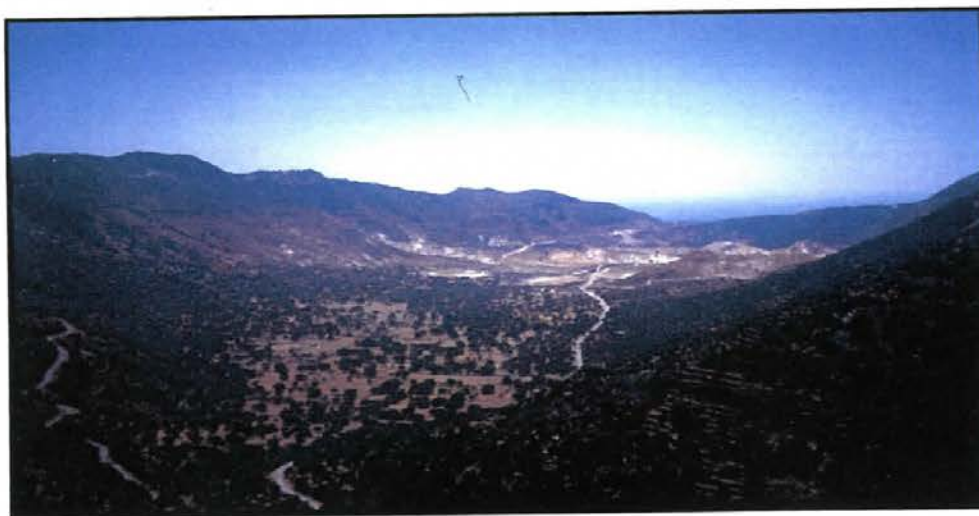
ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΝΗΣΟΥ ΝΙΣΥΡΟΥ

Στρωματογραφία

Ο γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:25.000 βασίστηκε στην γεωλογική χαρτογράφηση κλίμακας 1:50.000, από τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΕΚΚΑ (1990) αλλά κυρίως από διορθώσεις και επί τόπου παρατηρήσεις στην ύπαιθρο.

Οι σχηματισμοί που χαρτογραφήθηκαν στη νήσο Νίσυρο είναι από τους νεότερους προς τους αρχαιότερους οι ακόλουθοι:

- 1) **Αλλούβια, Παράκτιες Αποθέσεις.** Έχουν περιορισμένη ανάπτυξη και πάχος και εμφανίζονται κυρίως κατά μήκος των βόρειων ακτών της Νισύρου. Αποτελούνται από αδρομερή και λεπτομερή υλικά τα οποία προέρχονται από την αποσάθρωση των ηφαιστειακών σχηματισμών. Το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 5-10 μέτρα και καλύπτουν ασύμφωνα τους ηφαιστειακούς σχηματισμούς.
- 2) **Πλευρικά Κορήματα-Κώνοι Κορημάτων.** Παρουσιάζουν σημαντική ανάπτυξη τόσο στα εσωτερικά πρηνή της καλδέρας όσο και στα εξωτερικά. Αποτελούνται κυρίως από γωνιώδη τεμάχια ηφαιστειακών πετρωμάτων και από λεπτομερέστερα υλικά τα οποία προέρχονται κυρίως από την αποσάθρωση των πυροκλαστικών σχηματισμών. Το πάχος τους είναι μικρό και δεν υπερβαίνει τα 10-20 μέτρα ενώ οι κυριότερες εμφανίσεις απαντούν στο ΒΑ εσωτερικό πρηνές της καλδέρας.
- 3) **Αποθέσεις Καλδέρας.** Πρόκειται για λεπτομερή κυρίως υλικά τα οποία εμφανίζονται στο κεντρικό επίπεδο τμήμα της καλδέρας (Εικ.1). Έχουν προέλθει κυρίως από την αποσάθρωση των ηφαιστειακών σχηματισμών και το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 5-20 μέτρα .



Εικ.1 Αποψη του υπολείμματος της καλδέρας.

- 4) *Ρυοδακίτες Προφήτη Ηλία*. Έχουν εκχυθεί μετά το σχηματισμό της καλδέρας (Εικ. 2) και καλύπτουν το δυτικό ήμισυ της και όλο σχεδόν το ΝΔ τέταρτο του νησιού. Σχηματίζουν δόμους (Εικ. 3), θόλους, λαιμούς και ρεύματα και αποτελούν τα προϊόντα της νεώτερης ηφαιστειακής δράσης. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τη θέση τους πάνω στην λευκή κίσηρη, την κίσηρη με τα θραύσματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων, τις παλαιότερες λάβες και τα πυροκλαστικά (Εικ.4).



Εικ.2 Αποψη από τα βόρεια, τμήματος της καλδέρας εντός της οποίας φαίνονται οι ρυοδακίτες του Προφήτη Ηλία που έχουν καταλάβει ένα μεγάλο τμήμα της.

- 5) *Κίσηρη Λευκή*. Πρόκειται για αδρομερή κίσηρη με χαρακτηριστικό λευκό χρώμα. Το πάχος της φτάνει σε ορισμένες θέσεις τα 30 μέτρα. Υπόκειται των Αλλουβίων-παράκτιων αποθέσεων, των Πλευρικών κορημάτων-κώνων κορημάτων και των Ρυοδακιτών του Προφήτη Ηλία (Εικ.5). Αντίθετα υπέρκειται των Ρυολίθων των Νικιών, της Κίσηρης με τα θραύσματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων, της Τεφρής Κίσηρης και ορισμένων στρωμάτων λαβών και πυροκλαστικών στο βόρειο τμήμα του νησιού (Εικ.6). Οι πιο μεγάλες εμφανίσεις απαντούν εξωτερικά της καλδέρας στο βόρειο τμήμα του νησιού ενώ μικρότερες εμφανίσεις απαντούν στην περιοχή των Νικιών. Επίσης μια μικρή εμφάνιση απαντά στο βόρειο εσωτερικό πρηνές της καλδέρας.



Εικ.3 Χαρακτηριστικός λαιμός στους ρυοδακίτες του Προφήτη Ηλία κοντά στην τοποθεσία Σταυρός.



Εικ.4 Στρώματα της κίσσηρης με τα θραύσματα των ηφαιστειακών (Κ.Π.) της Λευκής Κίσσηρης (Κ.Λ.) τα οποία έχουν καλυφθεί από τους ρυοδακίτες του Προφ. Ηλία σε εμφάνιση στον όρμο της Αγίας Ειρήνης.

- 6) Ρυόλιθοι Νικιών. Αποτελούν ένα τεράστιο ρεύμα προς τα νοτιοανατολικά που έχει αναπτυχθεί σε όλο σχεδόν το ΝΑ τέταρτο του νησιού. Καλύπτει-όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην περιοχή της Κυρά Παναγιάς και στο

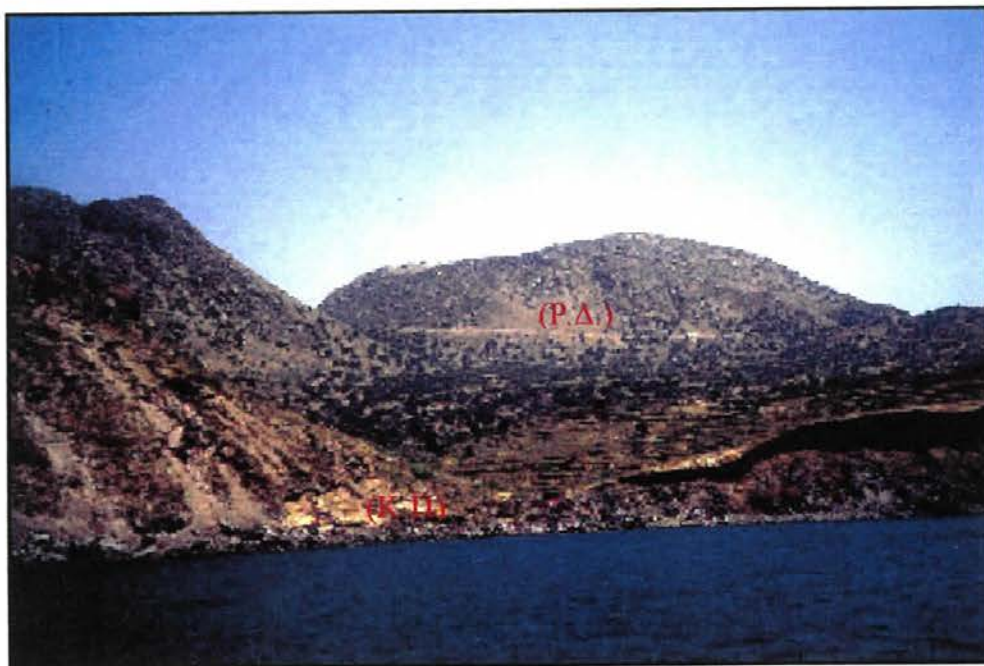
Αυλάκι-την Κίσσηρη με τα ηφαιστειακά πετρώματα (Εικ.5) και ενδιάμεσα στρώματα λαβών και πυροκλαστικών.

7) Κίσσηρη με θραύσματα ηφαιστειακών πετρωμάτων. Πρόκειται για υπόλευκη-κιτρινωπή κίσσηρη, η οποία περιέχει πολλά ποικιλόχρωμα θραύσματα ηφαιστειακών πετρωμάτων μεγέθους συνήθως 10-20 εκατοστών. Το πάχος της κατά θέσεις φθάνει τα 15-20 μέτρα και εμφανίζεται στο νότιο τμήμα του νησιού, στην περιοχή της Αγίας Ειρήνης και στο Αυλάκι. Υπόκειται των Ρυοδακτιτών του Προφήτη Ηλία (Εικ.6) και των Ρυολίθων των Νικιών ενώ υπέρκειται των κατώτερων στρωμάτων των Πυροκλαστικών και των Λαβών.

8) Η ακολουθία των πυροκλαστικών αποτελείται από τέσσερα επιμέρους στρώματα σύμφωνα με την ηλικία σχηματισμού τους, αλλά λόγω της μικρής κλίμακας του χάρτη έγινε ενοποίηση αυτών. Αναλυτικά ωστόσο στην ύπαιθρο διακρίνονται από τα νεότερα προς τα αρχαιότερα:

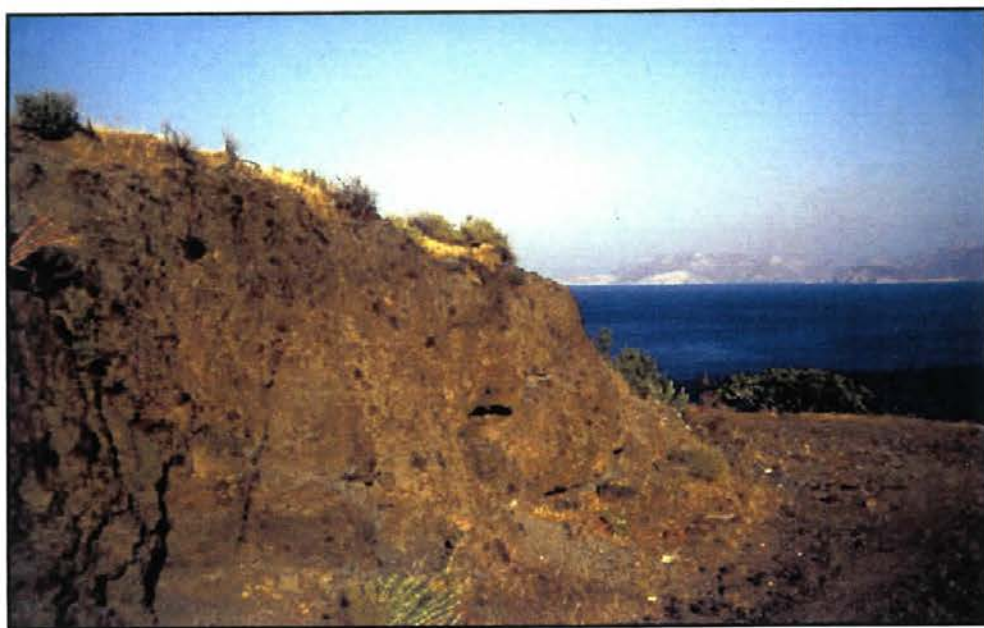


Εικ.5 Οι ρυόλιθοι των Νικιών (P.N.) που καλύπτουν στρώματα κίσσηρης με τα θραύσματα των ηφαιστειακών (K.Π.) σε εμφάνιση βόρεια της τοποθεσίας Αυλάκι στην ανατολική ακτή.



Εικ.6 Η κίσσηρη με τα θραύσματα ηφαιστεικών σχηματισμών (Κ.Π.) υπόκειται των ρυοδακτιτών του Προφ. Ηλία (Ρ.Δ.) στην περιοχή της Αγ. Ειρήνης

- **Πυροκλαστικά D:** Αποτελούνται από λεπτομερές ψαμμιτικό υλικό και από μαύρο κισσηρούχο υλικό με θραύσματα ηφαιστειακών πετρωμάτων. Έχουν περιορισμένο πάχος που δεν υπερβαίνει τα 10 μέτρα και εμφανίζονται στο νότιο χείλος της καλδέρας στην τοποθεσία Σταυρός. Υπόκεινται της κίσσηρης με τα θραύσματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων και υπέρκεινται των νεώτερων λαβών.
- **Πυροκλαστικά C:** Πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό πυροκλαστικό σχηματισμό ο οποίος αποτελείται από ψαμμιτικό-αργιλικό σκουρόχρωμο υλικό καθώς επίσης και από μαύρο κισσηρούχο υλικό μέσα στα οποία παρατηρούνται τεφρά ηφαιστειακά πετρώματα ακανόνιστου σχήματος και μεγέθους ως 30 εκατοστά. Κατά θέσεις επικρατεί το κισσηρούχο υλικό ενώ σε άλλες επικρατεί το ψαμμιτο-αργιλικό σκουρόχρωμο υλικό ή τέφρα ηφαιστειακά. Χαρακτηριστικές εμφανίσεις αυτών, απαντούν στο Αυλάκι (Εικ.7), στην περιοχή του Σταυρού στο νότιο χείλος της καλδέρας ενώ οι πλέον μεγάλες σε έκταση στο ΒΑ τμήμα του νησιού όπου παρατηρούνται και τα μεγαλύτερα πάχη που φθάνουν τα 50-60 μέτρα. Υπόκεινται των Λαβών D και των Πυροκλαστικών D στις περιοχές Σταυρού και Αυλάκι καθώς επίσης και της Τεφρής Κίσσηρης, και της Λευκής Κίσσηρης στο Ακρωτήριο Κατσούνι. Αντίθετα υπέρκειται των Λαβών B και C στις περιοχές Σταυρού και Αυλάκι καθώς επίσης και των λαβών C και των Πυροκλαστικών B στο ΒΑ τμήμα του νησιού.



Εικ.7 Τεφρά πυροκλαστικά C σε εμφάνιση στο νότιο χείλος της καλδέρας, στο δρόμο προς το Αυλάκι

- **Πυροκλαστικά B:** Αποτελούνται από λεπτομερή γεώδη υλικά μέσα στα οποία υπάρχουν γωνιώδη τεμάχια ηφαιστειακών πετρωμάτων μεγέθους έως 30 εκατοστά. Κατά θέσεις παρατηρούνται παρεμβολές μαύρης κίσηρης ενώ σε άλλες στρώματα από ανοιχτόχρωμους τόφφους-τοφφίτες και ψαμμίτες που εναλλάσσονται, πάχους έως και 8 μέτρα (Εικ.8). Εμφανίζονται στο ΒΔ τμήμα της Νισύρου, όπου σε ορισμένες μόνο θέσεις παρατηρούνται παρεμβολές μαύρης κίσηρης, στο ΒΑ τμήμα όπου υπάρχουν χαρακτηριστικοί λευκοί ορίζοντες τόφφοι-τοφφίτες, οι οποίοι έχουν μάλιστα και σαφώς εκπεφρασμένη κλίση προς τα βόρεια. Καλύπτει τις Λάβες B στις περισσότερες περιοχές εμφάνισής τους ενώ υπόκειται: (i) των Ρυοδακτιών του Προφήτη Ηλία στη δυτική Νίσυρο, (ii) της Λευκής κίσηρης της περιοχής των Πάλων, (iii) της Κίσηρης με τα θραύσματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων στην περιοχή του κάβου της Αγίας Ειρήνης, (iv) των τεφρών Πυροκλαστικών C στη ΒΑ Νίσυρο και (v) των Λαβών C τόσο στα εσωτερικά πρανή της καλδέρας όσο και σε όλη τη ΒΔ Νίσυρο.



Εικ.8 Εμφάνιση των Πυροκλαστικών Β που περιλαμβάνουν εναλλαγές από στρώματα ψαμμιτών, ανοικτόχρωμων ψαμμιτών και μαύρης κίσηρης στην τοποθεσία Αυλάκι.

- **Πυροκλαστικά Α:** Πρόκειται για χαρακτηριστικό πυροκλαστικό σχηματισμό ο οποίος καλύπτει τις Λάβες Α της παλαιότερης ηφαιστειότητας και καλύπτεται από τις Λάβες Β. Εμφανίζεται κατά μήκος των ΒΔ ακτών της Νισύρου, νότια από το Μανδράκι καθώς επίσης και στο εσωτερικό ανατολικό πρυνές της καλδέρας. Κατά μήκος των ΒΔ ακτών αποτελείται από λεπτομερή και κατά θέσεις αδρομερή ηφαιστειακής προέλευσης κιτρινωπά υλικά μέσα στα οποία παρατηρούνται όγκοι τεφρών ηφαιστειακών πετρωμάτων της τάξεως του 0.5 ως 5 κυβικών μέτρων. Από την ακανόνιστη γωνιώδη μορφή των ηφαιστειακών όγκων συμπεραίνεται ότι η ψύξη-στερεοποίησή τους θα πρέπει να έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια και λίγο μετά την εκτίναξη και αποθεσή τους. Αντίθετα, στο εσωτερικό της καλδέρας δεν υπάρχουν οι όγκοι τω ηφαιστειακών πετρωμάτων αλλά μόνο λεπτομερή αργιλικά υλικά γεώδους χρώματος, χωρίς σαφώς εκπεφρασμένη στρώση. Το μέγιστο πάχος των πυροκλαστικών φτάνει τα περίπου 50 μέτρα.

9) Στην ακολουθία των Λαβών διακρίνονται τα εξής επιμέρους στρώματα από τα νεότερα προς τα αρχαιότερα:

- **Λάβες D:** Πρόκειται για ανδεσιτικές λάβες, οι οποίες εμφανίζονται στο νότιο χείλος της καλδέρας καθώς επίσης και στον όρμο Λευκό. Το πάχος τους φτάνει τα 10 περίπου μέτρα στο χείλος της καλδέρας ενώ στον όρμο Λευκό δεν υπαβαίνει το 1 μέτρο. Υπόκεινται της Κίσηρης με τα θραύσματα των ηφαιστειακών και των Πυροκλαστικών D ενώ υπέρκεινται των Πυροκλαστικών C και των λαβών C.

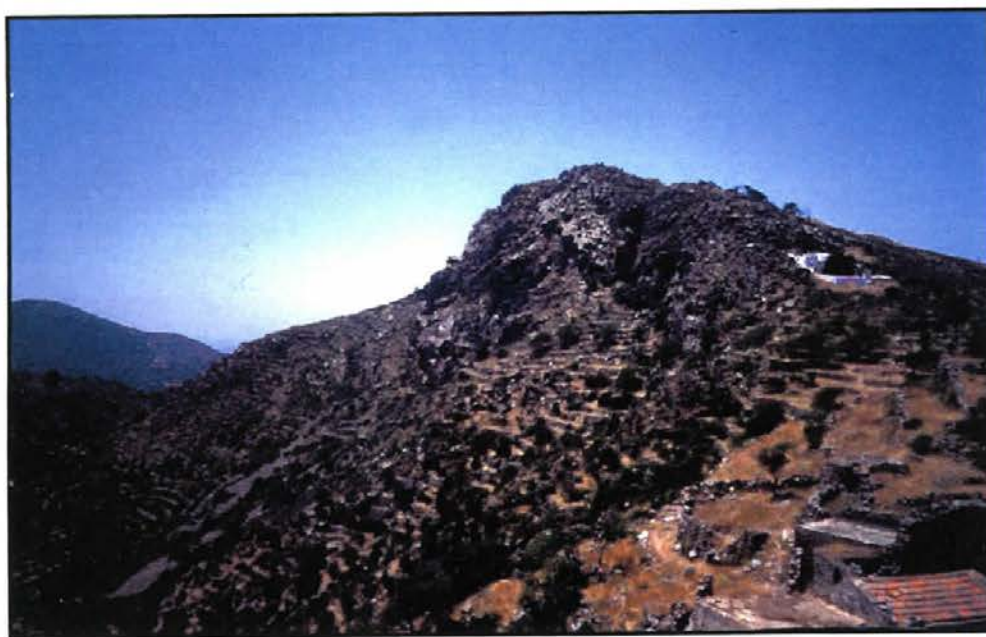
- **Λάβες C:** Πρόκειται για ανδесиτικές ως επί το πλείστον λάβες, οι οποίες εμφανίζονται στο ανώτερο τμήμα του χείλους της καλδέρας και στη συνέχεια καλύπτουν ένα μεγάλο τμήμα των εξωτερικών πρανών στο βόρειο, ΒΑ, νότιο και ΒΔ τμήμα του νησιού. Συγκροτούν χαρακτηριστικούς δόμους (πχ. περιοχή Εμπορείου) στο χείλος της καλδέρας και στη συνέχεια εντυπωσιακά ρεύματα, τα οποία ακολουθούν και καλύπτουν το υφιστάμενο παλαιοανάγλυφο (Εικ.9) (Εικ.10). Το πάχος τους κοντά στο χείλος της καλδέρας είναι σημαντικό και κατά θέσεις φθάνει τα 40-60 μέτρα ενώ στη συνέχεια προς τα εξωτερικά πρανή της καλδέρας σταδιακά μειώνεται, για να αποσφηνωθεί τις περισσότερες φορές πριν φθάσει στο επίπεδο της θάλασσας.

Στην ανώτερη και κατώτερη επιφανειά τους συνοδεύονται από σκωρίες ερυθρού ή σκούρου χρώματος, οι οποίες στην περιοχή Σταυρός και Αυλάκι καθώς επίσης και στο βόρειο χείλος της καλδέρας αποκτούν σημαντικό πάχος, που φτάνει τα 10 περίπου μέτρα. Υπόκεινται : (i) των Ρυοδακτιών του Προφήτη Ηλία στο δυτικό χείλος της καλδέρας, (ii) των Ρυολίθων των Νικιών στην περιοχή της Μονής Παναγιάς Κυράς, (iii) της Λευκής κίσηρης στο βόρειο τμήμα, (iv) της Κίσηρης με τα θραύσματα των πυροκλαστικών των Λαβών D και των Πυροκλαστικών D στο Σταυρό και (v) της τεφρής Κίσηρης με τα αποστρωγγυλωμένα ηφαιστειακά και των Πυροκλαστικών C στο βόρειο τμήμα. Αντίθετα καλύπτουν τα Πυροκλαστικά B και τις Λάβες B στο βόρειο τμήμα και στην περιοχή Σταυρού-Αυλάκι.

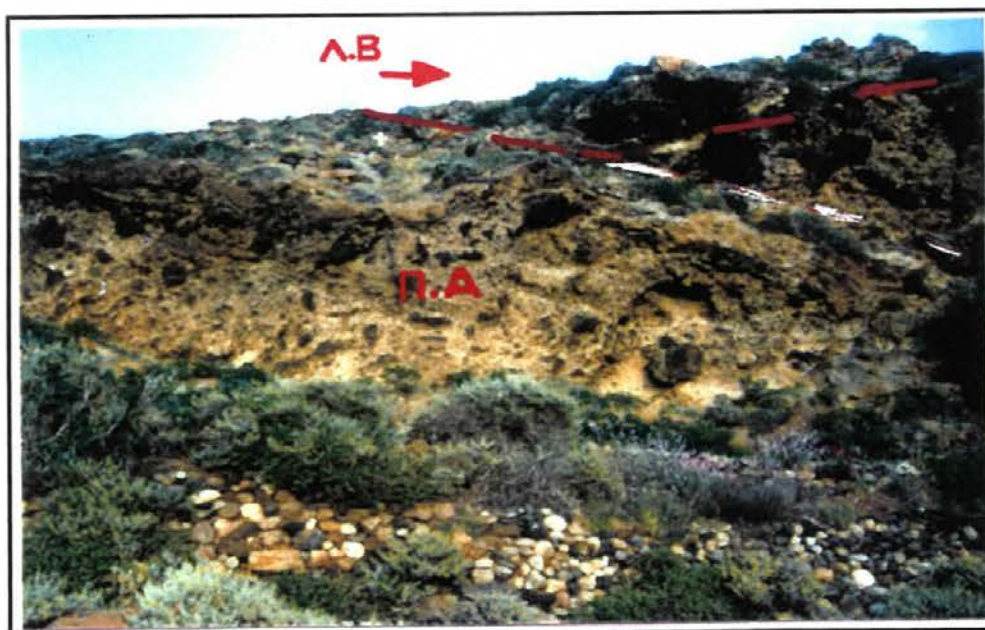
- **Λάβες B:** Πρόκειται για ρυοδακτιτικές ανδесиτικές και δακτιτικές λάβες, οι οποίες απαντούν με τη μορφή ρευμάτων και δόμων. Εμφανίζονται στην περιοχή Αυλάκι, όπου έχουν και το μέγιστο πάχος τους, στα εσωτερικά πρανή της καλδέρας και στην περιοχή Μανδράκι. Καλύπτουν τον Πυροκλαστικό σχηματισμό A (Εικ.11) και τις Λάβες A ενώ υπόκεινται: (i) των Ρυοδακτιών του Προφήτη Ηλία, (ii) των Ρυολίθων των Νικιών στο Αυλάκι, (iii) της Λευκής κίσηρης στο Μανδράκι, (iv) της Κίσηρης με τα θραύσματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων, των πυροκλαστικών C και των Λαβών C στην περιοχή Αυλάκι και (v) των Πυροκλαστικών B στο εσωτερικό της καλδέρας και στη ΒΔ Νίσυρο.



Εικ.9 Χαρακτηριστικό ρεύμα των Λαβών C στο βόρειο εξωτερικό πρανές της καλδέρας



Εικ.10 Χαρακτηριστικός δόμος των Λαβών C δυτικά του χωριού Εμπορειό, στο βόρειο χείλος της καλδέρας



Εικ.11 Εμφάνιση των Πυροκλαστικών Α (Π.Α.) κατά μήκος της ακτής νότια από το Μανδράκι. Στο πάνω τμήμα διακρίνονται οι Λάβες Β. (Λ.Β.) που υπέρκεινται.

- Λάβες Α: Πρόκειται για ανδεσιτικές λάβες, οι οποίες στη νότια πλευρά του χωριού Μανδράκι εμφανίζονται με μορφές οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν pillow (Εικ.12). Επίσης εμφανίσεις των Λαβών Α απαντούν στη δυτική ακτή και στο βόρειο κατώτερο άκρο της καλδέρας. Αποτελούν τα προϊόντα της παλαιότερης γνωστής ηφαιστειακής δράσης, η οποία είναι πιθανό να έλαβε χώρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Καλύπτονται από τον χαρακτηριστικό Πυροκλαστικό σχηματισμό Α.

10) Τεφρή κίσηρη με απεστρογγυλωμένα ηφαιστειακά. Πρόκειται για τεφρή κίσηρη υποκίτρινου χρώματος η οποία περιέχει αποστρογγυλωμένα ηφαιστειακά τεμάχια διαμέτρου ως 30 εκατοστά (Εικ.13). Εμφανίζεται κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού με πλέον χαρακτηριστική την εμφάνιση στο ακρωτήριο Κατσούνι και το πάχος της φτάνει τα 10 μέτρα. Στις πιο πολλές θέσεις υπόκειται της Λευκής Κίσηρης (από την οποία όταν δεν υπάρχουν τα απεστρογγυλωμένα ηφαιστειακά πολύ δύσκολα διακρίνεται εξαιτίας ελάχιστης διαφοράς στο χρώμα) ενώ υπέρκειται των τεφρών Πυροκλαστικών C και των λαβών C.

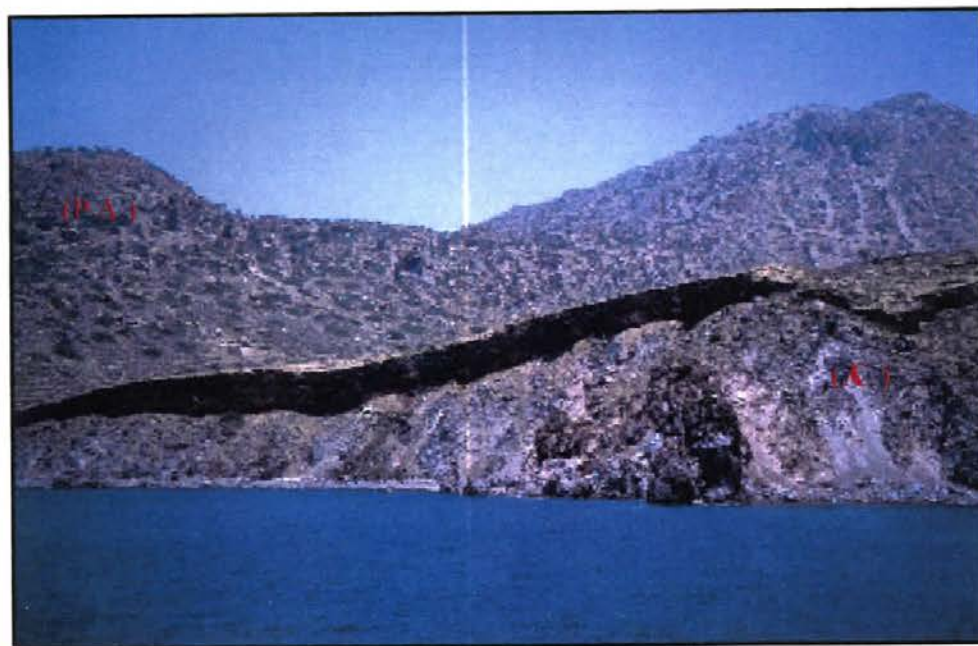


Εικ.12 Ανδεσιτικές λάβες με μορφή pillow σε εμφάνιση στη νότια πλευρά του χωριού Μανδράκι.

- 11) Υδροθερμικές εξαλλοιώσεις. Οι Υδροθερμικές εξαλλοιώσεις παρατηρούνται σε ένα μεγάλο τμήμα στο εξωτερικό της καλδέρας και κυρίως κατά μήκος των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών, καθώς επίσης και γύρω από τους κρατήρες. Η υδροθερμική εξαλλοίωση έχει προσβάλλει όχι μόνο τους ηφαιστειακούς σχηματισμούς αλλά ακόμη και τους πιο πρόσφατους, όπως τις αποθέσεις καλδέρας και τα πλευρικά κορήματα.
- 12) Σκωρίες. Οι σκωρίες αποτελούν ένα συνήθη σχηματισμό στη Νίσυρο που συχνά συνοδεύουν τις εκχύσεις των λαβών, οι οποίες άλλοτε υπέρκεινται και άλλοτε υπόκεινται. Διαπιστώθηκε ότι υφίστανται μεγάλες διαφορές ως προς το χρώμα, τη σύσταση και το πάχος ανάλογα με τη λάβα που συνοδεύουν. Επίσης υφίστανται ακόμη διαφορές και σε σκωρίες που συνοδεύουν ή συνδέονται με την ίδια λάβα από θέση σε θέση είτε ως προς το χρώμα και τη σύσταση είτε ως προς το πάχος τους το οποίο σπάνια παραμένει σταθερό. Το χρώμα των σκωριών είναι κόκκινο, βαθύ κόκκινο, βυσινί ή και μαύρο και το πάχος τους φτάνει κατά θέσεις στα 4-5 μέτρα. Το πλέον χαρακτηριστικό ρεύμα σκωρίας απαντά κατά μήκος της ακτής στο όρμο της Αγίας Ειρήνης στη νότια Νίσυρο (Εικ.14).



Εικ.13 Εμφάνιση της κίσσηρης με τα αποστρογγυλωμένα ηφαιστειακά κοντά στο ακρωτήριο Κατσούνι στη βόρεια ακτή της Νισύρου.



Εικ.14 Εντυπωσιακή εμφάνιση σκωρίας, στον όρμο Αγίας Ειρήνης στη νότια ακτή, η οποία καλύπτει τα Πυροκλαστικά C (Π.С) και τις Λάβες C ενώ καλύπτεται από τις Λάβες D (Λ.Δ.) και τους Ρυοδακίτες του Προφήτη Ηλία (Ρ.Δ.).

Όπως φαίνεται από την περιγραφή των σχηματισμών, η νήσος Νίσυρος χαρακτηρίζεται από μια πολύπλοκη στρωματογραφική διάρθρωση τόσο ως προς την κατακόρυφη όσο και προς την οριζόντια έννοια. Η πολυπλοκότητα αυτή οφείλεται πρώτιστα

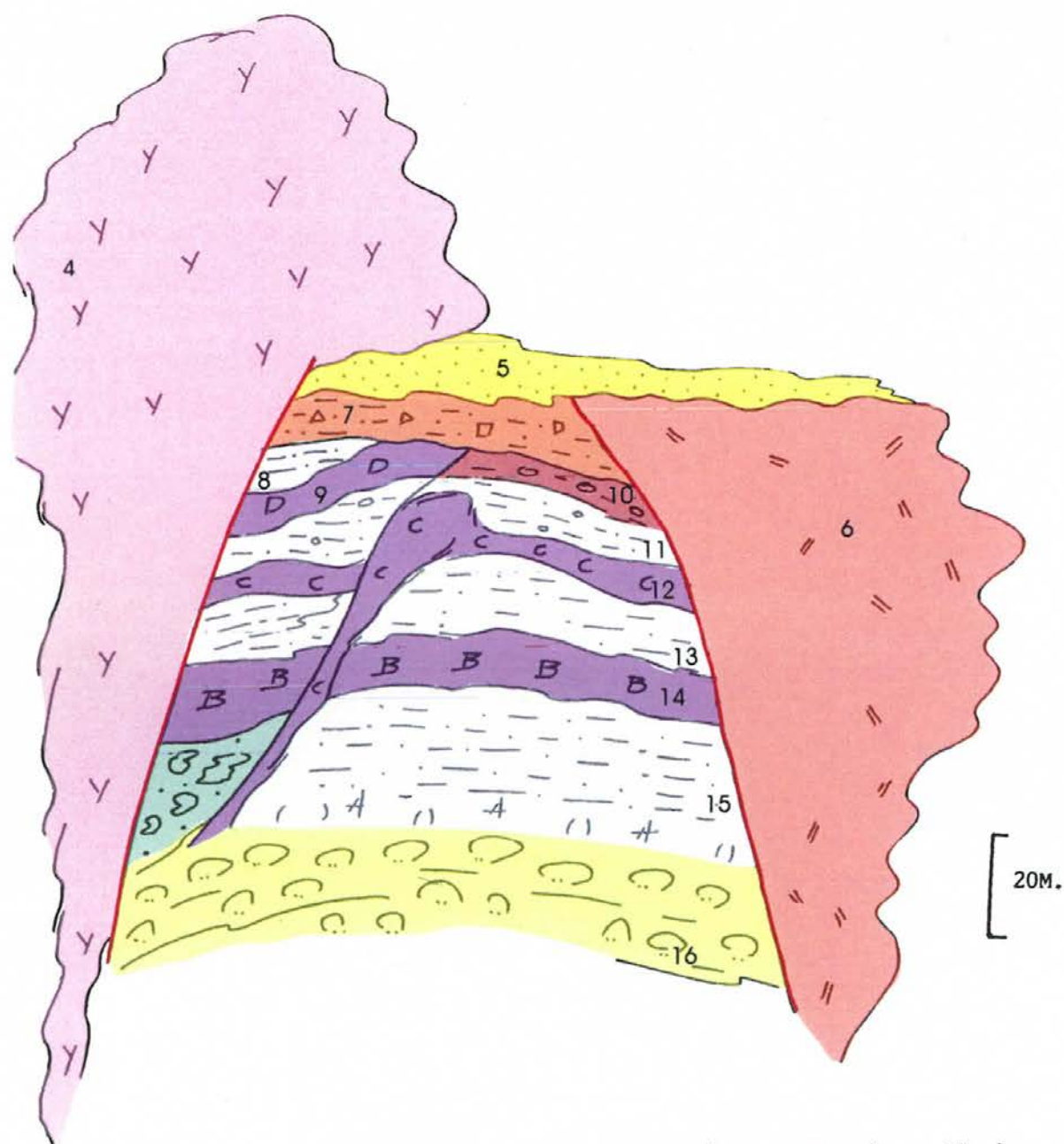
Στρωματογραφία νήσου Νισύρου

τόσο στις αλληπάλληλες εκχύσεις λαβών του ηφαιστείου και στην ποικιλία των συνοδών ηφαιστειακών σχηματισμών όσο και στις συχνές πλευρικές αποσφηνώσεις των ροών λάβας και στις ασύμφωνες αποθέσεις των συνοδών σχηματισμών (πυροκλαστικών, σκωριών, κισσήρων).

Από την απλοποιημένη λιθοστρωματογραφική στήλη (Σχήμα) δίνονται οι περιγραφές των ηφαιστειακών σχηματισμών (pillow, ροές, δόμοι, κώνοι, κτλ.) και από τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη στον οποίο φαίνεται η ανάπτυξη και σχέση των λαβών με την καλδέρα, είναι δυνατό να διακριθούν ορισμένες "ομάδες" ηφαιστειακών σχηματισμών που υποδηλώνουν και αντιστοιχούν στα διαδοχικά στάδια εξέλιξης του ηφαιστείου. Έτσι συνοπτικά διακρίθηκαν:

♦ **Προ-καλδερικοί ηφαιστειακοί σχηματισμοί**, δηλαδή οι σχηματισμοί οι οποίοι προηγήθηκαν ή συνόδευσαν την καταστροφή-εγκατακρήμνιση του ηφαιστειακού κώνου. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι οι Λάβες Α,Β,С, D, τα Πυροκλαστικά Α,Β,С, D, οι Κίσσηρες και οι Ρυόλιθοι των Νικιών. Εκτός από ένα τμήμα των Λαβών Α (εμφάνιση pillow κοντά στο Μανδράκι) που υποδηλώνει υποθαλάσσια δράση του ηφαιστείου, όλοι οι υπόλοιποι σχηματισμοί υποδηλώνουν ότι το ηφαίστειο ήταν πάνω από τη στάθμη της θάλασσας με κύρια μορφή κώνου και περιφερειακή ανάπτυξη ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών (strato-volcano).

♦ **Μέτα-καλδερικοί ηφαιστειακοί σχηματισμοί**, δηλαδή οι σχηματισμοί που δημιουργήθηκαν μετά την καταστροφή-εγκατακρήμνιση του ηφαιστειακού κώνου. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι η Λευκή κίσσηρη και ο Ρυοδακίτης του Προφήτη Ηλία, ο οποίος χαρακτηριστικά καλύπτει μεγάλο τμήμα της καλδέρας και "εκχύνεται" και έξω από αυτή καλύπτοντας το δυτικό χείλος της. Στους μετακαλδερικούς σχηματισμούς μπορούν να ενταχθούν και οι πρόσφατες αποθέσεις της καλδέρας καθώς και οι υδροθερμικές εξαλλοιώσεις-θειωνίες και φυσικά χαλαροί αλουβιακοί σχηματισμοί και πλευρικές αποθέσεις κορημάτων.



Σχηματική Στρωματογραφική στήλη των ηφαιστειακών σχηματισμών της Νισύρου

- 4: Δακίτες Πρ.Ηλία, 5: Λευκή Κίσηρη, 6: Ρυόλιθοι Νικιών, 7: Κίσηρη με θραύσματα ηφ. πετρωμάτων
 8, 11, 13, 15: Πυροκλαστική ακολουθία (D, C, B, A), 9, 12, 14, 16: Λάβες (D, C, B, A)
 10: Τεφρή Κίσηρη με αποστρογγυλωμένα ηφαιστειακά

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ-ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΝΗΣΟΥ ΝΙΣΥΡΟΥ

- Νεοτεκτονική
- Περιγραφή των κύριων ρηξιγενών ζωνών
- Ρηξιτεμάχη
- Μορφοτεκτονική

Νεοτεκτονική

Ένας μεγάλος αριθμός ρηγμάτων διακόπτει την συνέχεια των σχηματισμών στη νήσο Νίσυρο, όπου διακρίθηκαν δύο ομάδες: (α) τα κύρια ρήγματα, τα οποία συγκροτούν μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες και (β) τα δευτερεύοντα ρήγματα.

Πιο συγκεκριμένα τα κύρια ρήγματα-μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες: (i) Έχουν μεγάλα μήκη και συχνά αρχίζουν από το εσωτερικό της καλδέρας και φθάνουν ως την ακτογραμμή. (ii) Έχουν μεγάλα άλματα της τάξεως των 50 μέτρων και άνω προκαλώντας ταυτόχρονα χαρακτηρίστικές μορφολογικές ασυνέχειες κατά μήκος τους ή έντονες μορφολογικές αλλαγές εκατέρωθεν τους. (iii) Οριοθετούν εμφανίσεις ηφαιστειακών σχηματισμών σε ένα μεγάλο τμήμα του νησιού ή ακόμα μεταθέτουν σημαντικά τα όρια των σχηματισμών που τέμνουν.

Αντίθετα τα δευτερεύοντα ρήγματα: (i) Έχουν συνήθως μικρά μήκη και μερικές μόνο φορές φθάνουν από το ίχνος της καλδέρας μέχρι την ακτογραμμή. (ii) Έχουν μικρά άλματα που δεν υπερβαίνουν τα 20-30 μέτρα ενώ στις πιο πολλές περιπτώσεις τα άλματα είναι της τάξης των 5-15 μέτρων περίπου (Εικ.1). Επίσης ορισμένα μπορούν να χαρακτηριστούν απλά σαν διαρρήξεις διότι ουσιαστικά η μετακίνηση των εκατέρωθεν τεμαχών είναι ασήμαντη. (iii) Δεν οριοθετούν εμφανίσεις σχηματισμών σε ένα μεγάλο τμήμα του νησιού και ακόμα δεν μεταθέτουν αισθητά τα όρια των σχηματισμών που τέμνουν. (iv) Δεν προκαλούν ιδιαίτερες μορφολογικές ανωμαλίες στην επιφάνεια του εδάφους.

Συμπερασματικά τα κύρια ρήγματα-ρηξιγενείς ζώνες παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη γεωλογική δομή και εξέλιξη της Νισύρου σε αντίθεση με τα δευτερεύοντα ρήγματα.



Εικ.1 Ρήγμα με άλμα 10 περίπου μέτρα στους ρυόλιθους των Νικιών στο ανατολικό τμήμα της Νισύρου.

Περιγραφή των κύριων ρηξιγενών ζωνών

Ρηξιγενής Ζώνη F₁

Είναι μια από τις πιο σημαντικές ρηξιγενείς ζώνες που παρατηρούνται στη Νίσυρο τόσο από άποψη διαμόρφωσης της τεκτονικής δομής και εξέλιξης όσο και από άποψη κυκλοφορίας των γεωθερμικών ρευστών. Έχει διεύθυνση B50A, κλίση 70° - 80° προς ΝΑ και το άλμα της φθάνει κατά θέσεις τα 100 μέτρα.

Αναλυτικότερα η ρηξιγενής ζώνη F₁ είναι σαφής μέσα στην καλδέρα στην οποία και διαχωρίζει σε δύο τμήματα ίσα, με διαφορετική μορφολογική εικόνα (Εικ.2). Στο πρώτο τμήμα προς ΒΔ εμφανίζονται οι Ρυοδακίτες του Προφήτη Ηλία, που δημιουργούν ένα εντονότατο ανάγλυφο με τους αλληπάλληλους δόμους, λαιμούς και θόλους ενώ στο τμήμα προς τα ΝΑ κυριαρχούν οι αποθέσεις του επιπέδου τμήματος της καλδέρας.

Η ρηξιγενής ζώνη μέσα στην καλδέρα περιλαμβάνει 2-3 μεγάλα παράλληλα ρήγματα, τα οποία έχουν χαρακτηριστικές κατοπτρικές επιφάνειες, που δημιουργούν και μορφολογικές ασυνέχειες. Στις κατοπτρικές αυτές επιφάνειες δεν εντοπίστηκαν γραμμές ή ίχνη τεκτονικής ολίσθησης πιθανότατα εξαιτίας της εύκολης αποσάθρωσης των Ρυοδακιτών αφ' ενός και αφ' ετέρου των υδροθερμικών εξαλλοιώσεων, οι οποίες είναι εντονότερες κατά μήκος της ζώνης. Όπως συμπεραίνεται από την εκτίμηση σύνθετων μορφογενετικών στοιχείων στην περιοχή της καλδέρας το

συνολικό άλμα της ρηξιγενούς ζώνης φθάνει τα 100 μέτρα, με παράλληλη ταπείνωση των ΝΑ ρηξιτεμαχών σε σχέση με τα ΒΔ.



Εικ.2 Το βόρειο τμήμα της ζώνης F1 η οποία τέμνει τις εμφανίσεις των Ρυοδακτιών του Προφήτη Ηλία μέσα στην καλδέρα.

Αντίθετα στη Ν.ΝΔ προέκτασή της έξω από την καλδέρα η ρηξιγενής ζώνη δεν είναι τόσο σαφής, εξαιτίας της απουσίας κάποιας μορφολογικής ασυνέχειας αλλά εντούτοις η υπαρχή της είναι βέβαιη, εξαιτίας της απότομης διακοπής ορισμένων από τους σχηματισμούς που εμφανίζονται εκατέρωθεν αυτής, τους οποίους και οριοθετεί. Συγκεκριμένα: 1) στο χείλος της καλδέρας παρατηρείται απότομη διακοπή των Πυροκλαστικών C και D και των λαβών D προς τα ΒΔ καθώς και της Κίσσηρης με τα αποστρογγυλωμένα τεμάχια προς τα ΝΑ και 2) κατά μήκος της ακτής του όρμου Λευκού απότομη διακοπή των σκωριών και των Λαβών D προς τα ΝΑ και των Λαβών C προς τα ΒΔ.

Με βάση τους σχηματισμούς τους οποίους τέμνει ή οριοθετεί η ρηξιγενής ζώνη F1 τόσο μέσα στην καλδέρα όσο και έξω από αυτή, γίνεται αντιληπτό ότι έχει δράσει περισσότερες από μία φορές: (1) κατά τις περιόδους των εκχύσεων των Λαβών C και D και των συνοδών σχηματισμών δηλαδή πριν την δημιουργία της καλδέρας και (2) μετά τη δημιουργία της καλδέρας και μετά την έκχυση των Ρυοδακτιών του Προφήτη Ηλία.

Ρηξιγενής ζώνη F₂

Η ρηξιγενής ζώνη F₂ ευρίσκεται στο νότιο τμήμα της Νισύρου, έχει διεύθυνση B30A κλίση 70° - 80° προς τα Δ.ΒΔ και αναγνωρίζεται εξαιτίας της μορφολογικής ασυνέχειας που παρατηρείται κατά μήκος της (Εικ.3). Αναλυτικότερα η ρηξιγενής ζώνη F₂ οριοθετεί προς τα Α.ΝΑ τις κύριες εμφανίσεις των Λαβών C, των τεφρών πυροκλαστικών C και της κίσσηρης με τα τεμάχια ηφαιστειακών πετρωμάτων ενώ προς τα ΔΒΔ οριοθετεί τις εμφανίσεις των Λαβών Β.



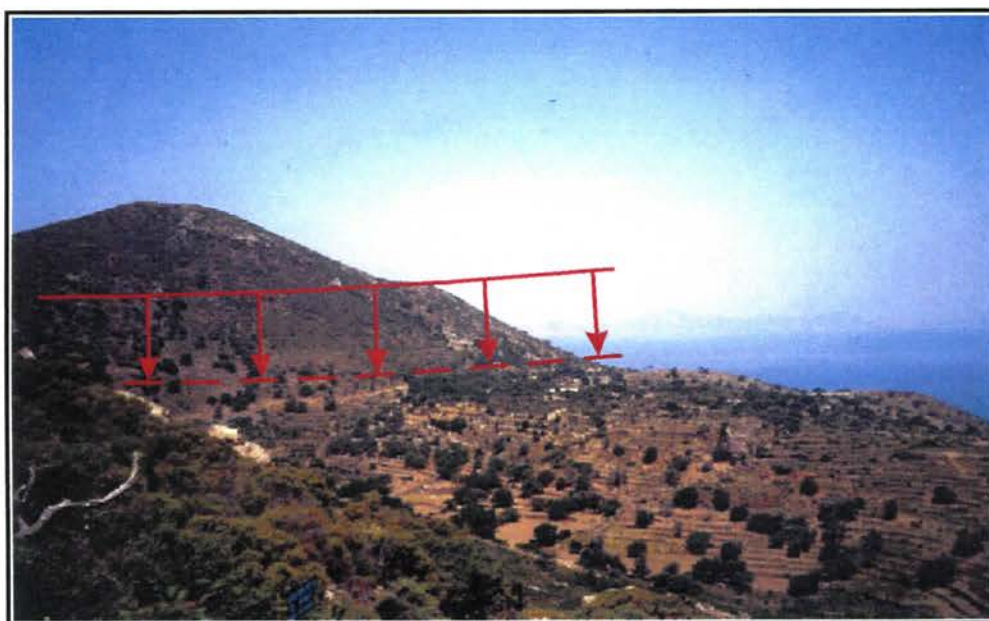
Εικ.3 Η ρηξιγενής ζώνη F₂ με διεύθυνση B30A και κλίση 70°-80° προς τα Δ.ΒΔ. Το άλμα της ρηξιγενούς ζώνης είναι της τάξεως των 120 μέτρων γεγονός που συμπεραίνεται και από την αντίστοιχη μετακίνηση της βάσης της κίσσηρης.

Περιλαμβάνει 2-3 παράλληλα ρήγματα, τα οποία έχουν σε ορισμένες θέσεις σαφείς κατοπτρικές επιφάνειες, χωρίς όμως ίχνη γραμμών τεκτονικής ολίσθησης. Το συνολικό άλμα της μετακίνησης των εκατέρωθεν τεμαχίων είναι της τάξεως των 120 περίπου μέτρων, στοιχείο που προκύπτει από την υψομετρική διαφορά της κατώτερης επιφάνειας της Κίσσηρης με τα τεμάχια των ηφαιστειακών πετρωμάτων εκατέρωθεν της ρηξιγενούς ζώνης. Το βόρειο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης F₂ μέσα στην καλδέρα καλύπτεται αρχικά από τα πλευρικά κορήματα και στη συνέχεια από τις αποθέσεις της καλδέρας. Η παρουσία της όμως μέσα στην καλδέρα είναι βεβαιωμένη και από τα στοιχεία των δύο γεωτρήσεων που έχουν γίνει για την διερεύνηση του γεωθερμικού πεδίου.

Ρηξιγενής ζώνη F₃

Η ρηξιγενής ζώνη F₃ απαντά στο ΒΔ τμήμα της Νισύρου, έχει διεύθυνση B40Δ κλίση 70°-80° προς ΒΑ και τέμνει σχηματισμούς τόσο έξω από την καλδέρα όσο και στο

εσωτερικό της (Εικ.4). Συγκεκριμένα η ρηξιγενής ζώνη F_3 στην περιοχή ανατολικά από το Μανδράκι - δηλαδή στο βορειοδυτικό τμήμα της- εντοπίζεται όχι τόσο άμεσα από την παρουσία χαρακτηριστικών κατοπτρικών επιφανείων, όσο έμμεσα, από την ύπαρξη μιας μεγάλης μορφολογικής ασυνέχειας που υπάρχει κατά μήκος της και η οποία δημιουργεί εκατέρωθεν δύο διαφορετικές μορφολογικές εικόνες. Η παρουσία της ρηξιγενούς ζώνης F_3 επιβεβαιώνεται και από την απότομη διακοπή των εμφανίσεων ορισμένων σχηματισμών κατά μήκος της και ειδικότερα των λαβών Β και C καθώς επίσης και της λευκής κίσηρης.



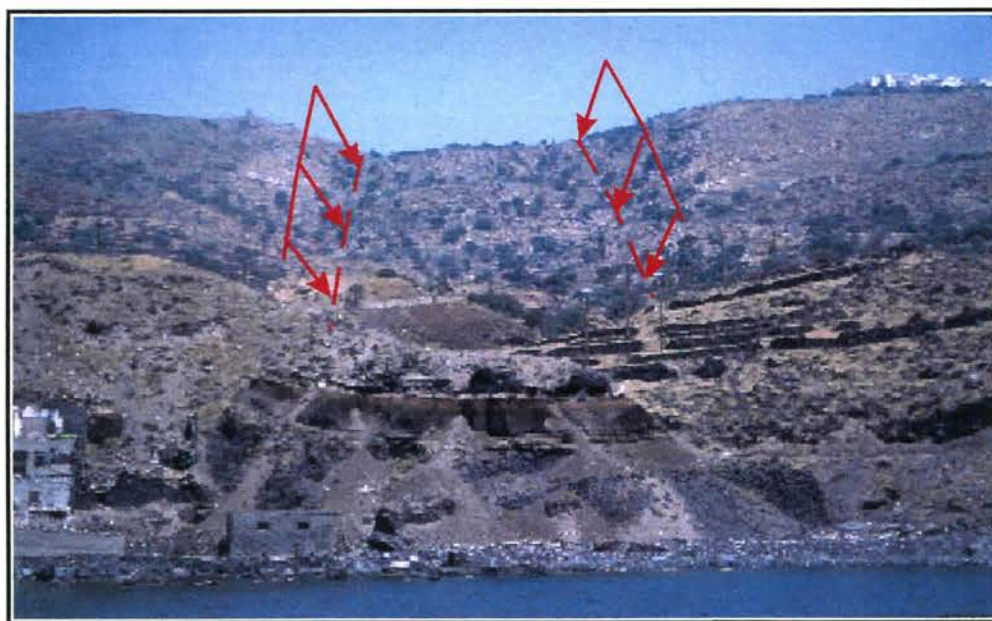
Εικ.4 Η ρηξιγενής ζώνη F_3 με διεύθυνση Β40Δ κλίση $70^\circ-80^\circ$ προς ΒΑ και τέμνει σχηματισμούς τόσο έξω από την καλδέρα όσο και στο εσωτερικό της

Τό άλμα της ρηξιγενούς ζώνης στο ΒΔ της τμήμα είναι της τάξεως των 50-70 μέτρων, στοιχείο που προκύπτει από συνεκτίμηση μορφοδυναμικών δεδομένων. Στο ΝΑ τμήμα της στο εσωτερικό της καλδέρας η ρηξιγενής ζώνη τέμνει μόνο τους Ρυοδακίτες του Προφήτη Ηλία, δημιουργώντας παράλληλα μορφολογικές ασυνέχειες ενώ στη συνέχεια προς τα ΝΑ καλύπτεται από τα πλευρικά κορήματα και τις αποθέσεις της καλδέρας. Η ρηξιγενής ζώνη F_3 φαίνεται ότι έχει δράσει και πριν την δημιουργία της καλδέρας, επειδή οριοθετεί προκαλδερικούς σχηματισμούς και μετά την δημιουργία της, επειδή τέμνει τους Ρυοδακίτες του Προφήτη Ηλία.

Ρηξιγενής ζώνη F_4

Η ρηξιγενής ζώνη F_4 περιλαμβάνει δύο ρήγματα με διεύθυνση Β20°Δ τιμή κλίσης $70^\circ-80^\circ$ αλλά με αντίθετη φορά κλίσης, δηλαδή προς τα ΔΝΔ και ΑΒΑ αντίστοιχα που σχηματίζουν μια μορφή τεκτονικής τάφρου. Τα δύο ρήγματα αρχίζουν από τον

κρατήρα Στέφανο, συνεχίζουν προς τα ΝΝΑ τέμνοντας το χείλος της καλδέρας ΝΔ των Νικιών και στη συνέχεια καταλήγουν στον οικισμό Αυλάκι (Εικ.5).



Εικ.5 Η ρηξιγενής ζώνη F4 η οποία δημιουργεί ένα τεκτονικό βύθισμα με διεύθυνση B20°Δ νότια των Νικιών.

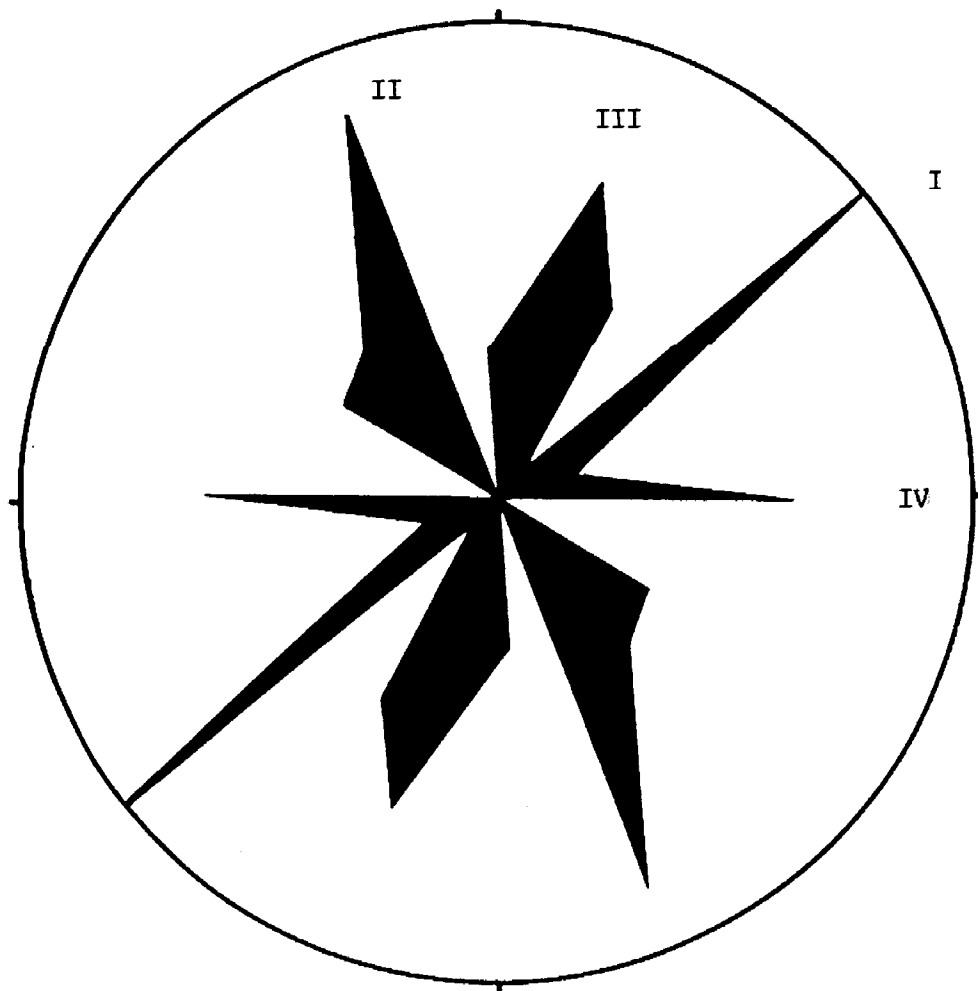
Η παρουσία των δύο ρηγμάτων και της τεκτονικής τάφρου γίνεται αντιληπτή όχι τόσο από τις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων όσο από την χαρακτηριστική μορφολογική ταπείνωση που υφίσταται κατά μήκος της τάφρου, την χαρακτηριστική μετατόπιση του ίχνους του χείλους της καλδέρας και την μετατόπιση των επαφών των σχηματισμών. Όπως συμπεραίνεται από την συνεκτίμηση τεκτονικών και μορφολογικών δεδομένων τα δύο ρήγματα προκαλούν μία ταπείνωση του ενδιαμέσου τεμάχους της τάξεως των 40-50 μέτρων, ενώ η δημιουργία τους θα πρέπει να έλαβε χώρα μετά την έκχυση των Ρυολίθων των Νικιών.

Παρατηρήσεις πάνω στο ρηξιγενή ιστό της Νισύρου

Με βάση τα στοιχεία των τεκτονικών χαρτών και τις τεκτονικές μετρήσεις και παρατηρήσεις στο ύπαιθρο μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα:

α) Υφίστανται τέσσερα συστήματα διευθύνσεων ρηγμάτων (Εικ.5). Το πρωτεύον σύστημα έχει διεύθυνση B50°Α και περιλαμβάνει τα ρήγματα της ρηξιγενούς ζώνης F₁ καθώς επίσης και ορισμένα μικρότερα ρήγματα νότια από το Μανδράκι. Το δευτερεύον σύστημα ρηγμάτων έχει διεύθυνση B30°Δ και περιλαμβάνει τα ρήγματα των ρηξιγενών ζωνών F₃ και F₄ καθώς επίσης και ορισμένα ρήγματα της περιοχής των

Νικιών. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει εκτός από την κύρια ζώνη F3, 3 έως 4 ρήγματα τόσο ανατολικότερα όσο και δυτικότερα με άλματα της τάξεως 20-30 μέτρων. Το δυτικότερο από αυτά παρατηρείται κατά μήκος της περιοχής Λαγκάδι δίπλα στη Μονή της Παναγίας της Σπηλιανής (Εικ.6) και συνδέεται με το σεισμό του Ιουλίου 1996 που προκάλεσε καταστροφές σε 20 έως 30 σπίτια κατά μήκος του. Το τριτεύον σύστημα έχει διεύθυνση B30A και περιλαμβάνει τα ρήγματα της ρηξιγενούς ζώνης F2 καθώς επίσης και αρκετά δευτερεύοντα ενώ τέλος το υπολοιπόμενο σύστημα έχει διεύθυνση A-Δ και περιλαμβάνει μόνο δευτερεύοντα ρήγματα.

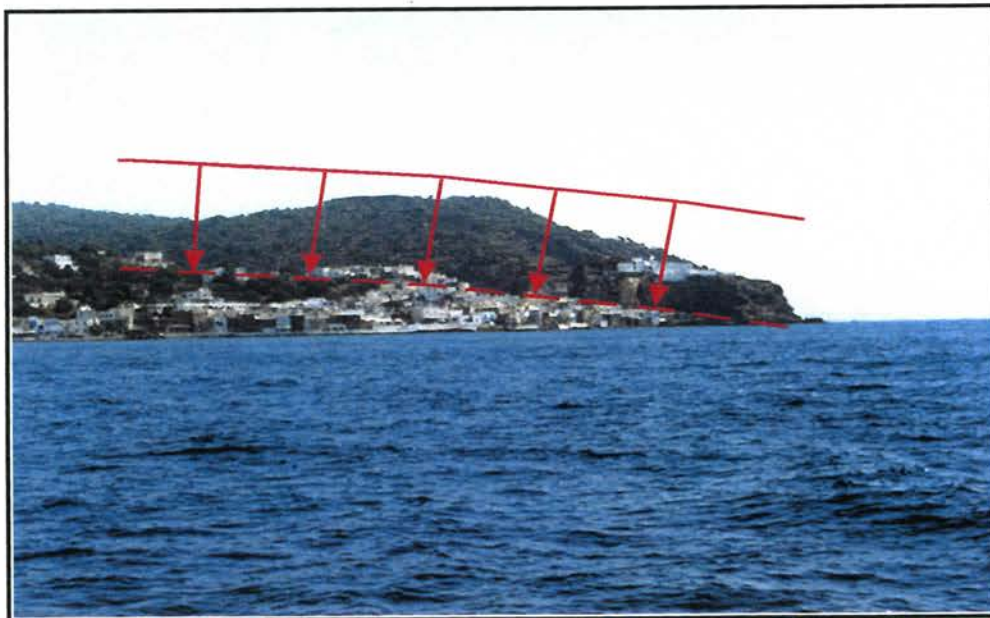


Εικ.5 Ροδόγραμμα των διευθύνσεων όλων των ρηγμάτων της Νισύρου.

β) Τα περισσότερα από τα ρήγματα είναι κανονικά, χωρίς όμως να μπορεί να γίνει κατάταξή τους λόγω της μη διατήρησης των γραμμών τεκτονικής ολίσθησης πάνω στις επιφάνειες τους- με άλματα της τάξης των λίγων μέτρων ως λίγων δεκάδων μέτρων. Πολλά από τα ρήγματα χαρακτηρίζονται σαν διαρρήξεις γιατί η μετακίνηση των εκατέρωθεν τεμάχων είναι ασήμαντη.

Τεκτονική-Μορφοτεκτονική νήσου Νισύρου

γ) Ορισμένα ρήγματα με οριζόντια συνιστώσα μετακίνησης παρατηρούνται προς τη ΒΔ πλευρά της Νισύρου, περιοχή στην οποία εμφανίζονται και οι αρχαιότερες λάβες της υποθαλάσσιας ηφαιστειότητας. Παράλληλα τα ρήγματα αυτά τέμνουν εκτός από τους αρχαιότερους και πολύ νεότερους σχηματισμούς όπως είναι η λευκή κίσηρη.

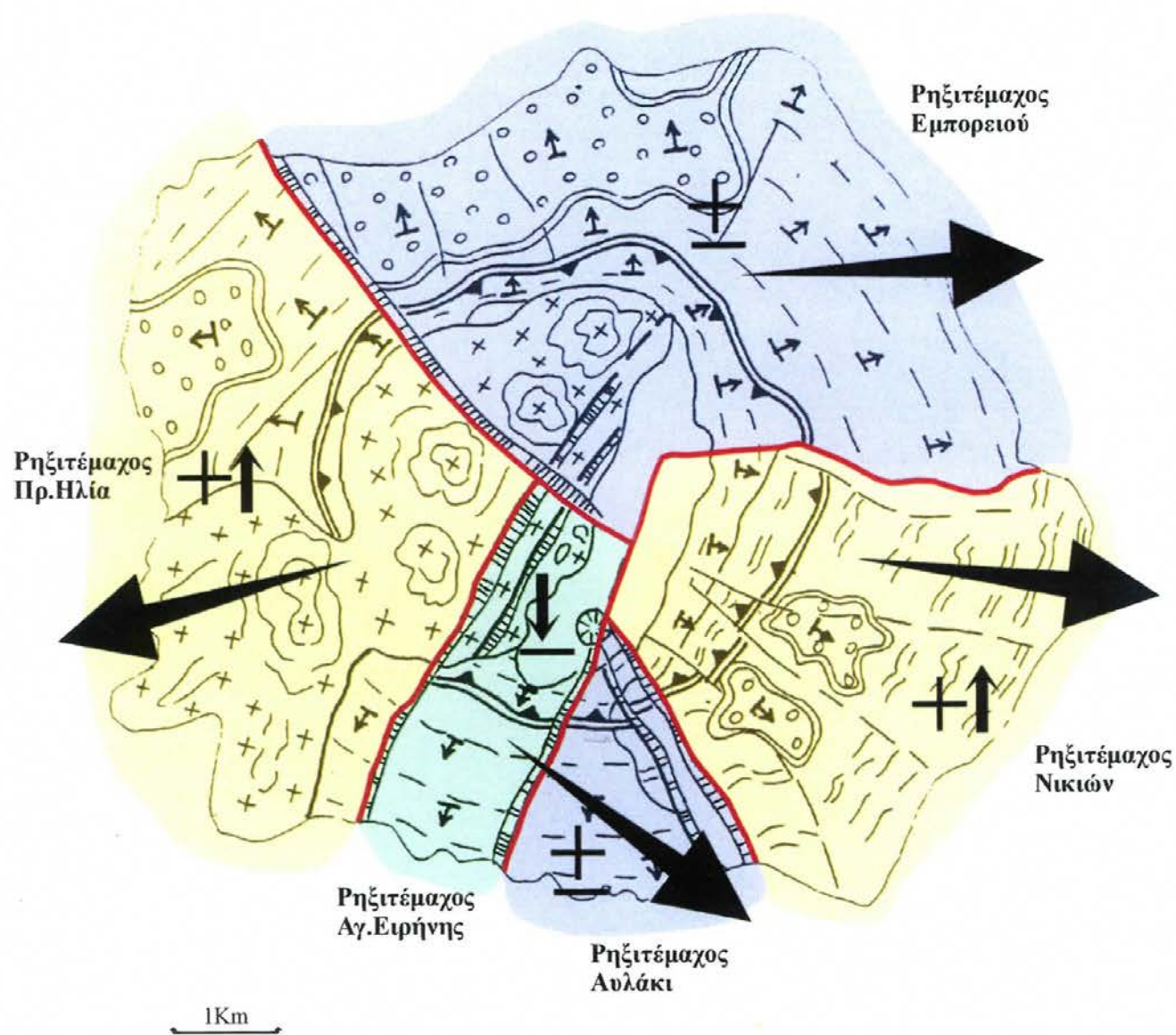


Εικ.6 Σεισμικό ρήγμα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, η συνέχεια του οποίου έχει εντοπισθεί στον υποθαλάσσιο χώρο Νισύρου-Γυαλί, το οποίο ενεργοποιήθηκε κατά το σεισμό του Ιουλίου 1996 και προκάλεσε ζημιές στο Μανδράκι.

δ) Στις περιοχές Αυλάκι (Ν.ΝΑ Νίσυρος) και Λουτρά (βόρεια Νίσυρος) παρατηρήθηκαν πολλά και μικρά ρήγματα με διεύθυνση Β-Ν περίπου και με άλμα που δεν ξεπερνούσε τις μερικές δεκάδες εκατοστά το κάθε ένα. Τα ρήγματα αυτά διέκοπταν την συνέχεια των στρωμάτων του Πυροκλαστικού σχηματισμού Β, ενώ δεν προεκτείνοντο ούτε στους υποκείμενους σχηματισμούς ούτε στους υπερκείμενους. Πρόκειται δηλαδή για μία φάση χαλαρού ρηγματογόνου συνηφαιστειογενούς τεκτονισμού, εφελκυστικού χαρακτήρα, που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της απόθεσης του συγκεκριμένου σχηματισμού, γεγονός που επιβεβαιώνεται από το ότι σε όλη την Νίσυρο δεν απαντούν ίδιας διεύθυνσης ρήγματα που να τέμνουν άλλους σχηματισμούς.

Ρηξιτεμάχη

Σύμφωνα με την ανάλυση των κύριων ρηξιγενών ζωνών και των μορφοτεκτονικών στοιχείων, η Νίσυρος χωρίστηκε σε πέντε επιμέρους ρηξιτεμάχη (Σχήμα), τα οποία συμφωνούν και με την ανάλυση της σύγχρονης κινηματικής όπως προκύπτει από



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

\uparrow \downarrow \pm \rightarrow
 +↑ Ανοδική κίνηση ↓ Καθοδική κίνηση ± Ενδιάμεση κίνηση
 → Ετήσια κίνηση (από G.P.S.)

Σχήμα Τεκτονικά ρηξιτεμάχη της Νισύρου (ΝΟΜΙΚΟΥ, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΑΓΙΟΣ 1999)

τα γεωδαιτικά στοιχεία του G.P.S. (Global Position System) (NOMIKOY 1999).

α) **Ρηξιτέμαχος Προφ.Ηλία:** Το ρηξιτέμαχος αυτό καταλαμβάνει όλο το δυτικό τμήμα της Νισύρου και οριοθετείται από τις ρηξιγενείς ζώνες F1 και F3. Δομείται κυρίως από τους ρυοδακίτες του Προφ. Ηλία ενώ στο βόρειο τμήμα του, κοντά στο Μανδράκι, κυριαρχούν εναλλαγές πυροκλαστικών σχηματισμών και λαβών. Χαρακτηρίζεται από λίγες οριζόντιες καταστροφικές επιφάνειες επιπέδωσης, λόγω του απότομου αναγλύφου που διαμορφώνουν οι ρυοδακίτες και μόνο στο βορειοδυτικό τμήμα του υπάρχουν κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης, αναπτυγμένες πάνω σε λευκή κίσηρη ή σε πυροκλαστικά με γενική κλίση προς τα βορειοδυτικά ακολουθώντας την κλίση των στρωμάτων. Η παρουσία ηφαιστειακών δόμων και μεγάλων μορφολογικών ασυνεχειών, υποδεικνύουν μια έντονη ανοδική κίνηση του ρηξιτεμάχους. Σύμφωνα με την ανάλυση των στοιχείων των G.P.S., στο ρηξιτέμαχος παρατηρείται μια οριζόντια συνιστώσα η οποία έχει διεύθυνση προς τα ΔΝΔ με τιμή 20-40 mm/έτος.

β) **Ρηξιτέμαχος Αγ.Ειρήνης:** Το ρηξιτέμαχος αυτό περικλείεται από δύο μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες F1 και F2 και καταλαμβάνει την περιοχή από την Αγία Ειρήνη μέχρι και τους ηφαιστειακούς δόμους στην περιοχή Λακκί. Εμφανίζονται κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης με κλίση προς τα ΝΔ αναπτυγμένες κυρίως σε πυροκλαστικούς σχηματισμούς ή και σε κίσηρη ενώ στην περιοχή Λακκί επικρατεί η οριζόντια επιφάνεια απόθεσης μεταξύ των κρατήρων. Το ρηξιτέμαχος αυτό παρουσιάζει το μικρότερο υψόμετρο περιμετρικά της καλδέρας και αποτελεί μια τεκτονική τάφρο με καθοδική κίνηση σε σχέση με το ρηξιτέμαχος του Προφ. Ηλία. Η οριζόντια συνιστώσα αυτού του ρηξιτεμάχους, σύμφωνα με τις μετρήσεις των G.P.S., υποδεικνύει μια κίνηση του τεμάχους προς τα νοτιοανατολικά.

γ) **Ρηξιτέμαχος Αυλάκι:** Το ρηξιτέμαχος αυτό οριοθετείται από τις ρηξιγενείς ζώνες F2 και F4 στο νότιο τμήμα της Νισύρου στην περιοχή Αυλάκι και χαρακτηρίζεται από μια ενδιάμεση κατακόρυφη κίνηση.

δ) **Ρηξιτέμαχος Νικιών:** Καταλαμβάνει κυρίως την εμφάνιση των ρυολίθων των Νικιών στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού και οριοθετείται νότια από την ρηξιγενή ζώνη F4 και δυτικά από την προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης F2 στην περιοχή Λακκί, ενώ βόρεια το όριο του ρηξιτεμάχους ταυτίζεται με την τεκτονική επαφή των ρυολίθων των Νικιών με τα πυροκλαστικά. Στο ρηξιτέμαχος παρατηρούνται κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης με κλίση προς τα

νοτιοανατολικά ακολουθώντας την κλίση των ρυολίθων. Χαρακτηρίζεται από μικρή σχετικά ανοδική κίνηση σε σχέση με το ρηξιτέμαχος του Προφ. Ηλία ενώ διακόπτεται και από αρκετά μικρότερα δευτερογενή ρήγματα. Το ρηξιτέμαχος κινείται προς τα ανατολικά, σύμφωνα με την οριζόντια συνιστώσα των γεωδαιτικών μετρήσεων από τα G.P.S.

ε) **Ρηξιτέμαχος Εμπορείου:** Καταλαμβάνει όλο το βόρειο τμήμα του νησιού από την ρηξιγενή ζώνη F3 μέχρι τους ρυολίθους των Νικιών. Δομείται κυρίως από πυροκλαστικά, λάβες και κίσσηρη ενώ απουσιάζουν σχεδόν οι κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης και υπάρχουν μόνο οι οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης κατά μήκος των βόρειων και δυτικών ακτών. Χαρακτηρίζεται από μια ενδιάμεση ανοδική ή καθοδική κίνηση ενώ η οριζόντια συνιστώσα των G.P.S. μαρτυρά μια κίνηση του ρηξιτεμάχους προς τα ανατολικά, περίπου με την ίδια οριζόντια κίνηση του προηγούμενου ρηξιτεμάχους.

Οι γεωδαιτικές μετρήσεις με G.P.S. των ετών 1997-1998 έδειξαν ότι υπάρχει μια γενική ανύψωση της Νισύρου με μέγιστο 20-40 mm/έτος και ότι τα επιμέρους ρηξιτεμάχη κινούνται με ταχύτητα περίπου 20-40 mm/έτος, προς τρεις διαφορετικές διευθύνσεις, "ανοίγοντας" το νησί. Ανακεφαλαιώνοντας το ρηξιτέμαχος του Προφ.Ηλία κινείται προς τα Δυτικά Νότιοδυτικά, το ρηξιτέμαχος της Αγίας Ειρήνης κινείται προς τα Νότιο-ανατολικά ενώ το υπόλοιπο τμήμα της Νισύρου κινείται προς τα ανατολικά.

Μορφοτεκτονική

Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά αναλύθηκαν και μελετήθηκαν σε τοπογραφικό χάρτη με στόχο να επισημανθούν σε πρώτη φάση οι ανωμαλίες που παρουσιάζει το ανάγλυφο, και σε δεύτερη να εξακριβωθεί και να καταδειχθεί η σχέση ανάμεσα στις ιδιαιτερότητες του αναγλύφου και στις ενεργές τεκτονικές δομές από τη σύγκριση των οποίων μπορεί να προέλθει η συνθετική τεκτονική δομή

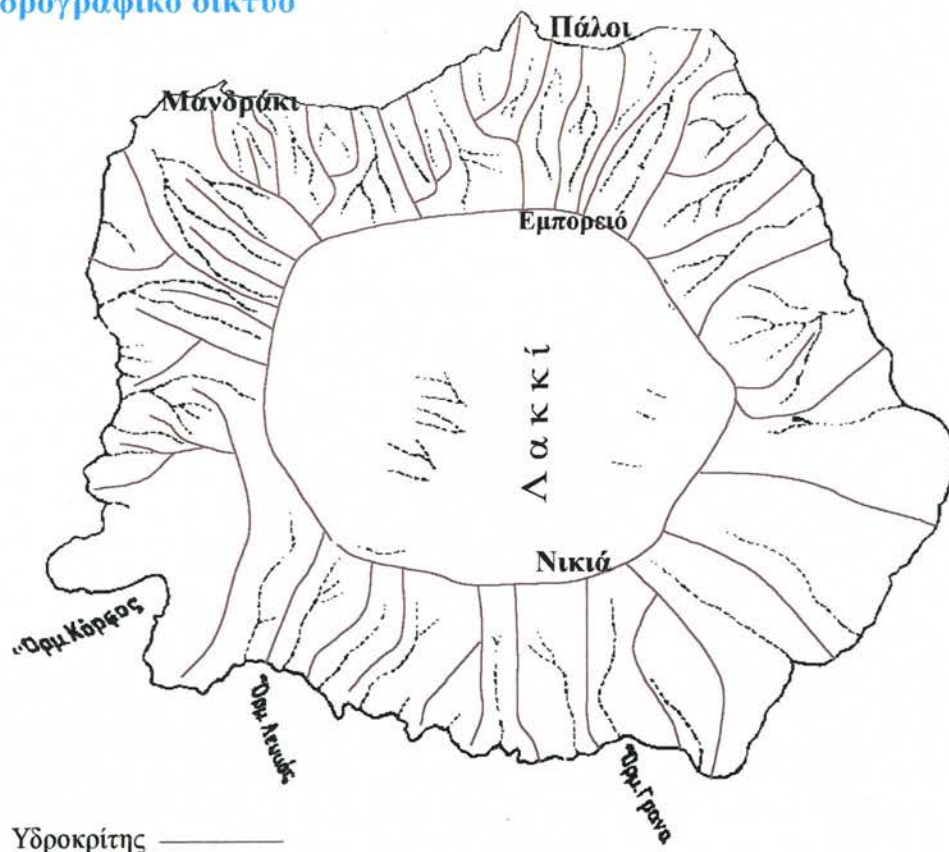
Υδρογραφικό δίκτυο

Για την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε ένα φύλλο τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 έκδοσης της Γ.Υ.Σ. (ΝΙΣΥΡΟΣ) όπου λήφθηκαν υπόψη οι κυανές γραμμές των ρευμάτων. Το υδρογραφικό δίκτυο της Νισύρου είναι χαρακτηριστική περίπτωση ακτινωτού δικτύου, το οποίο αποκλίνει από την κεντρική υπερυψωμένη περιοχή προς την περιφέρεια (Σχήμα). Οι κλάδοι των κύριων ποταμών δεν παρουσιάζουν μεγάλο μήκος και είναι πιο πυκνά αναπτυγμένοι στο βόρειο τμήμα του νησιού, χωρίς ωστόσο να

Τεκτονική-Μορφοτεκτονική νήσου Νισύρου

εμφανίζουν μικρότερους κλάδους, που τους κατατάσει στις κατηγορίες 1 και 2 του συστήματος ταξινόμησης HORTON/STRAHLER. Οι λεκάνες απορροής τους δεν καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση και έχουν σχέση μήκους/εύρους περίπου 2 έως 3.

Υδρογραφικό δίκτυο



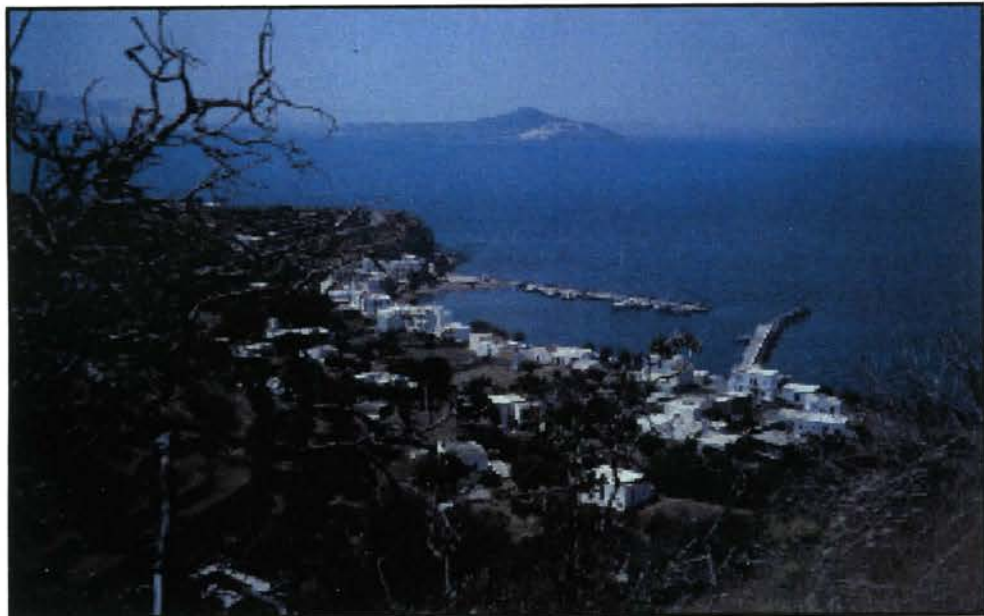
Σχήμα Υδρογραφικό δίκτυο

Στην περιοχή του Αγ. Βασιλείου, σε υψόμετρο περίπου 300 μέτρων αναπτύσσεται ένα υδρογραφικό δίκτυο, όπου ο κύριος κλάδος του έχει διεύθυνση ΑΒΑ-ΝΝΔ ενώ οι επιμέρους μικρότεροι κλάδοι του ρέουν από τα ΝΑ προς τα ΒΔ κατά μήκος των ΒΔ πρανών του ηφαιστειακού δόμου των δακτιών του Προφ. Ηλία. Ο κύριος κλάδος ουσιαστικά έχει αναπτυχθεί παράλληλα προς το όριο της ηφαιστειακής καλδέρας. Ένα ανάλογο δίκτυο έχει αναπτυχθεί και από την ανατολική πλευρά του όρους Προφ. Ηλία με ροή προς την πεδινή έκταση της περιοχής Λακκί, όπου και η σημερινή εμφάνιση των κρατήρων καθώς και οι σύγχρονες αποθέσεις της καλδέρας και όπου αναπτύσσεται ο κύριος κλάδος σε διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ.

Επιφάνειες Επιπέδωσης

Οι επιφάνειες επιπέδωσης που αναπτύσσονται στη Νίσυρο διακρίνονται στις εξής βασικές κατηγορίες : α) τις δημιουργικές, δηλαδή επιφάνειες που έχουν προέλθει από απόθεση υλικών, β) τις καταστροφικές, δηλαδή επιφάνειες που έχουν προέλθει από διάβρωση. Επιπλέον μπορούν να διακριθούν σε επιφάνειες που παρουσιάζουν μια μικρή μορφολογική κλίση (<5%) και σε οριζόντιες.

Οι οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης είναι ελάχιστες λόγω του απότομου αναγλύφου του και των απόκρημνων ακτών του. Στην περιοχή των Πάλων (Εικ.8) και στο ΒΑ τμήμα του νησιού εμφανίζονται επιφάνειες απόθεσης σε περιορισμένη έκταση, αλλά στην περιοχή Λακκί, δίπλα στους κρατήρες επικρατεί μια σχετικά μεγάλη σε έκταση οριζόντια επιφάνεια απόθεσης.



Εικ.8 Οριζόντια επιφάνεια παράκτιων αποθέσεων στη βόρεια ακτή της Νισύρου στους Πάλους

Οι οριζόντιες καταστροφικές επιφάνειες κυριαρχούν γύρω από την καλδέρα, σε υψόμετρο που ποικίλλει από 400 έως 600 μέτρα, οριοθετώντας έτσι τον κεντρικό κυκλικό υδροκρίτη του νησιού. Ακόμη υπάρχουν τρεις χαρακτηριστικές επιφάνειες διάβρωσης στην περιοχή Τραπεζίνα, με μέσο υψόμετρο 500μ., στον Προφ.Ηλία, με μέσο υψόμετρο 650μ. και στο Μποριάτικο Βουνό, με μέσο υψόμετρο 400μ. αναπτυγμένες πάνω στους δόμους των δακτιών του Προφ.Ηλία. Οι υπόλοιπες επιφάνειες είναι διασκορπισμένες (π.χ. Αγ.Ζαχαρίας, Δρακοσπηλιά, Αγ.Γεώργιος, Κανάφια) στο νησί και έχουν μικρότερο υψόμετρο.

Οι κεκλιμένες επιφάνειες διάβρωσης εμφανίζονται κυρίως στο ΝΑ τμήμα του νησιού, μεταξύ των ακρωτηρίων Αυλάκι και Σκαφιδωτή, κλίνουν προς τα ΝΑ και έχουν υψόμετρο μέχρι 400μ. και αναπτύσσονται πάνω στους Ρυολίθους των Νικιών. Ακόμη υπάρχουν κεκλιμένες επιφάνειες κοντά στο ακρωτήριο Λευκάς και στην περιοχή γύρω από το Μανδράκι (Εικ.9) έχοντας μικρότερο υψόμετρο (μέχρι 100μ.) και αναπτύσσονται πάνω στην ηφαιστειογενή ακολουθία ακολουθώντας την γεωμετρία της κλίσης των στρωμάτων (Εικ.10) (Εικ.11).



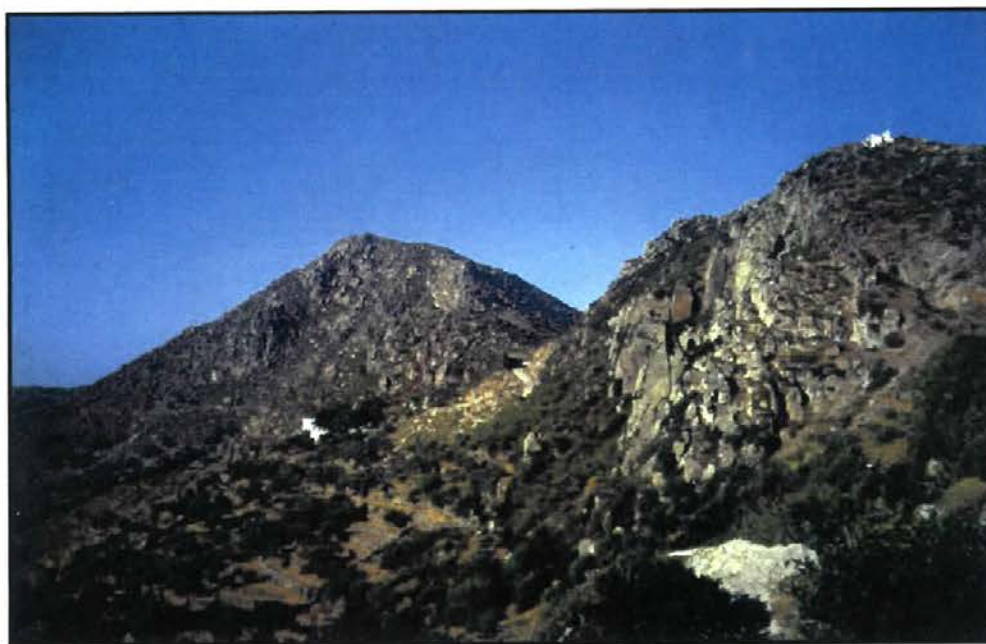
Εικ.10 Διαδοχικές κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης στο βόρειο τμήμα του νησιού, πριν από τους Πάλους αναπτυγμένες πάνω σε λευκή κίσηρη σε υψόμετρο περίπου 100 μέτρα.

Μορφολογικές Ασυνέχειες

Οι μορφολογικές ασυνέχειες αντιπροσωπεύουν αλλαγές στις τιμές της μέσης μορφολογικής κλίσης που ξεπερνούν το 15%. Συνήθως αντιστοιχούν σε εδαφικές εξάρσεις, χαραδρώσεις και γενικά επιφάνειες με τιμές μορφολογικών κλίσεων πάνω από 45%. Στην Νίσυρο απαντούν κυρίως γύρω από το εσωτερικό ρείθρο της καλδέρας (Εικ.12) και στο κεντρικό τμήμα του νησιού στο Προφ.Ηλία, γύρω από τους ηφαιστειακούς δόμους, όπου η διαφορά υψομέτρου είναι μεγάλη από περιοχή σε περιοχή.



Εικ.11 Κεκλιμένες επιφάνειες με κλίση προς τα νότια στην περιοχή της Αγίας Ειρήνης



Εικ.12 Μορφολογική ασυνέχεια $>45\%$ στο εσωτερικό ρεϊθρο της καλδέρας, κάτω από τα Νικιά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ ΝΗΣΟΥ ΝΙΣΥΡΟΥ

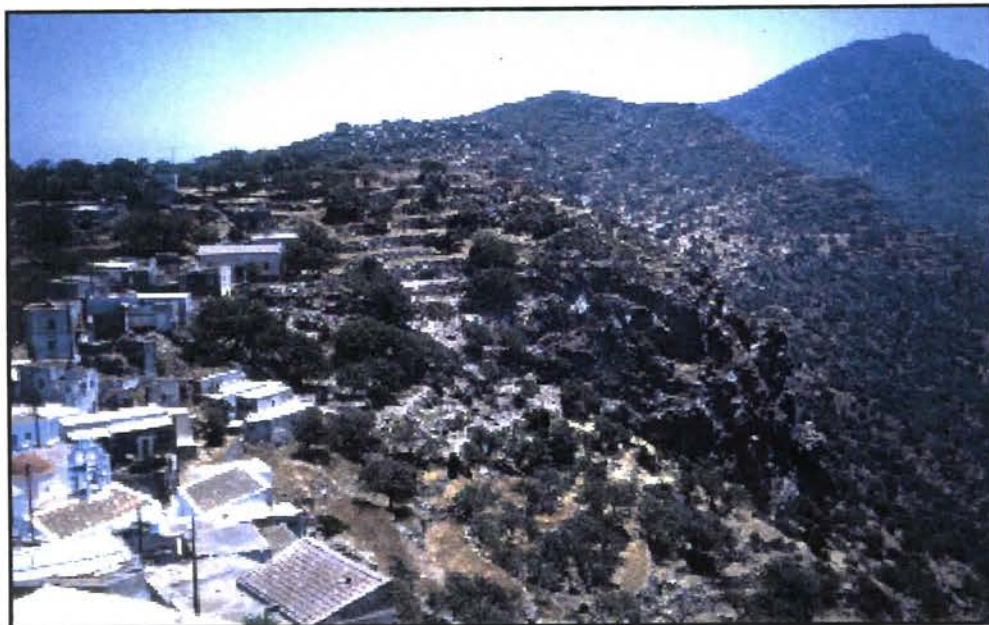
- Εξέλιξη (Τεταρτογενές)
- Ηφαιστειακή δραστηριότητα Νισύρου-Γυαλιού

Ηφαιστειακή δράση Νισύρου**Εξέλιξη (Τεταρτογενές)**

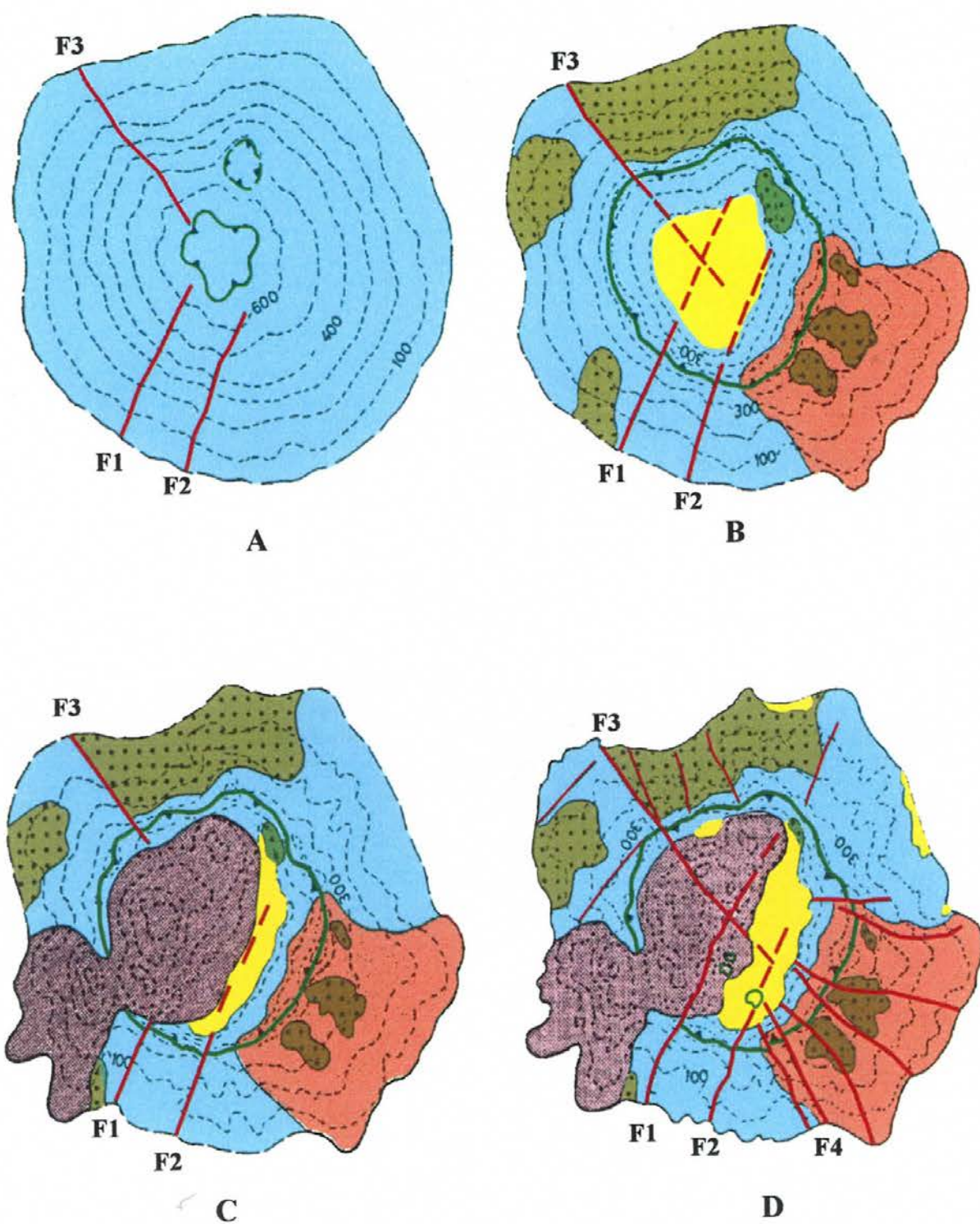
Με βάση την στρωματογραφική ανάλυση και σύνθεση και την τεκτονική ανάλυση είναι δυνατό να διακριθούν τα ακόλουθα στάδια (Σχήμα) στην νεοτεκτονική εξέλιξη της Νισύρου.

A) Προ-καλδερικό στάδιο

Αρχικά στον υποθαλάσσιο χώρο της Νισύρου υπήρξε υποθαλάσσια ηφαιστειακή δραστηριότητα η οποία έδωσε ανδεσιτικές λάβες με μορφή pillow. Τμήμα των λαβών αυτών εμφανίζεται σήμερα στην ακτή νότια από το Μανδράκι. Στη συνέχεια και μετά από συνεχείς εξόδους ηφαιστειακών υλικών ο ηφαιστειακός κώνος αναπτύχθηκε πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και όπως συμπεραίνεται από την υφιστάμενη σήμερα γεωμετρία του κώνου το ύψος του έφθανε τουλάχιστον τα 700-800 μέτρα. Κατά την περίοδο αυτή και μετά από αλληπαλλήλες ηφαιστειακές εκρήξεις απετέθηκαν κατά σειρά οι λάβες A, B, C, και D συνοδεύομενες από τους πυροκλαστικούς σχηματισμούς A, B, C, και D (Εικ.1) και τις κισσήρεις τους. Οι λάβες σχηματίζουν συχνά εντυπωσιακά ρεύματα τα οποία ανεπτύχθηκαν πάνω στις επίκλινείς πλευρές του ηφαιστειακού κώνου ενώ οι δόμοι στην περιοχή του Εμπορείου φανερώνουν ότι υπήρξε έξοδος ηφαιστειακών υλικών όχι μόνο από το κορυφαίο του κώνου αλλά και από τις πλευρές του.



Εικ.1 Εναλλαγή λαβών (A,B,C,D) και πυροκλαστικών (A,B,C,D) στο πρανές της καλδέρας, κοντά στο Εμπορείο.



Σχήμα Τα τέσσερα στάδια της νεοτεκτονικής εξέλιξης της Νισύρου

Η ανάπτυξη τόσο των λαβών όσο και των συνοδών σχηματισμών εκτός από τις παρατηρούμενες συχνές αποσφηνώσεις-λόγω μη εξόδου νέου ηφαιστειακού υλικού-ελέγχθηκε σε πολλές θέσεις από ενεργά ρήγματα που ήταν υπεύθυνα για την δημιουργία μορφολογικών εμποδίων που δεν ήταν δυνατό να υπερπηδηθούν από τα ρεύματα λάβας. Τα ρήγματα αυτά ήταν κυρίως ορισμένα ρήγματα των ρηξιγενών ζωνών F1, F2 και F3 κατά μήκος των οποίων παρατηρούνται μονόπλευρες αναπτύξεις λαβών, πυροκλαστικών σχηματισμών και κισσήρεων.

Β. Συν-καλδερικό στάδιο.

Κατά το στάδιο αυτό κυρίαρχο γεγονός ήταν η καταστροφή-εγκατακρήμνηση του ηφαιστειακού κώνου και η δημιουργία της καλδέρας εξ αιτίας της απώλειας στήριξης των πλευρών του από την έξοδο μεγάλων ποσοτήτων ηφαιστειακού υλικού. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε έξοδος των Ρυολίθων (Εικ.2) (ίσως λίγο πριν την καταστροφή) και στη συνέχεια της Λευκής Κίσηρης με αποτέλεσμα να καλυφθούν μεγάλα τμήματα της Νισύρου από τους σχηματισμούς αυτούς. Κατά το στάδιο αυτό έδρασαν πάλι οι ρηξιγενείς ζώνες F1, F2 και F3.



Εικ.2 Ροϊκές πτυχές στις ηφαιστειακές εκχύσεις των Ρυολίθων των Νικιών στην παράκτια ζώνη.

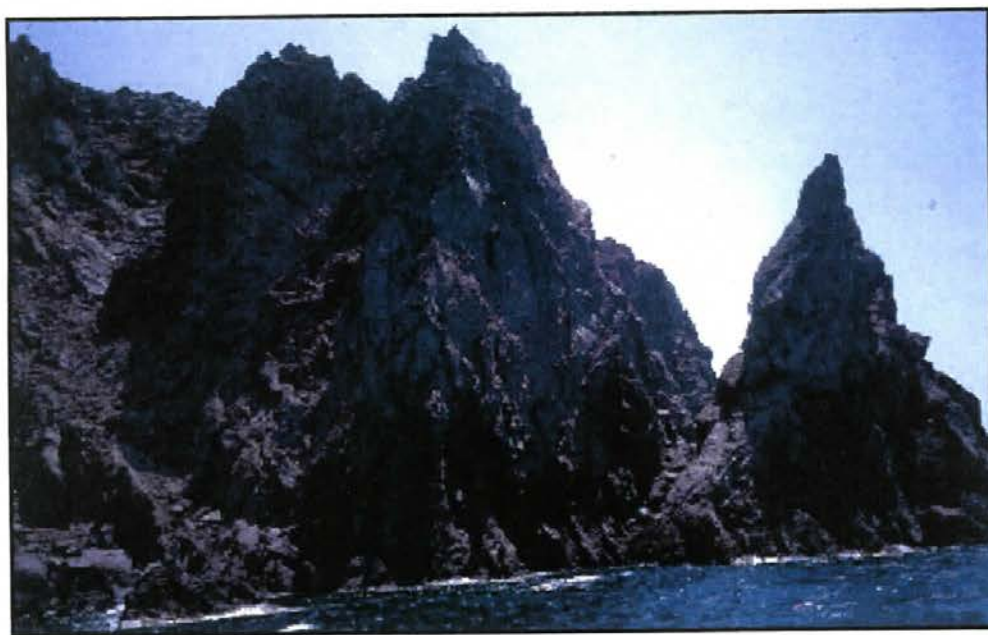
Γ. Μετά-καλδερικό στάδιο

Αμέσως μετά την δημιουργία της καλδέρας ένα μεγάλο τμήμα της καλύφτηκε από τους Ρυοδακίτες του Προφήτη Ηλία (Εικ.3) όπως επίσης καλύφτηκε και το ΝΔ τμήμα της Νισύρου έξω από την καλδέρα. Η έξοδος των ρυοδακτιτών έγινε από ένα αριθμό οπών δημιουργώντας παράλληλα ισάριθμους δόμους

ενώ ένα μεγάλο τμήμα τους έρευσε και κάλυψε ακόμη μεγαλύτερες περιοχές προς τα ΝΔ.

Δ. Σύγχρονο στάδιο.

Μετά την έξοδο των Ρυοδακτιών του Προφήτη Ηλία και πιθανότατα για την αποκατάσταση της ισορροπίας, δημιουργήθηκε ένας μεγάλος αριθμός ρηγμάτων μέσα από τα οποία εκτονώνονται οι υπάρχουσες τάσεις. Κατά κύριο όμως λόγο παρατηρούνται μετακινήσεις κατά μήκος των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών και συγκεκριμένα των F1 και F2 οι οποίες τέμνουν τους Ρυοδακίτες και δημιουργούν μεγάλες μορφολογικές ανωμαλίες καθώς επίσης και των F3 και F4 οι οποίες τέμνουν την λευκή κίσσηρη και τους Ρυόλιθους των Νικιών αντίστοιχα. Εκτός από την ενεργοποίηση των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών δημιουργούνται και αρκετά δευτερεύοντα ρήγματα με μικρότερα άλματα τα οποία όμως οριοθετούν και αυτά εμφανίσεις ορισμένων σχηματισμών κατά μήκος τους ή ακόμα και μεταθέτουν το ίχνος του χείλους της καλδέρας. Κατά μήκος των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών στο χώρο της καλδέρας παρατηρούνται εντονότερες εξαλλοιώσεις και έξοδος θερμών πηγών ενώ στην τομή των δύο ρηξιγενών ζωνών F2, F4 ευρίσκεται ο μεγαλύτερος από τους κρατήρες, ο κρατήρας Στέφανος (Εικ.4).



Εικ.3 Ρυοδακίτες του Προφ.Ηλία σε χαρακτηριστικές διαβρωσιγενείς μορφές στη δυτική Νισυριακή ακτή.



Εικ. 4 Ο μεγαλύτερος και χαρακτηριστικότερος σημερινός κρατήρας Στέφανος στη διασταύρωση των ενεργών ρηξιγενών ζωνών F2 και F4.

Ηφαιστειακή δραστηριότητα Νισύρου-Γυαλί

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στη νήσο Νίσυρο είναι ήδη γνωστή από την Ελληνική Μυθολογία. Στο χώρο της Νισύρου ο Δίας καταπόντισε το γιο του Πολυβόη, ο οποίος προσπάθησε να διαφύγει από τον Όλυμπο κλέβοντας τη φωτιά. Ωστόσο, ασφαλή στοιχεία για προϊστορικές εκρήξεις δεν υπάρχουν παρ'ότι η ηφαιστειακή δράση συνεχίζεται με έντονους ρυθμούς τους προηγούμενους αλλά και τον παρόντα αιώνα. Συνοπτικά, η δράση του ηφαιστείου κατά τους τελευταίους αιώνες είναι η εξής:

1422. Πιθανές εκτινάξεις ατμών και εκλύσεις θειούχων αερίων.

1830. Ισχυρές εκτινάξεις ατμού και θερμού νερού, εκλύσεις θειούχων αερίων.

1871. Παρατηρήθηκαν κίτρινες φλόγες, εκλύσεις αερίων και εκτινάχθηκε ηφαιστειακή σποδός, η οποία κατέστρεψε οπωροφόρα δένδρα. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα συνοδεύτηκε και από σεισμό.

1873. Εκρήξεις στις 11 και 16 Σεπτεμβρίου 1873 κατά τις οποίες εκτινάχθηκε ηφαιστειακό υλικό, αλμυρό νερό και τέφρα. Μετά από σεισμό σχηματίστηκε κρατήρας 10 μέτρων.

1888. Φρεατική έκρηξη που πραγματοποιήθηκε στο τέλος Σεπτεμβρίου. Εκτινάχθηκε ηφαιστειακό υλικό σε σχήμα κυλίνδρου διαμέτρου τουλάχιστον 25 μέτρων καθώς και λάσπη με ηφαιστειακά λιθάρια που συνοδεύονταν από στήλη ατμού.

ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ

Αναλογικό βυθόμετρο Furuno

Κατά τη διάρκεια των ερευνητικών πλόων Οκτώβριος 1997, Απρίλιος 1998 έγινε βυθομετρική αποτύπωση της περιοχής με το αναλογικό βυθόμετρο Furuno, FF824.

Η μορφολογία του πυθμένα απεικονίζεται στο βαθυμετρικό χάρτη της περιοχής Κω-Νισύρου κλίμακας 1:100.000 (ΝΟΜΙΚΟΥ 1999) σε σμίκρυνση (χάρτης), ο οποίος προέκυψε μετά την ψηφιοποίηση των ρολλών του βυθομέτρου με ισοβαθείς καμπύλες των 50μ. Το βάθος του πυθμένα ποικίλει από 100-400 μέτρα γύρω από τα ηφαιστειακά νησιά Νίσυρο, Γυαλί και τις βραχονησίδες Παχειά, Περγούσα και Κονδελιούσα ενώ φθάνει μέχρι και 800 μέτρα στις υποθαλάσσιες λεκάνες που αναπτύσσονται ανάμεσα στην Κω και στο Γυαλί, νοτιοδυτικά της Κω και νότια και δυτικά της Νισύρου. Έτσι παρατηρούνται τα εξής:

- Κατά μήκος των νότιων ακτών της Κω το απότομο ανάγλυφο των νότιων παρυφών της οροσειράς του Δικαίου συνεχίζεται και υποθαλάσσια σε βάθος μέχρι και 600 μέτρα σύμφωνα με την πυκνή διάταξη των ισοβαθών και την απότομη αλλαγή στην μορφολογία του πυθμένα. Η πύκνωση των ισοβαθών σηματοδοτεί έντονο ανάγλυφο με απότομες μορφολογικές κλίσεις οι οποίες μειώνονται απότομα καθώς πλησιάζουμε στον πυθμένα της περίπου οριζόντιας λεκάνης της Ανατολικής Κω, της οποίας το βάθος δεν ξεπερνά τα 700 μέτρα. Τα πρανή της λεκάνης είτε βόρεια είτε νότια σε σχέση με την Στρογγύλη είναι απότομα εκτός των δυτικών ορίων όπου παρατηρείται μια ήπια μορφολογία του πυθμένα σε χαμηλότερα βάθη.
- Αντιθέτως η μορφολογία του πυθμένα στον κόλπο του Κεφάλου είναι πιο ήπια με αραιές και μεγάλου εύρους ισοβαθείς καμπύλες που ταπεινώνουν σταδιακά τον πυθμένα από Βορρά προς Νότιο και έτσι το βάθος του πυθμένα της υποθαλάσσιας λεκάνης της δυτικής Κω δεν ξεπερνά τα 550 μέτρα. Ωστόσο κατά μήκος των ανατολικών ακτών της χερσόνησου του Κεφάλου το ανάγλυφο του πυθμένα είναι πιο ανώμαλο και οι ισοβαθείς πολύ πιο πυκνές. Η υποθαλάσσια λεκάνη της Δυτικής Κω παρουσιάζει ασυμμετρία ως προς τα πρανή της διότι τα μεν βόρεια πρανή, νότια της Κω και τα ανατολικά πρανή, δυτικά του Γυαλιού είναι ήπια ενώ τα δυτικά πρανή της λεκάνης προς τη χερσόνησο του Κεφάλου είναι απότομα.
- Ο υποθαλάσσιος χώρος δυτικά από την Περγούσα και βόρεια από την Κονδελιούσα εμφανίζει μεγάλο βάθος που πλησιάζει τα 700 μέτρα σε ορισμένες περιοχές και μαρτυρά την ύπαρξη μιας εκτεταμένης υποθαλάσσιας λεκάνης ιζηματογένεσης της Δυτικής λεκάνης, μέσα στην οποία διακρίνονται και κάποιες αυξομειώσεις του βάθους,

υποδεικνύοντας ότι ο χώρος ο οποίος επεκτείνεται και δυτικότερα έξω από την περιοχή μελέτης δεν είναι τελείως οριζόντιος και ενδεχόμενα χωρίζεται σε επιμέρους υπολεκάνες.

- Επίσης ανατολικά της Κονδελιούσας αναπτύσσεται η Λεκάνη της Νότιας Νισύρου όπου παρατηρείται απότομη αύξηση του βάθους μέχρι την ισοβαθή των 650 μέτρων όπου εντοπίζεται και το οριζόντιο τμήμα του πυθμένα της Λεκάνης. Τα ανατολικά πρηνή της Λεκάνης προς την Τήλο είναι πιο ήπια, χωρίς απότομες αυξομειώσεις του βάθους. Επίσης ο υποθαλάσσιος χώρος της Λεκάνης της Ανατολικής Νισύρου, που εκτείνεται ανατολικά της Νισύρου παρουσιάζει και αυτός ήπιο ανάγλυφο πυθμένα αλλά δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία, λόγω του ότι συνεχίζεται κυρίως πιο ανατολικά στα χωρικά ύδατα της Τουρκίας.
- Ο κεντρικός υποθαλάσσιος χώρος μεταξύ των βραχονησίδων και της Νισύρου χαρακτηρίζεται από μικρότερα βάθη τα οποία κυμαίνονται από 100-400 μέτρα λόγω της εμφάνισης των ηφαιστειακών σχηματισμών. Συγκεκριμένα το Γυαλί περιβάλλεται σε μεγάλη έκταση από την ισοβαθή των 100 μέτρων, παρουσιάζοντας ένα αβαθές ανάγλυφο. Ο χώρος μεταξύ Γυαλιού και Νισύρου χαρακτηρίζεται ως αβαθής περιοχή, με βαθύτερο σημείο που δε ξεπερνά τα 300 μέτρα στην υποθαλάσσια Λεκάνη που δημιουργείται στον δίαυλο, αλλά με ανώμαλες αυξομειώσεις του αναγλύφου λόγω της ύπαρξης ρηγμάτων. Η ίδια μορφολογία με αυξομειώσεις του αναγλύφου του πυθμένα σε μία σχετικά αβαθής περιοχή παρατηρείται και ανάμεσα στην Νίσυρο και τις βραχονησίδες Παχειά και Περγούσα λόγω των ηφαιστειακών διεισδύσεων. Δυτικότερα από την Νίσυρο, η ισοβαθής των 300 μέτρων μαρτυρά την ύπαρξη της μικρής υποθαλάσσιας Λεκάνης της Παχειάς. Το ανάγλυφο του πυθμένα γίνεται πιο απότομο καθώς πλησιάζουμε προς τις βραχονησίδες όπου οι ισοβαθείς είναι πιο πυκνές χωρίς να παρουσιάζουν μεγάλο πλάτος ανάπτυξης.

Γενικά, παρατηρείται ότι η πολύπλοκη υποθαλάσσια μορφή του αναγλύφου του πυθμένα χαρακτηρίζεται από 3-4 μεγάλες υποθαλάσσιες Λεκάνες και επιμέρους μικρότερες οι οποίες όμως δεν είναι γεωμετρικές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι Λεκάνες που αναπτύσσονται νότια της Κω οι οποίες δεν ακολουθούν τη ΑΒΑ-ΔΝΔ γενικότερη διεύθυνση της χέρσου. Τα οριζόντια τμήματα των πυθμένων των μεγάλων Λεκανών εντοπίζονται κυρίως από 550 έως 650 μέτρα βάθος ενώ των μικρότερων Λεκανών δεν ξεπερνούν τα 300 μέτρα. Γενικώς οι Λεκάνες που αναπτύσσονται στον υποθαλάσσιο χώρο Κω-Νισύρου δεν έχουν προτιμητέο προσανατολισμό και παρουσιάζουν μια γενικότερη συμμετρία ανάπτυξης με απότομα πρηνή και με μορφολογικές κλίσεις περίπου 15%. Εξάιρεση αποτελεί η Λεκάνη της Δυτικής Κω όπου υπάρχει προτιμητέος προσανατολισμός του δυτικού της περιθωρίου σε

διεύθυνση Β-Ν ενώ τα βόρεια και ανατολικά της πρανή έχουν ήπιες μορφολογικές κλίσεις 5-7%.

Το συγκρότημα των ηφαιστειακών νησιών προεκτείνεται και υποθαλάσσια σε αβαθείς περιοχές όπου οι κορυφές των υποθαλάσσιων ηφαιστειακών σχηματισμών εντοπίζονται σε βάθη 100-150 μέτρα. Οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν μεγαλύτερη έκταση στον υποθαλάσσιο χώρο σε σχέση με την χερσαία εμφανισή τους και οριοθετούν τις περισσότερες φορές τις επιμέρους μικρότερες λεκάνες αναμεσαί τους. Οι υποθαλάσσιοι δόμοι κατά κανόνα εμφανίζονται δίπλα στα ηφαιστειακά νησιά και στην προέκταση αυτών.

Η υφαλοκρηπίδα στη νότια πλευρά της Κω έχει μεγαλύτερο πλάτος στον κόλπο του Κεφαλού και μπροστά από την Καρδάμαινα, ελαττώνεται σημαντικά μπροστά από τις νότιες παρυφές του Δικαίου και αυξάνεται προς το ακρωτήριο του Αγίου Φωκά. Η υφαλοκρηπίδα στη Νίσυρο παρουσιάζει μεγαλύτερο εύρος στα βορειανατολικά παράλια και συνεχώς ελαττώνεται πλησιάζοντας προς το Μανδράκι. Το γεγονός αυτό μπορεί να συνδέεται με το ρήγμα, διευθύνσεως Β-Ν στο Λαγκάδι το οποίο συνεχίζει και υποθαλάσσια και διακόπτει την υφαλοκρηπίδα. Στο Γυαλί η υφαλοκρηπίδα έχει μεγάλο εύρος στη νότια πλευρά του σε αντίθεση με τις βραχονησίδες Στρογγύλη, Παχειά, Περγούσα και Κονδελιούσα όπου δεν εντοπίστηκε καθόλου υφαλοκρηπίδα γεγονός που πιθανόν να σηματοδοτεί την πρόσφατη ανάδυση αυτών.

Εάν λάβουμε υπόψη μας τη βαθυμετρία και τη γεωλογική σύσταση των νησιών της περιοχής μπορούμε να θεωρήσουμε ότι όλη η περιοχή αποτελεί μια εννιαία λεκάνη με μέσο βάθος 600 μέτρα. Η εννιαία αυτή λεκάνη υπέστη διεισδύσεις σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα από ηφαιστειακούς σχηματισμούς οι οποίοι την χώρισαν σε επιμέρους μικρότερες λεκάνες. Οι ηφαιστειακές εξάρσεις οι οποίες εντοπίζονται από περίπου 500 μέτρα βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας και συνεχίζουν στη χέρσο μέχρι και τα 750 μέτρα υψόμετρο στη Νίσυρο προσδίδουν ένα συνολικό ηφαιστειακό ανάγλυφο 1300 μέτρων, το οποίο και μαρτυρά την έντονη επίδραση της ηφαιστειότητας στην διαμόρφωση τόσο του υποθαλάσσιου όσο και του χερσαίου αναγλύφου.

ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΩ-ΝΙΣΥΡΟΥ

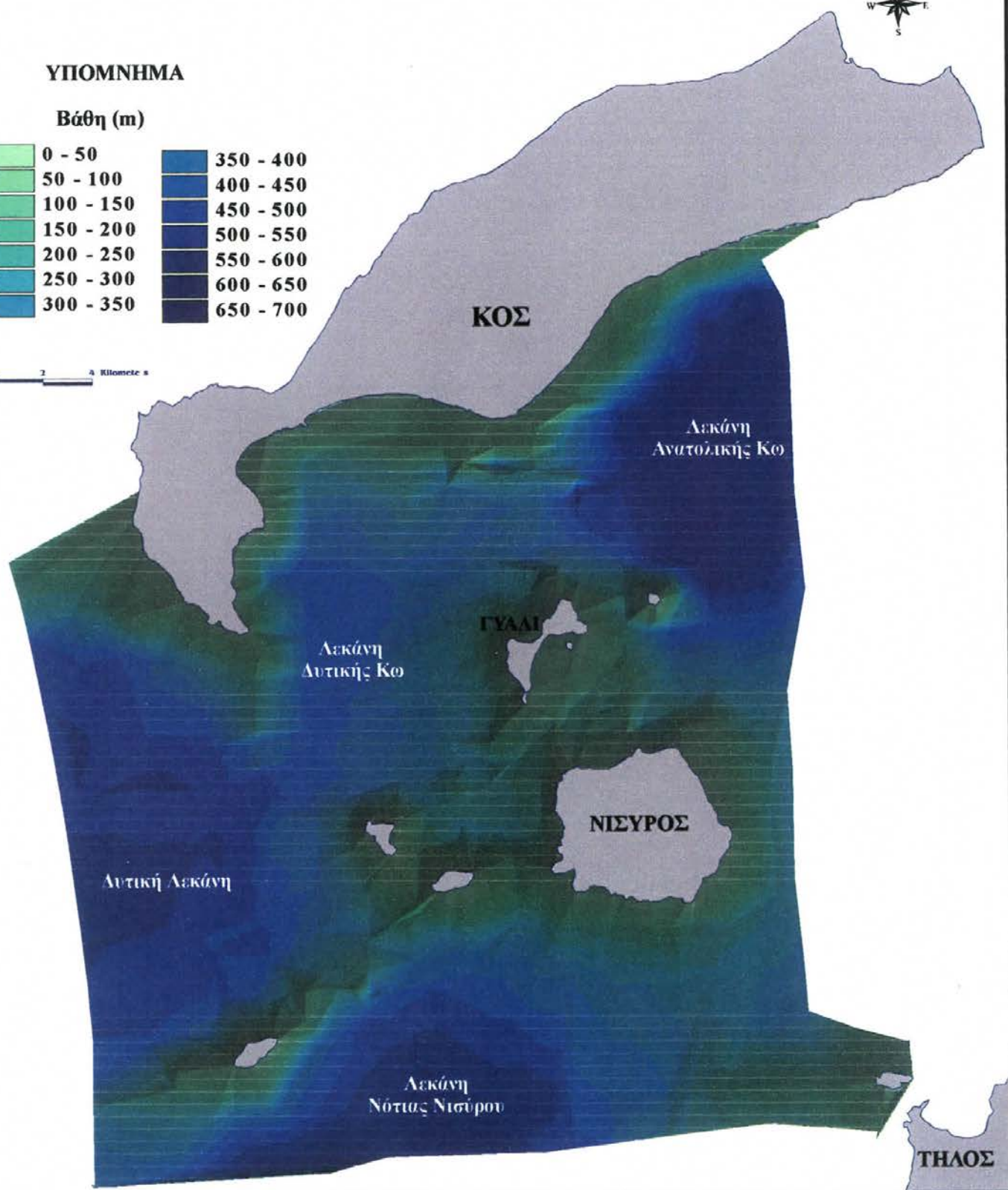
από την Παρασκευή Νομικού
με την εποπτεία του Καθηγητή Δ.Ι.Παπανικολάου

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Βάθη (m)

0 - 50	350 - 400
50 - 100	400 - 450
100 - 150	450 - 500
150 - 200	500 - 550
200 - 250	550 - 600
250 - 300	600 - 650
300 - 350	650 - 700

0 2 4 Kilometers



ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΥΘΟΥ

- Μονοκάναλλο σύστημα air-gun
- Πολυκάναλλο σύστημα air-gun
- Ερμηνεία

Μεθοδολογία

Εκτός της έρευνας στα χερσαία τμήματα της περιοχής έγινε διερεύνηση των ρηγμάτων, των ιζημάτων και των εμφανίσεων των ηφαιστειακών σχηματισμών στον υποθαλάσσιο χώρο με τα συστήματα σεισμικής (ακουστικής) διασκόπησης του βυθού, τα οποία διαθέτει το Ω/Κ σκάφος «ΑΙΓΑΙΟ» (Σχήμα 1) του Ε.Κ.Θ.Ε. και αναλύθηκε η πολύπλοκη μορφολογία της περιοχής Κω-Νισύρου-Τήλου.



Σχήμα 1: Το ωκεανογραφικό σκάφος «ΑΙΓΑΙΟ» του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών στο λιμάνι της Νισύρου.

Μονοκάναλλο σύστημα air-gun

Η έρευνα βασίσθηκε σε λιθοσεισμική διασκόπηση με τομογράφους πυθμένα τύπου air-gun (Σχήμα 2) όπου η παραγωγή ηχητικών παλμών επιτυγχάνεται με την εκτόνωση συμπιεσμένου αέρα μέσα στο νερό. Η αρχή λειτουργίας των τομογράφων συνίσταται στην εκπομπή ηχητικών παλμών χαμηλών συχνοτήτων ώστε να μπορούν να περάσουν τον πυθμένα και να διεισδύσουν στα βαθύτερα στρώματα του πυθμένα. Κάθε φορά που τα ηχητικά κύματα συναντήσουν μία επιφάνεια ασυνέχειας ανακλώνται και στην επιστροφή τους προσλαμβάνονται από το δέκτη και καταγράφονται σε ηλεκτροευαίσθητο χαρτί. Η συσκευή καταγραφής (recorder) στους τομογράφους έχει την ικανότητα σύγχρονα με την εγγραφή να συσχετίζει τα κύματα που ανακλώνται από την ίδια επιφάνεια ασυνέχειας ώστε πάνω στο χαρτί να

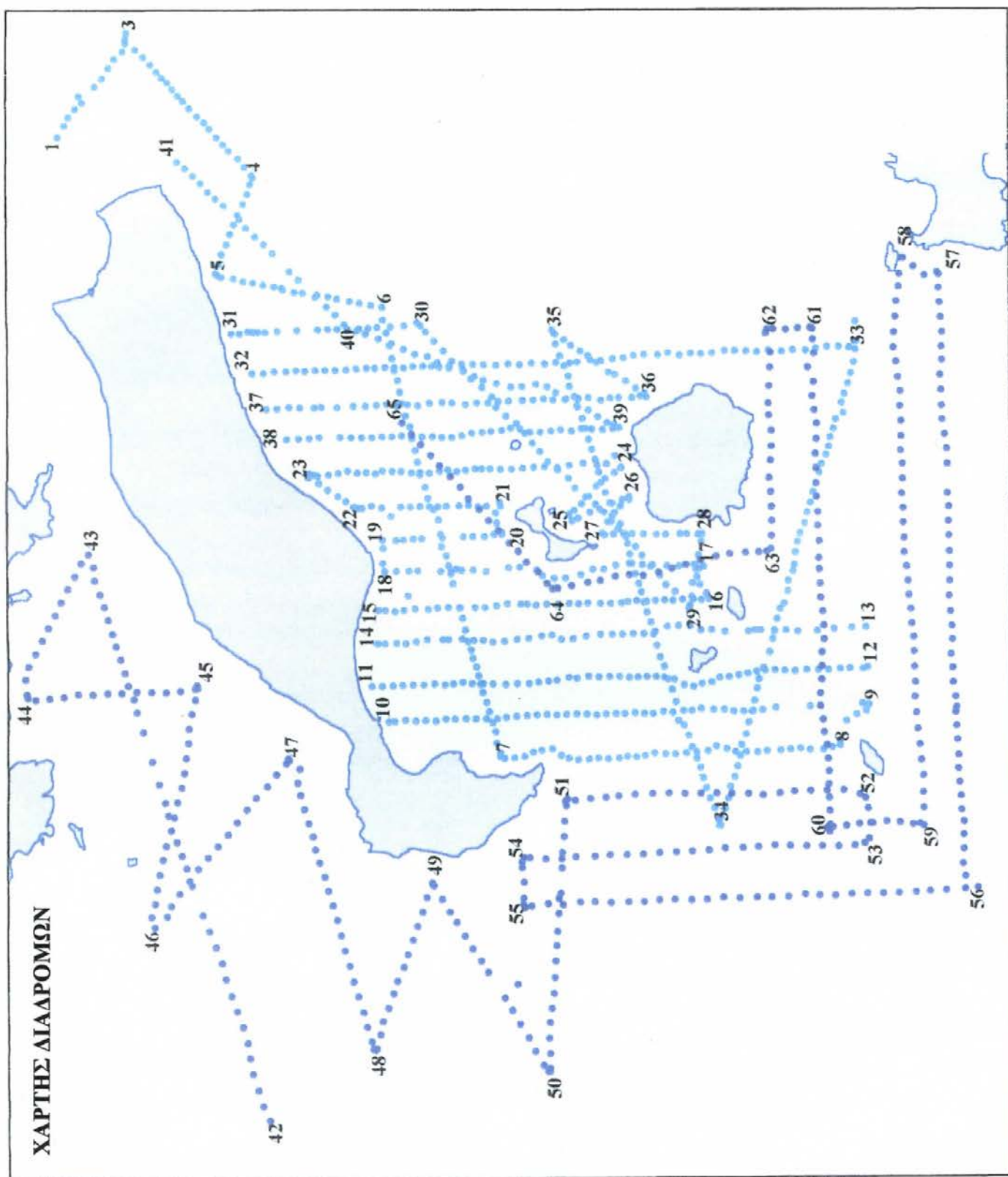
παρέχεται μια τομογραφία της δομής του πυθμένα. Η τομογραφία αυτή μπορεί να συσχετισθεί με γεωλογική τομή με τη μόνη διαφορά ότι τα γεωλογικά στρώματα καθορίζονται με βάση τις ακουστικές ιδιότητές τους. Οι τομογράφοι υποδομής πυθμένα αποτελούνται από ένα πομπό, ένα δέκτη, ένα ενισχυτή-φίλτρο και ένα καταγραφέα.

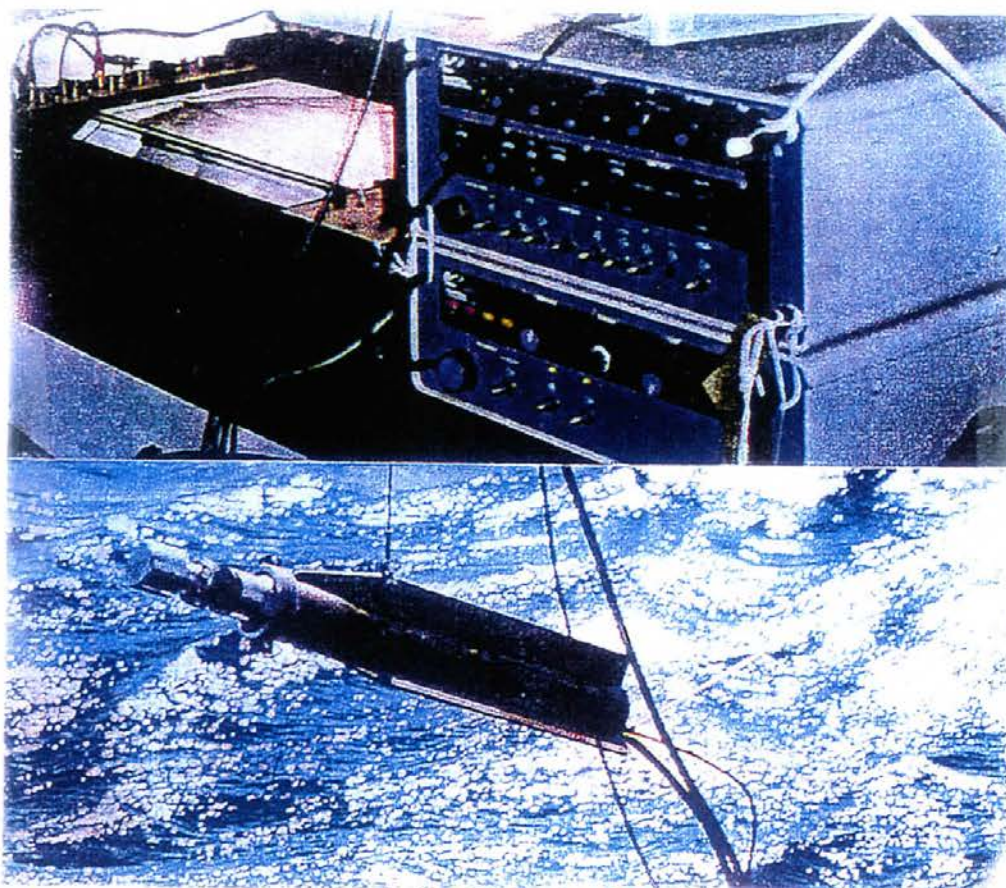
Τα air-gun εκπέμπουν τα ηχητικά κύματα με συχνότητα 2 έως 500 Hz και η διεισδυτική τους ικανότητα μπορεί να φθάσει μέχρι και 5000 μέτρα εάν χρησιμοποιήσουμε σειρά από αεροβόλα διαφορετικών όγκων και συχνοτήτων. Το μονοκάνναλλο air-gun το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την έρευνα της περιοχής ήταν 10 cm³ και η διεισδυτικότητά του δεν ξεπέρασε τα 300 μέτρα λόγω της απορρόφησης των ηχητικών κυμάτων από τη διείσδυση των ηφαιστειακών σχηματισμών ή την εμφάνιση πολλαπλών ανακλάσεων λόγω του μικρού σχετικά βάθους. Στην ιδιόμορφη υποθαλάσσια περιοχή μεταξύ των νήσων Νισύρου-Γυαλί-Παχειά-Κονδελλιούσα, από την ερμηνεία των σεισμικών ανακλάσεων των λιθοσεισμικών τομών ανακαλύφθηκαν υποθαλάσσιοι ηφαιστειακοί δόμοι και ενεργά ρήγματα, μερικά από τα οποία συνεχίζονται στη χέρσο.

Συνολικά έγιναν 65 διαδρομές (Χάρτης) μεταξύ των νησιών Κω-Νισύρου με το Ουκρανικό ωκεανογραφικό σκάφος "Iskatel" τον Οκτώβριο του 1997 και τον Απρίλιο του 1998 με το Ελληνικό ωκεανογραφικό σκάφος "Αιγαίο", καλύπτοντας τον ευρύτερο υποθαλάσσιο χώρο μεταξύ Κω-Νισύρου, καθώς και τον δίαυλο Νισύρου-Γυαλίου και των βραχονησίδων Παχειά, Περγούσα και Κονδελλιούσα.

Η ταχύτητα του πλοίου κυμαίνονταν περίπου 5 ναυτικά μίλια την ώρα και η ακριβής τοποθέτηση των στιγμάτων του πλοίου (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος) έγινε στον κάρναβο των διαδρομών για κάθε μία διαδρομή ξεχωριστά ώστε να χαρακτηί η ακριβής πορεία του πλοίου.

Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων οριζόντιων γραμμών των λιθοσεισμικών καταγραφών είναι 75 μέτρα έξω από το νερό και περίπου 100 μέτρα μέσα στο νερό, δηλαδή το 1cm σε κατακόρυφη απόσταση αντιστοιχεί περίπου σε 14,7 μέτρα. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των παραλλήλων εξαρτάται από την ταχύτητα του πλοίου και κυμαίνεται από 60 έως 70 μέτρα για το 1cm. Στις αντιπροσωπευτικές λιθοσεισμικές τομές που επισυνάπτονται στην παρούσα έκθεση έχει γίνει σμίκρυνση και επομένως η οριζόντια απόσταση είναι μεγαλύτερη.

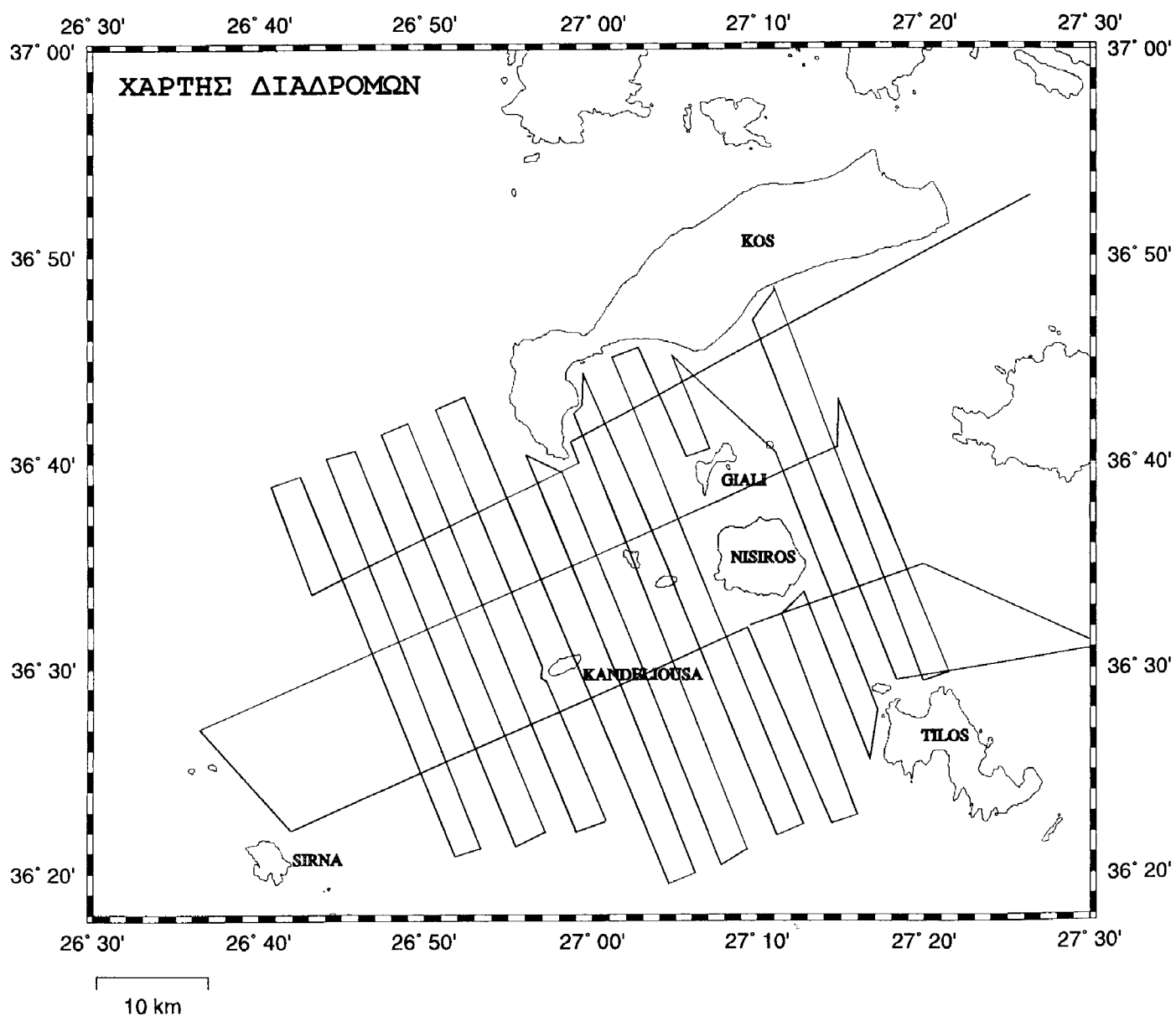




Σχήμα 1 Σύστημα air-gun με τη μονάδα παραγωγής-ενίσχυσης-επεξεργασίας σήματος, το καταγραφικό και την ρυμουλκούμενη μονάδα εκτόνωσης πεπιεσμένου αέρα.

Πολυκάναλο σύστημα air-gun

Το Δεκέμβριο του 1999 πραγματοποιήθηκε νέα γεωφυσική διασκόπηση του υποθαλάσσιου πυθμένα με λιθοσεισμικές καταγραφές (χάρτης) χρησιμοποιώντας πολυκάναλο multi-channel με streamer 24 καναλλιών με 2 air-gun 2lit (Σχήμα 2). Οι τομογράφοι αυτοί εκπέμπουν ηχητικό παλμό προς όλες τις κατευθύνσεις. Η παραγωγή των ηχητικών παλμών επιτυγχάνεται με την εκτόξευση πεπιεσμένου αέρα στο νερό. Οι συχνότητες εκπομπής κυμαίνονται από 10 Hz έως 500 Hz με μεγάλη διεισδυτική ικανότητα (κυμαίνεται από 100 έως 700m) που μπορεί να φθάσει τα 5000 m σε βάρος βέβαια της διακριτικής τους ικανότητας. Η επεξεργασία (post-processing) των ψηφιακών λιθοσεισμικών τομών καθώς και το απαραίτητο φιλτράρισμα των δεδομένων συνεχίζεται ώστε να διακρίνονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί της περιοχής, οι στρωματογραφικοί ορίζοντες των λεκανών ιζηματογένεσης καθώς και τα μικρότερα ρήγματα.



Σεισμική Διασκόπηση βυθού

Χαρακτηριστικά multi-channel:

- 24 multichannel streamer 180m., 2 airguns 1lt (BOLT),
- geometrics strata view seismic controller,
- geometrics seismic controller-aquisition PC,
- airguns triggering unit (BOLT),
- seismic unix software for processing the airgun data.



Εχθήμα 2: Πολυκάνναλο σύστημα air-gun

Ερμηνεία

Η διεισδυτική ικανότητα του air-gun έφθασε σε ορισμένα τμήματα της περιοχής τα 300 μέτρα ενώ σε άλλες τα 50 μέτρα λόγω της διείσδυσης ηφαιστειακών σχηματισμών και του μικρού βάθους της. Σε κάθε λιθοσεισμική τομή προσδιορίστηκε το πάχος των ιζημάτων του πυθμένα και εντοπίστηκαν οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί όπως είναι οι τόφοι και οι λάβες. Έγινε ανάλυση του αναγλύφου του, στο οποίο ξεχώρισαν οι περιοχές με απότομες ή ήπιες μορφολογικές κλίσεις από τις μικρές ή μεγάλες λεκάνες ιζηματογένεσης. Επίσης προσδιορίστηκαν τα ρήγματα και τα αλματά τους και σημειώθηκαν οι πιθανές προεκτάσεις τους.

Ενδεικτικά δίνονται τα παρακάτω τμήματα λιθοσεισμικών τομών στις οποίες έχουν σημειωθεί τα ενεργά υποθαλάσσια ρήγματα και ρηξιτεμάχη της περιοχής, η θέση των υποθαλάσσιων κώνων και αποθέσεων καθώς και το πάχος των ιζημάτων της λεκάνης ιζηματογένεσης.

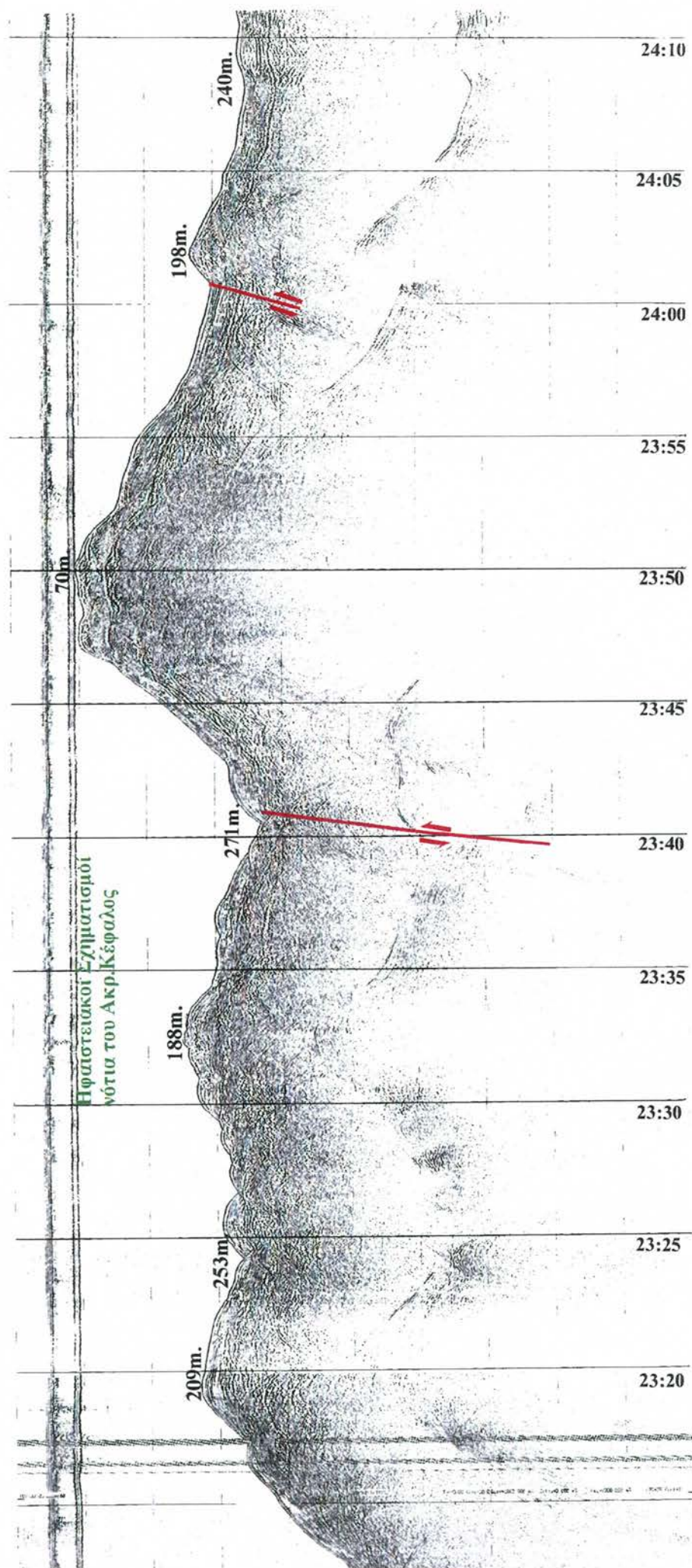
ΤΟΜΗ 7-8

Η λιθοσεισμική τομή η οποία εκτείνεται ανατολικά από το ακρωτήριο Κρίκελλος χαρακτηρίζεται από υπερβολικές ανακλάσεις που αποτελούνται από υπερβολές ακανόνιστου σχήματος που αυτοεπικαλύπτονται σε βάθος 190 έως 250μ.

B

TOMH 7-8

N



Στη συνέχεια οι υπερβολικές ανακλάσεις αναδύονται σε βάθος 70 μέτρων υποδηλώνοντας ένα υποθαλάσσιο ύβωμα το οποίο εκτείνεται νότια του ακρωτηρίου και οριοθετείται από ρήγματα. Νότια του υποθαλάσσιου υβώματος, οι υπερβολικές ανακλάσεις αποτελούνται από μεμονωμένες υπερβολές ακανόνιστου σχήματος μικρού ύψους και μεγάλου μήκους οι οποίες καλύπτονται από ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα ιζημάτων μέχρι το βάθος των 450μ νοτιότερα. Σεισμικές ανακλάσεις με τέτοιο χαρακτήρα υποδηλώνουν ανώμαλο ανάγλυφο πυθμένα και πιθανόν να αποτελούν συνέχεια των ηφαιστειακών ιζημάτων, που εμφανίζονται στη χερσόνησο του Κέφαλου.

TOMH 11-12

Η λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση B-N και αρχίζει από το κόλπο του Κέφαλου μέχρι ανατολικά από την Κονδελιούσα. Το συγκεκριμένο τμήμα της λιθοσεισμικής τομής απεικονίζει τη στρωματογραφία του υποθαλάσσιου χώρου μεταξύ των δύο βραχονησίδων η οποία αρχίζει με υπερβολικές ανακλάσεις που ερμηνεύονται ως ιζήματα ηφαιστειακού χαρακτήρα, δίπλα στο όριο της Λεκάνης της Δυτικής Νισύρου. Στη συνέχεια επικρατούν μεμονωμένες υπερβολικές ανακλάσεις με ασύμφωνες υποεπιφανειακές ανακλάσεις και μεγάλου εύρους περιθλάσεις οι οποίες μαρτυρούν ηφαιστειακούς σχηματισμούς μέχρι τη Λεκάνη της Νότιας Νισύρου σε βάθος 557 μέτρα το βόρειο όριο της οποίας χαρακτηρίζεται ως τεκτονικό.

TOMH 17-18

Η λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση N-B και αρχίζει από τον υποθαλάσσιο χώρο ανάμεσα στη Νίσυρο και στην Περγούσα μέχρι το ακρωτήριο Χελώνα στην Κω. Η λιθοσεισμική τομή αρχίζει με μία πτυχή-δόμο αντικλινικής μορφής και συνεχίζει με μια ακολουθία σεισμικών ανακλάσεων δυτικά του Γυαλιού, η οποία πιθανόν να αποτελείται από ηφαιστειοιζηματογενείς σχηματισμούς διότι διακρίνουμε: i) μια κατώτερη σειρά η οποία αποτελείται από ακανόνιστες, μικρού εύρους, υπερβολικές ανακλάσεις που ερμηνεύονται ως ιζήματα ηφαιστειακού χαρακτήρα ii) σε μικρότερο βάθος μια ζώνη ελεύθερη από σεισμικές ανακλάσεις και iii) μια ανώτερη σεισμική σειρά από έντονες, συνεχείς κυματοειδείς ανακλάσεις ακολουθώντας τη γενικότερη μορφολογία του πυθμένα. Οι σχηματισμοί αυτοί διακόπτονται βόρεια από σύστημα ρηγμάτων τα οποία οριοθετούν τη Λεκάνη της Δυτικής Κω.

TOMH 29-30

Στην διαδρομή 29-30, η οποία αρχίζει ανατολικά από τη βραχονησίδα Περγούσα, με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ μεταξύ των πενταλέπτων της λιθοσεισμικής τομής 7:30 έως 7:50 εντοπίζονται τρία ρήγματα στον υποθαλάσσιο χώρο βόρεια

του Μανδρακίου. Το μεγαλύτερο και κύριο ρήγμα που εμφανίζεται δυτικότερα έχει άλμα περίπου 100 μέτρα. Η επιφάνειά του, της οποίας η οροφή αρχίζει σε βάθος 140 μέτρα και φτάνει μέχρι σε βάθος 240 μέτρων στον πυθμένα, χαρακτηρίζεται από μεγάλη μορφολογική κλίση 37% η οποία και διακόπτει τη συνέχεια της στρωματογραφικής ακολουθίας των δύο προαναφερθέντων οριζόντιων. Στη λιθοσεισμική τομή διακρίνεται ο ανώτερος ορίζοντας των επιφανειακών ιζημάτων με πάχος περίπου 50 μέτρα ο οποίος χαρακτηρίζεται από πυκνές παράλληλες οριζόντιες ανακλάσεις και στη συνέχεια ο υποκείμενος. Επίσης διακρίνονται ενστρωμένοι ηφαιστειακοί σχηματισμοί και τόφοι κάτω από τους ορίζοντες των ιζημάτων κυρίως στο κύριο ρηξιτέμαχος, όπου στο κατώτερο τμήμα του επικρατούν και ηφαιστειακές διεισδύσεις.

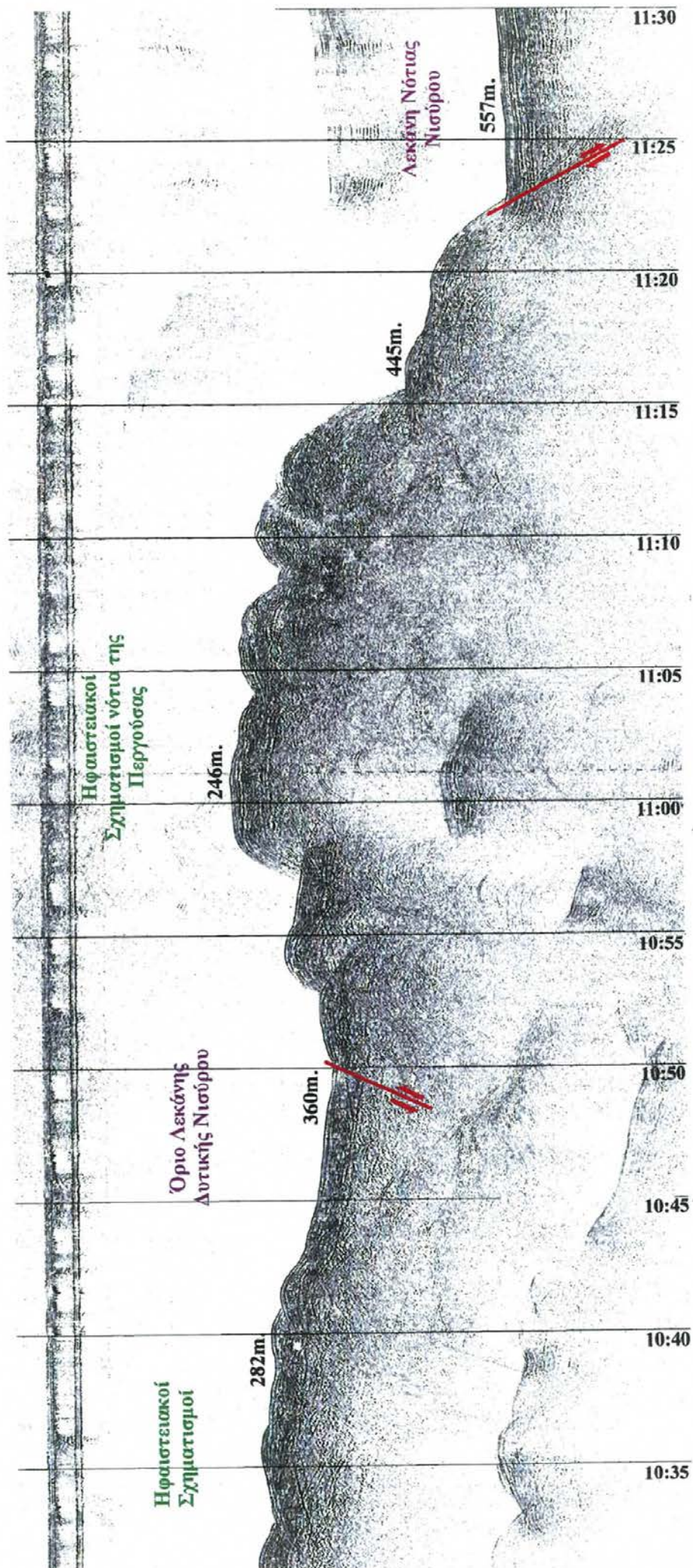
Το κύριο ρηξιτέμαχος χαρακτηρίζεται από ήπια μορφολογία με κλίση 7% προς τα ΝΔ, παρουσιάζοντας μια αριστερόστροφη στρέψη, λόγω της ανύψωσης του ανατολικού άκρου του και βύθισης του δυτικού του. Τα δύο μικρότερα ρηξιτεμάχη, τα οποία βρίσκονται ανατολικότερα από το μεγάλο, χαρακτηρίζονται από άλματα 10-20 μέτρων και από ήπιες μορφολογικές κλίσεις 4-7% στρέφονται και αυτά προς τα ΝΔ. Συμπεραίνουμε ότι η οροφή όλων των επιμέρους ρηξιτεμαχών κλίνει προς τα ΝΔ και το μέγεθος της περιστροφής που παρουσιάζουν, έχει άμεση σχέση με το μέγεθος του άλματος των ρηγμάτων. Η κινηματική των ρηξιτεμαχών επηρεάζεται επίσης και από την εμφάνιση των ηφαιστειακών σχηματισμών όπου στο μεν δυτικό ρηξιτέμαχος επικρατούν σε μεγάλη έκταση και διακόπτουν τους ορίζοντες των ιζημάτων, στα δε μικρότερα ρηξιτεμάχη δεν εμφανίζονται καθόλου ή εμφανίζονται λίγο στο βάθος.

Η προέκταση του μεγάλου ρήγματος εντοπίζεται νότια στην ξηρά στην περιοχή Λαγκάδι του Μανδρακίου (ΝΟΜΙΚΟΥ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1998) και είναι υπεύθυνο για την ύπαρξη ρωγμών και καταστροφών στα σπίτια στην εκεί περιοχή κατά τη διάρκεια του πρόσφατου σεισμού. Η προέκτασή του βορειότερα, δε φαίνεται να ταυτίζεται με την υπάρχουσα διάρρηξη στο μέσο της νησίδας Γυαλί, διότι ενώ η προέκταση του ρήγματος από άποψη διευθύνσεως ταυτίζεται με τη διάρρηξη, από κινηματική άποψη δεν ταυτίζεται δεδομένου ότι στον μεν υποθαλάσσιο χώρο το ανατολικό τέμαχος της Λεκάνης έχει κατέβει και το δυτικό έχει ανέβει λόγω της κίνησης των ρηγμάτων, στο δε Γυαλί το δυτικό τμήμα του, το οποίο είναι καλυμμένο εξολοκλήρου με κίσηρη του Ανώτερου Πλειστοκαίνου, είναι νεότερο και έχει κατέβει ως προς το ανατολικό, το οποίο αποτελείται από αρχαιότερες λάβες Τεταρτογενούς ηλικίας.

TOMH 11-12

N

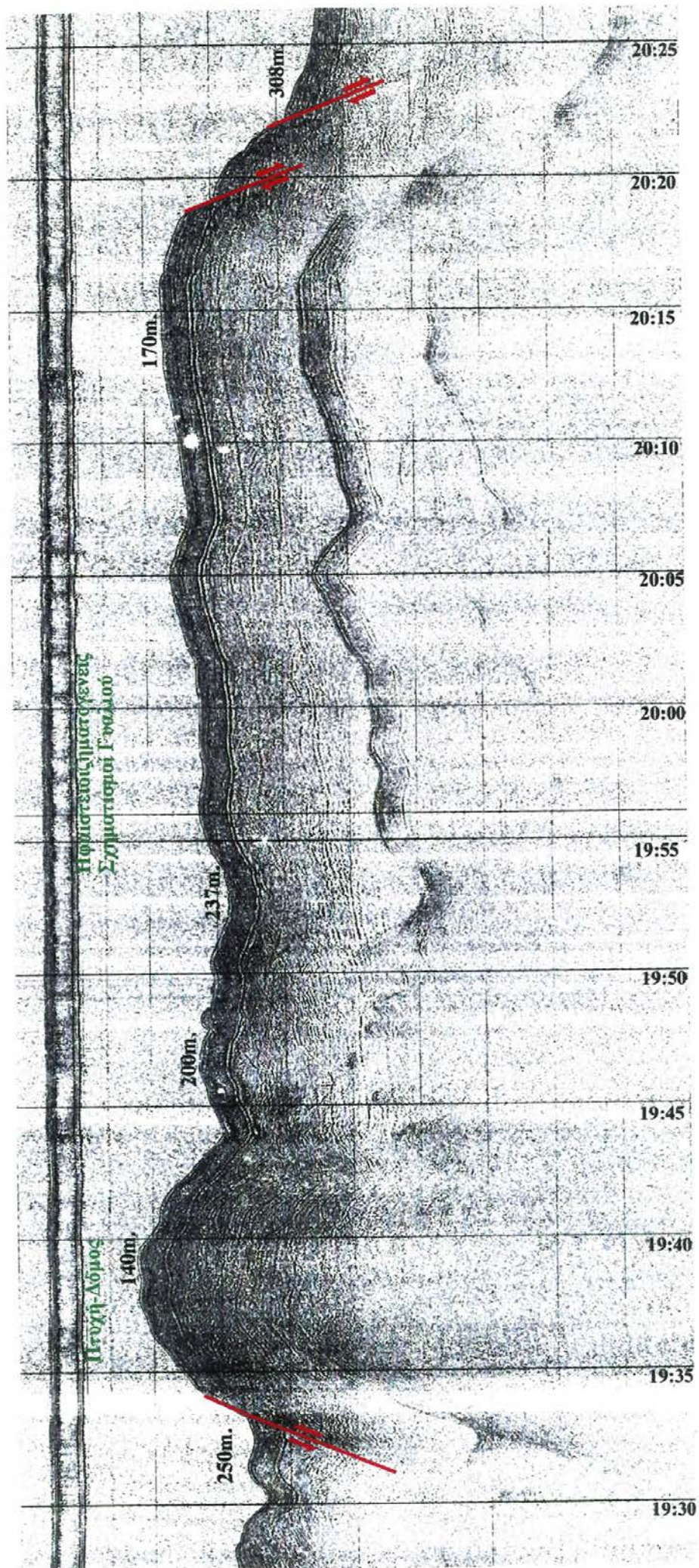
B

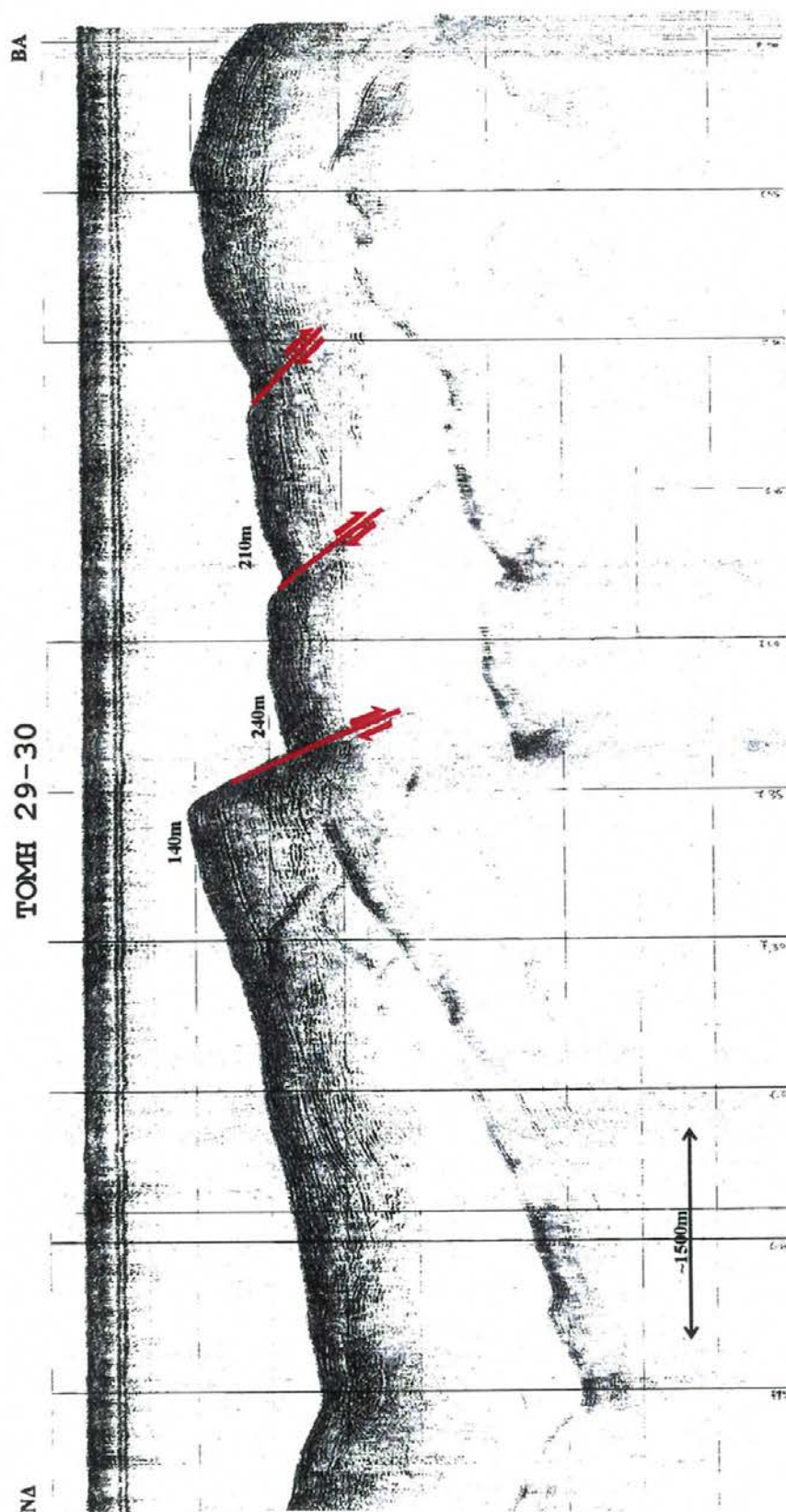


B

ΤΟΜΗ 17-18

N





ΤΟΜΗ 38-39

Η λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση Β-Ν και αρχίζει νότια της οροσειράς του Δικαίου στη Κω, περνά ανατολικά από τη βραχονησίδα Στρογγύλη και καταλήγει βόρεια από τους Πάλους στη νήσο Νίσυρο. Το συγκεκριμένο τμήμα της τομής εντοπίζεται ανατολικά της βραχονησίδας Στρογγύλης όπου η λεκάνη της ανατολικής Κω με βάθος πυθμένα 670 μέτρα διακόπτεται από τη διείδυση ηφαιστειακών σχηματισμών που ανέρχονται απότομα σε βάθος 200μ, οι οποίοι και δομούν εξολοκλήρου τη βραχονησίδα. Ο χαρακτηρισμός αυτός προήλθε από την παρουσία υπερβολικών ανακλάσεων, ακανόνιστου σχήματος που αυτοεπικαλύπτονται με υποεπιφανειακές ανακλάσεις χαοτικού χαρακτήρα, στη συνέχεια της λιθοσεισμικής τομής. Στη συνέχεια σε βάθος 468 μέτρα απαντάται ο πυθμένας της λεκάνης της Ανατολικής Νισύρου ο οποίος οριοθετείται βόρεια από τον ηφαιστειακό δόμο της Στρογγύλης με ρηξιγενή επιφάνεια.

ΤΟΜΗ 55-56

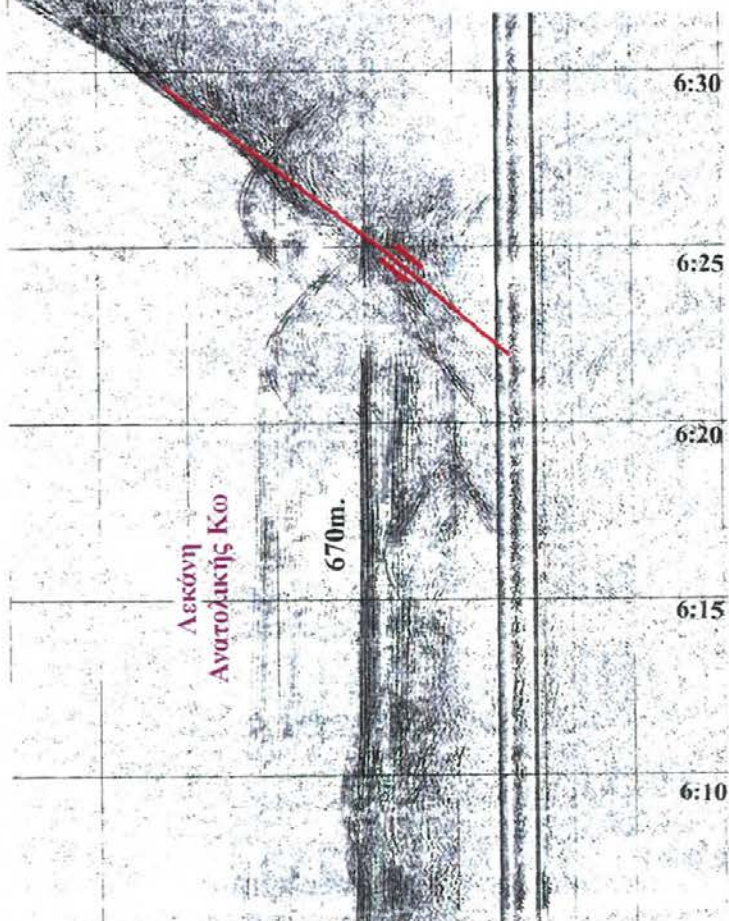
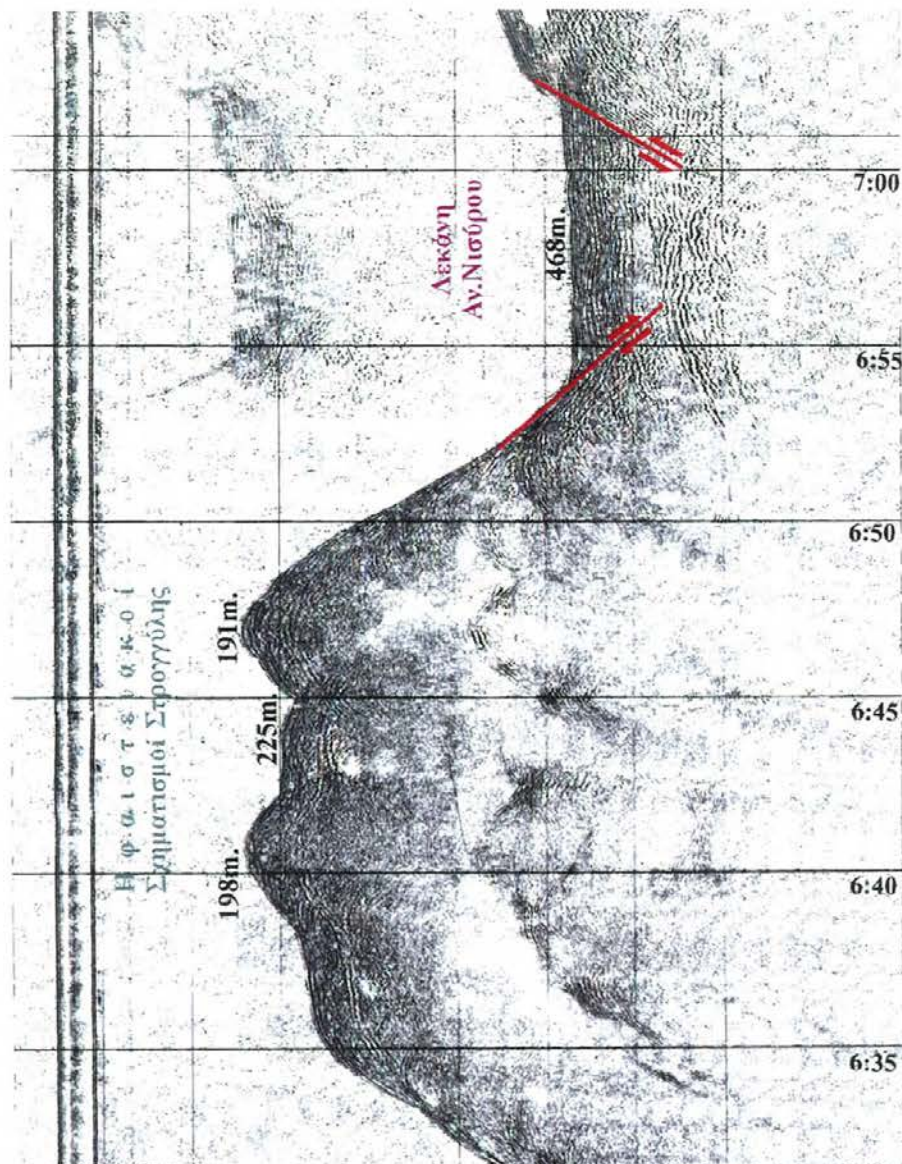
Η λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση Β-Ν και εκτείνεται δυτικά της Κονδελιούσας. Το συγκεκριμένο τμήμα της τομής αποτελεί το τέλος της, στο οποίο απεικονίζονται οι διειδύσεις των ηφαιστειακών δόμων. Η άνοδος του μαγματικού υλικού όπως υποδεικνύουν οι υπερβολικές ανακλάσεις, αποτελεί το φυσικό όριο των λεκανών, της Δυτικής λεκάνης βόρεια και της λεκάνης της Δυτικής Νισύρου και της λεκάνης της Κονδελιούσας νότια. Επίσης διακρίνονται οι ανακλαστήρες των σεισμικών σειρών που δομούν τις επιμέρους λεκάνες και παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά σε κάθε μία. Είναι χαρακτηριστικό ότι υπάρχει μια κλιμακωτή διάταξη των τριών λεκανών με ενδιάμεσα όρια τους ηφαιστειακούς δόμους έτσι ώστε από βάθος πυθμένα 532 μέτρα της Δυτικής Λεκάνης φθάνουμε σε βάθος 434 μέτρα στην οροφή του βόρειου ηφαιστειακού δόμου, στη συνέχεια ξανά σε βάθος πυθμένα 497 μέτρα στην λεκάνη Δυτικής Νισύρου και αμέσως μετά στην οροφή των νότιων ηφαιστειακών δόμων στα 307 μέτρα και τέλος ξανά σε βάθος 412 μέτρα στον πυθμένα της λεκάνης Κονδελιούσας.

ΤΟΜΗ 60-61

Η λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση Δ-Α και διέρχεται βόρεια από τη βραχονησίδα Κονδελιούσα μέχρι νότια της Νισύρου. Η τομή αρχίζει με την λεκάνη της Δυτικής Νισύρου σε βάθος 416 μέτρα η οποία βρίσκεται σε περιοχή με έντονο ενεργειακό περιβάλλον και διακόπτεται από ρήγμα το οποίο αναδύει τα ηφαιστειακά ιζήματα της Κονδελιούσας. Ο υποθαλάσσιος χώρος γύρω από την Κονδελιούσα χαρακτηρίζεται από υπερβολικές ανακλάσεις που αυτοεπικαλύπτονται, ακανόνιστου σχήματος με υπερυψωμένες κορυφές που φτάνουν μέχρι και τα 109μ κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και μαρτυρούν το ανώμαλο ανάγλυφο

TOMH 38-39

N

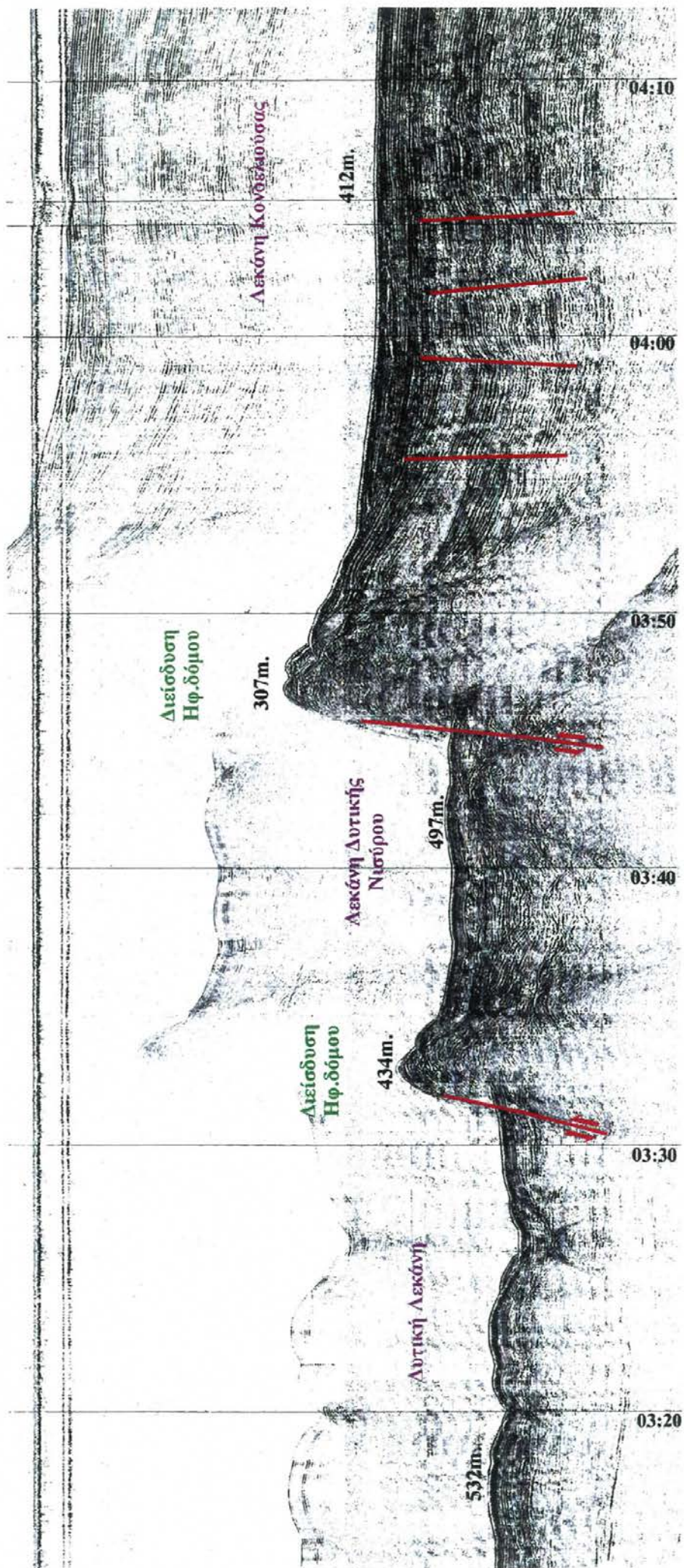


B

B

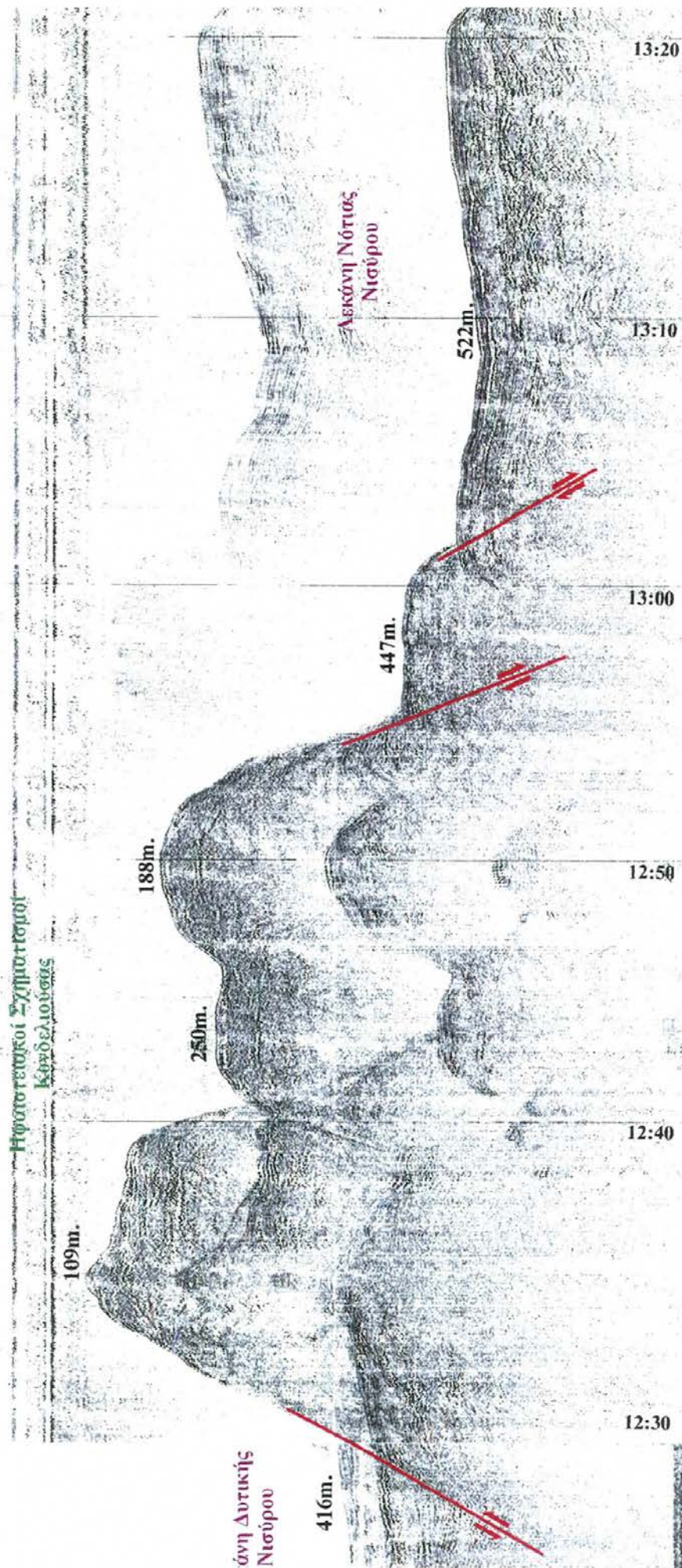
TOMH 55-56

N



ΤΟΜΗ 60-61

Α



του πυθμένα. Οι σεισμικές ανακλάσεις τέτοιου χαρακτήρα υποδηλώνουν διείδυση μάγματος με απουσία επιφανειακών ιζημάτων. Η εμφάνιση των ηφαιστειακών σχηματισμών οριοθετείται από ρήγματα προς Ανατολάς στην Λεκάνη Νότιας Νισύρου με βάθος πυθμένα 522 μέτρα.

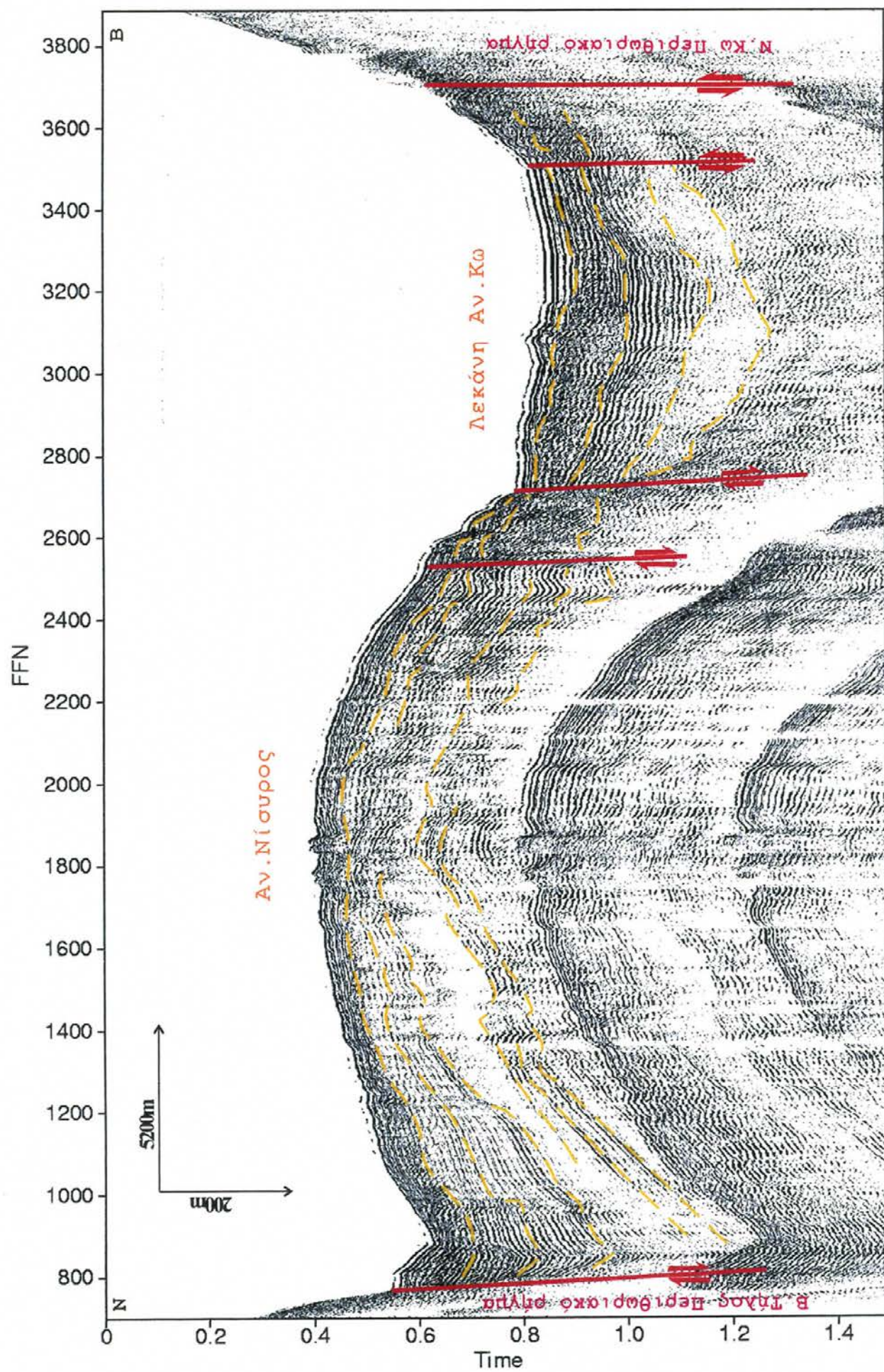
Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα παρακάτω τμήματα ορισμένων λιθοσεισμικών τομών από τα πολυκάνναλλα multi-channel air-gun (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΝΟΜΙΚΟΥ 2000), της περιοχής στα οποία έχουν σημειωθεί οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί και τα αντίστοιχα τμήματα των λεκανών ιζηματογένεσης.

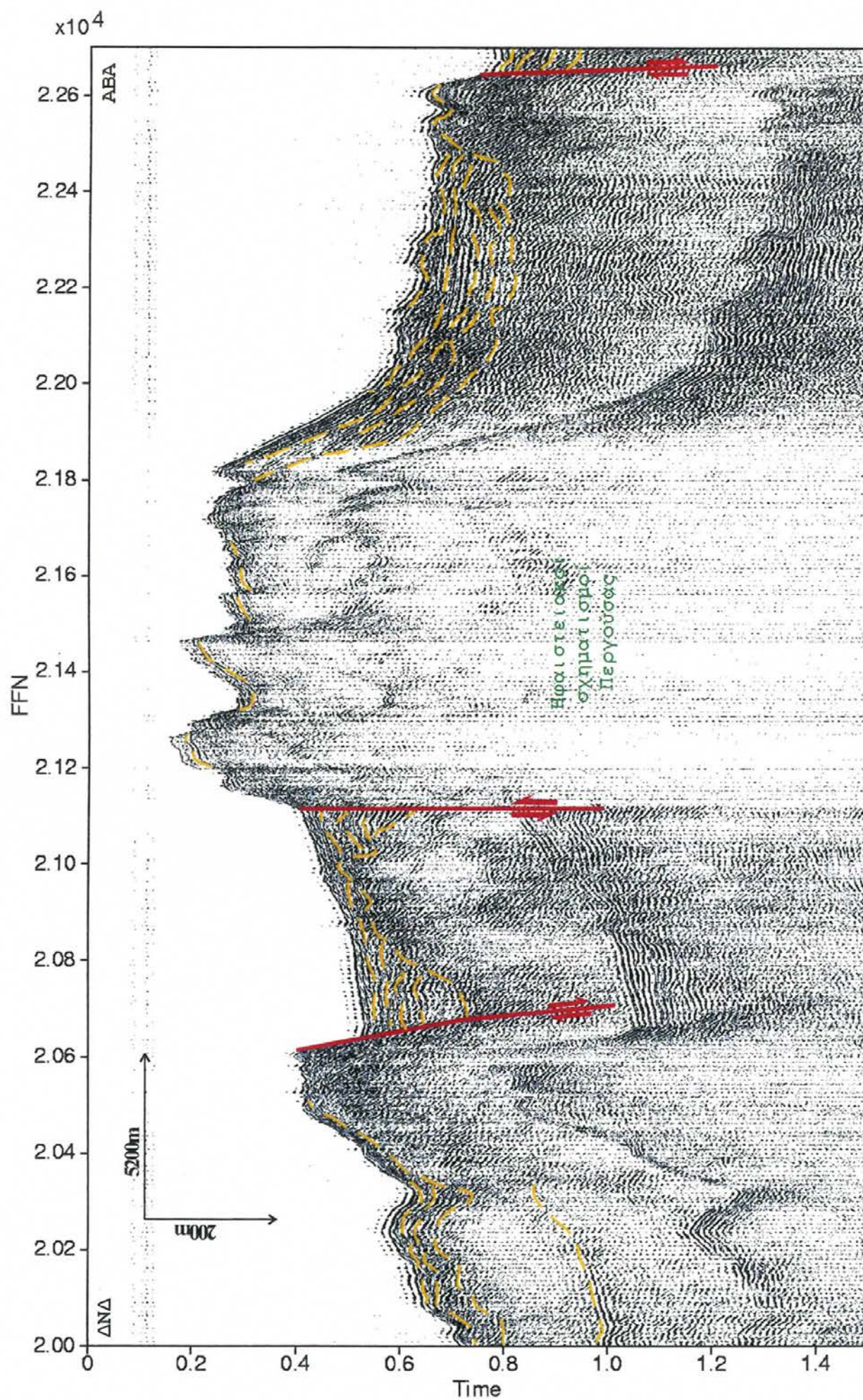
Η πρώτη λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση N-B και εντοπίζεται στην ανατολικά από την Νίσυρο. Αρχίζει βόρεια της νήσου Τήλου αποκαλύπτοντας το βόρειο περιθωριακό ρήγμα της Τήλου το οποίο διακόπτεται από τη συνέχεια του ηφαιστείου της Νισύρου, στη συνέχεια διακρίνονται οι στρωματογραφικοί ορίζοντες της Ανατολικής Λεκάνης της Κω και καταλήγει νότια της οροσειράς του Δικαίου στη Κω όπου αποκαλύπτεται το νότιο περιθωριακό ρήγμα της Κω που παρουσιάζει κατακόρυφο άλμα αρκετών μέτρων.

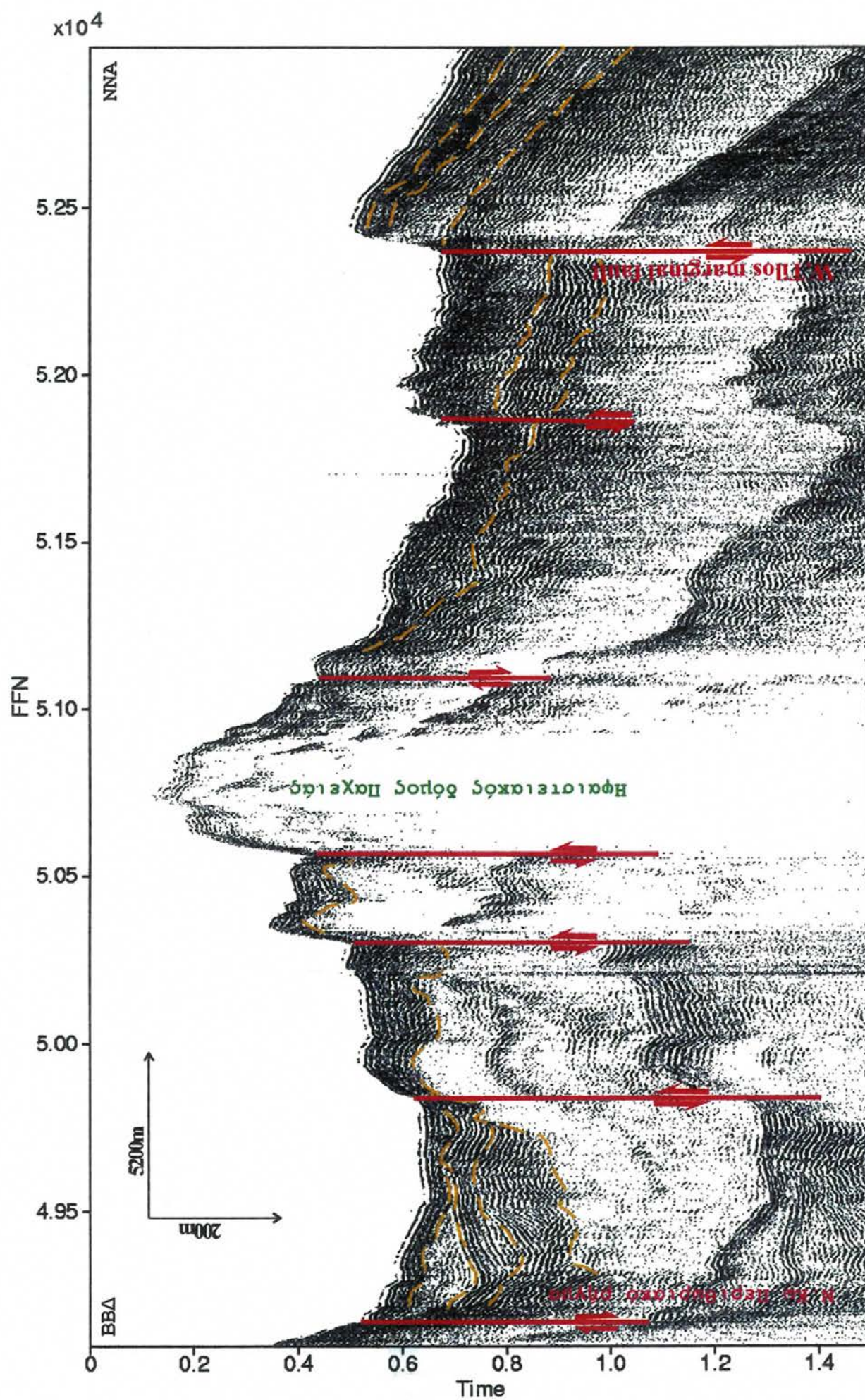
Η δεύτερη λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΒΑ στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης από τη χερσόνησο του Κέφαλου μέχρι και νότια της Περγούσας. Αρχίζει με το νότιο περιθωριακό ρήγμα της χερσονήσου του Κέφαλου το οποίο διακόπτει τα ιζήματα της Δυτικής Λεκάνης της Κω, στη συνέχεια αποκαλύπτονται οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί της βραχονησίδας Περγούσας με τις σεισμικές υπερβολικές ανακλάσεις και καταλήγει στους ηφαιστειοιζηματογενείς σχηματισμούς νότια της Νισύρου οι οποίοι διακόπτονται από τη δυτική συνέχεια του βόρειου περιθωριακού ρήγματος της Τήλου.

Η τρίτη λιθοσεισμική τομή έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και εκτείνεται ανατολικά του Κέφαλου, ανάμεσα στις βραχονησίδες Παχειά και περγούσα και καταλήγει βόρεια της Τήλου. Η τομή αρχίζει με το νότιο περιθωριακό ρήγμα της Κω το οποίο διακόπτει και διαταράσσει τη συνέχεια των στρωματογραφικών οριζόντων των ιζημάτων της Λεκάνης της Δυτικής Κω. Στη συνέχεια οι υπερβολικές ανακλάσεις οι οποίες διακόπτονται από μικρότερα ρήγματα μαρτυρούν την ύπαρξη του ηφαιστειακού δόμου της Παχειάς με μη απόθεση πρόσφατων ιζημάτων πάνω του. Στη συνέχεια επικρατεί ένα σύστημα ρηξιτεμαχών που καταλήγει στο βορειο περιθωριακό ρήγμα της Τήλου.

Συμπερασματικά η περιοχή μελέτης παρουσιάζει μία ιδιόμορφη στρωματογραφική ακολουθία ιζημάτων, η οποία χαρακτηρίζεται από τη διείδυση των ηφαιστειακών δόμων καθώς και από την διακοπή των στρωμάτων από τα







υποθαλάσσια ρήγματα. Η λιθοσεισμική στρωματογραφία της περιοχής, με τη βοήθεια των σεισμικών ανακλάσεων των λιθοσεισμικών τομών, περιλαμβάνει:

- 1) Ένα επιφανειακό στρώμα ιζημάτων με πάχος 50 μέτρων το οποίο εμφανίζεται σχεδόν σε όλη την έκταση της υπό μελέτης περιοχής και χαρακτηρίζεται από οριζόντιες, πυκνές και παράλληλες ανακλάσεις.
- 2) Ένα δεύτερο υποκείμενο στρώμα πιθανόν ηφαιστειοιζηματογενούς χαρακτήρα, με πάχος που δεν ξεπερνά τα 200 μέτρα και το οποίο αποτελείται από αραιές, αδρές, κυματοειδείς ανακλάσεις οι οποίες τις περισσότερες φορές παρουσιάζουν σχέση παραλληλίας μεταξύ τους.
- 3) Τέλος επικρατούν κυρίως σε βάθος, υπερβολικές ανακλάσεις ακανόνιστου σχήματος οι οποίες οριοθετούν τα δύο υπερκείμενα στρώματα ενώ σε ορισμένα τμήματα του φτάνουν μέχρι την επιφάνεια του πυθμένα χωρίς την ύπαρξη των δύο προηγούμενων σχηματισμών. Αυτές οι σεισμικές ανακλάσεις μαρτυρούν είτε διείδυση ηφαιστειακών δόμων είτε εμφάνιση ηφαιστειακών σχηματισμών (τόφοι, λάβες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

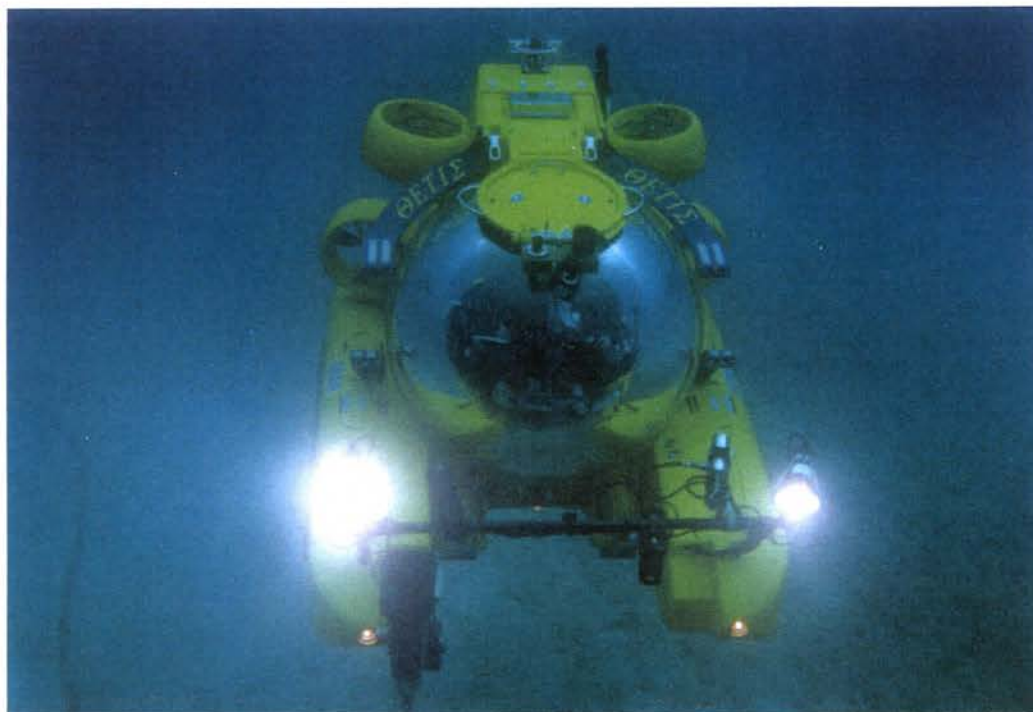
ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Διερεύνηση υποθαλάσσιου πυθμένα με το «ΘΕΤΙΣ»

Τον Απρίλιο του 2000 πραγματοποιήθηκαν έξι καταδύσεις με το βαθυσκάφος "ΘΕΤΙΣ" του Ε.Κ.Θ.Ε. σε βάθη από 100 έως 500μ. (Χάρτης) για τον εντοπισμό υποθαλάσσιων κρατήρων και την εξακρίβωση των ηφαιστειακών σχηματισμών (ΝΟΜΙΚΟΥ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1999,2000).

Τεχνικά χαρακτηριστικά βαθυσκάφους:

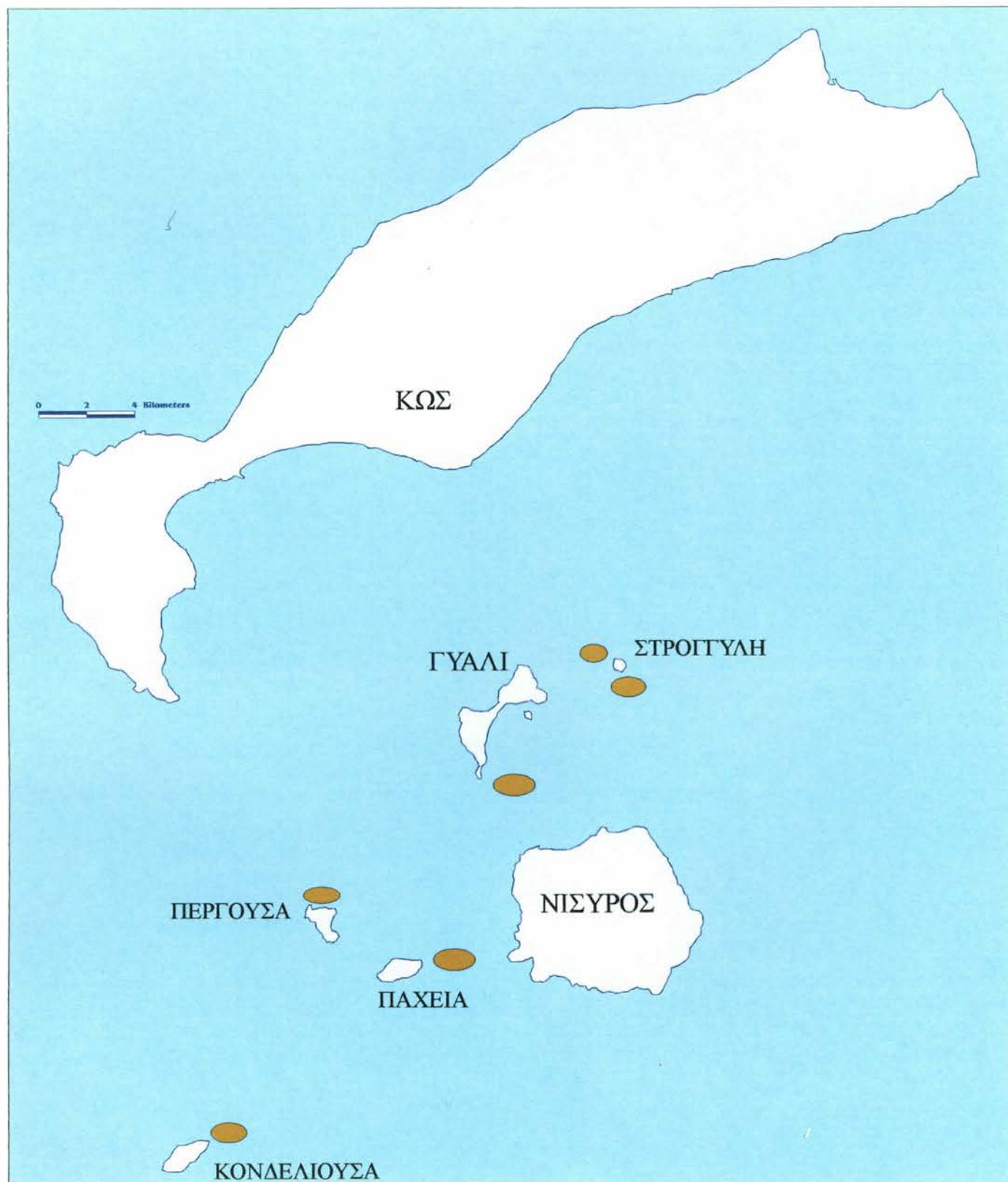
Έχει μήκος 3,4μ., πλάτος 2,4μ., ύψος 2,5., ζυγίζει 5.300 κιλά και η υποβρύχια ταχύτητά του είναι 2,5 κόμβοι. Διαθέτει θέσεις για δύο άτομα, έχει επιχειρησιακό βάθος 610 μέτρων και μπορεί να παραμείνει στο βυθό 8 με 9 ώρες. Το βαθυσκάφος κινείται από ισχυρές μπαταρίες ειδικού τύπου συνολικής ισχύος 160 volt. Η κάθοδος και η άνοδος του είναι ανεξάρτητη του ηλεκτρονικού του συστήματος και γίνεται με παροχή αέρα σε ειδική δεξαμενή έρματος. Διαθέτει προβολείς υψηλής τεχνολογίας ειδικά για φωτογράφιση και κινηματογράφιση καθώς επίσης και ειδικό τηλέφωνο για επικοινωνία με το ωκεανογραφικό «ΑΙΓΑΙΟ». Έχει δύο πολυαρθρωτούς βραχίονες για διάφορες εφαρμογές και εργασίες, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να ανασύρει αντικείμενα βάρους 100 κιλών. Το σημαντικότερο είναι ότι διαθέτει υπερσύγχρονο ηχοβολιστικό σόναρ, νέας υψηλής τεχνολογίας το οποίο παρέχει μεγάλη ασφάλεια σε περίπτωση μειωμένης ορατότητας.





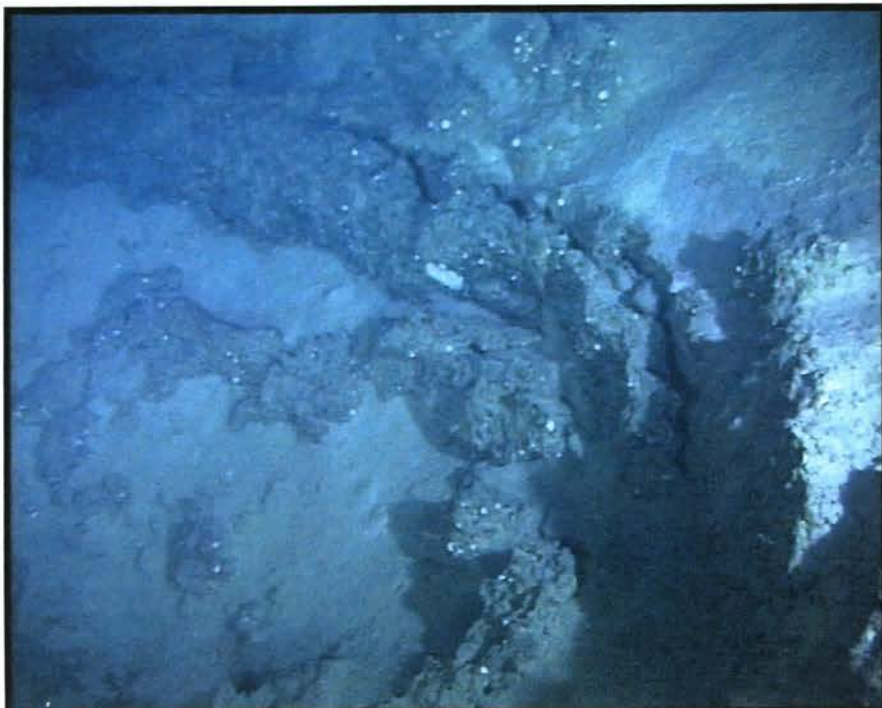
Εικόνες από την προετοιμασία του βαθυσκάφους για κατάδυση





● Περιοχές καταδύσεων με το βαθυσκάφος ΘΕΤΙΣ τον Απρίλιο του 2000..

Αντιπροσωπευτικές υποθαλάσσιες ψηφιακές φωτογραφίες από τις έξι καταδύσεις του βαθυσκάφους στο ηφαιστειακό πεδίο γύρω από την Νίσυρο.



Εικόνα 1: Άκρη ηφαιστειακού κρατήρα διαμέτρου 4,5μ και ύψους 2 μέτρων στον υποθαλάσσιο ηφαιστειακό δόμο ανατολικά της Κονδελιούσας σε βάθος 430 μέτρα.



Εικόνα 2: Μέρος του υποθαλάσσιου κρατήρα, 8-10μ. διάμετρο και ύψος 4 μ. δυτικά της Στρογγύλης σε βάθος 240 μέτρα.



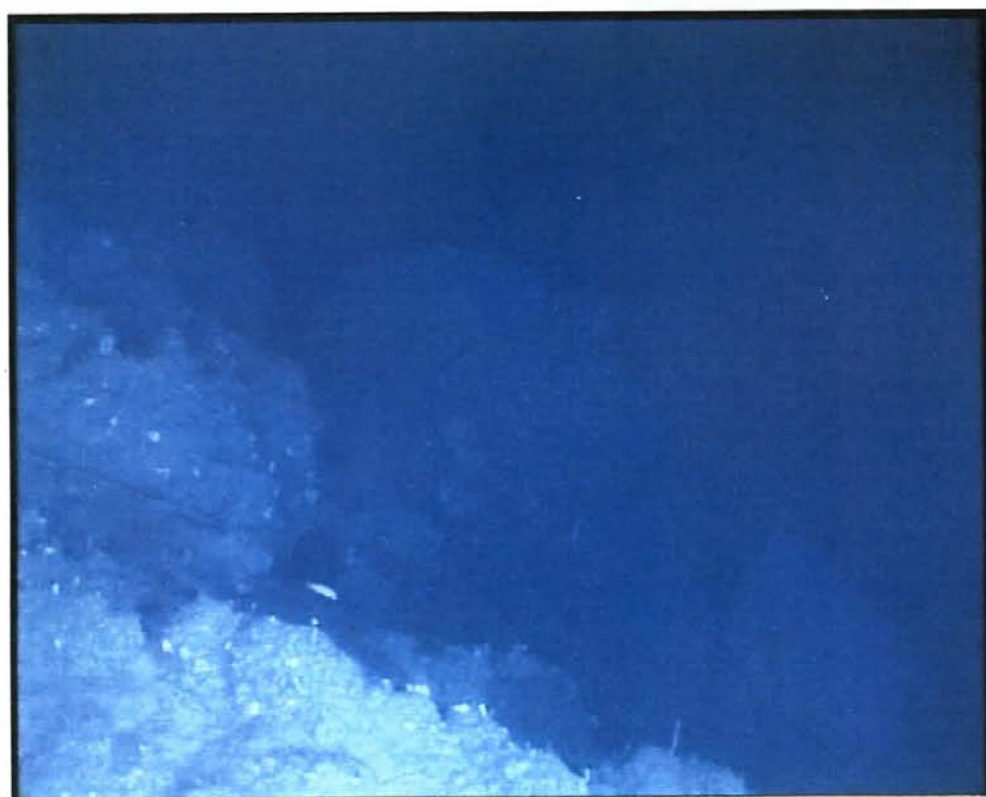
Εικόνα 3: Δειγματοληψία ηφαιστειακού υλικού από τις πλαγιές της Περγούσας σε βάθος 240 μέτρων.



Εικόνα 4: Σχισμή στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς της Περγούσας σε βάθος 340 μέτρων.



Εικόνα 5: Ρήγμα κατά μήκος της πλαγιάς του ηφαιστειακού κώνου της Στρογγύλης σε βάθος 300 μέτρων.



Εικόνα 6: Υποθαλάσσια κατολίσθηση στο ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ στον υποθαλάσσιο δίαυλο Γυαλιού-Νισύρου, βόρεια από το Μανδράκι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

- Νεοτεκτονικός Χάρτης
- Ηφαιστειακά Κέντρα

Νεοτεκτονικός Χάρτης

Σύμφωνα με την ερμηνεία όλων των λιθοσεισμικών τομών της περιοχής Κω-Νισύρου κατασκευάστηκε ένας χερσαίος-υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης κλίμακας 1:100.000, στον οποίον διακρίνονται οι υποθαλάσσιες λεκάνες ιζηματογένεσης, τα κύρια ρήγματα στη χέρσο και στον υποθαλάσσιο χώρο και οι υποθαλάσσιοι ηφαιστειακοί σχηματισμοί που εντοπίστηκαν .

Υποθαλάσσιες Λεκάνες ιζηματογένεσης

Στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται αρκετές λεκάνες ιζηματογένεσης η καθεμία από τις οποίες παρουσιάζει διαφορετική στρωματογραφική διάρθρωση, διαφορετικό συνολικό πάχος ιζημάτων, βάθος πυθμένα και διαφορετικά όρια, άλλοτε από ηφαιστειακούς σχηματισμούς και άλλοτε από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες.

Βόρεια της Στρογγύλης και νότια του ορεινού όγκου του Δικαίου εντοπίζεται η *Λεκάνη της Ανατολικής Κω*, η οποία δομείται από τρία σύνολα ανακλαστήρων με διαφορετική εντονότητα και συχνότητα ανακλάσεων και με πάχος ιζημάτων >450 μ. Το μέσο βάθος στο οριζόντιο τμήμα του πυθμένα της λεκάνης είναι περίπου 650μ. Βόρεια και νότια η λεκάνη οριοθετείται από κύρια περιθωριακά ρήγματα με γενική διεύθυνση Α-Δ.

Δυτικά από το Γυαλί μέχρι τη χερσόνησο του Κέφαλου, κυριαρχεί η *Λεκάνη της Δυτικής Κω* η οποία έχει πάχος ιζημάτων μεγαλύτερο από 600μ. και παρουσιάζει παραπλήσια στρωματογραφία με την λεκάνη της Ανατολικής Κω. Το όριο των δύο λεκανών τοποθετείται κοντά στο ακρωτήριο Χελώνα με αναθόλωση του πυθμένα και παρουσία κεκλιμένων ιζημάτων. Το μέσο βάθος της λεκάνης της Δυτικής Κω είναι μικρότερο αυτού της Ανατολικής Κω φθάνοντας τα 500 μέτρα περίπου.

Στο δυτικό τμήμα του χάρτη εντοπίζονται τμήματα μίας λεκάνης η οποία και προεκτείνεται ακόμη δυτικότερα από την περιοχή μελέτης σε μέσο βάθος περίπου 550-600 μέτρα. Χαρακτηρίζεται από τρία σύνολα ανακλάσεων με διαφορετικό χαρακτήρα και πάχος ιζημάτων που δεν ξεπερνά τα 300μ. Η λεκάνη διακόπτεται από ηφαιστειακούς σχηματισμούς οι οποίοι αποτελούν και φυσικό όριο με την λεκάνη της Δυτικής Νισύρου που αναπτύσσεται νοτιότερα.

Η *Λεκάνη της Δυτικής Νισύρου* δομείται από τρία σύνολα σεισμικών ανακλάσεων με διαφορετικό χαρακτήρα και με πάχος ιζημάτων μεγαλύτερο από 450μ. Το μέσο βάθος του πυθμένα στο οριζόντιο τμήμα της είναι περίπου 500μ. Η

Λεκάνη διακόπτεται απότομα στο νότιο τμήμα της εξαιτίας της διείδυσης ηφαιστειακού υλικού και την παρουσία ρήγματος με άλμα περίπου 300μέτρα στην περιοχή Κονδελιούσας. Δυτικά από την Κονδελιούσα υπάρχει τμήμα μιας υποθαλάσσιας λεκάνης η οποία παρουσιάζει μεγάλο πάχος οριζόντιων ιζημάτων με σαφή στρωμάτωση που ξεπερνά τα 600μ.

Ανατολικότερα από την Κονδελιούσα εντοπίζεται η Λεκάνη της *Νότιας Νισύρου* της οποίας το οριζόντιο τμήμα του πυθμένα βρίσκεται σε βάθος περίπου 560μ. και παρουσιάζει σχετικά μικρό πάχος ιζημάτων που δε ξεπερνά τα 300μ. Η λεκάνη αυτή εξαπλώνεται νότια από την περιοχή μελέτης και οριοθετείται γενικά από ηφαιστειακούς και ηφαιστειοιζηματογενείς σχηματισμούς.

Η μικρή Λεκάνη της *Παχειάς* εντοπίζεται βόρεια της αντίστοιχης βραχονησίδας και αναπτύσσεται σε ένα ρηξιτέμαχος το οποίο στρέφεται προς νότο με κεκλιμένο πυθμένα με μέσο βάθος περίπου 300μ. Σε έκταση είναι πολύ μικρότερη από τη λεκάνη της Δυτικής Κω από την οποία οριοθετείται από ρήγμα με άλμα μεγαλύτερο από 100μ. Το πάχος ιζημάτων της λεκάνης δε ξεπερνά τα 300μ. Το νότιο όριο της λεκάνης της Παχειάς είναι τεκτονικό και χαρακτηρίζεται από άλμα ρήγματος μεγαλύτερο από 100μ, οριοθετώντας τη λεκάνη από τη διείδυση των ηφαιστειακών σχηματισμών της Παχειάς.

Μια ακόμη μικρή λεκάνη ιζηματογένεσης, η Λεκάνη του *Διαύλου Γυαλιού-Νισύρου*, εντοπίζεται στον υποθαλάσσιο χώρο Νισύρου-Γυαλιού βόρεια του Μανδρακίου σε βάθος περίπου 230 μέτρων, συνολικής έκτασης περίπου 1,6 Km². Σε αυτήν εντοπίζεται αρχικά ένας επιφανειακός ορίζοντας με πάχος ιζημάτων 50 μέτρων και στη συνέχεια βαθύτερα ένας δεύτερος ορίζοντας με πάχος ιζημάτων που δεν ξεπερνά τα 150μ. Σε ορισμένα τμήματά της εμφανίζονται ηφαιστειακοί σχηματισμοί υποκείμενοι των δύο προηγούμενων οριζόντων.

Στο ανατολικό τμήμα του χάρτη και σε βάθος περίπου 400μ εντοπίζεται η Λεκάνη της *Ανατολικής Νισύρου* η οποία χαρακτηρίζεται από τρεις σεισμικές ενόχτητες. ενώ το μεγαλύτερο μέρος της αναπτύσσεται στα χωρικά ύδατα της Τουρκίας.

Επίσης προς τα ΒΔ της Τήλου παρατηρείται η Λεκάνη της *Τήλου* με πάχος ιζημάτων παρόμοιο με αυτό της Ανατολικής Νισύρου και μικρότερο μέσο βάθος πυθμένα περίπου 330μ. Το όριο των δύο λεκανών δεν είναι ευδιάκριτο από τις υπάρχουσες τομές και ίσως να εντοπίζεται στον υποθαλάσσιο χώρο της Τουρκίας.

Συστήματα ρηγμάτων στον υποθαλάσσιο χώρο

i) *Ρήγματα τα οποία οριοθετούν τις λεκάνες ιζηματογένεσης:* Τα κύρια περιθωριακά ρήγματα τα οποία οριοθετούν τις λεκάνες ιζηματογένεσης και απεικονίζονται στο χάρτη έχουν γενική διεύθυνση Α-Δ και παρουσιάζουν άλμα το οποίο ποικίλει από 100 έως και 300μ. Ωστόσο υπάρχουν και δευτερεύοντα συστήματα ρηγμάτων με γενική διεύθυνση Β-Ν όπως στο δίαυλο Νισύρου-Γυαλιού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης της περιοχής Λαγκάδι στο Μανδράκι, η οποία εντοπίζεται στον υποθαλάσσιο χώρο της λεκάνης του διαύλου Γυαλιού-Νισύρου, με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και με άλμα 100 μέτρα. Το μήκος και τα λοιπά χαρακτηριστικά του ρήγματος αντιστοιχούν σε σεισμικό δυναμικό μεγέθους περίπου 4,5 το οποίο και αντιστοιχεί στο μέγεθος του κύριου σεισμού της Νισύρου τον Ιούλιο του 1996 (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΝΟΜΙΚΟΥ 1998).

ii) *Ρήγματα τα οποία οριοθετούν ηφαιστειακούς σχηματισμούς:* Πολλά από τα κύρια ρήγματα αλλά και δευτερεύοντα ρήγματα οριοθετούν ηφαιστειακούς σχηματισμούς με διεύθυνση η οποία ποικίλει ανάλογα με τη γενικότερη διεύθυνση της εμφάνισης των ηφαιστειακών σχηματισμών.

Υποθαλάσσιοι ηφαιστειακοί σχηματισμοί

Ηφαιστειακοί σχηματισμοί ή ηφαιστειοιζηματογενείς σχηματισμοί εντοπίζονται κυρίως στο κεντροδυτικό τμήμα του χάρτη σε μια ευρεία ζώνη γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ γύρω από τις βραχονησίδες Κονδελιούσα, Παχεία και Περγούσα μέχρι την Νίσυρο και το Γυαλί έως την περιοχή γύρω από την βραχονησίδα Στρογγύλη. Επίσης καταλαμβάνουν τον υποθαλάσσιο χώρο νότια από το ακρωτήριο του Κρίκελλου της ΝΔ Κω. Μεμονωμένες εμφανίσεις ηφαιστειακών εντοπίζονται επίσης ανατολικά και νότια της Νισύρου με διαφορετικό χαρακτήρα ανάκλασης από πυκνές περιθλάσεις.

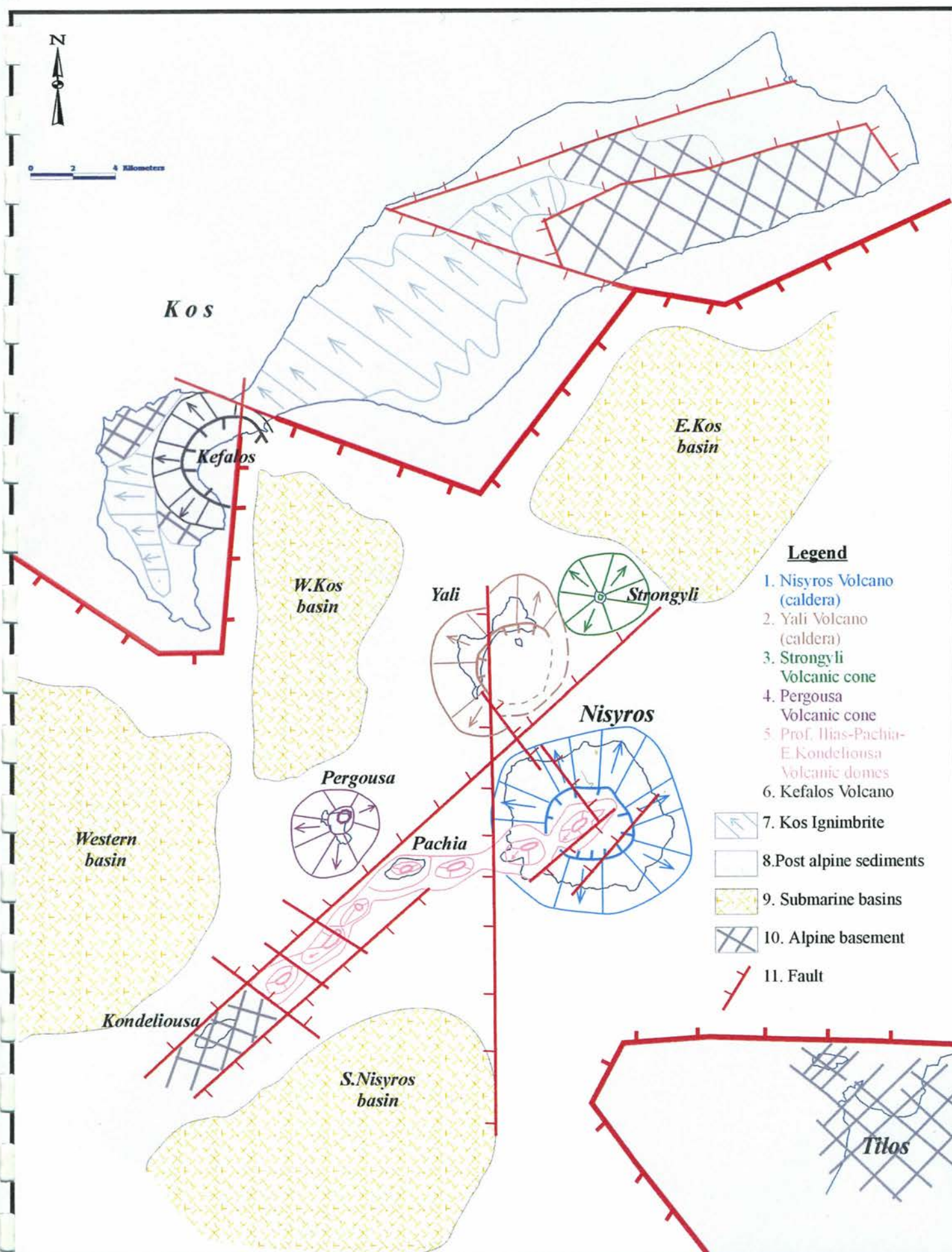
Ηφαιστειακά Κέντρα

Μέχρι πρόσφατα μόνο η Νίσυρος και το Γυαλί θεωρούνταν από τη διεθνή βιβλιογραφία ως πρόσφατα ή ενεργά ηφαίστεια στο ανατολικό άκρο του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου. Από τις παρατηρήσεις ωστόσο τόσο στη χέρσο όσο και στον υποθαλάσσιο χώρο, κατά τη διάρκεια του ερευνητικού προγράμματος, συμπεραίνουμε ότι μετά την ηφαιστειακή έκρηξη στη χερσόνησο του Κέφαλου, πριν από 500.000 χρόνια και την τεράστια ηφαιστειακή έκρηξη στην Κω πριν από

165.000 χρόνια, που είχε σαν αποτέλεσμα την απόθεση του στρώματος του ιγνιμβρίτη, η ηφαιστειότητα συνεχιζόταν στον υποθαλάσσιο χώρο γύρω από την Νίσυρο από ξεχωριστά ηφαιστειακά κέντρα τα οποία παρουσιάζουν διαφορετική γεωμετρία και εξέλιξη. Τα ηφαιστειακά κέντρα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΝΟΜΙΚΟΥ 2000,2001) παρουσιάζονται στον χάρτη που ακολουθεί και είναι:

- Το ηφαίστειο της Νισύρου το οποίο χαρακτηρίζεται ως στρωματοηφαίστειο και ο κώνος του καταστράφηκε από κάποια ηφαιστειακή έκρηξη δίνοντας του τη σημερινή μορφή της καλδέρας. Ο μεγαλύτερος και πιο πρόσφατος κρατήρας βρίσκεται μέσα στην περιοχή της καλδέρας.
- Το ηφαίστειο του Γυαλιού, το οποίο αποτελεί τμήμα κάποιας βυθισμένης καλδέρας. Τα δύο τμήματά τα οποία αποτελούνται από διαφορετικούς σχηματισμούς χωρίζονται από ένα ρήγμα με διεύθυνση Β-Ν, το οποίο προϋπήρχε πριν τη δημιουργία της καλδέρας. Το δυτικό Γυαλί δομείται από δύο ορίζοντες ελαφρόπετρας ενώ το Ανατολικό Γυαλί είναι εξολοκλήρου από οψιδιανό, ο οποίος καλύπτεται σε ορισμένα τμήματά του από ελαφρόπετρα.
- Ο ηφαιστειακός κώνος της Στρογγύλης, ο οποίος ξεκινά υποθαλάσσια από βάθος -600 μέτρα μέχρι +120 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, δημιουργώντας τη σημερινή βραχονησίδα. Στην κορυφή της Στρογγύλης υπάρχει ένας κρατήρας διαμέτρου 300 μέτρων.
- Ο ηφαιστειακός κώνος της Περγούσας, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως στρωματοηφαίστειο, και δομείται από εναλλαγές λάβας και ελαφρόπετρας.
- Ο ηφαιστειακός δόμος του Προφήτη Ηλία στην Νίσυρο και ο ηφαιστειακός δόμος της Παχείας και ο υποθαλάσσιος ηφαιστειακός δόμος ανατολικά της βραχονησίδας Κονδελιούσας βρίσκονται σε μετακαλδερικό στάδιο στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής.

Ακολουθούν χαρακτηριστικές φωτογραφίες των ηφαιστειακών κέντρων της περιοχής μελέτης, οι οποίες πάρθηκαν από τις πολυάριθμες επισκέψεις στην περιοχή αλλά και κατά τη διάρκεια των ωκεανογραφικών ταξιδιών.





Εικόνα 1: Το ηφαιστειακό νησάκι Γυαλί, όπως διακρίνεται στον υποθαλάσσιο χώρο βόρεια της Νισύρου ενώ στο βάθος διακρίνεται το τέμαχος της Αντιμάχειας στην Κω, το οποίο καλύπτεται από τον ιγνιμβρίτη ηλικίας 165.000 χρόνων.



Εικόνα 2: Ο ηφαιστειακός κώνος της Στρογγύλης όπου διακρίνεται στην κορυφή του κρατήρας 300 μέτρων



Εικόνα 3: Ο ηφαιστειακός κώνος της Περγούσας, ο οποίος δομείται από εναλλαγές λάβας και ελαφρόπετρας.



Εικόνα 4: Ο ηφαιστειακός δόμος της Παχείας, δυτικά της Νισύρου, καλυπτόμενος από στρώμα κίσηρης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπεράσματα

Ο υποθαλάσσιος χώρος μεταξύ των νησιών Κω και Τήλου-Κονδελιούσας παρουσιάζει έντονο επιστημονικό ενδιαφέρον διότι αποτελεί το ανατολικότερο σημείο του Ελληνικού ηφαιστειακού τόξου όπου η ηφαιστειότητα κυριαρχεί και αλληλεπιδρά με την τεκτονική της περιοχής, συνθέτοντας ένα πολύπλοκο γεωδυναμικό μοντέλο.

Ο συνδιασμός της βαθυμετρίας με την γεωλογία των νησιών δείχνει ότι ο χώρος γύρω από τα ηφαιστειακά νησιά Νίσυρος, Γυαλί, Παχειά, Περγούσα, Κονδελιούσα χαρακτηρίζεται από μικρά βάθη λόγω εμφάνισης ηφαιστειακών σχηματισμών, οι οποίοι παρουσιάζουν αντικλινική μορφή δόμων και των οποίων οι κορυφές εξέρχονται και πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Το ανάγλυφο του πυθμένα γύρω από τις βραχονησίδες είναι απότομο όπως το μαρτυρούν οι πυκνές ισοβαθείς, ακολουθώντας την έντονη μορφολογία της ξηράς, σε αντίθεση με τις υποθαλάσσιες λεκάνες που παρουσιάζουν ήπιο ανάγλυφο πυθμένα και αραιές ισοβαθείς. Επομένως η μοναδικότητα του υποθαλάσσιου αναγλύφου έγκειται στο γεγονός ότι οι υπάρχουσες ανωμαλίες-εξάρματα του πυθμένα οφείλονται στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς και δεν αποτελούν απλές μορφολογικές εξάρσεις λόγω άλλων γεωλογικών-τεκτονικών δομών όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές του υποθαλάσσιου Ελληνικού χώρου.

Τα όρια των επί μέρους λεκανών ιζηματογένεσης είναι κυρίως ηφαιστειακοί σχηματισμοί οι οποίοι διακόπτουν την συνέχεια των ιζημάτων της λεκάνης και τις περισσότερες φορές συνδέονται με περιθωριακά ρήγματα. Οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί που εντοπίζονται στον υποθαλάσσιο χώρο, αποτελούν μια ζώνη μήκους περίου 35 χλμ. με γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ από τη βραχονησίδα Στρογγύλη μέχρι και δυτικότερα από την Κονδελιούσα εκτός περιοχής μελέτης. Η απουσία επιφανειακού στρώματος ιζημάτων πάνω στους ηφαιστειακούς σχηματισμούς μαρτυρά την πρόσφατη ηλικία σχηματισμού τους ενώ τις περισσότερες φορές αποτελούν πιθανή συνέχεια των χερσαίων ηφαιστειακών.

Η προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης της περιοχής Λαγκάδι στο Μανδράκι, εντοπίζεται στον υποθαλάσσιο χώρο του διαύλου Γυαλιού-Νισύρου, με γενική διεύθυνση Β-Ν και με άλμα 100 μέτρα. Το μήκος και τα λοιπά χαρακτηριστικά του ρήγματος αντιστοιχούν σε σεισμικό δυναμικό περίπου 4,5 R, το οποίο και αντιστοιχεί στο μέγεθος του κύριου σεισμού τον Ιούλιο του 1996. Πιθανόν η προέκταση του υποθαλάσσιου ρήγματος που οριοθετεί ανατολικά την μικρή λεκάνη ιζηματογένεσης να συσχετίζεται με τη διάρρηξη στο μέσο της νησίδας Γυαλί δεδομένου ότι συμφωνεί και από κινηματική και από

δυναμική άποψη, βυθίζοντας το δυτικό τμήμα της Λεκάνης και αναδύοντας το ανατολικό τέμαχος. Δεν υπάρχουν μεγάλα άλλα ρήγματα στον υποθαλάσσιο χώρο που να μπορούν να δώσουν μεγαλύτερους σεισμούς των 4,5R. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονη ηφαιστειότητα και έντονο ανάγλυφο είτε χερσαίο είτε υποθαλάσσιο.

Το αλπικό υπόβαθρο στην Κω εμφανίζεται μέχρι και 800 μέτρα υψόμετρο (Δικαίος) και στην Τήλο μέχρι και 500 μέτρα ενώ εντοπίζεται σε βάθη μεγαλύτερα από 1000 μέτρα κάτω από τη στάθμη της θάλασσας στις μεγάλες υποθαλάσσιες λεκάνες ιζηματογένεσης. Το γεγονός αυτό μαρτυρά τη δομή της περιοχής μελέτης η οποία χαρακτηρίζεται ως μια μεγάλη τεκτονική τάφρος με γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ με όρια μεγάλα περιθωριακά ρήγματα τα οποία έχουν βυθίσει το αλπικό υπόβαθρο ανάμεσα στην υποθαλάσσια περιοχή Κω-Τήλου. Η τεκτονική τάφρος ωστόσο διακόπτεται από πρόσφατες διεισδύσεις μάγματος κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς, το οποίο άλλοτε φτάνει πάνω της στην επιφάνεια της θάλασσας και σχηματίζει τα υπάρχοντα ηφαιστειακά νησιά και άλλοτε βρίσκεται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας υπό μορφή δόμων σε αβαθείς περιοχές. Έτσι, η άλλοτε εννιαία υποθαλάσσια λεκάνη έχει διαχωριστεί σε επιμέρους μικρότερες λεκάνες οι οποίες δε παρουσιάζουν την νεοτεκτονική γεωμετρία σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ η οποία χαρακτηρίζει την ευρύτερη περιοχή της οπισθοτάφρου και του ηφαιστειακού τόξου του σύγχρονου Ελληνικού ορογενετικού τόξου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ALLEN, S., CAS, R.A.F. (1998): Rhyolitic fallout and pyroclastic density current from a phreatoplinian eruption in the eastern Aegean Sea, Greece. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 86, p.219-251.

ALLEN, S., CAS, R.A.F. (1998): Lateral variations within coarse co-ignimbrite lithic breccias of the Kos Plateau Tuff, Greece. *Bull. Volcanol.* 59, p.356-377.

ALLEN, S., STADLEBAUER, E. & KELLER, J. (1999): Stratigraphy of the Kos Plateau Tuff: product of a major Quaternary explosive rhyolitic eruption in the eastern Aegean, Greece. *Geol. Rundsch* 88.

ALTHERR, R., KREUZER, M., WENDT, I., LENTZ, M., WAGNER, G., KELLER, J., MARRE, W., MOHNDORF, A. (1982): A late Oligocene/early Miocene high temperature belt in the Attic-Cycladic crystalline complex (SE Pelagonian, Greece). *Geol. Jb.*, E237, 97-164.

BESENECKER & OTTE (1977): Late Cenozoic sedimentary history and Paleogeography of Kos, Aegean Sea. In KALLERGIS, G., (Ed.): *Proc. VI Coll. Geol. Aegean Region, Athens 1977*: 451-457.

CHIODINI, G., CIONI, R., LEONIS, C., MARINI, L. & RACO, B. (1993): Fluid geochemistry of Nisyros island, Dodecanese, Greece. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 56, p.95-112.

ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Γ. (1958): Η νήσος Νίσυρος. 'Νισυριακά Χρονικά'. *Τεύχη* 21,22,23, Αθήνα.

DAVIS, E.N., (1967): Zur Geologie und Petrologie der Inseln Nisyros und Jali (Dodecanes). *Praktika Acad. Athens*, 42, p.235-252.

DIETRICH, V.J., KIPFER, R. & SCHWANDNER, F. (1998): Mantle-derived gases in the South Aegean volcanic arc: Indicators for incipient magmatic activity and deep crustal movements. *NEWSLETTER of the European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes No2*, p.28-32.

DESIO, A., (1931): Le isole italiane dell'Egeo. *Memur. Carta Geol. d'Italia*, 24.

DI PAOLA, U., (1974): Volcanology and Petrology of Nisyros Island (Dodecanne, Greece). *Mem. Inst. Geol. Univ. Padova* 7.

DURR, S., ALTHERR, R., KELLER, J., OKRUSCH, M. & E., SEIDEL (1978): The Median Crystalline Belt: Stratigraphy, Structure, Metamorphism, Magmatism. In CLOSS, H. et al (eds): *Alps, Apennines, Hellenides*, 455-477.

FYTIKAS, M., GULIANI, O., INNOCENTI, F., MARINELLI, G. and MAZZUOLI, R., (1976): Geochronological data on recent magmatism of the Aegean sea. *Tectonophysics*, 31, 29-34.

FYTIKAS, M., INNOCENTI, F., MANETTI, P., MAZZUOLI, R., PECERILLO, A. and VILLARI, L. (1984): Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. In: *Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. *Geol. Soc., Sp. publ.* 17, 687-699.

HARDIMAN, J.C. (1996): Volcanology and dating of the caldera phase eruptions on Nisyros Volcano, Greece. *Proc. Course: The*

mitigation of volcanic hazards. European Commission D.G.SR&D, p.519-522.

KELLER, J., (1969): Origin of the Rhyolites by Anatectic Melting of Granitic Crustal Rocks-The example of rhyolitic pumice from the island of Kos (Aegean Sea).Bull. Volc. 33, 942-959.

LAGIOS E. (1998): Intense crustal deformation rates on Nisyros island (Greece), deducted from GPS studies, may foreshadow a forthcoming volcanic event. The second international conference on earthquake hazard and seismic risk reduction. Armenia.

LAGIOS, E. & APOSTOLOPOULOS, G. (1995): Integrated geophysical study of the geothermal system in the southern part of Nisyros Island, Greece. Journal of Applied Geophysics 34, p.55-61.

LAGIOS, E., CHAILAS, S., GIANNOPOULOS, I. & SOTIROPOULOS, P. (1998): Surveillance of Nisyros Volcano: Establishment and remeasurement of G.P.S. and radon networks. Bull Geol. Soc. Greece, 32, p.215-227.

LYKOUSSIS, V., PAVLAKIS, P., PAPANIKOLAOU, D., CHRONIS, G., ANAGNOSTOU, C., ROUSSAKIS, G & SYSKAKIS, D. (1988):Neotectonic structure and evolution of the Western Saronikos Gulf.XXXI Congress of CIESM, Athens 1988, Rapp. Comm. int. Mer Mediter., 31, 2, p. 98.

MARINI, L., PRINCIPE, C., CHIODINI, G., CIONI, R., FYTIKAS, M. & MARINELLI, G. (1993): Hydrothermal eruptions of Nisyros (Dodecanese, Greece). Past events and present hazard. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 56, p.71-94.

MARTELLI, A., (1917): II gruppo erittive di Nisiro nel mare Egeo.Mem. Soc. Ital. Sc. detta dei XL, Serie 3a, T. XX.

NOMIKOU, P. (2001): Morphotectonic structures at the eastern edge of the boundary between Cretan back-arc and the Aegean Volcanic Arc, using swath bathymetric data. E.U.G.11, Strasbourg, J.Conf. Symposium:LS03, Abstracts p.315.

NOMIKOU, P. & PAPANIKOLAOU D. (1998): Active Geodynamics at Nisyros, the eastern edge of the Aegean Volcanic Arc. 3rd Conference on the Geology of East Mediterranean, September, Cyprus, Proceedings, p.97-103.

NOMIKOU P., PAPANIKOLAOU D. & LAGIOS E., (1999): Seismic and Volcanic Hazard in Nisyros, based on Neotectonic Analysis and G.P.S. Measurements. E.U.G.10, Strasbourg, J.Conf. Abs., 4, 547-548.

NOMIKOU P. & PAPANIKOLAOU D., (1999): Detection of submarine volcanoes in the Kos-Nisyros area. Newsletter of the European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes, No 3, 12-14.

NOMIKOU, P. & PAPANIKOLAOU D., (2000): Submarine survey of the volcanic centres around Nisyros island using multi beam system and the submersible Thetis. International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, Izmir, Turkey, Abstracts p.198.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986): Γεωλογία Ελλάδος 240 σελ.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1993): Geotectonic evolution of the Aegean. Bull.Geol.Soc.Greece, vol.XXVIII/1, 33-48, Μάιος 1993.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΧΡΟΝΗΣ, Γ., ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π., ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β., ΡΟΥΣΣΑΚΗΣ, Γ. & ΣΥΣΚΑΚΗΣ, Δ. (1988): Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός χάρτης Ανω Μεσσηνιακού Κόλπου. Κλίμακα 1/100.000, ΟΑΣΠ- ΕΚΘΕ- Παν/μιο Αθηνών.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΧΡΟΝΗΣ, Γ., ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β., ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π., ΡΟΥΣΣΑΚΗΣ, Γ. & ΣΥΣΚΑΚΗΣ, Δ. (1989): Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός χάρτης Σαρωνικού Κόλπου. Κλίμακα 1/100.000, ΟΑΣΠ-ΕΚΘΕ-Παν/μιο Αθηνών.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΧΡΟΝΗΣ, Γ., ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β., ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π., ΡΟΥΣΣΑΚΗΣ, Γ. & ΣΥΣΚΑΚΗΣ, Δ. (1989): Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός χάρτης Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου. Κλίμακα 1/100.000, ΟΑΣΠ-ΕΚΘΕ-Παν/μιο Αθηνών.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. & ΛΕΚΚΑΣ, Ε. με τη συμβ. Δ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ, (1991): Γεωλογική δομή και εξέλιξη του ηφαιστείου της Νισύρου. 5ο Συν. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., Θεσ/νίκη, 1990, Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 25/1, 405-419.

PAPANIKOLAOU, D., LYKOUSIS, V., CHRONIS, G., PAVLAKIS, P. (1988): A comparative study of neotectonic basins across the Hellenic Arc: The Messiniakos, Argolikos, Saronikos and Southern Evoikos Gulfs. Basin Research, 1/3, 167-176.

PAPANIKOLAOU, D., and LEKKAS, E. (1990): Miocene Tectonism in Kos, Dodekanese islands. IESCA, Izmir 1990, Abstracts, 179-180.

PAPANIKOLAOU, D., LEKKAS, E. & SAKELLARIOU, D. (1995): Tectonic units and terrane analysis in Rodos and adjacent Dodekanes islands, Greece. XV Congress Carpatho-Balkan Geological Association, Symposium on Tectono-stratigraphic Terrane, Athens, Abstracts, p. 20.

PAPANIKOLAOU, D., CHRONIS, G. & METAXAS CH., (1994): Neotectonic structure of the Argolic Gulf, 7th Congress of the Geological Society of Greece, Abstracts, p. 63.

PAPANIKOLAOU D. & collaborators, (1998): Monitoring of Seismic Activity along the Aegean Volcanic Arc: with focus on the eastern part of the arc in Kos and mainly Nisyros Islands. Newsletter of the European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes, 2, 10-35.

PAPANIKOLAOU D., & NOMIKOU, P. (1998): Morphotectonics of Kos Island, Dodekanese, Greece. 15th Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, Vienna, August, Abstracts p.454.

PAPANIKOLAOU D. & NOMIKOU P., (1999): The Palaeozoic of Kos: "A low grade metamorphic unit of the basement of the External Hellenides Terrane." I.G.C.P. Project 276 Newsletter, No 6, 155-166.

PAPANIKOLAOU D. & NOMIKOU P., (2000): Tectonic structure and volcanic centres at the eastern edge of the Aegean Volcanic Arc. International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, Izmir, Turkey, Abstracts p.49.

PAPANIKOLAOU D., & NOMIKOU., P. (2001): Tectonic structure and Volcanic centres at the eastern edge of the Aegean Volcanic Arc around Nisyros Island. Bull.Geol.Soc.Greece, vol.XXXIV/1, 289-296, Athens, September 2001.

ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π., ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β., ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. & ΧΡΟΝΗΣ, Γ. (1989): Ανακάλυψη ενός υποθαλάσσιου ηφαιστειακού κέντρου στο δυτικό Σαρωνικό. Γεωενημέρωση, 4, 4, Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 24.

PASTEELS, P., KOLIOS, N., BOVEN, A., SALIBA, E. (1986): Applicability of the K-AR method to the whole-rock samples of acid lava and pumice: case of the Upper samples of acid lava and pyroclasts on Kos Island, Aegean Sea, Greece. Chem. Geol., V 57, pp. 145-154.

WILLMANN, R. (1983): Neogen und jungtertiäre Entwicklung der Insel Kos (Agais, Griechenland). Geologische Rundschau, 72, 3, 815-860.