

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΩΝ
ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ
ΤΩΝ ΚΟΛΠΩΝ ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ-Ν.ΕΥΒΟΙΚΟΥ-ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΟΥ

Αρ. Πρωτ. 901/5.7.89

ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

ΤΕΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

α π ό

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

σε συνεργασία με το

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΙΟΣ 1989

54/α

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ	ΕΠΙΣΤΗΜΙΚΟΥ
ΕΚΕΔ	ΣΕΥΣ
(Ο Α 2 Π.)	
ΑΡΙΘΜ ΠΡΩΤ	906
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	5-7-89

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ:

Δρ. Β. ΛΥΚΟΥΣΗΣ
Αναπλ. Καθ. Δρ. Δ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ
Π. ΠΑΥΛΑΚΗΣ (M. Sc.)
Δρ. Γ. ΧΡΟΝΗΣ (συντονιστής Προγράμματος).

ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

Μ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΗ
Γ. ΡΟΥΣΣΑΚΗΣ
Δ. ΣΥΣΚΑΚΗΣ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

Κ. ΧΡΟΝΗΣ
Π. ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη διερεύνησης των ενεργών ρηγμάτων του Σαρωνικού κόλπου εντάσσεται και αυτή στο γενικό πρόγραμμα "Διερεύνηση των υποθαλάσσιων ενεργών ρηγμάτων των κόλπων Μεσσηνιακού, Σαρωνικού, Ν. Ευβοϊκού", που εκτελέστηκε από το ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ σε συνεργασία με το ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ (Τομέας Δυναμικής Γεωλογίας και Τεκτονικής) για λογαριασμό του ΟΑΣΠ.

Οι εργασίες πεδίου στην περιοχή του Σαρωνικού κόλπου άρχισαν τον Ιούλιο του 1986 και ολοκληρώθηκαν στα τέλη του 1988.

Οι εργασίες αυτές που πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του Ω/Κ σκάφους "ΑΙΓΑΙΟ" είχαν στόχο την γεωφυσική διασκόπηση του πυθμένα του κόλπου και σκοπό την αξιολόγηση όλων των γεωλογικών-γεωφυσικών δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά την πορεία αυτή των εργασιών ως προς την συνολική διερεύνηση και εκτίμηση των υποθαλάσσιων ενεργών ρηγμάτων που συνθέτουν την όλη τεκτονική δομή του κόλπου.

Σαν όργανα διασκόπησης των υποστρωμάτων του πυθμένα του κόλπου χρησιμοποιήθηκαν συστήματα συνεχούς σεισμικής ανάκλασης.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν:

- 1) Το σύστημα AIR-GUN (Model BOLT) πέντε, δέκα και σαράντα κυβικών ιντσών.
- 2) Το σύστημα SPARKER (Model SIG) μεταβλητής ισχύος (125-9000 Joules).

Όργανο καταγραφής χρησιμοποιήθηκε το EPC Recorder Model 4603.

Η βυθομετρία της περιοχής καλύφθηκε με την χρησιμοποίηση ενός βυθόμετρου τύπου NARROW-BEAM (Model FURUNO FF824) μικρής γωνίας ηχητικής δέσμης (περίπου 4°).

Σαν σύστημα προσανατολισμού-πλοήγησης χρησιμοποιήθηκε κυρίως το RADAR του Ω/Κ σκάφους "ΑΙΓΑΙΟ".

Το υλικό που συγκεντρώθηκε από τις γεωλογικές και γεωφυσικές εργασίες πεδίου (διαδρομές που ξεπερνούν τα 120 ναυτικά μίλια) αναλύθηκε και μελετήθηκε κατάλληλα επιτρέποντας έτσι την παρουσίαση μίας συνολικής συνθετικής εικόνας όπως αυτή εμφανίζεται στον υποθαλάσσιο νεοτεκτονικό χάρτη που επισυνάπτεται στην παρούσα έκθεση.

Τέλος θεωρούμε σκόπιμο να αναφέρουμε ότι η εκτύπωση του συνθετικού αυτού χάρτη σε κλίμακα 1:100.000 αποτελεί έναν νεωτερισμό στον χώρο της Ελληνικής Εφαρμοσμένης Ερευνας που καλύπτει η υποθαλάσσια Γεωλογία και Γεωφυσική, τόσο σε επίπεδο Εθνικής Ερευνας, όσο και διεθνούς για τον συγκεκριμένο χώρο της Ανατολικής Μεσογείου.

Η ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

Η μορφολογία του πυθμένα του Σαρωνικού κόλπου χαρακτηρίζεται από μία πολυμορφία τέτοια ώστε να διακρίνεται εύκολα το Δυτικό από το Ανατολικό τμήμα. Συγκεκριμένα ο Δυτικός Σαρωνικός οριοθετείται από τον Ανατολικό από μία αβαθή, σχεδόν επίπεδη περιοχή με βάθη μικρότερα των 110 m, που συνδέει την Χερσόνησο των Μεθάνων με τα νησιά Αγκίστρι και Αίγινα και στην συνέχεια με την Σαλαμίνα και την περιοχή των Μεγάρων. Δυτικά της Αίγινας και του Αγκίστρι η αβαθής αυτή επίπεδη έκταση συνεχίζεται σε απόσταση περίπου 5 km από τις Πελοποννησιακές ακτές του Σαρωνικού όπου το βάθος αυξάνει σημαντικά στα 200 έως 300 m. Οι νησίδες Σπαλαθονήσι και Κυρά στα νότια και Άγιος Θωμάς, Τραχονήσι κ.λ.π. στα βόρεια, οριοθετούν την επίπεδη αβαθή έκταση προς τα δυτικά με μία διεύθυνση Β-Ν. Η δυτικά της επίπεδης έκτασης αυτής περιοχή, σχηματίζει μία επιμήκη αύλακα με διεύθυνση Β-Ν που αναπτύσσεται παράλληλα προς τις ακτές της Πελοποννήσου και η οποία ενώνει τις δύο μεγάλες λεκάνες του Δυτικού Σαρωνικού. Η βόρεια λεκάνη των Μεγάρων έχει διεύθυνση Α-Δ αρχίζοντας από τον Ισθμό της Κορίνθου δυτικά έως νότια της Σαλαμίνας ανατολικά.

Το βάθος της λεκάνης φθάνει τα 220 m και το μέγιστο παρατηρείται στην προέκταση του διαύλου του Δυτικού Σαρωνικού ανατολικά της νησίδας Εβραίος.

Η νότια λεκάνη της Επιδαύρου, έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ παράλληλη προς την ακτή της Πελοποννήσου από Παλαιά Επίδαυρο έως την περιοχή νότια του Πόρου. Το βάθος της φθάνει τα 420 m και η μορφολογία της είναι γενικά πολύ πιο έντονη από εκείνη της Βόρειας λεκάνης.

Γενικά οι μορφολογικές κλίσεις στον Σαρωνικό κόλπο κυμαίνονται από 5-40% με την σαφή διάκριση της παρουσίας των μεγάλων κλίσεων στο Δυτικό τμήμα του Σαρωνικού, ο πυθμένας του οποίου παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από μορφολογικής πλευράς.

3. ΤΑ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΗΓΜΑΤΑ

Η ανάλυση των λιθοσεισμικών τομών επέτρεψε την χαρτογράφηση των ρηγμάτων του Σαρωνικού και την διάκρισή τους σε 3 μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με το συνολικό άλμα που μετρήθηκε στο καθένα από αυτά.

Συγκεκριμένα διακρίνουμε:

- i) Δέκα επτά (17) ρήγματα τα οποία χαρακτηρίζονται πολύ μεγάλα μιά και το άλμα τους φαίνεται να ξεπερνά τα 300 μέτρα. Το άλμα είναι υπολογισμένο συνήθως με βάση την οροφή του αλπικού υπόβαθρου. Από τα 17 αυτά ρήγματα τα 12 έχουν χαρτογραφηθεί στο Δυτικό τμήμα του Σαρωνικού και τα υπόλοιπα 5 στο Ανατολικό τμήμα του Σαρωνικού. Τα περισσότερα από αυτά έχουν γενική διεύθυνση που κυμαίνεται από ΑΔ έως ΑΝΑ-ΔΒΔ (για το Δυτικό τμήμα) και ΒΒΔ-ΝΝΑ (για το Ανατολικό τμήμα). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η λεκάνη της Επιδαύρου στα νότια έχει οριοθετηθεί ουσιαστικά από 6 τέτοια πολύ μεγάλα ρήγματα, ενώ η βόρεια λεκάνη οριοθετείται μόνο στο δυτικό της ήμισυ από 3 τέτοια ρήγματα. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι σε τρεις περιπτώσεις στο δυτικό τμήμα του Σαρωνικού, έχουμε την εμφάνιση τέτοιων μεγάλων ρηγματιών, παράλληλων ανά δύο, σε μικρή απόσταση το ένα από το άλλο, δημιουργώντας έτσι μιά εξαιρετικά σημαντική ρηξιγενή ζώνη.
- ii) Τριάντα (30) περίπου μεγάλα ρήγματα των οποίων το άλμα κυμαίνεται από 50-300 m. Τα ρήγματα αυτά έχουν παραπλήσιες διευθύνσεις με τα προηγούμενα και αποτελούν, είτε προεκτάσεις των πολύ μεγάλων αυτών ρηγμάτων, είτε μπορεί να θεωρηθούν σαν συμπαγή περιθωριακά ρήγματα ή ακόμα σαν πρόσθετες επιφάνειες διαρρήξεων μέσα στις προηγούμενες μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες.
- iii) Περισσότερα από 150 μέτρια έως μικρά ρήγματα των οποίων το άλμα κυμαίνεται από 0-50 m. Τα ρήγματα αυτά δεν αλλάζουν την εικόνα του ρηξιγενούς τεκτονικού ιστού που προσδιορίστηκε από τα ως άνω μεγαλύτερα ρήγματα αλλά τον επιβεβαιώνουν και τον συμπληρώνουν. Μιά γενική παρατήρηση για την κατηγορία αυτή των ρηγμάτων είναι ότι το μεγαλύτερο πλήθος αυτών παρατηρείται στις περιοχές κυρίως του Κεντρικού και Βορειοανατολικού τμήματος του Δυτικού Σαρωνικού, θέσεις όπου απουσιάζουν τα μεγάλα ρήγματα. Αντίθετα, στην λεκάνη της Επιδαύρου, τα μικρά ρήγματα σπανίζουν. Η διαφορά αυτή στην διαμόρφωση του τεκτονικού ιστού είναι σημαντική και μάλλον συνδέεται με τον τρόπο εκτόνωσης του εντατικού πεδίου, δηλ. στην μία περιοχή έχουμε ανάλυση της παραμόρφωσης σε πολλές επιφάνειες με αποτέλεσμα πολλά μικρά ρήγματα και στην άλλη ανάλυση σε λίγες επιφάνειες με αποτέλεσμα λίγα και μεγάλα ρήγματα.

Η επακόλουθη σεισμική συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών ρηγμάτων αποτελεί το κύριο σημείο του ερευνητικού ενδιαφέροντος της περιοχής.

Εκτός της παρουσίας 5 περίπου ανενεργών ρηγμάτων (κύριες διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ, Β-Ν, όλα τα υπόλοιπα χαρτογραφημένα ρήγματα θεωρούνται ενεργά μιά και "κόβουν" τους επιφανειακούς σχηματισμούς του Ολόκαινου συνιστώντας σύγχρονους μορφογενετικούς παράγοντες.

Σε πολλές περιπτώσεις διακρίνεται η σταδιακή αύξηση του άλματος των ρηγμάτων προς το βάθος με ταυτόχρονη μεταβολή του

πάχους των εκατέρωθεν στρωμάτων. Πρόκειται για τυπικές περιπτώσεις συνιζηματογενών ρηγμάτων που χαρακτηρίζονται σαν ρήγματα ανάπτυξης (growth faults).

Μεγάλης σημασίας διαφορά υφίσταται ανάμεσα στη νεοτεκτονική δομή του Δυτικού Σαρωνικού και του Ανατολικού Σαρωνικού. Η κύρια διαφορά συνίσταται στο ότι στο Δυτικό Σαρωνικό, υπάρχει μία συνεχής μεταλπηκή τεκτονική δραστηριότητα χωρίς δυνατότητα διάκρισης ενδιαμέσων κύκλων ή σταδίων. Αντίθετα στον Ανατολικό Σαρωνικό υπάρχουν σαφώς δύο νεοτεκτονικές φάσεις παραμόρφωσης με (1) μία πλειο-κάτω πλειοκαινική φάση τεκτονισμών που συνοδεύεται από έντονο ρηματογόνο τεκτονισμό και ακόμη από κάμψεις - πλευρές μεγάλης κλίμακας και (2) μία μέσο (;) ανω Πλειστοκαινική φάση που εμφανίζεται εξαιρετικά ασθενής με μικρή επαναδραστηριοποίηση μερικών παλαιών ρηξιγενών επιφανειών και με χαρακτηριστική οριζόντια απόθεση ασύμφωνων ιζημάτων πάνω στα διερηγμένα και πτυχωμένα αρχαιότερα ιζήματα (βλ. 4 Κεφ. Ιζηματογένεσης).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δύο φάσεις τεκτονισμού είναι ευδιάκριτες στις δομές αντικλινικού τύπου - τεκτονισμών κεράτων ενώ στις δομές συγκλινικού τύπου τεκτονισμών τάφρων γίνονται δυσδιάκριτες και η ασύμφωνία σταδιακά εξελίσσεται σε δυσσυμφωνία.

Τέλος, είναι χαρακτηριστικό ότι όλα τα βεβαιωμένα ανενεργά ρήγματα απαντούνται στον Ανατολικό Σαρωνικό και πρόκειται για ρήγματα της Α' φάσης που δεν έχουν επαναδραστηριοποιηθεί κατά την Β' φάση.

4. Ι Ζ Η Μ Α Τ Ο Γ Ε Ν Ε Σ Η .

Η σημαντικότητα των ρηγμάτων ελέγχεται εκτός από το άλμα τους και από την επίδρασή τους στην ιζηματογένεση και πιο συγκεκριμένα από τις παρατηρούμενες διαφορές του πάχους των ιζημάτων εκατέρωθεν των ρηξιγενών επιφανειών.

Το μέγιστο πάχος των ιζημάτων κατά το πλειοτεταρτογενές που ευρέθησαν στο κέντρο της αβαθούς λεκάνης των Μεγάρων, είναι πάνω από 500 m ενώ στην αντιστοιχη βαθύτερη λεκάνη της Επιδαύρου το πάχος των ιζημάτων περιορίζεται μεταξύ των 250-500 m. Τα μικρότερα πάχη των ιζημάτων (μικρότερα των 50 m) παρατηρούνται κυρίως στον Ανατολικό Σαρωνικό και συγκεκριμένα στις ΒΑ περιοχές αυτού, στην ζώνη Β-Ν που χωρίζεται ο ανατολικός από τον δυτικό Σαρωνικό καθώς και στην Τράπεζα του ανατολικού Σαρωνικού. Το μέγιστο πάχος στο ανατολικό τμήμα του κόλπου παρατηρήθηκε ΝΑ της Αίγινας. Στο νοτιοανατολικό μέρος του κόλπου εκτείνονται λεκάνες ΒΔ-ΝΑ με πάχος ιζημάτων κυμαινόμενο από 250-500 m. Αξιοσημείωτη είναι η παρουσίαση ιδιαίτερα στο Ανατολικό τμήμα του κόλπου δύο χαρακτηριστικών περιπτώσεων διαβρωσιγενών επιφανειών με μικρό πάχος υπερκείμενων ιζημάτων.

Οι δύο αυτές επιφάνειες εκφράζουν δύο διαβρωσιγενούς χαρακτήρα επιφάνειες ισοπέδωσης που δημιουργήθηκαν από την διάβρωση πλειο-πλειστοκαινικών κυρίως ιζημάτων κατά την διάρκεια της σχετικής τους ανάδυσης λόγω ταπείνωσης του επιπέδου της θάλασσας κατά τις τελευταίες παγετώδεις περιόδους.

Η πρώτη επιφάνεια ισοπέδωσης εκτείνεται στην ηπειρωτική πλατφόρμα σε βάθη μικρότερα από 100 m και με πάχος υπερκείμενου ιζήματος που δεν υπερβαίνει τα 1-2 m. Η επιφάνεια αυτή θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει περιοχές που χερσεύουν κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο (πιθανότατα τέλος Βούρμιας περιόδου περίπου 18.000-25.000 χρόνια από σήμερα). Η επιφάνεια αυτή αν και δεν είναι δυνατόν να ανιχνευθεί σε όλη την έκταση - ανάπτυξή της, σ'ολόκληρο τον κόλπο, εν τούτοις πιστεύεται ότι θα πρέπει να εκτείνεται σε όλη την ηπειρωτική κρηπίδα σε βάθη μικρότερα των 100 m.

Η δεύτερη επιφάνεια ισοπέδωσης εκτείνεται σε βάθη περίπου 150-220 m και καλύπτεται από ιζήματα πάχους 10-15 m περίπου. Η επιφάνεια αυτή αντιπροσωπεύει επιφάνειες που χερσεύσαν κατά την διάρκεια παγετώδους περιόδου του Αν. Τεταρτογενούς (πιθανόν Ρίσιος ή Μινδέλιος). Κατά την περίοδο αυτή, πέρα από την ταπείνωση της στάθμης της θάλασσας σημαντικό ρόλο έχει διαδραματίσει η σχετική ανάδυση και πτύχωση των πλειο-πλειστοκαινικών ιζημάτων λόγω τεκτονισμού, δηλ. οι τεκτονοευστατικές κινήσεις στο Μέσο-Ανώτερο πλειστόκαινο, θεωρείται ότι είναι υπεύθυνες για την δημιουργία της δεύτερης αυτής επιφάνειας ισοπέδωσης με ακόλουθη απόθεση ιζημάτων το πάχος των οποίων κυμαίνεται γύρω στα 15 μέτρα περίπου κατά την διάρκεια του Ανώτερου Πλειστόκαινου-Ολόκαινου.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η παρουσία ηφαιστειακών σχηματισμών στον πυθμένα του Δ. Σαρωνικού ΒΔ της Χερσονήσου και Μεθάνων. Το υποθαλάσσιο ηφαιστείο καλύπτει μία έκταση περίπου 12 km² και η κορυφή του υψώνεται 170 m περίπου πάνω από τις περιφερειακές του εμφανίσεις στον πυθμένα της Λεκάνης της Επιδαύρου. Η ηλικία του με βάση την σχέση του προς τα

περιβάλλοντα ιζήματα εκτιμάται πολύ νέα προς το τέλος του Πλειστόκαινου. Οι ηφαιστειακές αυτές εμφανίσεις αντιπροσωπεύουν το βορειοδυτικό άκρο του σύγχρονου ηφαιστειακού τόξου.