

# **ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΦΥΛΛΟ «ΣΑΜΟΣ»**

**ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75.000**

**ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ**

**Επιστημονικώς Υπεύθυνος: Καθηγητής Δημοσθένης  
ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ**

**2006**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής.....	5
1.2. Σκοπός και μεθοδολογία της έρευνας.....	5
<b>2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΑΜΟΥ .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΣΑΜΟΥ.....</b>	<b>11</b>
3.1. Γενικά για τη γεωλογική δομή και τα πετρώματα .....	11
3.2. Περιγραφή των μεταμορφωμένων πετρωμάτων .....	13
3.3. Το σύστημα των οφιολίθων και των ασβεστολίθων (Ενότητα Καλλιθέας) .....	16
3.4. Οι Νεογενείς λεκάνες και τα ιζήματά τους .....	16
3.5. Τεταρτογενείς σχηματισμοί .....	22
<b>4. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....</b>	<b>23</b>
4.1. Νεοτεκτονικό πλαίσιο και ενεργός τεκτονική .....	23
4.2. Ανάλυση της ρηξιγενούς τεκτονικής.....	24
4.3. Περιγραφή των ενεργών ρηγμάτων της Σάμου.....	28
1. Ενεργό Ρήγμα Πυθαγορείου. ....	32
2. Ενεργό ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα: .....	32
3. Πιθανά ενεργά ρήγματα Κυπαρισσίων.....	33
4. Πιθανό ενεργό Ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος.....	34
5. Ενεργό ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων.....	35
4.4. Άλλα μεγάλα ρήγματα της Σάμου.....	36
6. Ρήγμα Βαθέος-Μονής Ζωοδόχου Πηγής .....	36
7. Ρήγμα Παλαιοκάστρου-Ποσειδωνίου .....	37
8. Ρήγμα Κότσικα- Ψιλής Άμμου, .....	37
9. Ρήγμα Μυτιληνίων.....	38
10. Ρήγμα Ζερβού.....	38
11. Ρήγμα Μύλων-Πύργου .....	38
12. Ρήγματα Παγώνδα-Ηραίου και Ακρωτηρίου Τσοπέλα .....	39

13. Ρήγμα Υδρούσας .....	40
14. Ρήγματα Μονής Ευαγγελιστρίας .....	40
15. Ρήγματα Λιμνιών.....	41
4.5. Ποσοτική Προσέγγιση της Σεισμικής Δυναμικότητας των Ενεργών Ρηγμάτων της Σάμου.....	42
<b>5. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΑΜΟΥ .....</b>	<b>46</b>
5.1. Γενικά .....	46
5.2. Εκτίμηση της σεισμικότητας και του σεισμικού κινδύνου.....	47
5.3. Μακροσεισμικές παρατηρήσεις και αναμενόμενες τιμές έντασης και μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης της περιοχής Σάμου .....	49
5.4. Σεισμικά ρήγματα στον ευρύτερο χώρο της Σάμου προσδιορισμένα από τους μηχανισμούς γένεσης .....	53
<b>6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>57</b>
<b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>59</b>

## ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

### Φύλλο: ΣΑΜΟΣ

Κλίμακα: 1:75.000

Επιστημονικώς Υπεύθυνος: Δημοσθένης Μουντράκης

Καθηγητής Τεκτονικής Γεωλογίας

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

#### Ερευνητική Ομάδα

Δημοσθένης Μουντράκης	Καθηγητής Α.Π.Θ.	Ειδικότητα: Τεκτονική Γεωλογία
Αδαμάντιος Κίλιας	Καθηγητής Α.Π.Θ.	Ειδικότητα: Τεκτονική Γεωλογία
Ελευθέριος Βαβλιάκης	Καθηγητής Α.Π.Θ.	Ειδικότητα: Γεωμορφολογία
Αντώνιος Ψιλοβίκος	Καθηγητής Α.Π.Θ.	Ειδικότητα: Ιζηματολογία
Γεώργιος Καρακαΐσης	Καθηγητής Α.Π.Θ.	Ειδικότητα: Σεισμολογία
Κώστας Παπαζάχος	Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.	Ειδικότητα: Σεισμολογία
Ευφημία Θωμαΐδου	Υποψήφια Διδάκτορας Α.Π.Θ.	Ειδικότητα: Τεκτονική Γεωλογία-GIS
Γεώργιος Σεϊτανίδης	Γεωλόγος Α.Π.Θ.	

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. Γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής

Η νήσος Σάμος βρίσκεται στον κεντρικό τομέα του Ανατολικού Αιγαίου Πελάγους, σε απόσταση 1650 m από τη μικρασιατική παραλία. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες που την ορίζουν είναι:

Ανατολικό Γεωγραφικό Μήκος  $26^{\circ}.34'.00'' - 27^{\circ}.04'.14''$

Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος  $37^{\circ}.38'.11'' - 37^{\circ}.48'.52''$

Η Σάμος έχει σχήμα επίμηκες με μέγιστο άξονα 44 km κατά τη διεύθυνση Ανατολή-Δύση και με μικρό άξονα 19 km κατά τη διεύθυνση Βορράς-Νότος. Η έκτασή της εκτιμάται σε 470 km<sup>2</sup>.

## 1.2. Σκοπός και μεθοδολογία της έρευνας

Η εκπόνηση του νεοτεκτονικού χάρτη είχε σαν κύριο στόχο τον εντοπισμό, τη χαρτογράφηση και το χαρακτηρισμό των ρηγμάτων της περιοχής, με κατεύθυνση πάντοτε τη διαπίστωση του σεισμικού κινδύνου. Για το σκοπό αυτό το κύριο βάρος της προσπάθειας της ερευνητικής ομάδας κατευθύνθηκε στη λεπτομερειακή μελέτη των ρηγμάτων, τα οποία σύμφωνα με τις προδιαγραφές διακρίνονται σε Σεισμικά, Ενεργά, Πιθανά Ενεργά και Ανενεργά ρήγματα.

Η μελέτη των ρηγμάτων έγινε:

- με τη λεπτομερειακή υπαίθρια έρευνα,
- με την εξέταση αεροφωτογραφιών κλίμακας 1:30.000 και λήψης του έτους 1990, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, καθώς και αεροφωτογραφιών κλίμακας 1:40.000 λήψης 1945 για καλύτερη μελέτη της προγενέστερης μορφολογίας, πριν την έντονη ανθρωπογενή επίδραση.
- με την εξέταση δορυφορικών εικόνων της σειράς LANDSAT (-5,6 και 7 near infrared TM κλίμακας 1:125.000 διακριτικής ικανότητας 30X30 m).
- με την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων αναγλύφου με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Arc GIS, ver. B. 1)

Σύμφωνα πάντοτε με τις προδιαγραφές ως Σεισμικά ρήγματα χαρακτηρίζονται εκείνα τα ρήγματα για τα οποία έχουμε σαφή στοιχεία ότι συνδέονται με συγκεκριμένους σεισμούς. Η ερευνητική ομάδα έκρινε ότι όταν τα στοιχεία αυτά δεν είναι απόλυτα σαφή,

τότε τα αντίστοιχα ρήγματα χαρακτηρίζονται Ενεργά και όχι Σεισμικά. Προς την κατεύθυνση αυτή έγινε η κάθε δυνατή συσχέτιση των ρηγμάτων που χαρτογραφήθηκαν με τα επίκεντρα των μεγάλων και μικρών σεισμών από τα στοιχεία του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για να διευκρινισθεί αν υπάρχουν σεισμικά ή Πιθανά Ενεργά ρήγματα.

Ως Ενεργά ρήγματα χαρακτηρίζονται εκείνα που έχουν δραστηριοποιηθεί από το Ανώτερο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα. Ως Πιθανά Ενεργά χαρακτηρίζονται τα ρήγματα που έδρασαν από το Ανώτερο Πλειόκαινο μέχρι το Ανώτερο Πλειστόκαινο.

Για το χαρακτηρισμό ως Ενεργών ή Πιθανών Ενεργών ρηγμάτων, εκτός από τα στρωματογραφικά κριτήρια που αναφέρονται παραπάνω, χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα κριτήρια σε συσχέτιση μεταξύ τους:

- ιδιαίτερα λειασμένες κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων που αναπτύσσονται σε πετρώματα του υποβάθρου,

- η συνέχεια ενός ρήγματος με άλλο αποδεδειγμένα ενεργό ρήγμα,

- γεωμορφολογικά κριτήρια όπως σύγχρονες αναβαθμίδες τεκτονικής προέλευσης, νεοσχηματισθείσες τεκτονικές κοιλάδες, πρόσφατη χρονολογημένη απότομη αλλαγή διεύθυνσης χειμάρρου, φαινόμενα έντονης διάβρωσης, κ.λπ.

Ως Ανενεργά ρήγματα σύμφωνα με τις προδιαγραφές είναι εκείνα που δεν παρουσιάζουν ενδείξεις δραστηριοποίησης μετά το Κατώτερο Πλειόκαινο. Θα πρέπει όμως να τονισθεί ιδιαίτερα ότι στην παρούσα εργασία χαρακτηρίσθηκαν ως ανενεργά ρήγματα εκείνα για τα οποία δεν υπάρχουν ενδείξεις των παραπάνω κριτηρίων για να χαρακτηρισθούν πιθανά ενεργά, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι έχουμε αποδείξεις ότι τα ρήγματα δεν δραστηριοποιήθηκαν μετά το Κατώτερο Πλειόκαινο.

Γενικά επίσης θα πρέπει να τονισθεί ότι η μεγαλύτερη προσοχή της ερευνητικής ομάδας επικεντρώθηκε στα μεγάλα ρήγματα (μεγάλου μήκους και άλματος) που θεωρήθηκαν και ως πλέον επικίνδυνα σε πιθανή σεισμική δράση.

Για την εκπόνηση του νεοτεκτονικού χάρτη, φύλλο «Σάμος» έγινε αξιολόγηση και αξιοποίηση όλων των προγενέστερων γεωλογικών εργασιών και χαρτών σε συσχέτιση και με τα στοιχεία υπαίθρου που συλλέχτηκαν από την ερευνητική ομάδα. Λήφθηκαν υπόψη όλοι οι υπάρχοντες γεωλογικοί χάρτες της περιοχής και (ΙΓΜΕ 1979 Θεοδωρόπουλος Δ., Meissner 1976, Paranikolaou 1980, Ring 1998).

Η ερευνητική ομάδα του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης εκφράζει τις ευχαριστίες της προς τη Νομαρχία Σάμου για τη χρηματοδότηση της έρευνας υπαίθρου που έγινε στα πλαίσια ευρύτερου προγράμματος με επικεφαλής τον Καθηγητή του Α.Π.Θ. Αντώνιο Ψιλοβίκο, καθώς και προς τον

Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) για την οικονομική στήριξη του προγράμματος, που έδωσε τη δυνατότητα να ολοκληρωθεί η τελική μορφή και σχεδίαση του νεοτεκτονικού χάρτη φύλλο «Σάμος».

## 2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΑΜΟΥ

Η Σάμος είναι ορεινό νησί στο οποίο δεσπόζουν οι ορεινοί όγκοι του Κερκετέα (1434 m) στο δυτικό τμήμα του νησιού, της Αμπέλου (1153 m) στο κεντρικό τμήμα και η χαμηλή ορεινή περιοχή στο ανατολικό τμήμα του νησιού μεταξύ της πρωτεύουσας Σάμου (Βαθύ), της Αγίας Ζώνης και του Ποσειδωνίου (σχ. 1).



Σχ. 1. Σχηματικός γεωμορφολογικός χάρτης της Σάμου στον οποίο φαίνονται οι κυριότερες λεκάνες και τα μεγαλύτερα βουνά του νησιού.

Μεταξύ των τριών ορεινών περιοχών βρίσκονται δύο επιμήκεις κατά τη Β-Ν διεύθυνση λεκάνες έως χαμηλές λοφώδεις περιοχές: 1) η λεκάνη μεταξύ Καρλόβασι στα Βόρεια και Μαραθόκαμπου στα νότια ανάμεσα στα βουνά Κερκετέας και Αμπέλου και 2) η λεκάνη-λοφώδης περιοχή Μυτιληνίων ανάμεσα στο βουνό Αμπέλος και στην ορεινή μάζα Βαθέος-Ποσειδωνείου.

Εκτός των δύο μεγάλων λεκανών που δεσπόζουν στη μορφολογία της Σάμου, υπάρχουν και δυο ακόμη μικρότερες στενές λεκάνες ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, η μία στα Ανατολικά (Λεκάνη Παλαιοκάστρου-Βαθέος) και η άλλη στο κεντρικό τμήμα του νησιού (Λεκάνη Πύργου).

Οι λεκάνες αυτές και οι περιβάλλοντες ορεινοί όγκοι έχουν δημιουργηθεί από τη γεωλογική-τεκτονική εξέλιξη του νησιού όπως θα εξεταστεί στα επόμενα κεφάλαια.

Στις ορεινές και λοφώδεις περιοχές του νησιού αναγνωρίστηκαν τέσσερις παλιές επιφάνειες επιπέδωσης οι οποίες βρίσκονται σε υψόμετρα 200-450 m, 500-700 m, 800-



1000 m και > 1400 m αντίστοιχα. Η τοποθέτηση των επιφανειών επιπέδωσης στα υψόμετρα αυτά οφείλεται στις τεκτονικές ανυψωτικές διεργασίες που έλαβαν χώρα στο Αιγαίο από το Ανώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα.

Η μελέτη του υδρογραφικού δικτύου της Σάμου οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα.

Η κυρίως ανάπτυξη των χειμάρρων της Σάμου εντοπίζεται στο χώρο των Νεογενών λεκανών των περιοχών Μυτιληνίων (Πύργου – Παγώνδα – Μαυρατζαίων – Χώρας – Πυθαγορείου – Μυτιληνίων - Κουκαρίου) και Καρλοβασίων (Καρλοβασίων – Κοντακαϊκών – Λέκκας – Καστανιάς - Αγ. Θεοδώρων – Πλατάνου - Όρμου Μαραθοκάμπου – Κουμαϊκών - Σκουραϊκών). Η ανάπτυξη των χειμάρρων έγινε κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου και οι κοιλάδες διανοίχθηκαν μέσα στα φαθυρά λιμνοποτάμια υλικά του Νεογενούς. Η διάβρωση αυτή προχώρησε και προς το χώρο του υποβάθρου και έφθασε μέχρι τις κορυφές της Αμπέλου και του Κερκετέα. Η προτίμηση της ροής και της εκφόρτισης των χειμάρρων προς τα πεδινά τμήματα των κάμπων Χώρας-Μεσοκάμπου στα ΝΑ και Καρλοβασίων στα ΒΔ πρέπει να σχετίζεται με κινήσεις βύθισης της ξηράς στις περιοχές αυτές, σε σχέση προς τις ανυψωτικές κινήσεις των ορεινών όγκων, και των απότομων πρानών τους. Πιθανή είναι επίσης η σχέση των κλάδων του δικτύου προς τις παλιότερες τεκτονικές γραμμές ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμού.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των παράκτιων περιοχών της Σάμου είναι το απότομο, απόκρημνο και βραχώδες ανάγλυφο, το οποίο συνδυάζεται από εναλλαγές κόλπων, όρμων και ακρωτηρίων. Τα χαρακτηριστικά αυτά αντιπροσωπεύουν μια κατάσταση πολύ πρόσφατης τεκτονικής ρηξιγενούς δραστηριότητας, η οποία συνδυάζεται με βύθιση στον υποθαλάσσιο χώρο. Η δράση των ρηγμάτων προκύπτει μορφολογικά τόσο από τη σύμπτωση τμημάτων της ακτογραμμής με τη διεύθυνση και την πορεία ρηγμάτων της Σάμου, όσο και από την αδυναμία των εξωγενών παραγόντων να εξομαλύνουν τα απότομα μέτωπα των μεταπτώσεων των ρηγμάτων αυτών.

Συμπερασματικά από τα στοιχεία που αφορούν τις γεωμορφολογικές διεργασίες, οι οποίες ευθύνονται για τη μορφή της Σάμου σήμερα, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Η Σάμος αποτελεί ένα τεκτονικό τέμαχος (κέρας) στο χώρο του Ανατολικού Αιγαίου, το οποίο ακολούθησε πορεία αλληπάλληλων ανυψωτικών κινήσεων, όπως προκύπτει από τη μελέτη των επιφανειών επιπέδωσης. Η τελευταία ανυψωτική κίνηση έχει γίνει κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου και έχει ανυψώσει τα λιμναία και ποτάμια νεογενή ιζήματα.
- Η δράση ρηγμάτων, η κατακόρυφη κίνηση των τεμαχών τους και η ανύψωσή της

Σάμου στο Πλειστόκαινο, οδήγησαν στη δημιουργία απότομου αναγλύφου και ενεργοποίησαν το χειμαρρικό σύστημα αποστράγγισης. Η δράση του συστήματος αυτού ήταν πιο αποτελεσματική στις περιοχές των νεογενών λεκανών, όπου αναπτύχθηκαν ταχύτατα τα υδρογραφικά δίκτυα.

- Η δράση ρηγμάτων σε συνδυασμό και προς την μεταφορά φερτών υλικών από το χειμαρρικό σύστημα της Σάμου προς την παράκτια ζώνη των εκβολών τους, οδήγησαν στη δημιουργία των σημερινών ακτών, παραλιών και πεδινών περιοχών.
- Η τεκτονική, αποτέλεσε και εξακολουθεί να αποτελεί το βασικό παράγοντα διαμόρφωσης της Σάμου.

### **3. Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΣΑΜΟΥ**

#### **3.1. Γενικά για τη γεωλογική δομή και τα πετρώματα**

Σύμφωνα με τη διαίρεση του Ελληνικού χώρου σε γεωτεκτονικές ζώνες, το νησί της Σάμου τοποθετείται στην Αττικοκυκλαδική ζώνη (σχ. 2) και καλύπτεται κυρίως από μεταμορφωμένα Αλπικά και Προαλπικά πετρώματα αυτής, που καταλαμβάνουν τις ορεινές περιοχές του νησιού. Η γεωλογία της Σάμου περιλαμβάνει επίσης Νεογενή (Μειοκαινικά και Πλειοκαινικά) και Τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν τα πεδινά τμήματα του νησιού και τις λοφώδεις περιοχές.

Τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Σάμου που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του νησιού είναι κυρίως γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, αμφιβολίτες και μάρμαρα τα οποία εναλλάσσονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα τεκτονικά πολύπλοκο σύστημα πετρωμάτων. Επίσης ένα σύστημα οφιολιθικών πετρωμάτων και ασβεστόλιθων συμπληρώνει τα Αλπικά και Προαλπικά πετρώματα της Σάμου (ΙΓΜΕ, Θεοδωρόπουλος 1979, Παπανικολάου 1980, Ring 1998).

Το σύστημα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων αναπτύσσεται με κύρια B-N παράταξη και διαχωρίζεται σε τρία επιμέρους μεγάλα τμήματα, στους τρεις αντίστοιχους ορεινούς όγκους, λόγω του σχηματισμού δύο κύριων ενδιάμεσων λεκανών με B-N ανάπτυξη.

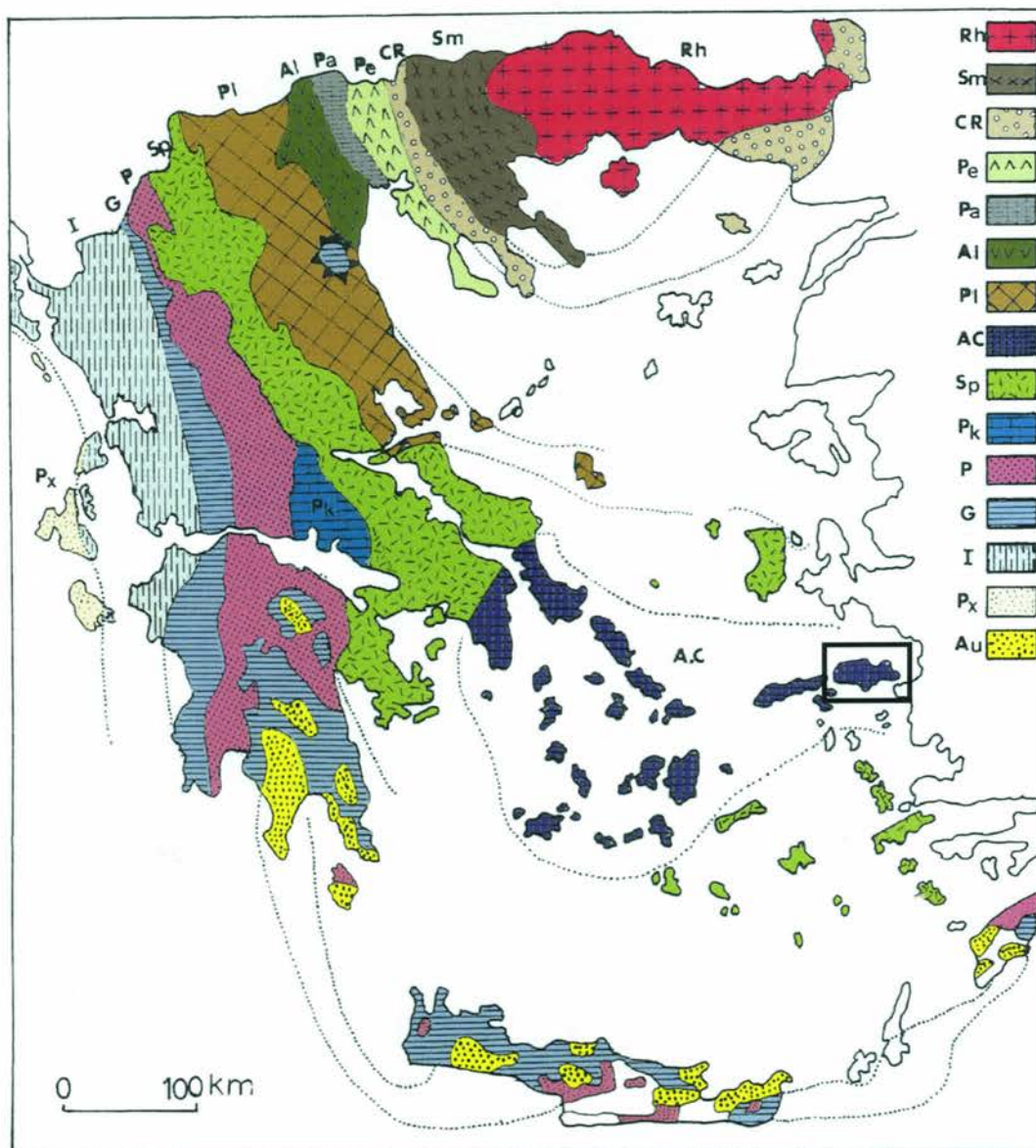
Τα τρία μεγάλα τμήματα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Σάμου είναι τα παρακάτω:

- Το Δυτικό Τμήμα του όρους Κερκετέας, στο οποίο κυριαρχεί η ομώνυμη ανθρακική μάζα.
- Το Μεσαίο Τμήμα του όρους της Αμπέλου, στο οποίο κυριαρχούν οι σχιστόλιθοι σε εναλλαγές με μάρμαρα και κυανοσχιστόλιθους.
- Το Ανατολικό Τμήμα, στο οποίο εναλλάσσονται μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι (Κότσικα-Ψιλής Άμμου) με μάρμαρα-σιπολίνες (Ζωοδόχος Πηγή).

Τα τρία αυτά μεγάλα τμήματα του υποβάθρου της Σάμου αποτελούν μορφολογικά τα υψηλότερα σημεία του νησιού και σχηματίζουν τρία τεκτονικά κέρατα με αντικλινική μεγαδομή B-N ανάπτυξης.

Οι κύριες ενδιάμεσες νεογενείς λεκάνες της Σάμου είναι:

- Η Δυτική Λεκάνη Καρλοβάσου, μεταξύ Κερκετέα και Αμπέλου
- Η Ανατολική Λεκάνη Μυτιληνίων, μεταξύ Αμπέλου και Ανατολικής λοφοσειράς.



Σχ. 2. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών με ενδεικτικά σημειωμένη τη νήσο Σάμο. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περφοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιανίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικό-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα "Ταλέα όρη - πλακώδεις ασβεστόλιθοι" πιθανόν της Ιονίου ζώνης. (Κατά Mountrakis et al. 1983).

Πέραν αυτών υπάρχουν δύο ακόμη μικρότερες νεογενείς λεκάνες με στενό-επίμηκες σχήμα και αντίστοιχη εξέλιξη.

- **Η λεκάνη Πύργου**, μεταξύ Αμπέλου και Μπουρνιά με διαγώνια ΒΔ-ΝΑ ανάπτυξη, η οποία ενώνει τις δύο κύριες νεογενείς λεκάνες.
- **Η λεκάνη Παλαιοκάστρου**, στον άξονα Βαθέος-Παλαιοκάστρου-Ψιλής Άμμου, επίσης ΒΔ-ΝΑ ανάπτυξης.

Η ιζηματογένεση των λεκανών άρχισε κατά το Κάτω-Μέσο Μειόκαινο με ανθρακικά κυρίως ιζήματα λιμναίου περιβάλλοντος, συνεχίστηκε κατά το Άνω Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο με ποταμοχειμάρρεια κλαστικά ιζήματα και ολοκληρώθηκε κατά το Μέσο-Άνω Πλειόκαινο με ανθρακική ιζηματογένεση σε λιμναίο περιβάλλον (Melentis 1969, Meissner 1976, Black et al 1980, Solounias et al 1981, Bonis et al 1990, Bernor et al 1996, Koufos et al 1997, Kostopoulos et al 2003).

Ολοκαινικές αποθέσεις πλευρικών κορημάτων, ριπιδίων και ποταμοχειμάρρειων υλικών, κάθονται ασύμφωνα πάνω στα Νεογενή ιζήματα των λεκανών και στα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου, κατά μήκος των κοιλάδων και των πεδινών ζωνών.

### **3.2. Περιγραφή των μεταμορφωμένων πετρωμάτων**

Τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Σάμου είναι παλαιοζωϊκής και μεσοζωϊκής ηλικίας, χωρίς όμως να είναι δυνατή μια λεπτομερής προσέγγιση της στρωματογραφικής τους ταυτότητας, λόγω της έντονης μεταμόρφωσής τους.

Σε μια γενική τεκτονο-στρωματογραφική διάταξη, από τους ανώτερους προς τους κατώτερους ορίζοντες διακρίνονται:

- **Τα μάρμαρα της Ζωοδόχου Πηγής**, κατά κανόνα μεσο-παχυστρωματώδη και κατά θέσεις λεπτοστρωματώδη, κυρίως προς τα ανώτερα μέλη τους όπου μεταπίπτουν σε σιπολινομάρμαρα. Είναι ανοιχτότεφρα έως τεφρόμαυρα, και ορισμένες φορές λευκά ή τεφροκύανα, λεπτοκρυσταλλικά και κατά θέσεις χονδροκρυσταλλικά με διαστρώσεις ή φακούς πυριτιολίθων. Πολλές φορές υπάρχουν παρεμβολές δολομιτικών μαρμάρων και ενστρώσεις σχιστολίθων κυρίως μοσχοβιτικών, σε όλο το στρωματογραφικό τους πάχος. Το μέγιστο πάχος των μαρμάρων αυτών υπάρχει στην περιοχή Ζωοδόχου Πηγής, ενώ στους κατώτερους ορίζοντες βρίσκονται κοιτάσματα σμύριδας (περιοχή Μουριάς).
- **Οι σχιστόλιθοι Κότσικα-Ψιλής Άμμου**, κυρίως χλωριτικοί, μοσχοβιτικοί, σερικιτικοί,

χαλαζιακοί και ασβεστιτικοί, με παρεμβολές χαλαζιτών. Πολλές φορές σ' αυτούς υπάρχουν ενστρώσεις μαρμάρων, σιπολινομαρμάρων, αγκεριτών ή και λατυποπαγών μαρμάρων (Κότσικας). Κατά θέσεις είναι εντονότατα πτυχωμένοι με διεύθυνση άξονα πτυχών Β 65° Α. Στην περιοχή Ψιλής Άμμου αποκτούν το μεγαλύτερο πάχος τους.

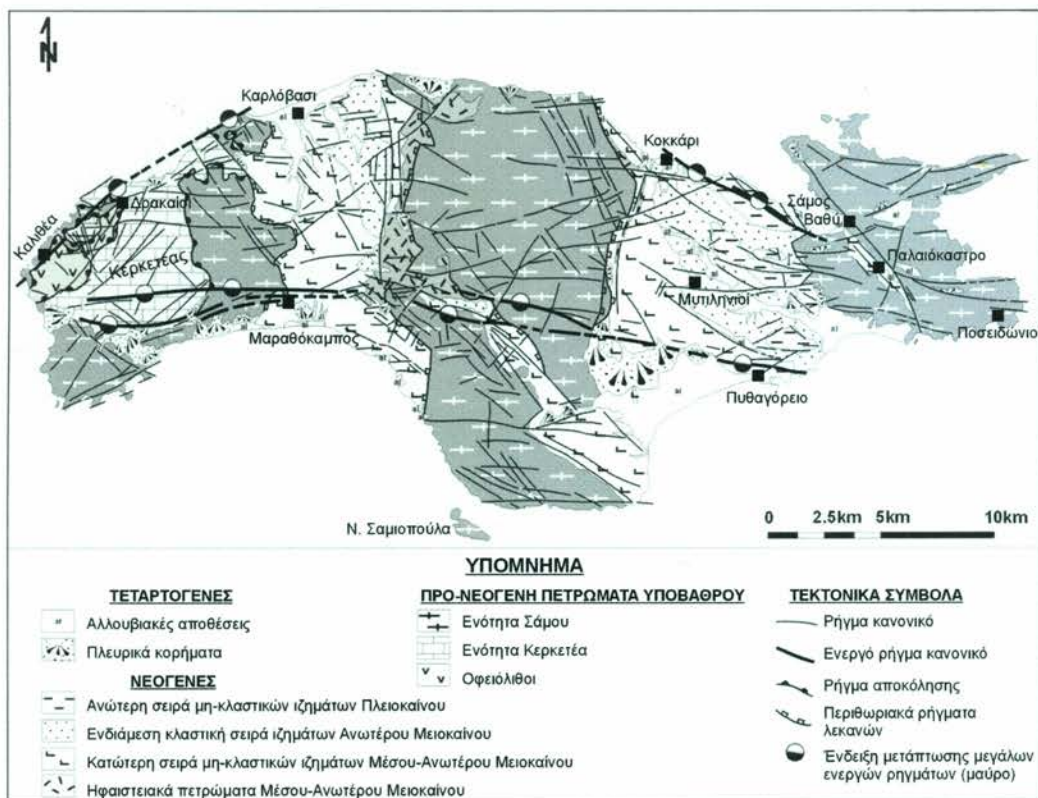
- **Τα μάρμαρα Βουρλιωτών-Σύρραχου**, συνήθως λευκότεφρα, μεσοστρωματώδη έως παχυστρωματώδη, λεπτοκρυσταλλικά, κατά κανόνα δολομιτικά. Κατέχουν ολόκληρο το ανατολικό πρηνές του όρους Άμπελος υπό μορφήν επιμήκους ζώνης ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμού από του ύψους των περιοχών Μύλων-Κουμαραδαίων μέχρι τις περιοχές Βουρλιωτών-Αγ. Κωνσταντίνου. Έχουν σημαντικό πάχος και συνιστούν σημαντικό καρστικό σύστημα με αξιόλογη υδροφορία για την περιοχή αυτή.
- **Τα μάρμαρα της Αμπέλου**, με μορφή ενστρώσεων ή μεγάλων τραπεζών ποικίλου πάχους, μέσα στους σχιστόλιθους της Αμπέλου. Το χρώμα τους ποικίλει από υπόλευκο έως βαθύτεφρο, όπως και ο κρυσταλλικός τους χαρακτήρας από λεπτό προς χονδροκρυσταλλικό. Το πάχος τους αυξομειώνεται και υπάρχει αντίστοιχη πλευρική μετάβαση προς σιπολίνες και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους.
- **Οι σχιστόλιθοι της Αμπέλου**, με ποικίλη ορυκτολογική σύσταση (μαρμαρυγιακοί, χαλαζιακοί, επιδοιτικοί, χλωριτικοί, έως φυλλίτες). Κατά θέσεις παρεμβάλλονται σ' αυτούς σώματα υπερβασικών πετρωμάτων, σχιστοποιημένων. Στην περιοχή Παγώνδα-Μύλων εμφανίζονται περιδοιτικά-σερπεντινικά σώματα.
- **Τα μάρμαρα παρυφών Κερκετέα**, που βρίσκονται είτε ως ένας ευδιάκριτος ανθρακικός ορίζοντας πάχους ~ 200m πάνω στους σχιστόλιθους Μαραθόκαμπου-Κοσμάδαίων, είτε ως ενστρώσεις μέσα στους σχιστόλιθους αυτούς με πάχος που κυμαίνεται από μερικά μέτρα έως 200 m. Πρόκειται για τεφρά έως μελανότεφρα και κάποτε λευκότεφρα δολομιτικά, λεπτοστρωματώδη έως μεσοστρωματώδη μάρμαρα, μέσα στα οποία παρατηρούνται πολλές φορές ενστρώσεις πυριτόλιθων.
- **Οι σχιστόλιθοι Μαραθόκαμπου-Κοσμάδαίων** είναι κυρίως, μοσχοβιτικοί, χαλαζιακοί, χλωριτικοί και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, μέσα στους οποίους παρεμβάλλονται συχνά πρασινίτες και λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων-σιπολινών. Το πάχος τους κυμαίνεται από ~500 m έως 1500 m.
- **Τα μάρμαρα Κερκετέα**. Πρόκειται για τα τεκτονικά βαθύτερα πετρώματα του νησιού, που εμφανίζονται σήμερα ως τεκτονικό παράθυρο. Η επαφή τους με τα υπερκείμενα μεταμορφωμένα πετρώματα αποτελεί μια κανονική ζώνη διαφυγής κατά μήκος της οποίας ολίσθησε προς τα κάτω το υπερκείμενο σύστημα



μεταμορφωμένων πετρωμάτων, έτσι ώστε να αποκαλυφθούν οι βαθύτεροι τεκτονικοί ορίζοντες του νησιού με τη μορφή του τεκτονικού παράθυρου των μαρμάρων του Κερκετέα. Λιθολογικά τα μάρμαρα του Κερκετέα, είναι κατά κανόνα λευκά έως λευκότεφρα και κατά θέσεις τεφρά κυρίως στους ανώτερους ορίζοντες, δολομιτικά, μεσοστρωματώδη έως παχυστρωματώδη και κάποτε μαζώδη.

Μέσα στα μάρμαρα του Κερκετέα αλλά και στους αμέσως υπερκείμενους σχιστόλιθους Μαραθόκαμπου-Κοσμαδαίων διεισδύουν τριτογενούς ηλικίας γρανιτικά-γρανοδιοριτικά πετρώματα. Μικρή εμφάνισή τους αποκαλύπτεται στο δυτικό άκρο του νησιού.

Κατά την παρουσίαση του νεοτεκτονικού χάρτη της Σάμου το σύστημα των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, με βάση τη γεωλογική-τεκτονική ιστορία του, το διακρίναμε σε δύο επί μέρους μεγάλες τεκτονικές ενότητες πετρωμάτων, οι οποίες έχουν υποστεί μεταμόρφωση υψηλής πίεσης – χαμηλής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του Ηωκαίνου (σχ. 3):



Σχ. 3. Νεοτεκτονικός-γεωλογικός χάρτης της Σάμου, στον οποίο τα νεογενή-τεταρτογενή ιζήματα όλων των λεκανών παρουσιάζονται ενοποιημένα, και τα πετρώματα του προνεογενούς υποβάθρου παρουσιάζονται ομαδοποιημένα σε τρεις ενότητες.

(I) Την κατώτερη ενότητα του Κερκετέα, που αποτελούν τα μάρμαρα του Κερκετέα (μάρμαρα, δολομίτες, σιπολίνες), η οποία εμφανίζεται ως τεκτονικό παράθυρο που έχει εκταφεί κάτω από τους σχιστόλιθους, της ανώτερης ενότητας και τους οφειόλιθους.

(II) Την ανώτερη ενότητα της Σάμου, που αποτελούν όλα τα υπόλοιπα μεταμορφωμένα πετρώματα του νησιού, δηλαδή σχιστόλιθοι (γλαυκοφανιτικοί, μαρμαρυγιακοί, επιδοιτικοί), σερικιτικοί φυλλίτες, χαλαζίτες και ενστρώσεις μαρμάρων.

### **3.3. Το σύστημα των οφιολίθων και των ασβεστολίθων (Ενότητα Καλλιθέας)**

Πρόκειται για ένα σύστημα οφιολιθικών πετρωμάτων, που αποτελούνται, από βασικά και υπερβασικά πυριγενή πετρώματα, κυρίως σερπεντινίτες και διαβάσες, κατά θέσεις σχιστοποιημένους, πάνω στα οποία κάθονται μεσοζωϊκοί ασβεστόλιθοι. Συχνά μεταξύ των οφιολιθικών πετρωμάτων παρεμβάλλονται τριαδικά ανθρακικά και ψαμμιτικά πετρώματα μεσοζωϊκής ηλικίας.

Το σύστημα αυτό των οφιολιθικών και ανθρακικών πετρωμάτων τοποθετείται τεκτονικά, με ένα κανονικό ρήγμα διαφυγής, κατευθείαν πάνω στα μάρμαρα του Κερκετέα. Αρχικά βέβαια βρίσκονταν επωθημένα υπό μορφή καλύματος πάνω στην ενότητα Κερκετέα.

Στο νεοτεκτονικό χάρτη το σύστημα αυτό των οφιολιθικών πετρωμάτων και ασβεστόλιθων, χαρακτηρίζεται ως ενότητα Καλλιθέας.

### **3.4. Οι Νεογενείς Λεκάνες και τα ιζήματά τους**

Όπως προαναφέρθηκε (σχ. 1 και 3) στο σύστημα των νεογενών λεκανών περιλαμβάνονται τέσσερις επιμέρους λεκάνες οι οποίες από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά είναι οι εξής:

- A. Η λεκάνη Παλαιοκάστρου
- B. Η Λεκάνη Μυτιληνίων
- Γ. Η Λεκάνη Πύργου
- Δ. Η Λεκάνη Καρλοβάσου



Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα ιζήματα που πληρούν κάθε μία από τις λεκάνες.

**(Α) Η Λεκάνη Παλαιοκάστρου** εντοπίζεται σε ένα στενό επίμηκες βύθισμα της περιοχής Βαθέος-Παλαιοκάστρου-Ψιλής Άμμου και περιλαμβάνει τις ακόλουθες Νεογενείς αποθέσεις.

- Μάργες μικρής συνεκτικότητας, κατά κανόνα ψαμμούχες με διάσπαρτες κροκαλολατύπες σε εναλλαγές με τόφφους και τοφφίτες. Πολλές φορές υπάρχουν διαστρώσεις κροκαλοπαγών μέσα σ' αυτές. Αποτελούν τα κατώτερα και παλαιότερα μέλη της λεκάνης με πάχος λίγων έως 50 m περίπου.
- Τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι μεσο-παχυστρωματώδεις με διαστρώσεις μαργών και λεπτόκοκκων υλικών κατά θέσεις. Αποτελούν κατακόρυφη ή πλευρική μετάβαση των υποκειμένων μαργών της λεκάνης με πάχος μέχρι 80 m.

Τα ιζήματα της λεκάνης Παλαιοκάστρου θεωρούνται Νεογενή και κυρίως Μειοκαινικά.

**(Β) Η Λεκάνη Μυτιληνίων** συνιστά ένα τεκτονικό βύθισμα B-N προσανατολισμού, μεγάλης έκτασης προεκτεινόμενο προφανώς και εκτός των ορίων της Σάμου στον υποθαλάσσιο χώρο του Αιγαίου. Η λεκάνη-βύθισμα σχηματίστηκε μεταξύ των μαρμάρων - σχιστολίθων του ορεινού όγκου Άμπελου και των μαρμάρων - σχιστολίθων Βαθέος-Αγίας Ζώνης. Η λεκάνη Μυτιληνίων προφανώς αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου βυθίσματος της Ανατολικής Αιγίδας, σύγχρονο των μεγάλων ταφρολεκανών του Ελλαδικού χώρου, που άρχισαν να αναπτύσσονται κατά το Κάτω-Μέσο Μειόκαινο, δέχθηκαν ιζηματογένεση στο Μειόκαινο-Πλειόκαινο και αποκόπηκαν με τη ρηξιγενή τεκτονική του Πλειστοκαίνου.

Η λεκάνη Μυτιληνίων περιλαμβάνει τις ακόλουθες Νεογενείς αποθέσεις, από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες.

- Κροκαλοπαγές βάσης αποτελούμενο από χερσοποτάμιες κροκάλες του υποβάθρου (μάρμαρα-σχιστόλιθοι) σε ανάμειξη με λεπτόκοκκο υλικό χερσαίο ερυθρού χρώματος (οξειδωμένο) και με παρεμβολές ηφαιστειακού υλικού.
- Κατώτερη σειρά λεκάνης Μυτιληνίων. Αποτελείται από λιμναίους τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους και μάργες υπόλευκες έως υποκίτρινες με παρεμβολές ερυθροπηλών, πρασινοαργίλλων και διαστρώσεις τόφφων και τοφφιτών. Τα στρώματα της σειράς αυτής παρουσιάζουν κλίσεις προς τα ΒΑ αλλά κατά θέσεις είναι πτυχωμένα. Έχουν μεγάλη εξάπλωση και καταλαμβάνουν το Δυτικό και Νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης από την περιοχή Παγώνδα-Πυθαγορείου προς

Μαυρατζαίου προς Μάνα Κοκκαρίου και Αυλάκια. Απαντούν επίσης και στη λεκάνη Πύργου. Το πάχος της σειράς αυτής είναι 850 m περίπου. Ηλικία Μέσο - Άνω Μειόκαινο.

- Κλαστική σειρά λεκάνης Μυτιληνίων. Αποτελείται από ποταμολιμναίες αποθέσεις λατυποπαγών, κροκαλοπαγών, ψηφιτοπαγών και ψαμμιτών ή ερυθρών-υποκίτρινων πηλών, αργίλλων και τόφων με ενδιαστρώσεις κατά θέσεις ψαμμούχων μαργών και μαργαϊκών ασβεστολίθων.

Τα υλικά της κλαστικής σειράς προέρχονται από τη διάβρωση των αποθέσεων της κατώτερης σειράς της λεκάνης των Μυτιληνίων, γεγονός που οδηγεί στη σκέψη ότι η μεγάλη λίμνη είχε περιοριστεί στο Α/ΒΑ τμήμα της λεκάνης, ενώ το Δ/ΝΔ τμήμα είχε χερσεύσει.

Στα ανώτερα στρώματα της σειράς αυτής -τα οποία αποκαλύφθηκαν λόγω των διαβρωτικών διεργασιών διάνοιξης της κοιλάδας των Μυτιληνίων πρόσφατης ηλικίας- βρέθηκε πλούσια απολιθωμένη πανίδα θηλαστικών του Ανωτέρου Μειοκαίνου, η οποία είναι αντίστοιχη της Πικερμικής πανίδας.

Πρόκειται για πανίδα τύπου τροπικής Σαβάννας η οποία περιλαμβάνει Ιππάρια, Σαμοθήρια, Μαχαιρόδοντες, Παλαιοτράγους, Μαστόδοντες, Δικερόρινους κ.α. Χιλιάδες απολιθωμένα οστά από τη λεκάνη Μυτιληνίων κοσμούν τις προθήκες όλων σχεδόν των Μουσείων Φυσικής Ιστορίας του κόσμου. Ορισμένα από αυτά βρίσκονται στις προθήκες του Παλαιοντολογικού Μουσείου Μυτιληνίων.

Η ηλικία της Κλαστικής σειράς είναι Άνω Μειοκαινική.

Η επιφανειακή εξάπλωση των αποθέσεων της κλαστικής σειράς περιλαμβάνει τη ζώνη ανατολικά του Πυθαγορείου μέχρι Ζερβού και προς τα ΒΑ, ανατολικά των Μυτιληνίων και δυτικά του Κοκκαρίου.

- Ανώτερη σειρά λεκάνης Μυτιληνίων. Αποτελείται κυρίως από λιμναίες αποθέσεις τραβερτινοειδών ασβεστολίθων, κατά θέσεις μαργαϊκών, με παρεμβολές χαλαρών πηλών, μαργών, τόφων και τοφφίτων υπό μορφή φακών. Οι αποθέσεις της Ανώτερης σειράς υπέρκεινται των αποθέσεων της Κλαστικής σειράς. Η εμφάνισή τους περιορίζεται στις κορυφές των λόφων ανατολικά της Μονής Αγ. Τριάδας, της λοφοσειράς Στεφάνας και της παραλιακής ζώνης Μαλαγαρίου-Φλόκας-Κοκκαρίου. Το πάχος των αποθέσεων της Ανώτερης σειράς είναι περίπου 250 m, ενώ η ηλικία τους είναι Πλειοκαινική.

Τα ιζήματα της λεκάνης των Μυτιληνίων αναπτύσσονται με κύρια ΒΔ-ΝΑ παράταξη και διεύθυνση κλίσης προς τα ΒΑ με τιμές της γωνίας κλίσης μέχρι και 80° περίπου.

Στην επαφή των ιζημάτων με το μεταμορφωμένο υπόβαθρο της Αμπέλου, τα στρώματα των ιζημάτων αποκτούν B-N παράταξη με διεύθυνση κλίσης προς τα Α. Συχνά, λόγω της δράσης των κανονικών ρηγμάτων περιστρέφονται και τοποθετούνται με διεύθυνση κλίσης προς τα ρήγματα και παράταξη παράλληλη προς την ανάπτυξη των ρηγμάτων. Επίσης τα Μειοκαινικά ιζήματα της λεκάνης Μυτιληνίων εμφανίζονται πτυχωμένα.

Σήμερα τα ιζήματα της λεκάνης των Μυτιληνίων έχουν ανυψωθεί σημαντικά, έχουν πολυτεμαχιστεί από νεώτερα ρήγματα, έχουν διαβρωθεί ή έχουν βυθιστεί κάτω από τη στάθμη της θάλασσας βόρεια της ακτογραμμής Αυλακίων-Κοκκαρίου-Μαλαγαρίου και ΝΑ της ακτογραμμής Κυριακούς-Ηραίου-Πυθαγορείου-Μεσοκάμπτου.

**(Γ) Η λεκάνη Πύργου** αποτελεί ένα στενό-επίμηκες βύθισμα με ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμό. Έχει μορφή διαύλου επικοινωνίας μεταξύ των δύο μεγάλων λεκανών Μυτιληνίων και Καρλοβάσου και διαχωρίζει τον ορεινό όγκο της Αμπέλου από αυτόν του Μπουρνιά.

Από πλευράς απόθεσης ιζημάτων και εξελικτικών διεργασιών φαίνεται ότι ανήκει στο σύστημα της λεκάνης Μυτιληνίων, το οποίο επεκτείνεται από το ύψος του Παγώνδα προς τον Πύργο και προς τον Πλάτανο. Τα στρώματα των νεογενών ιζημάτων έχουν γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως Β-Ν ενώ η διεύθυνση της κλίσης τους είναι γενικά προς τα ΒΑ και Α με γωνία κλίσης  $20^{\circ}$ - $50^{\circ}$ . Στις επαφές με το υπόβαθρο της Αμπέλου οι κλίσεις των στρωμάτων γίνονται ΝΑ.

**(Δ) Η λεκάνη Καρλοβάσου** αποτελεί, όπως και η λεκάνη Μυτιληνίων ένα μεγάλο τεκτονικό βύθισμα με Β-Ν ανάπτυξη, μεταξύ των σχιστολίθων της Αμπέλου και των σχιστόλιθων Μαραθόκαμπτου-Κοσμαδαίων. Από τους κατώτερους προς τους ανώτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες διακρίνονται:

- **Κροκαλολατυποπαγή της βάσης** των νεογενών ιζημάτων της λεκάνης Καρλοβάσου: Πρόκειται για ποταμοχερσαίας προέλευσης κροκαλοπαγών, με χρώμα κοκκινοβυσσινί, που αποτελούνται από κροκάλες των μεταμορφωμένων πετρωμάτων και αργιλλοαμμώδες συνδετικό υλικό.
- **Κατώτερη σειρά λεκάνης Καρλόβασου.** Ηλικία Άνω-Μέσο Μειόκαινο: Αποτελείται από μάργες υπόλευκες, τεφρές ή υποκίτρινες με ενστρώσεις ψαμμιτομαργών, κροκαλολατυποπαγών και τοφφικού υλικού. Πλευρικά μεταβαίνουν σε τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους με ενστρώσεις, επίσης, τοφφικών υλικών.

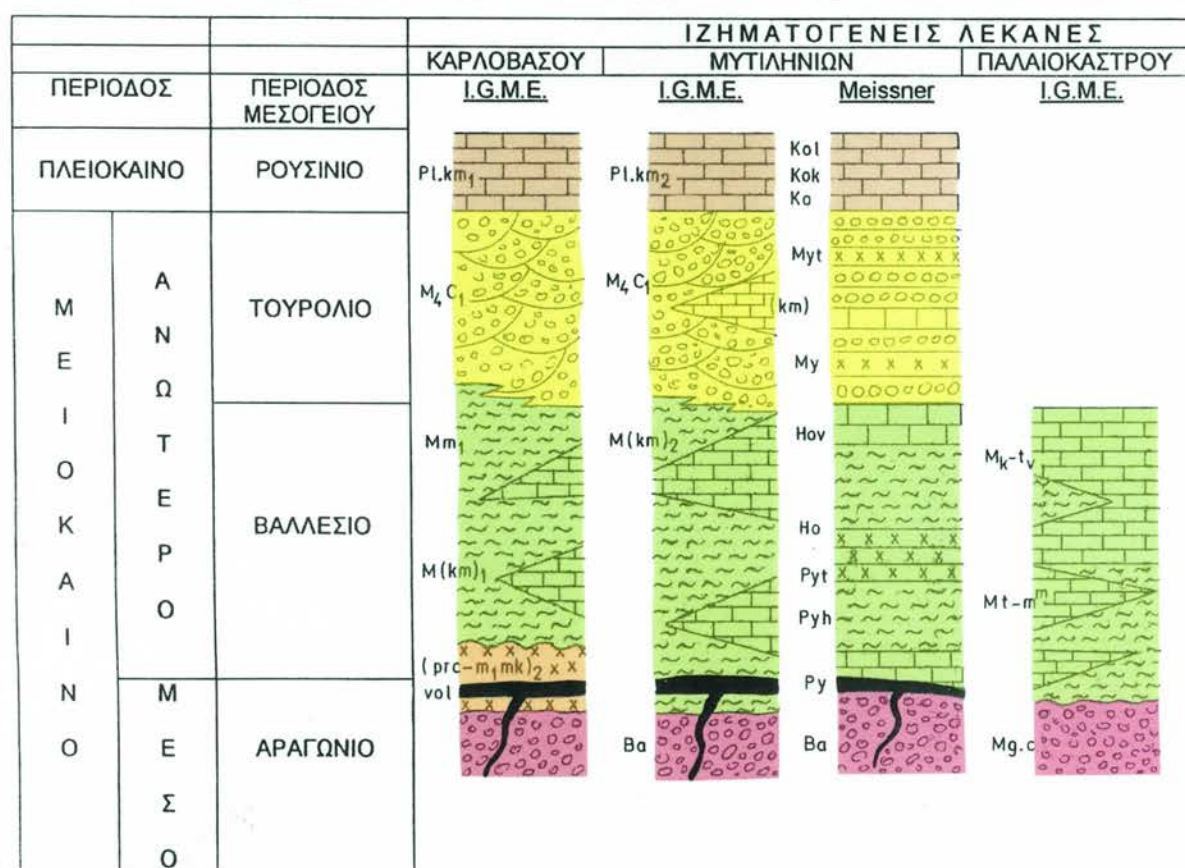
Τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι συναντώνται επίσης, και ως ενστρώσεις μικρού πάχους μεταξύ των μαργών.

Πυροκλαστικά υλικά και πυριτιωμένα μειοκαινικά ιζήματα μαργών, ασβεστόλιθων και κροκαλολατυτοπαγών της βάσης των νεογενών ιζημάτων, συναντώνται στους βαθύτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες της κατώτερης σειράς της λεκάνης Καρλοβάσου. Όπως και στη λεκάνη των Μυτιληνίων τα ιζήματα της κατώτερης σειράς της λεκάνης του Καρλόβασου εμφανίζονται πτυχωμένα.

- **Κλαστική σειρά λεκάνης Καρλοβάσου.** Ηλικία Ανώτερο Μειόκαινο-Κατώτερο Πλειόκαινο: Πρόκειται για ποταμολιμναίες αποθέσεις, που αποτελούνται κυρίως από κροκαλολατυτοπαγή άστρωτα μικρής συνεκτικότητας, με κροκαλολατύπες από ηφαιστίτες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους του Νεογενούς και από τα μεταμορφωμένα πετρώματα. Συχνά τα κροκαλολατυτοπαγή εναλλάσσονται ή μεταβαίνουν πλευρικά προς ψηφιτοπαγείς έως ψαμμιτικούς και ψαμμιτομαργαϊκούς ορίζοντες.
- **Ανώτερη σειρά λεκάνης Καρλοβάσου.** Ηλικία Πλειόκαινο: Περιλαμβάνει κυρίως μαργαϊκούς και τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους λιμναίας φάσης με παρεμβολές μικρού πάχους μαργαϊκών ενστρώσεων που περιέχουν ενίοτε διάσπαρτες κροκάλες. Η σειρά επικάθεται σύμφωνα της υποκείμενης κλαστικής σειράς της λεκάνης.

Τα ιζήματα της λεκάνης του Καρλοβάσου κατά μήκος των ορίων τους με τα μεταμορφωμένα πετρώματα, αναπτύσσονται, κυρίως με ΒΔ-ΝΑ παράταξη και με διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ και ΒΑ στο ανατολικό και δυτικό τους όριο αντίστοιχα. Η γωνία κλίσης κυμαίνεται από 20° έως 50°, αλλά συχνά παίρνει μεγάλες τιμές μέχρι ~80°. Στην υπόλοιπη έκταση τους τα ιζήματα παρουσιάζουν μια διασπορά των στοιχείων ανάπτυξής τους, που οφείλεται είτε στην πτύχωση των κατώτερων μελών τους είτε στα νεότερα κανονικά ρήγματα που τα διασχίζουν. Στην τελευταία περίπτωση τα ιζήματα, λόγω της δράσης των ρηγμάτων, περιστρέφονται συχνά και τοποθετούνται με διεύθυνση κλίσης προς τα ρήγματα και παράταξη παράλληλη προς την ανάπτυξη των ρηγμάτων.

- **Τέλος ηφαιστίτες** διατρυπούν συχνά τους κατώτερους σχηματισμούς των λεκανών. Η λιθολογική σύσταση των ηφαιστιτών είναι κυρίως βασάλτες, ρυόλιθοι, τραχείτες και δακίτες. Επίσης ηφαιστειακοί, βασάλτικοί τόφοι συνοδεύουν συχνά τις ηφαιστειακές εκχύσεις. Τα ηφαιστειακά πετρώματα αναπτύσσονται με μικρό πάχος, κυρίως, κατά μήκος των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών που οριοθετούν τις νεογενείς λεκάνες από τα μεταμορφωμένα πετρώματα, πολλές φορές όμως βρίσκονται και ως κοίτες μεταξύ των ιζημάτων ή με τη μορφή φλεβών και μικρών καλυμμάτων στα μεταμορφωμένα πετρώματα



Σχ. 4. Λιθοστρωματογραφικές στήλες των τριών κυριότερων λεκανών της Σάμου (λεκάνες Καρλοβάσου, Μυτιληνίων και Παλαιοκάστρου) βασισμένες σε στρωματογραφικά δεδομένα και συσχετίσεις των νεογενών αποθέσεων των εργασιών Melentis 1969, Meissner 1976, ΙΓΜΕ, Θεοδωρόπουλος 1979, Black et al. 1980, Solunias et al 1981, Bonis et al 1990, Bernoer et al 1996, Koufos et al 1997, Kostopoulos et al 2003. Ακολουθώντας τη γενική διαίρεση του ΙΓΜΕ, Θεοδωρόπουλος 1979 με καφέ χρώμα συμβολίζεται η ανώτερη μη κλαστική σειρά ιζημάτων ηλικίας Πλειοκαίνου, με κίτρινο χρώμα η ενδιάμεση κλαστική σειρά Ανωτέρου Μειοκαίνου-Κατωτέρου Πλειοκαίνου, με πράσινο χρώμα, η κατώτερη μη κλαστική σειρά Μέσου-Ανωτέρου Μειοκαίνου, με πορτοκαλί χρώμα τα πυροκλαστικά υλικά, με μαύρο, τα ηφαιστειακά πετρώματα και με βυσινή χρώμα το κροκαλοπαγές της βάσης.

Στο νεοτεκτονικό χάρτη, τα ιζήματα των τεσσάρων λεκανών του νησιού, με βάση τη στρωματογραφία τους και τα ιζηματολογικά τους χαρακτηριστικά, αλλά και λαμβάνοντας υπόψη τη σύγχρονη γένεση των λεκανών, τα ομαδοποιήσαμε στις παρακάτω τρεις επί μέρους κύριες σειρές και τα κροκαλοπαγή βάσης ακολουθώντας τη διαίρεση του ΙΓΜΕ Θεοδωρόπουλος 1979:

- Ι. Την ανώτερη μη κλαστική σειρά, ηλικίας Πλειοκαίνου που περιλαμβάνει τις αντίστοιχες Ανώτερες σειρές των Μυτιληνίων και Καρλοβάσου.

- II. Την **ενδιάμεση κλαστική σειρά**, ηλικίας Ανώτερου Μειοκαίνου-Κατώτερου Πλειοκαίνου, που περιλαμβάνει τις κλαστικές σειρές Μυτιληνών και Καρλοβάσου και τα αντίστοιχα κλαστικά ιζήματα Πύργου.
- III. Την **κατώτερη μη κλαστική σειρά**, ηλικίας Μέσου-Άνω Μειοκαίνου, που περιλαμβάνει τις κατώτερες σειρές των ιζημάτων στις λεκάνες Μυτιληνίων, Καρλοβάσου και Παλαιοκάστρου.
- IV. Τα **κροκαλοπαγή βάσης**, ηλικίας Μέσου Μειοκαίνου όλων των λεκανών.

Συσχετίσεις των ιζημάτων των λεκανών Καρλοβάσου, Μυτιληνίων και Παλαιοκάστρου δείχνονται στο σχήμα 4.

### 3.5. Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Περιλαμβάνουν ποταμοχειμάρρεια υλικά, προϊόντα διάβρωσης τόσο του υποβάθρου (μαρμάρων και σχιστολίθων), όσο και των νεογενών ιζημάτων των λεκανών, καθώς και πλευρικά κορήματα.

Τα ποταμοχειμάρρεια υλικά διάβρωσης περιορίζονται είτε κατά μήκος της κοίτης των χειμάρρων υπό μορφήν αναβαθμίδων, είτε στις πεδινές περιοχές του κάμπου Χώρας, του Μεσοκάμπου, του Κοκκαρίου, του Μαραθοκάμπου και του Καρλοβάσου. Το συνολικό τους πάχος είναι μικρό και η ηλικία τους Ολοκαινική.

Τα πλευρικά κορήματα αναπτύσσονται στη βάση των μορφολογικά απότομων πρανών, που τις περισσότερες φορές συνδέονται με τη δράση κάποιου κανονικού ρήγματος και τοποθετούνται σε ασυμφωνία πάνω στα νεογενή ιζήματα των λεκανών. Η τοποθέτησή τους συχνά, με διεύθυνση κλίσης προς το απότομο πρανές φανερώνει τεκτονική δράση μετά την απόθεσή τους, συνεπώς τεκτονική δράση πρόσφατη, κατά το Πλειστόκαινο και Ολόκαινο, αποτελώντας έτσι ένα σημαντικό κριτήριο για πρόσφατη-ενεργό νεοτεκτονική δράση.

Διακρίνονται σε δύο διαφορετικής ηλικίας, γενεές πλευρικών κορημάτων: Στα σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, που αποτελούνται από ποικίλα γωνιώδη κομμάτια ασύνδετα ή χαλαρά συνδεδεμένα μεταξύ τους με αργίλλοαμμώδες υλικό και στα παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, που αποτελούνται από κροκαλοατύπες διαφόρων διαστάσεων ισχυρά συγκολλημένες μεταξύ τους με αργίλλοαμμώδες υλικό.

## **4. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

### **4.1. Νεοτεκτονικό πλαίσιο και ενεργός τεκτονική**

Αποτέλεσμα της σύγκλισης των πλακών στην Ανατολική Μεσόγειο και την υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από το Αιγαίο από την περίοδο του Μειοκαίνου μέχρι σήμερα, είναι η έντονη νεοτεκτονική και ενεργός παραμόρφωση στο χώρο του Αιγαίου.

Η παραμόρφωση αυτή, που είναι μια συνεχής επέκταση και λέπτυνση του φλοιού του Αιγαίου (εφελκυσμός), εκδηλώνεται με δημιουργία νέων και επαναδραστηριοποίηση παλιών μεγάλων ρηγμάτων, τα οποία είναι υπεύθυνα για το σχηματισμό ή τη διαμόρφωση μεγάλων νεοτεκτονικών βυθισμάτων-ταφρολεκανών που πληρώθηκαν με Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα. Εκδηλώνεται επίσης σήμερα (σε ιστορικούς χρόνους) με ισχυρούς επιφανειακούς σεισμούς στον εσωτερικό οπισθοτόξιο χώρο του Νότιου και Κεντρικού Αιγαίου.

Η διεύθυνση του μέγιστου εφελκυσμού έχει προσδιορισθεί σε ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση για την περίοδο Άνω Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου και σε διεύθυνση Β-Ν από το Κάτω Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα. Αποτέλεσμα του Β-Ν εφελκυσμού είναι η σύγχρονη σεισμική δραστηριότητα που παρουσιάζει ο χώρος του Νοτίου Κεντρικού Αιγαίου, μολονότι το Κεντρικό Αιγαίο υφίσταται πρόσθετα και τη μακρινή επίδραση του μεγάλου δεξιόστροφου ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας, το οποίο καταλήγει μεν στο Βόρειο Αιγαίο με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ, όμως ορισμένες απολήξεις αυτού στρέφονται σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και επηρεάζουν και το Κεντρικό Αιγαίο, όπου βρίσκεται και η Σάμος.

Έτσι η παραμόρφωση στον ευρύτερο χώρο της Σάμου είναι αποτέλεσμα εφελκυσμού τυπικού οπισθοτόξιας περιοχής με ορισμένες όμως επιδράσεις οριζόντιας μετατόπισης κυρίως στη δυτική πλευρά της Σάμου (σχ. 3).

Η νεότερη τεκτονική εξέλιξη της Σάμου αρχίζει ουσιαστικά με την αρχική δημιουργία των μεγάλων λεκανών που έλαβε χώρα με τη δράση μικρής γωνίας κλίσης κανονικών ρηγμάτων αποκόλλησης (detachments) λόγω της εφελκυστικής τεκτονικής που συνέβη στο τέλος της Αλπικής ορογένεσης όταν έγινε η εκταφή του μεγάλου τεκτονικού παράθυρου του Κερκετέα. Η εφελκυστική αυτή τεκτονική τοποθετείται στην περίοδο του Άνω Ολιγοκαίνου – Κάτω Μειοκαίνου και τα ρήγματα αποκόλλησης δημιούργησαν τα πρώτα βυθίσματα στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο του νησιού για να αναπτυχθούν στη συνέχεια οι νεογενείς λεκάνες.

Ωστόσο το οριστικό σχήμα των λεκανών της Σάμου, που εντάσσεται στο ευρύτερο σύστημα ταφρογένεσης του Νοτίου Αιγαίου, δημιουργήθηκε με τα μεγάλης γωνίας κανονικά ρήγματα διεύθυνσης BBD-NNA έως ΒΔ-ΝΑ τα οποία σχηματίστηκαν στο Κάτω-Μέσο Μειόκαινο και συνέχισαν τη δράση τους μέχρι και το Πλειόκαινο στα πλαίσια του γενικού εφελκυσμού του Αιγαίου που εκείνη την περίοδο είχε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Αποτέλεσμα ήταν ο τελικός προσανατολισμός των λεκανών-τάφρων Μυτιληνίων και Καρλοβάσου στη BBD-NNA διεύθυνση και των μικροτέρων λεκανών Παλαιοκάστρου και Πύργου στη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα ηλικίας 6-11 Ma (Κάτω – Μέσου Μεοκαίνου), που βρίσκονται κυρίως στα κράσπεδα των κυρίων λεκανών της Σάμου, προφανώς βρίσκονται σε στενή σχέση αρχικής δημιουργίας τους με την εφελυστική τεκτονική δράση, αυτή που προκάλεσε τα BBD-NNA ρήγματα.

Στο Πλειο-Πλειστόκαινο η διεύθυνση του εφελκυσμού στο χώρο του Αιγαίου άλλαξε από ΒΑ-ΝΔ σε ΒΒΑ-ΝΝΔ με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν νέα κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης σε γενική διεύθυνση Α-Δ, ενώ προγενέστερα ρήγματα διευθύνσεων ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ επαναδραστηριοποιήθηκαν με το νέο εφελκυσμό ως ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Αυτά τα ρήγματα, ιδιαίτερα τα Α-Δ διεύθυνσης, ελέγχουν τη γεωμορφολογία του νησιού, το οποίο χονδρικά μπορεί να θεωρηθεί ως ένα τεταρτογενές τεκτονικό κέρασ στο Αιγαίο. Τα ρήγματα αυτά προφανώς προκαλούν και μερικούς από τους σημερινούς (ιστορικούς) σεισμούς στον ευρύτερο χώρο της νήσου Σάμου και της γύρω θαλάσσιας περιοχής στα πλαίσια της επιφανειακής σεισμικότητας του Αιγαίου, καθόσον η εφελκυστική διεργασία στη λιθόσφαιρα του Αιγαίου παραμένει στη Β-Ν έως BBD-NNE διεύθυνση μέχρι σήμερα (Papazachos & Kiratzi 1996).

## **4.2. Ανάλυση της ρηξιγενούς τεκτονικής**

Στη ρηξιγενή τεκτονική του νησιού δεσπόζουν βεβαίως τα κρασπεδικά ρήγματα διαφυγής (detachment) των δύο μεγάλων λεκανών, των Μυτιληνίων και του Καρλοβάσου, που έχουν γενική διεύθυνση Β-Ν. Επιπλέον όμως στο νησί υπάρχουν πολλές άλλες ρηξιγενείς δομές, ορισμένες από τις οποίες έχουν ιδιαίτερη σημασία για την ενεργό τεκτονική και τη μελέτη του σεισμικού κινδύνου. Για το λόγο αυτό το μεγαλύτερο βάρος της έρευνας επικεντρώθηκε κυρίως στη μελέτη των μεγάλων ρηγμάτων της Σάμου, των ρηγμάτων δηλαδή που έχουν μεγάλο μήκος ανάπτυξης (πάνω από 10 km) και τα οποία είναι δυνατόν αν επαναδραστηριοποιηθούν να



προκαλέσουν μεγάλο σεισμό. Για τον ίδιο λόγο καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια στην ποιοτική μελέτη των μεγάλων ρηγμάτων για να διαπιστωθεί ποια από αυτά έχουν πρόσφατη τεκτονική δράση.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας μας, διαπιστώθηκε ότι οι ρηξιγενείς δομές του νησιού αποτελούν τόσο ρήγματα κανονικά και ανάστροφα, όσο και οριζόντιας μετατόπισης, δημιουργώντας έτσι ένα πολύπλοκο δίκτυο τεκτονικών δομών. Συχνά επίσης στις ρηξιγενείς επιφάνειες διαπιστώθηκαν διαφορετικής γενεάς κινήσεις, άλλοτε με σημαντικότερη την οριζόντια συνιστώσα κίνησης και άλλοτε την κατακόρυφη.

- **Τα ανάστροφα ρήγματα** αναπτύσσονται κυρίως με B-N παράταξη και φορά κίνησης προς τα Α ή Δ παρουσιάζοντας εντούτοις μικρή διακύμανση της διεύθυνσης της ανάπτυξής τους από τα ΒΔ έως τα ΒΑ, με αντίστοιχη διακύμανση της φοράς κίνησής τους. Παρατηρήθηκαν τόσο στα νεογενή ιζήματα της λεκάνης των Μυτιληνίων όσο και στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Οι γραμμώσεις ολίσθησης που μετρήθηκαν στις ρηξιγενείς επιφάνειες, παρουσιάζουν συχνά εκτός από την κύρια κατακόρυφη συνιστώσα κίνησης και κάποια οριζόντια συνιστώσα κίνησης, έτσι ώστε τα ρήγματα τις περισσότερες φορές εμφανίζονται με χαρακτήρες πλαγιοανάστροφων ρηγμάτων.

- **Τα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης** αναπτύσσονται κυρίως, με ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ παράταξη και δεξιόστροφη την οριζόντια συνιστώσα κίνησής τους, καθώς επίσης με ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ παράταξη και αριστερόστροφη την οριζόντια συνιστώσα κίνησής τους. Αποκλίσεις από τη συζυγή αυτή ανάπτυξη των ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης παρατηρήθηκαν σε μικρή κλίμακα. Παρατηρήθηκαν τόσο στα νεογενή ιζήματα των λεκανών όσο και στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο.

- **Τα κανονικά ρήγματα**, εμφανίζονται ως ένα πυκνό δίκτυο ρηξιγενών δομών με ποικίλες διευθύνσεις ανάπτυξης, που επηρεάζουν τα νεογενή ιζήματα και το μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Ορισμένα εν τούτοις, παρουσιάζουν πολύπλοκη κινηματική, με διαφορετικής ηλικίας κινήσεις, όπου άλλοτε υπερτερεί η οριζόντια συνιστώσα κίνησης και άλλοτε η κατακόρυφη, γεγονός που δείχνει την πολλαπλή δράση των ρηγμάτων αυτών στη γεωλογική ιστορία τους.

Κριτήρια αλληλοεπίδρασης μεταξύ των γραμμώσεων ολίσθησης δείχνουν τις περισσότερες φορές, ότι η κίνηση που έχει ως κύριο στοιχείο την κατακόρυφη συνιστώσα κίνησης είναι η νεότερη.

Διακρίθηκαν 3 (τρεις) κύριες διευθύνσεις ανάπτυξης των ρηγμάτων αυτών που ομαδοποιούνται στα εξής σύνολα:

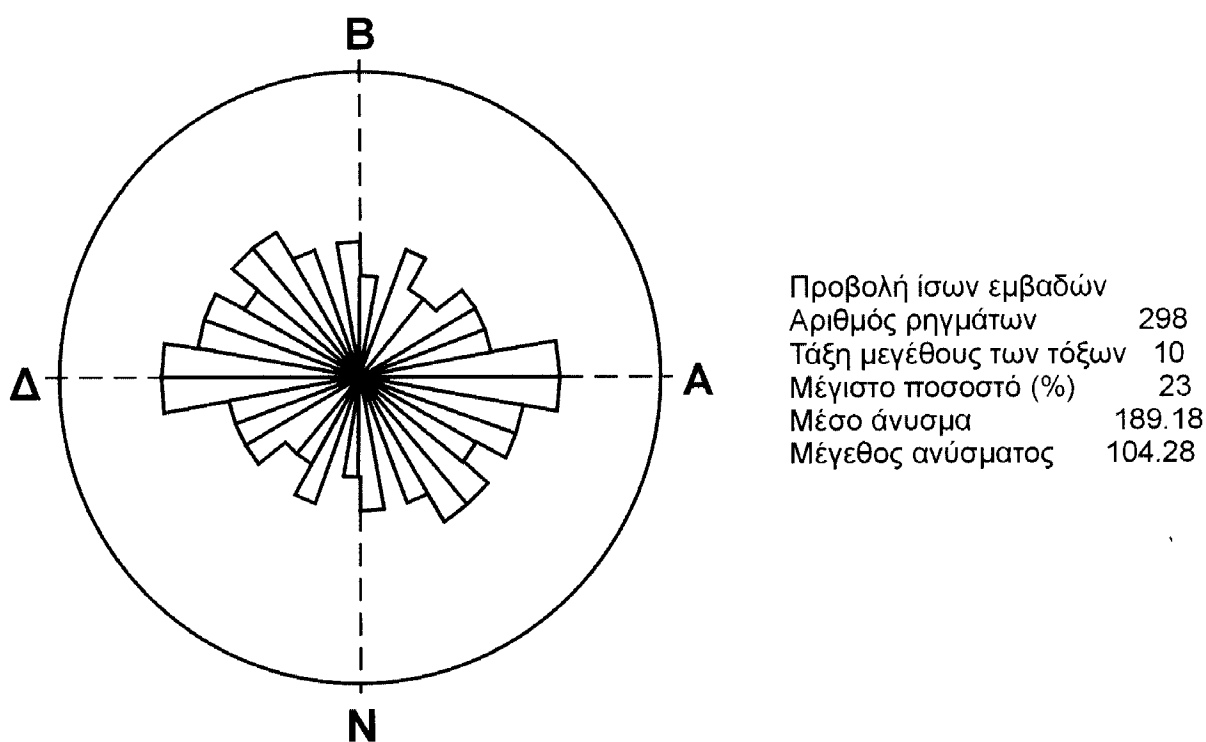
(α) **BBA-NNΔ έως ΒΑ-ΝΔ**

(β) **ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ**

### (γ) ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΔΝΔ-ΑΒΑ

Μια συνολική, ποιοτική απεικόνιση του τρόπου ανάπτυξης όλων των ρηγμάτων του νησιού δίδεται στο ροδοδιάγραμμα του σχήματος 5 όπου τη σχετικά μέγιστη ανάπτυξη εμφανίζεται να έχουν τα ρήγματα με ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΔΝΔ-ΑΒΑ παρατάξη.

Στρωματογραφικά κριτήρια και τεκτονικά κριτήρια αλληλοεπίδρασης, των γραμμώσεων ολίσθησης στις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων αλλά και των ίδιων των ρηγμάτων μεταξύ τους, δείχνουν ότι τα ρήγματα του συνόλου (γ), με ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΔΝΔ-ΑΒΑ ανάπτυξης, συνδέονται με τη νεότερη τεκτονική δράση στο νησί, η οποία όμως αποτυπώνεται γεωμετρικά συχνά και στα ρήγματα με την ανάπτυξη των (α) και (β) συνόλων. Αυτό δείχνει ότι υπήρξε συνλειτουργία των ρηγμάτων διαφορετικών παρατάξεων κατά το νεότερο τεκτονικό πεδίο.



Σχ. 5. Ροδοδιάγραμμα παρατάξεων του συνόλου των ρηγμάτων, που χαρτογραφήθηκαν στη Σάμο.

Από το σύνολο των ρηξιγενών δομών που χαρτογραφήθηκαν στο ύπαιθρο, διακρίναμε (15) κύριες, μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, που αριθμούνται από 1 έως 15 στο νεοτεκτονικό χάρτη. Κοινό χαρακτηριστικό των ρηγμάτων αυτών είναι η κανονική κατακόρυφη (dip-slip) συνιστώσα κίνησης, που συνδέεται όμως με διαφορετική

δυναμική σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με τη διεύθυνση ανάπτυξης της ρηξιγενούς δομής και της αντίστοιχης γράμμωσης ολίσθησης.

Η δυναμική των ρηγμάτων, που ανήκουν στο (γ) σύνολο, ως προς την κανονική κατακόρυφη συνιστώσα κίνησης, παρουσιάζει ανάλογη συμμετρία με το γενικά παραδεκτό ενεργό πεδίο τάσεων του Νότιου Αιγαίου, όπου ο μέγιστος εφελκυσμός αναπτύσσεται κατά γενική διεύθυνση B-N.

Εν τούτοις στα ρήγματα της ομάδας αυτής παρατηρήθηκαν και παλιότερες κινήσεις, συνδεδεμένες με οριζόντια συνιστώσα κίνησης. Αυτό σημαίνει ότι ορισμένα τουλάχιστον από τα ρήγματα αυτά είχαν πολλαπλή δράση στο παρελθόν από την επίδραση παλιότερων δυναμικών πεδίων, διαφορετικών ή και ανάλογης συμμετρίας με το ενεργό πεδίο των τάσεων.

Η ηλικία κίνησης των ρηγμάτων του (γ) συνόλου, τουλάχιστον ως προς την κύρια, νεότερη κατακόρυφη συνιστώσα κίνησής τους, υπολογίζεται Πλειοκαινική και νεότερη.

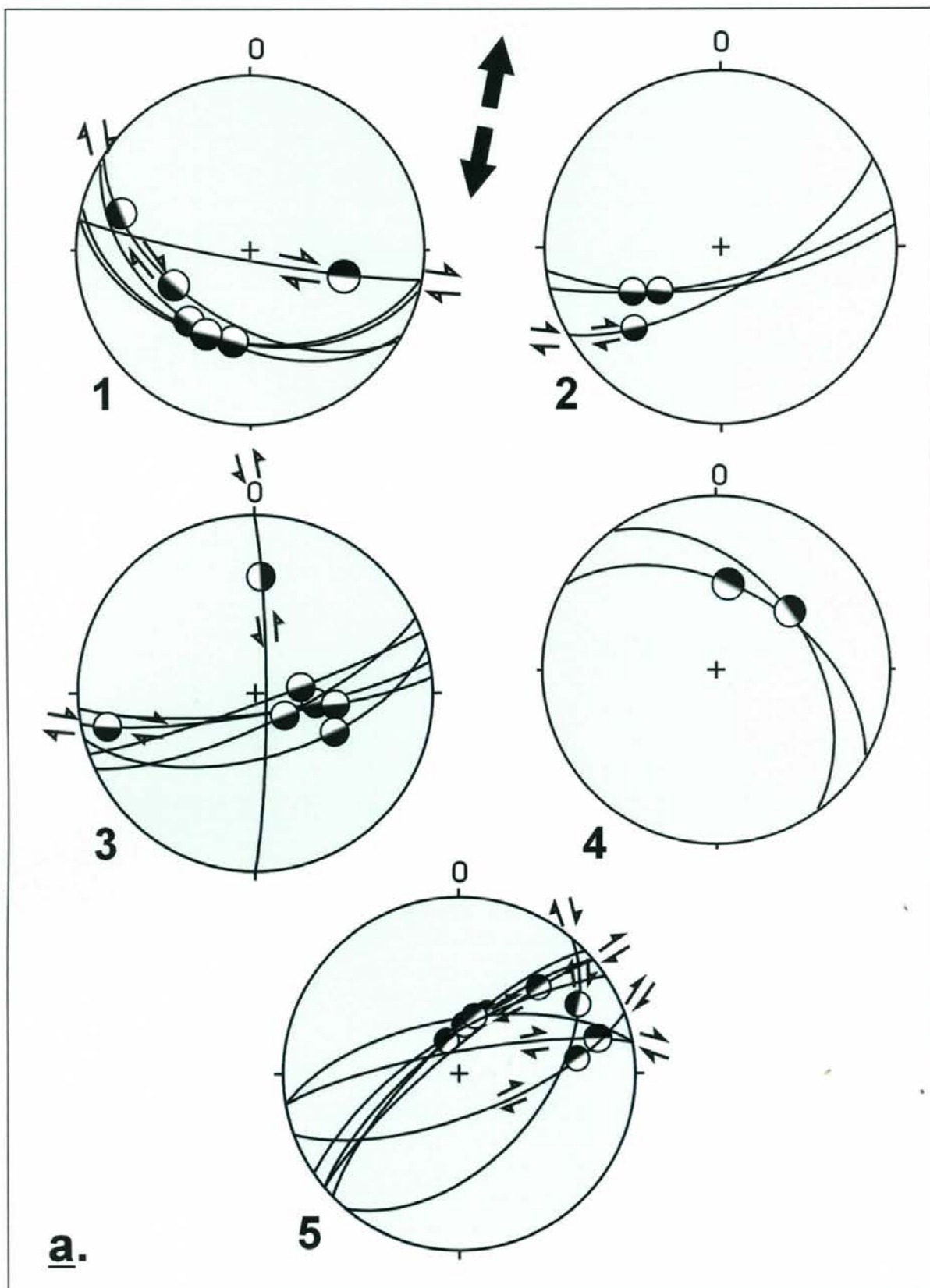
### 4.3. Περιγραφή των ενεργών ρηγμάτων της Σάμου

Η νεοτεκτονική χαρτογράφηση και η ποιοτική και ποσοτική τεκτονική ανάλυση της νήσου Σάμου οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα σχετικά με τα μεγάλα ρήγματα του νησιού που αριθμούνται στο νεοτεκτονικό χάρτη 1-15.

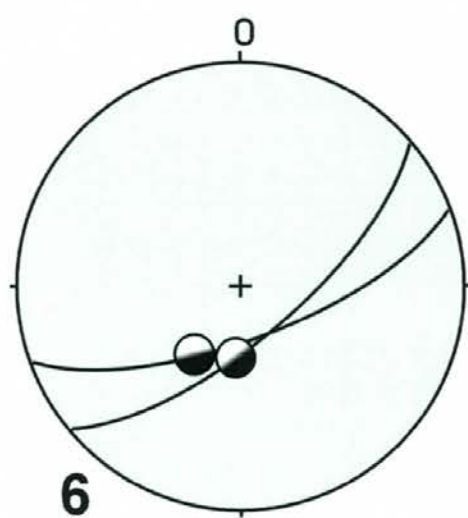
1. Ρήγμα Πυθαγορείου 2. Ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα 3. Ρήγματα Κυπαρισσίων 4. Ρήγμα Κοκκαρίου Βαθέος 5. Ρήγμα Καρολαβάσου-Δρακαίων	Ενεργά Ρήγματα
6. Ρήγμα Βαθέος-Μονής Ζωοδόχου Πηγής 7. Ρήγμα Παλαιοκάστρου-Ποσειδωνίου 8. Ρήγμα Κότσικα-Ψιλής Άμμου 9. Ρήγμα Μυτιληνίων 10. Ρήγμα Ζερβού 11. Ρήγμα Μύλων-Πύργου 12. Ρήγματα Παγώνδα-Ηραίου και Ακρωτηρίου Τσόπελα 13. Ρήγμα Υδρούσας 14. Ρήγματα Μονής Ευαγγελίστριας 15. Ρήγματα Λιμνιών	

Από τα παραπάνω ρήγματα αυτά του Πυθαγορείου (1), Μαραθόκαμπου-Κερκετέα (2) και Καρολαβάσου-Δρακαίων (5) θεωρούνται ενεργά ρήγματα με συνδυασμό γεωλογικών και σεισμολογικών κριτηρίων. Τα ρήγματα Κυπαρισσίων (3) βρίσκονται μεταξύ των δύο κυριότερων ενεργών ρηξιγενών ζωνών του Πυθαγορείου και του Μαραθόκαμπου-Κερκετέα αποτελώντας ίσως το συνδετικό κρίκο μεταξύ αυτών. Για το λόγο αυτό τα ρήγματα Κυπαρισσίων θεωρήθηκαν πιθανά ενεργά, περιγράφονται στη θέση αυτή (3) και εντάσσονται στα πέντε πρώτα σπουδαιότερα ρήγματα του νησιού, παρόλο ότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένα στοιχεία ότι είναι ενεργά. Το ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος (4) θεωρείται πιθανό ενεργό με τεκτονικά και στρωματογραφικά κριτήρια.

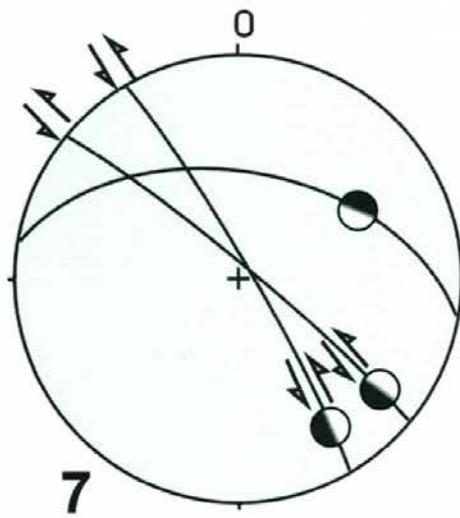
Στη συνέχεια περιγράφονται πρώτα τα πέντε αυτά σπουδαιότερα ρήγματα (1-5) και στη συνέχεια τα υπόλοιπα (6-15) μεγάλα ρήγματα για τα οποία δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι είναι ενεργά, θεωρούνται όμως σημαντικά ρήγματα και λόγω του μεγάλου μεγέθους τους και διότι ορισμένα από αυτά είναι συμβατά με το ενεργό πεδίο των τάσεων.



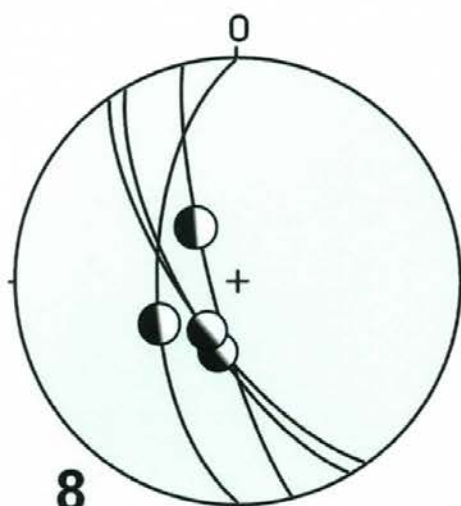
Σχ. 6. Προβολή στο δίκτυο Schmidt (Κάτω ημισφαίριο) των ρηξιγενών επιφανειών και των αντίστοιχων γραμμώσεων ολίσθησης των κύριων ρηγμάτων που διακρίθηκαν στη Σάμο. (1-15). a: Προβολές των ενεργών ρηγμάτων (1-5), b,c: Προβολές των άλλων μεγάλων (κύριων) ρηγμάτων (6-15).



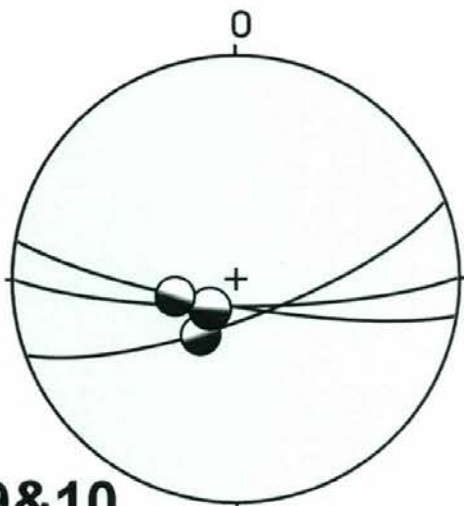
6



7

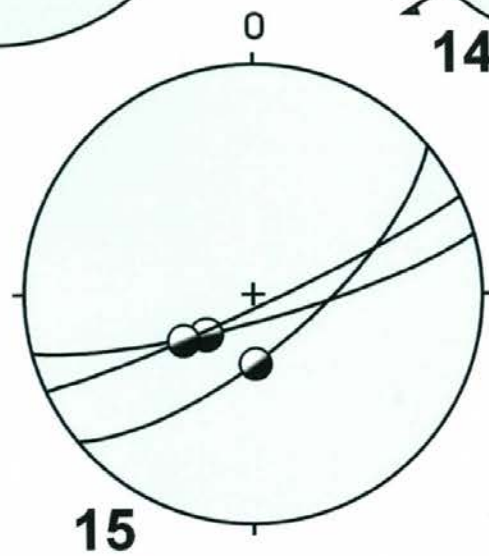
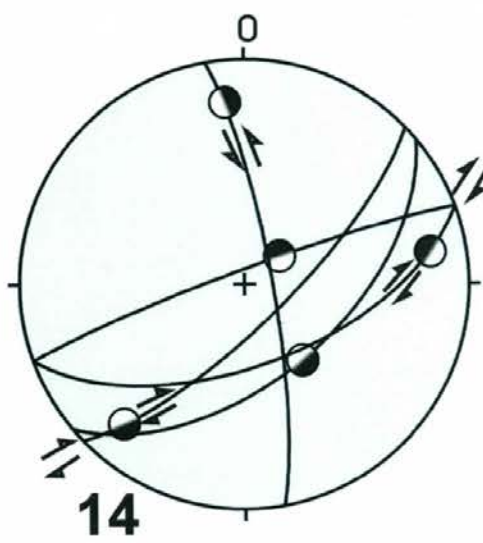
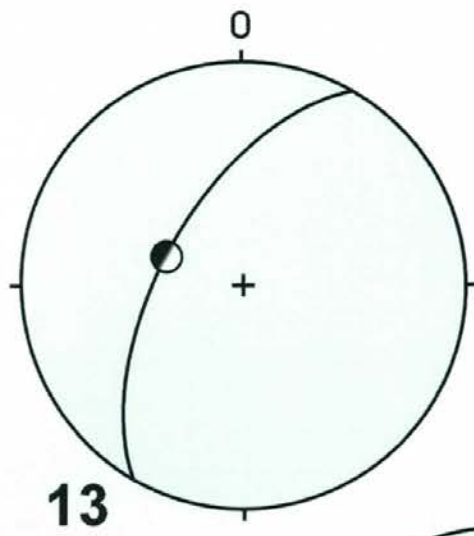
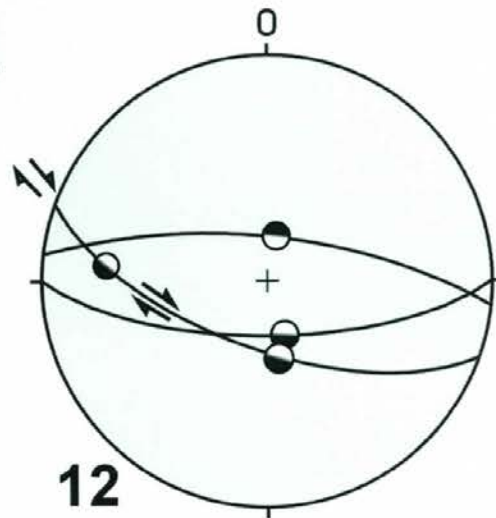
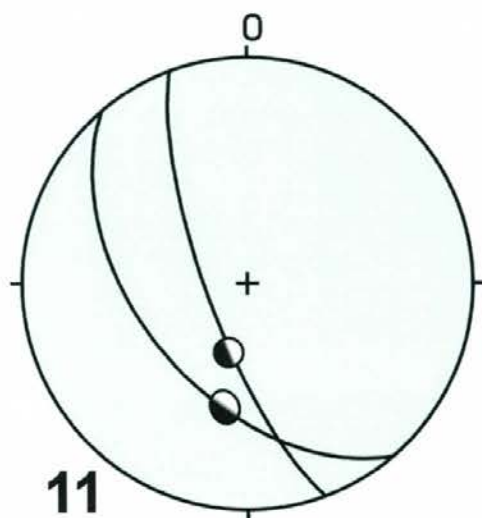


8



9&10

b.



c.

**1. Ενεργό Ρήγμα Πυθαγορείου.** Η σημαντικότερη νεοτεκτονική ρηξιγενής δομή στην Ανατολική Σάμο είναι το "ρήγμα Πυθαγορείου". Πρόκειται για μεγάλο νεοτεκτονικό ρήγμα παράταξης ΔΒΔ-ΑΝΑ που εντοπίσθηκε για πρώτη φορά με την παρούσα μελέτη και διέρχεται ακριβώς βόρεια από το Πυθαγόρειο στη θέση σχεδόν του Ευπαλίνειου Ορύγματος και Μονής Σπηλιανής. Το ρήγμα συνεχίζεται προς τα ΔΒΔ αποτελώντας το ουσιαστικό όριο των Νεογενών ιζημάτων με τις Αλλουβιακές αποθέσεις του Κάμπου Χώρας και με τα πλευρικά κορήματα των κλιτύων της Χώρας. Στη συνέχεια καλύπτεται το επιφανειακό ίχνος του ρήγματος σε μεγάλο μήκος από τα κορήματα και τις αλλουβιακές αποθέσεις και επανεμφανίζεται εντυπωσιακά στο δρόμο Χώρας-Μαυρατζαίων λίγο νοτιότερα της Μονής Τιμίου Σταυρού όπου τέμνει τα Νεογενή ιζήματα με ωραίες τεκτονικές εικόνες.

Η περαιτέρω προς τα ΔΒΔ συνέχεια του ρήγματος διαπιστώνεται από τις αεροφωτογραφίες και κατά θέσεις από την υπαίθρια παρατήρηση. Μια σημαντική θέση του ρήγματος διαπιστώθηκε στο δρόμο Πύργου-Πάνδροσου, 1,5 km περίπου βόρεια του χωριού Πύργος, όπου επηρεάζει με στιλπνή κατοπτρική επιφάνεια τα μάρμαρα του μεταμορφικού συμπλέγματος. Η συνέχειά του διαπιστώθηκε, επίσης, δυτικότερα του Πύργου με την εμφάνιση εντυπωσιακής κατοπτρικής επιφάνειας, κατά μήκος του δρόμου προς Πλάτανο και Μαραθόκαμπο, στη θέση Κούτσι.

Έτσι λαμβανομένου υπ' όψη ότι η συνέχεια του ρήγματος είναι διαπιστωμένη από το Πυθαγόρειο μέχρι το δρόμο Πύργου-Πάνδροσου το ορατό μήκος του είναι 15 km. Δεδομένου ότι το ρήγμα είναι πολύ πιθανόν να συνεχίζεται στη θαλάσσια περιοχή ΑΝΑ του Πυθαγορείου το συνολικό του μήκος πιθανολογείται ακόμη μεγαλύτερο.

Η παράταξη του ρήγματος είναι ΔΒΔ-ΑΝΑ (μετρήσεις παράταξης  $N100^\circ$ ,  $N104^\circ$ ,  $N90^\circ$ ,  $N110^\circ$ ,  $N85^\circ$ ) και η γενική κλίση του σταθερά προς Νότο (μετρήσεις κλίσης  $45^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $44^\circ$  κλπ). Η γεωμετρία του ρήγματος δίδεται στο σχήμα 6.

Στην περιοχή του Ευπαλίνειου Ορύγματος διαπιστώθηκαν οι πλέον τυπικές κατοπτρικές επιφάνειες του ρήγματος, όπου έχει σχηματισθεί συμπαγοποιημένο τεκτονικό λατυποπαγές και αντίστοιχα συμπαγοποιημένα τεκτονικά κορήματα, πιθανώς Άνω Πλειστοκαινικής ηλικίας (κατ' εκτίμηση) τα οποία έχουν επηρεασθεί από νεότερες τεκτονικές επαναδραστικοποιήσεις του ρήγματος.

Οι τελευταίες αυτές παρατηρήσεις τοποθετούν το ρήγμα Πυθαγορείου στα ενεργά ρήγματα με γεωλογικά κριτήρια, τα διεθνώς καθιερωμένα

**2. Ενεργό ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα:** Αναπτύσσεται στο δυτικό τμήμα της Σάμου και μαζί με το ρήγμα του Πυθαγορείου αποτελούν, τα σημαντικότερα



νεοτεκτονικά ρήγματα του νησιού. Πρόκειται ουσιαστικά για μια ζώνη ρηγμάτων με κύρια ανάπτυξη Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ και διεύθυνση κλίσης προς Νότο, που προκαλεί μια κλιμακωτή μετάπτωση προς τα νότια των γεωλογικών σχηματισμών που διαπερνά. Η κλιμακωτή αυτή μετάπτωση πιθανόν να συνδέεται και με μια μετατόπιση της τεκτονικής δράσης της ρηξιγενούς ζώνης προς Νότο.

Το ορατό μήκος της ρηξιγενούς ζώνης ανέρχεται σε ~14 km και από Ανατολικά προς τα Δυτικά διασχίζει αρχικά τη Μειοκαινική μη κλαστική σειρά της λεκάνης του Καρλοβάσου, τους σχιστόλιθους της ενότητας Σάμου, και στη συνέχεια ολόκληρη την ανθρακική μάζα του Κερκετέα.

Μετρήθηκαν ρηξιγενείς επιφάνειες με στοιχεία από  $150^{\circ}/70^{\circ}$  έως  $170^{\circ}/70^{\circ}$  και γραμμώσεις ολίσθησης με γωνίες pitch από  $35^{\circ}$  έως  $70^{\circ}$  προς τα δυτικά, έτσι ώστε η ρηξιγενής ζώνη να έχει το χαρακτήρα πλαγιοκανονικού ρήγματος (σχ. 6). Η κινηματική και δυναμική της ζώνης συμπίπτει με αυτή των ενεργών ρηγμάτων του ευρύτερου χώρου του Νότιου Αιγαίου. Πλησίον της Μονής της Ευαγγελίστριας κώνοι χαλαρών πλευρικών κορημάτων, συνδεδεμένων με την ανάπτυξη των ρηγμάτων της ζώνης, τοποθετούνται με κλίση προς τη ρηξιγενή ζώνη, φανερώνοντας έτσι την πρόσφατη δράση και τον ενεργό χαρακτήρα της. Μέσα στα Μειοκαινικά ιζήματα στην περιοχή δημιουργεί θέση φυσικού καταρράκτη, ένδειξη της πρόσφατης δράσης του και επίδρασης του στη σύγχρονη ροή των επιφανειακών υδάτων. Για τους λόγους αυτούς το ρήγμα θεωρείται ενεργό με γεωλογικά κριτήρια.

**3. Πιθανά ενεργά ρήγματα Κυπαρισσίων.** Πρόκειται για μια σειρά παράλληλων ή με γωνία μεταξύ τους ρηγμάτων, με κύρια ανάπτυξη ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ, που συνδέονται με μια εντυπωσιακή κλιμακωτή μετάπτωση προς τα ΝΑ των μεταμορφωμένων πετρωμάτων που διαπερνούν. Τα ρήγματα αυτά με μικρό ορατό μήκος αναπτύσσονται στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ των δύο μεγάλων ρηγμάτων, του Πυθαγορείου στα ανατολικά και του Κερκετέα-Μαραθόκαμπου στα δυτικά αποτελώντας πιθανόν, το συνδετικό κρίκο μεταξύ των δύο αυτών, πολύ σημαντικών ρηγμάτων του νησιού. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό και με τα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, τα κατατάσσει στα σημαντικά ρήγματα του νησιού και χαρακτηρίστηκαν ως πιθανά ενεργά.

Χαρακτηρίζονται από κατοπτρικές επιφάνειες με στοιχεία από  $170^{\circ}/80^{\circ}$  έως  $160^{\circ}/70^{\circ}$  και γραμμώσεις ολίσθησης με γωνίες pitch που οριοθετούν δύο γενικές κινήσεων. (σχ. 6). Μια παλιότερη οριζόντια μετατόπιση, με γωνία pitch  $\sim 10^{\circ}$  προς τα δυτικά και με δεξιόστροφη έννοια της κίνησης και μια νεότερη πλαγιοκανονική, με

γωνίες pitch από  $55^{\circ}$  έως  $70^{\circ}$  προς τα ανατολικά. Η νεότερη κινηματική και δυναμική των ρηγμάτων αυτών, διαφέρει από αυτή των ενεργών ρηγμάτων, δίδοντας ένα διαφορετικό πεδίο τάσεων από αυτό της ενεργού τεκτονικής στο χώρο του Νότιου Αιγαίου και παρ' όλα αυτά χαρακτηρίστηκαν πιθανά ενεργά ρήγματα για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω αν και δεν έχουμε σαφείς ενδείξεις για πρόσφατη ενεργό τεκτονική δράση.

**4. Πιθανό ενεργό Ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος.** Πρόκειται για ένα σημαντικό ρήγμα, που εκτείνεται με παράταξη ΔΒΔ-ΑΝΑ και διεύθυνση κλίσης προς τα ΒΑ, από το χωριό Κοκκάρι μέχρι το Βαθύ. Το ορατό μήκος του φθάνει τα  $\sim 8$  km.

Το ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος μαζί με μια ομάδα παραλλήλων μεταξύ τους ρηγμάτων που έχουν και ίδια διεύθυνση κλίσης προς τα ΒΑ, οριοθετούν το νότιο τμήμα του ομώνυμου κόλπου, σχηματίζοντας μια κλιμακωτή μετάπτωση και προκαλώντας συγχρόνως σημαντική περιστροφή (tilting) των πλειοκαινικών ασβεστολίθων της λεκάνης, τα οποία μεταβάλλονται σε κατακόρυφα στρώματα, ένδειξη της ενεργού δράσης του ρήγματος.

Από την κινηματική ανάλυση του ρήγματος αυτού διαπιστώθηκε μια σημαντική, κανονική κατακόρυφη συνιστώσα κίνησης. Επιφάνειες του ρήγματος μετρήθηκαν  $54^{\circ}/45^{\circ}$ ,  $30^{\circ}/50^{\circ}$  κλπ., ενώ η γράμμωση ολίσθησης εμφανίζεται με μεγάλο pitch  $75^{\circ}$ - $85^{\circ}$  προς τα ΒΔ ή ΝΑ. (σχ. 6).

Για τους παραπάνω λόγους το ρήγμα χαρακτηρίζεται πιθανό ενεργό.

Η συνέχεια του ρήγματος φαίνεται να διακόπτεται δυτικά του Βαθέος και δεν εντοπίζεται στη Νεογενή-Τεταρτογενή λεκάνη Παλαιοκάστρου. Εντούτοις είναι πιθανόν το ρήγμα προεκτεινόμενο προς τα ΝΔ να συνδέεται με το επίσης μεγάλο ρήγμα Παλαιοκάστρου-Ποσειδωνίου (No 7, βλέπε παρακάτω), το οποίο βρίσκεται στη συνέχειά του και με το οποίο παρουσιάζει ανάλογη γεωμετρία και κινηματική συμμετρία και επηρεάζουν το μεν ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος τα Νεογενή ιζήματα της λεκάνης Μυτιληνίων το δε ρήγμα Παλαιοκάστρου-Ποσειδωνίου τα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου. Η πιθανή όμως αυτή σύνδεση των δύο ρηγμάτων, δεν διαπιστώνεται στο ύπαιθρο γιατί το ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος διακόπτεται από τη λεκάνη.

Η τελευταία αυτή παρατήρηση οδηγεί στη σκέψη μήπως το ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος διακόπτεται από το επίσης μεγάλο ρήγμα Κότσικα-Ψιλής Άμμου (No 8, βλέπε παρακάτω) το οποίο πιστεύεται ότι δημιούργησε τη λεκάνη Παλαιοκάστρου και το οποίο όμως δεν εμφανίζεται ενεργό. Έτσι φαίνεται παράδοξο ένα ρήγμα (Κοκκαρίου-Βαθέος) με εμφανώς ενεργή συμπεριφορά να διακόπτεται από ένα μη ενεργό ρήγμα (Κότσικα-

Ψιλής Άμμου). Δεν υπάρχουν γεωλογικές-τεκτονικές παρατηρήσεις υπαίθρου για πιθανή αλληλεπίδραση των ρηγμάτων.

**5. Ενεργό ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων.** Πρόκειται για ένα σημαντικό ρήγμα, που οριοθετεί, με ορατό μήκος ~12 km και ΒΑ-ΝΔ ανάπτυξη, τη ΒΔ ακτή του νησιού. Αναπτύσσεται αποκλειστικά, μέσα στα μεταμορφωμένα πετρώματα διασχίζοντας από το Καρλόβασι μέχρι την Καλλιθέα, αρχικά τους σχιστόλιθους της Σάμου και στη συνέχεια τα μάρμαρα του Κερκετέα, καθώς και ένα μικρό τμήμα του οφιολιθικού συστήματος.

Κατά μήκος της ανάπτυξης του ρήγματος παρατηρούνται χαρακτηριστικές κατοπτρικές επιφάνειες και συχνά ανάπτυξη πλευρικών κορημάτων σημαντικού πάχους, προσκολλημένων στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος. Σε ορισμένες θέσεις το τεκτονικό λατυποπαγές του ρήγματος καθώς και τα τεκτονικά κορήματα, πιθανής Πλειστοκαινικής ηλικίας (κατ' εκτίμηση), επηρεάζονται από νεότερες τεκτονικές επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος, δείχνοντας έτσι τον ενεργό χαρακτήρα του.

Στοιχεία των κατοπτρικών επιφανειών του ρήγματος κυμαίνονται από 315°/75° έως 350°/80°. Κατά μήκος της ανάπτυξης του, μετρήθηκαν επίσης ορισμένες συζυγείς, δευτερεύουσες ρηξιγενείς επιφάνειες με ΝΑ διεύθυνση κλίσης, αντιθετική, ως προς την κύρια κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος (σχ. 6).

Οι γραμμώσεις ολίσθησης στις κατοπτρικές επιφάνειες του ρήγματος δείχνουν δύο γενείς κινήσεων: Μια παλιότερη, με σημαντική δεξιόστροφη, οριζόντιας μετατόπισης, συνιστώσα κίνηση (γωνία pitch 20° έως 35° προς τα Ανατολικά) και μια νεότερη, με σημαντική κατακόρυφη συνιστώσα κίνησης προς τα κάτω και γωνία pitch 75° έως 80° προς τα Ανατολικά. Η κινηματική και δυναμική του ρήγματος ως προς τη νεότερη κίνηση συμπίπτει με αυτή της ενεργού τεκτονικής, που χαρακτηρίζει τον ευρύτερο χώρο του Νότιου Αιγαίου.

Το ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων αναπτύσσεται παράλληλα προς μια ομάδα άλλων μεγάλων ρηγμάτων, που κυριαρχούν, με ανάλογη δυναμική και κινηματική, σε όλο το ΒΔ τμήμα του νησιού. Τα ρήγματα αυτά προκαλούν μια κλιμακωτή μετάπτωση των γεωλογικών σχηματισμών, διαμορφώνοντας εντυπωσιακές κατοπτρικές επιφάνειες και τραχύ μορφοανάγλυφο.

Το ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων αποτελεί το κατώτερο μορφολογικά, ορατό μεγάλο ρήγμα της ομάδας αυτής των ΒΑ ρηγμάτων, ενώ όπως φαίνεται από τους βυθομετρικούς χάρτες, ο θαλάσσιος χώρος βορειότερα της ΒΔ ακτής του νησιού, ελέγχεται από ένα ακόμη βαθύτερο και ανάλογης συμμετρίας μεγάλο ρήγμα με ΒΑ

ανάπτυξη. Πρόσφατες σεισμολογικές έρευνες έδειξαν την ύπαρξη μικροσεισμικότητας κατά μήκος της υποθαλάσσιας αυτής ρηξιγενούς γραμμής γεγονότος που επιβεβαιώνει ότι πρόκειται για ενεργό τεκτονική γραμμή. Η πολύ πρόσφατη σεισμική δράση (2005) στις ακτές της Τουρκίας τοποθετείται σε παράλληλη τεκτονική γραμμή της ίδιας διεύθυνσης με αυτή του Ρήγματος Καρλοβάσου-Δρακαίων. Τα ενεργά ρήγματα αυτά ΒΑ παράταξης, που τοποθετούνται στο ΒΔ άκρο της Σάμου και τον υποθαλάσσιο χώρο, πιθανότατα αποτελούν κλάδους-απολήψεις των προεκτάσεων προς το Κεντρικό Αιγαίο της ρηξιγενούς ζώνης της Βόρειας Ανατολίας όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο του νεοτεκτονικού πλαισίου.

#### **4.4. Άλλα μεγάλα ρήγματα της Σάμου**

Εκτός από τα ενεργά και πιθανά ενεργά ρήγματα που περιγράφηκαν παραπάνω και αριθμήθηκαν 1-5, και για τα οποία υπάρχουν βάσιμα στοιχεία (γεωλογικά, σεισμολογικά κλπ) ότι έχουν ενεργό δράση, υπάρχουν και ορισμένα άλλα μεγάλα ρήγματα που έχουν σαφή νεοτεκτονική δράση, αλλά δεν υπάρχουν απόλυτα σαφή στοιχεία που να δείχνουν ότι είναι ενεργά. Τα ρήγματα περιγράφονται παρακάτω και αριθμούνται στο κείμενο και στο χάρτη ως συνέχεια των πέντε ενεργών. Αριθμούνται δηλαδή 6-15 στο νεοτεκτονικό χάρτη και επισημαίνονται ιδιαίτερα γιατί έχουν μεγάλη ανάπτυξη (μεγάλο μήκος) και παρ' όλο ότι δεν υπάρχουν ισχυρά δεδομένα για την ενεργό δράση τους, εντούτοις πρέπει να ληφθούν υπ' όψη λόγω του μεγάλου μήκους τους.

#### **6. Ρήγμα Βαθέος-Μονής Ζωοδόχου Πηγής**

Πρόκειται ουσιαστικά για μια ομάδα παράλληλων μεταξύ τους ρηξιγενών δομών, που σχηματίζουν μια ρηξιγενή ζώνη με ανάπτυξη ΑΒΑ-ΔΝΔ έως ΒΑ-ΝΔ και διεύθυνση κλίσης ΝΑ. Το ορατό μήκος της ζώνης φθάνει ~9km. Μετρήθηκαν ρηξιγενείς επιφάνειες με στοιχεία,  $140^{\circ}/70^{\circ}$ ,  $160^{\circ}/70^{\circ}$ ,  $150^{\circ}/75^{\circ}$  κλπ. (σχ. 6).

Η ρηξιγενής ζώνη εμφανίζεται να τέμνει μόνο το μεταμορφωμένο υπόβαθρο και συνδέεται με την ανάπτυξη μιας πρόσφατης τεκτονικής λεκάνης σε συνδυασμό με τη δράση μικρότερων ρηξιγενών δομών, αντιθετικών, κεκλιμένων προς τα ΒΔ έως Β.

Κατά θέσεις, στο μορφολογικά απότομο ανάγλυφο το συνδεδεμένο με τη δράση της ρηξιγενούς ζώνης παρατηρείται συγκέντρωση νέων πλευρικών κορημάτων, τα οποία κατά τόπους κόβονται, από τη δράση νεότερων και παραλλήλων προς το κύριο ρήγμα μικρότερων ρηγμάτων. Η κινηματική ανάλυση έδειξε ότι πρόκειται για ρηξιγενή

δομή, της οποίας η νεότερη κίνηση έχει σημαντική κανονική, κατακόρυφη συνιστώσα.

Μετρήθηκε pitch γράμμωσης ολίσθησης  $\sim 75-80^\circ$  προς τα δυτικά. Η κινηματική αυτή συμπίπτει με αυτή, των νεότερων κινήσεων που περιγράφησαν, κατά μήκος των υπόλοιπων μεγάλων ρηξιγενών δομών του νησιού. Άλλα στοιχεία, που να αποτελούν σαφείς γεωλογικές ενδείξεις ότι το ρήγμα είναι ενεργό, δεν υπάρχουν.

**7. Ρήγμα Παλαιοκάστρου-Ποσειδωνίου** αναπτύσσεται κυρίως μέσα στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο, με κεκαμμένη μορφή, λόγω της απόκλισης της παράταξης του από ΒΔ-ΝΑ σε ΔΒΔ-ΑΝΑ. Μετρήθηκαν επιφάνειες ρήγματος από  $60^\circ/85^\circ$  έως  $30^\circ/60^\circ$ . Η διεύθυνση κλίσης του ρήγματος είναι αντίστοιχα ΒΑ έως ΑΒΑ. (σχ. 6). Καθ' όλο το μήκος του αποκαλύπτονται χαρακτηριστικές κατοπτρικές επιφάνειες, ενώ στο δρόμο προς το Ποσειδώνιο παρατηρείται σημαντική συγκέντρωση νέων κορημάτων στο απότομο μορφολογικό ανάγλυφο, που συνδέεται με τη δράση του ρήγματος. Το ορατό μήκος του ρήγματος φθάνει τα  $\sim 6\text{km}$ .

Κινηματική ανάλυση του ρήγματος έδειξε δύο διαφορετικές κινήσεις κατά μήκος του ρήγματος. Μια παλιότερη, με σημαντική δεξιόστροφη, οριζόντια συνιστώσα κίνησης (pitch  $10^\circ$  προς ΝΑ) συνδεδεμένη με μυλωνιτική υφή και περιστροφή των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της ανάπτυξης του ρήγματος και μια νεότερη με σημαντική κανονική κατακόρυφη συνιστώσα κίνησης, που συμπίπτει με την κύρια κινηματική των μεγάλων ρηξιγενών δομών, που περιγράφησαν προηγούμενα. Άλλα στοιχεία, που να αποτελούν σαφείς γεωλογικές ενδείξεις ότι το ρήγμα είναι ενεργό, δεν υπάρχουν.

**8. Ρήγμα Κότσικα- Ψιλής Άμμου**, αποτελεί επίσης μια πολύ σημαντική τεκτονική δομή της Ανατολικής Σάμου η οποία ήταν γνωστή από παλιά και υπήρχε στον επίσημο γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ μεταξύ της πόλης της Σάμου και του Όρμου Ψιλής Άμμου στη νότια ακτή του νησιού. Με την παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε η συνέχειά του προς το Ακρωτήριο Κότσικας στη βόρεια ακτή του νησιού.

Έχει παράταξη ΒΔ-ΝΑ και κλίση προς τα ΝΔ (μετρήσεις κλίσης  $230^\circ/62^\circ$ ,  $220^\circ/57^\circ$ ,  $230^\circ/60^\circ$  κλπ). Η γωνία pitch των γραμμώσεων ολίσθησης στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος μετρήθηκε  $70^\circ-80^\circ$  προς τα Νότια. (σχ. 6)

Πρόκειται για ρηξιγενή δομή με εντυπωσιακή κατοπτρική επιφάνεια και μετάπτωση κυρίως στην περιοχή Παλαιοκάστρου-Ψιλής Άμμου. Προφανώς είναι το ρήγμα που κυρίως δημιούργησε τη Νεογενή-Τεταρτογενή λεκάνη Παλαιοκάστρου.

Το ορατό μήκος του ρήγματος είναι 11 km αλλά είναι πολύ πιθανή η συνέχεια του στο θαλάσσιο χώρο τόσο Νότια της Ψιλής Άμμου, όσο και Βόρεια του Ακρωτηρίου

Κότσικα.

Δεν έχουν εντοπιστεί στοιχεία για πιθανή πρόσφατη δράση του, εκτός μόνο το ότι χαρτογραφικά η λεκάνη Παλαιοκάστρου εμφανίζεται να διακόπτει το πιθανό ενεργό ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος, αλλά και αυτό δεν αποδείχθηκε γιατί δεν βρέθηκαν στο ύπαιθρο θέσεις διατομής ή αλληλοεπηρεασμού μεταξύ των δύο ρηγμάτων.

**9. Ρήγμα Μυτιληνίων**, αναπτύσσεται με Α-Δ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ παράταξη, και διεύθυνση κλίσης προς τα Νότια. Κινηματική ανάλυση του ρήγματος έδειξε μια μόνο κίνηση κατά μήκος της κατοπτρικής επιφάνειας του, με σημαντική κατακόρυφη συνιστώσα προς τα κάτω.

Στοιχεία κατοπτρικής επιφάνειας,  $160^{\circ}/75^{\circ}$ ,  $190^{\circ}/80^{\circ}$ ,  $185^{\circ}/80^{\circ}$  κλπ., pitch γραμμώσεων ολίσθησης,  $70^{\circ}$  έως  $80^{\circ}$  προς τα Δυτικά. (σχ. 6).

Το ρήγμα Μυτιληνίων διασχίζει όλη τη σειρά των νεογενών ιζημάτων της ομώνυμης λεκάνης, περνώντας από το νότιο τμήμα της κωμόπολης Μυτιληνίων. Το ορατό μήκος του είναι 8 km, ενώ είναι πιθανή η προέκταση του προς τα δυτικά μέσα στο μεταμορφωμένο σύστημα της Αμπέλου, όπου αναγνωρίζεται ένα ανάλογης συμμετρίας ρήγμα διεύθυνσης Α-Δ. Δεν υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν ότι στα Ανατολικά το ρήγμα αυτό συνδέεται με το ανάλογης συμμετρίας ρήγμα, που εκτείνεται από το Μεσόκαμπο μέχρι τον όρμο της Ψιλής Άμμου και οριοθετεί το ανατολικό τμήμα του μεταμορφωμένου υποβάθρου του νησιού με τη λεκάνη των Μυτιληνίων. Δεν έχουν εντοπισθεί στοιχεία που να αποτελούν σαφείς ενδείξεις ότι το ρήγμα είναι ενεργό.

**10. Ρήγμα Ζερβού.** Πρόκειται για ένα σχεδόν παράλληλο ρήγμα με το ρήγμα Μυτιληνίων και με ανάλογη κινηματική γεωμετρία. Εκτείνεται σε μήκος ~6km βορειότερα του ρήγματος των Μυτιληνίων, διασχίζοντας όλη τη σειρά των Νεογενών ιζημάτων της λεκάνης. Το ρήγμα Ζερβού ενώνεται με ένα ανάλογης συμμετρίας ρήγμα, που αναπτύσσεται λίγο βορειότερα, σχηματίζοντας ένα ενιαίο ρήγμα, που συνεχίζεται μέσα στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο. Οι ανεξάρτητοι κλάδοι των δύο ρηγμάτων αποτελούν μια κλιμακωτή μετάπτωση προς τα βαθύτερα μορφολογικά τμήματα της λεκάνης των Μυτιληνίων. Δεν έχουν εντοπισθεί γεωλογικά στοιχεία που να αποτελούν ενδείξεις ότι το ρήγμα είναι ενεργό.

**11. Ρήγμα Μύλων-Πύργου.** Πρόκειται για ένα μεγάλο ρήγμα που αναπτύσσεται με ΒΔ-ΝΑ παράταξη και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ από το χωριό Μύλοι μέχρι περίπου τον Πλάτανο, οριοθετώντας αρχικά στο νοτιοανατολικό τμήμα του τη νεογενή λεκάνη του

Πύργου, με τα μεταμορφωμένα πετρώματα. Στη θέση αυτή σχηματίζεται μια εντυπωσιακή κατοπτρική επιφάνεια, και στη συνέχεια το ρήγμα διασχίζει τα ίδια τα νεογενή ιζήματα της λεκάνης. Κατά μήκος της ανάπτυξης του μέσα στα ιζήματα αναγνωρίστηκαν επίσης κατοπτρικές επιφάνειες του ρήγματος συνδεδεμένες με τεκτονικά λατυποπαγή, που κατά θέσεις επηρεάζονται από νεότερες επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος.

Το ορατό μήκος του ρήγματος ανέρχεται σε ~7 km. Μετρήσεις κατά μήκος της ρηξιγενούς επιφάνειας έδωσαν τιμές από  $230^{\circ}/50^{\circ}$  έως  $250^{\circ}/75^{\circ}$  για τη διεύθυνση και γωνία κλίσης του ρήγματος, ενώ οι γωνίες pitch των γραμμώσεων ολίσθησης κυμαίνονται από  $65^{\circ}$  έως  $60^{\circ}$  προς τα ΝΑ. (σχ. 6). Δεν διαπιστώθηκε κάποια άλλη γενιά γραμμώσεων ολίσθησης στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος. Η κινηματική και δυναμική του ρήγματος συμπίπτει σε γενικές γραμμές με αυτή της ενεργού τεκτονικής, δεν παρατηρήθηκαν όμως άλλα γεωλογικά ή σεισμολογικά στοιχεία που να αποτελούν σαφείς ενδείξεις ότι το ρήγμα είναι ενεργό.

**12. Ρήγματα Παγώνδα-Ηραίου και Ακρωτηρίου Τσοπέλα.** Πρόκειται για μια ομάδα παράλληλων μεταξύ τους ρηγμάτων, που αναπτύσσονται με Α-Δ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ παράταξη με αντιθετικές όμως διευθύνσεις κλίσεων, στον ορεινό όγκο του νησιού, που οριοθετείται βόρεια από τη λεκάνη του Πύργου και φθάνει μέχρι τη θαλάσσια περιοχή του μικρού νησιού της Σαμιοπούλας.

Το μεγαλύτερο από τα ρήγματα αυτά, ξεκινώντας από τον Κόλπο του Μαραθόκαμπου, διέρχεται πλησίον του χωριού Παγώνδα και καταλήγει στο Ηραίο, τουλάχιστον σύμφωνα με τις ορατές εμφανίσεις του. Η διεύθυνση κλίσης του είναι Βόρεια και διασχίζει από Ανατολικά προς τα Δυτικά τα Μειοκαινικά ιζήματα της λεκάνης του Πύργου, τα μεταμορφωμένα πετρώματα και στη συνέχεια πάλι Μειοκαινικά ιζήματα της λεκάνης Καρλοβάσου.

Το άλλο μεγάλο ρήγμα της ομάδας αυτής των ρηγμάτων είναι αυτό που αναπτύσσεται στη νότια ακτή του νησιού στο ακρωτήριο Τσοπέλα απέναντι από τη Σαμιοπούλα, με διεύθυνση κλίσης προς τα Νότια.

Μετρήσεις των ρηξιγενών επιφανειών, έδειξαν ότι αυτές αναπτύσσονται με διευθύνσεις και γωνίες κλίσεων από  $\sim 180^{\circ}/70^{\circ}$  έως  $\sim 200^{\circ}/65^{\circ}$  και αντιθετικές από  $0^{\circ}/70^{\circ}$  έως  $20^{\circ}/70^{\circ}$ , (σχ. 6).

Γραμμώσεις ολίσθησης στις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων δείχνουν δυο γενεές κινήσεων. Η παλιότερη συνδέεται με μια σημαντική δεξιόστροφη, οριζόντια συνιστώσα κίνησης (γωνία pitch  $\sim 30^{\circ}$  προς Δυτικά), ενώ η νέα συνδέεται με μια

σημαντική, κανονική, κατακόρυφη συνιστώσα κίνησης (γωνία pitch 80-70 προς τα Ανατολικά).

Η νεότερη κανονική κίνηση συμπίπτει με αυτή της ενεργού τεκτονικής, δεν παρατηρήθηκαν όμως άλλα γεωλογικά ή σεισμολογικά στοιχεία που να αποτελούν σαφείς ενδείξεις ότι τα ρήγματα είναι ενεργά, παρ' όλο ότι η Α-Δ παράταξή τους είναι συμβατή με το ενεργό πεδίο των τάσεων.

**13. Ρήγμα Υδρούσας:** Αναπτύσσεται με παράταξη ΒΑ-ΝΔ και διεύθυνση κλίσης προς τα ΒΔ, διασχίζοντας αρχικά το μεταμορφωμένο σύστημα, στη συνέχεια μια ηφαιστειακή εμφάνιση και στο τέλος τα κατώτερα Νεογενή ιζήματα της λεκάνης Καρλοβάσου, φθάνοντας σε κοντινή απόσταση βόρεια από το χωριό Υδρούσα.

Το ορατό μήκος του ρήγματος ανέρχεται στα ~5,5 km ενώ είναι πολύ πιθανή η προέκταση του βορειότερα, μέσα στο θαλάσσιο χώρο βόρεια της Σάμου.

Μετρήθηκαν στοιχεία κατοπτρικής επιφάνειας  $300^{\circ}/70^{\circ}$  έως  $310^{\circ}/75^{\circ}$ . Επάνω στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος αναγνωρίσθηκε μια μόνο γενεά γράμμωσης ολίσθησης με γωνία pitch ~80-85° προς τα ΒΔ.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα του ρήγματος αποτελεί η εμφάνιση χαλαρών πλευρικών κορημάτων προσκολλημένων στην κατοπτρική επιφάνεια στο ΒΑ τμήμα του. Η κινηματική και δυναμική του ρήγματος βρίσκεται σε συμφωνία με το εντατικό πεδίο τάσεων της ενεργού τεκτονικής. Εντούτοις οι ενδείξεις αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν απόλυτα σαφείς και ικανές για να χαρακτηρισθεί το ρήγμα ως ενεργό.

**14. Ρήγματα Μονής Ευαγγελιστριάς.** Πρόκειται για μια ομάδα ρηγμάτων με ΒΑ-ΝΔ παράταξη και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΑ και με εντυπωσιακές κατοπτρικές επιφάνειες που αποτυπώνονται στα μάρμαρα του Κερκετέα. Η συνέχειά τους φαίνεται να διακόπτεται από τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη του Μαραθόκαμπου-Κερκετέα έτσι ώστε παρ' όλο το μεγάλο κατακόρυφο άλμα που τα χαρακτηρίζει, αναπτύσσονται με μικρό σχετικά μήκος ~2 km. Πιθανόν αποτελούν την εξέλιξη σε περισσότερο επιφανειακές συνθήκες, της μικρής γωνίας κανονικής ζώνης διαφυγής, μεταξύ της ανώτερης μεταμορφικής ενότητας Σάμου και της Κατώτερης του Κερκετέα.

Μετρήσεις των κατοπτρικών επιφανειών τους έδειξαν ότι αυτές αναπτύσσονται με κύριες διευθύνσεις και γωνίες κλίσεων που κυμαίνονται από  $130^{\circ}/55^{\circ}$  έως  $160^{\circ}/70^{\circ}$ , ενώ μετρήθηκαν και μικρότερες δευτερογενείς, αντιθετικές επιφάνειες με στοιχεία ~ $340^{\circ}/85^{\circ}$ . (σχ. 6)

Οι γραμμώσεις ολίσθησης που αναγνωρίσθηκαν και μετρήθηκαν πάνω στις



ρηξιγενείς επιφάνειες αποτυπώνουν δύο κύριες κινήσεις. Η παλιότερη συνδέεται με μια σημαντική δεξιόστροφη, οριζόντια συνιστώσα κίνησης και με γωνία pitch της γράμμωσης ολίσθησης  $\sim 20^\circ$  προς τα ΝΔ αλλά και ΒΑ. Η νεότερη κίνηση συνδέεται με μια σημαντική, κανονική, κατακόρυφη, συνιστώσα κίνησης με γωνία pitch της γράμμωσης ολίσθησης  $\sim 85^\circ$ - $70^\circ$  προς δυτικά.

Στις δευτερεύουσες αντιθετικές επιφάνειες μετρήθηκαν γραμμώσεις ολίσθησης με γωνία pitch  $\sim 70^\circ$  προς ανατολικά.

Η νεότερη δυναμική και κινηματική εικόνα των ρηγμάτων, φαίνεται να ταυτίζεται με αυτή της ενεργού τεκτονικής της ευρύτερης περιοχής του Νότιου Αιγαίου, όμως δεν υπάρχουν σαφείς γεωλογικές ενδείξεις ότι τα ρήγματα είναι ενεργά, αντιθέτως μάλιστα εμφανίζονται να κόβονται από την ενεργή ρηξιγενή ζώνη Μαραθόκαμπου-Κερκετέα.

**15. Ρήγματα Λιμνιώνα:** Πρόκειται για μια ομάδα παράλληλων μεταξύ τους ρηγμάτων με παράταξη ΒΑ-ΝΔ, έως ΑΒΑ-ΔΝΔ και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΑ, που αναπτύσσονται στο ΝΔ ακραίο τμήμα του νησιού. Διασχίζουν τους σχιστόλιθους και τα μάρμαρα της ανώτερης μεταμορφικής ενότητας της Σάμου προκαλώντας την κλιμακωτή μετάπτωσή τους προς τα ΝΑ.

Τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά βρίσκονται παράλληλα έως υποπαράλληλα με τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη του Μαραθόκαμπου-Κερκετέα, που δεσπάζει λίγο βορειότερα, έτσι ώστε τα ρήγματα Λιμνιώνα, να θεωρούνται στενά συνδεδεμένα με τη δράση των ρηγμάτων Μαραθόκαμπου-Κερκετέα.

Το μέγιστο ορατό μήκος των ρηγμάτων Λιμνιώνα ανέρχεται σε  $\sim 4$  km, ενώ είναι σίγουρη η προέκτασή τους προς τα δυτικά και ανατολικά μέσα στο θαλάσσιο χώρο της Νότιας Σάμου, έτσι ώστε το πραγματικό μήκος τους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο.

Οι ρηξιγενείς επιφάνειες τους αναπτύσσονται με διευθύνσεις και γωνίες κλίσεων που κυμαίνονται από  $\sim 140^\circ/70^\circ$  έως  $155^\circ/60^\circ$ . (σχ. 6).

Η κινηματική-δυναμική ανάλυση των ρηγμάτων, έδειξε μια κύρια κίνηση με σημαντική, κανονική, κατακόρυφη συνιστώσα, που ταυτίζεται με την ενεργό δράση της ρηξιγενούς ζώνης Μαραθόκαμπου-Κερκετέα αλλά και την ενεργό κινηματική της ευρύτερης περιοχής του Νότιου Αιγαίου. Παρ' όλα αυτά, επειδή το ορατό στο χερσαίο χώρο μήκος του ρήγματος δεν είναι μεγάλο και επειδή δεν παρατηρήθηκαν άλλες σαφείς γεωλογικές ενδείξεις τα ρήγματα δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ενεργά.

#### 4.5. Ποσοτική Προσέγγιση της Σεισμικής Δυναμικότητας των Ενεργών Ρηγμάτων της Σάμου

Από το σύνολο των κύριων ρηξιγενών δομών της Σάμου, που περιγράφησαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, σύμφωνα με τα διεθνώς αναγνωρισμένα χαρακτηριστικά-κριτήρια των ενεργών ρηγμάτων και για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην επιμέρους περιγραφή τους, διακρίθηκαν 3 κύριες ρηξιγενείς ζώνες, που αποτελούν ενεργές ζώνες οι οποίες είναι πιθανόν στο μέλλον να επαναδραστηριοποιηθούν και να προκαλέσουν σεισμό. Στον νεοτεκτονικό χάρτη οι ζώνες αυτές συμβολίζονται με κόκκινο χρώμα, ενώ τα δύο άλλα ρήγματα που χαρακτηρίστηκαν πιθανά ενεργά συμβολίζονται με κίτρινο χρώμα. Τα υπόλοιπα μεγάλα ρήγματα που περιγράφηκαν παραπάνω συμβολίζονται με πράσινο χρώμα και αριθμούνται από 6-15. Μικρότερα μη ενεργά ρήγματα συμβολίζονται επίσης με πράσινο χρώμα αλλά λεπτότερες γραμμές.

Η ποσοτική προσέγγιση της σεισμικής δυναμικότητας των ενεργών ρηγμάτων επιτυγχάνεται βάσει του τύπου  $M_s = A + B \log L$  όπου  $M_s$  το μέγεθος του αναμενόμενου σεισμού,  $L$  το μήκος του ρήγματος σε km και  $A$ ,  $B$  σταθερές.

Ο παραπάνω γενικός τύπος επιτρέπει να υπολογισθεί το μήκος του ρήγματος από το μέγεθος του σεισμού που ενδεχόμενα θα προκληθεί και αντιστρόφως να προσδιορισθεί το μέγεθος του αναμενόμενου μέγιστου σεισμού από το μήκος ενός γνωστού και συγκεκριμένου ρήγματος. Ωστόσο η σωστή επιλογή του μήκους του ρήγματος δεν είναι πάντα στην πράξη απλή διαδικασία γιατί το μήκος, που θεωρητικά αναφέρεται στην ενιαία επιφάνεια του ρήγματος που εκδηλώνει την παραμόρφωση, συχνά παρουσιάζει πολύπλοκη γεωμετρία με διάφορους κλάδους και σημεία αλλαγής της γεωμετρίας.

Μια τέτοια περίπτωση πολύπλοκης και πολυσχιδούς γεωμετρίας αποτελεί το Ρήγμα Πυθαγορείου και το Ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα και η πιθανή σύνδεσή τους.

Για τον υπολογισμό της σεισμικής δυναμικότητας των ρηγμάτων που αναφέρονται παρακάτω χρησιμοποιήθηκαν οι σταθερές που καθορίστηκαν και χρησιμοποιούνται από το Εργαστήριο Σεισμολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Στη συνέχεια αναφέρεται η σεισμική δυναμικότητα των τριών ενεργών ρηγμάτων και του πιθανού ενεργού ρήγματος Κοκκαρίου-Βαθέος κατόπιν μιας συνολικής εκτίμησης της γεωλογικής εμφάνισης του καθενός και υπολογιστικής μελέτης του αναμενόμενου μεγέθους σεισμού. Για τα πιθανά ενεργά ρήγματα Κυπαρισσίων δεν

έγινε υπολογισμός γιατί πρόκειται για μικρά ρήγματα, πιθανούς συνδετικούς κρίκους των δύο μεγάλων ενεργών ρηγμάτων όπως εξηγήθηκε στην περιγραφή του.

## **Ρήγμα Πυθαγορείου**

Σύμφωνα με όσα αναπτύχθηκαν προηγουμένως κατά την περιγραφή του, πρόκειται για ρήγμα ενεργό με γεωλογικά κριτήρια διεθνώς καθιερωμένα και συγκεκριμένα διότι οι νεότερες δραστηριοποιήσεις του επηρεάζουν τα νεότερα ανωπλειστοκαινικά κορήματα.

Το συνολικό ορατό μήκος του ρήγματος είναι περίπου 15 km και επομένως το μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμού που πιθανόν να προκαλέσει αν ενεργοποιηθεί το Ρήγμα Πυθαγορείου υπολογίζεται **Ms=5.9 R**.

Παρ' όλα αυτά, επειδή είναι πιθανή η συνέχεια του ρήγματος προς τα ΝΑ στον υποθαλάσσιο χώρο, είναι πιθανόν το μήκος και άρα το αναμενόμενο μέγιστο μέγεθος σεισμού να είναι μεγαλύτερο.

Επίσης η πιθανή συνέχεια και σύνδεση του ρήγματος αυτού με το ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα, που αναφέρθηκε προηγουμένως κατά την περιγραφή των ρηγμάτων, προβληματίζει για ενδεχόμενο μεγαλύτερο μέγεθος. Αλλά επ' αυτού θα επανέλθουμε στα συμπεράσματα.

## **Ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα**

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν κατά τη γεωλογική περιγραφή του το ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα χαρακτηρίζεται ενεργό, και είναι προφανές ότι πρόκειται για το μεγάλο νεοτεκτονικό ρήγμα που διαμόρφωσε τη σταδιακή πτώση του αναγλύφου στο δυτικό ήμισυ της Νότιας παραλίας της Νήσου Σάμου δημιουργώντας και τον ομώνυμο «κάμπο». Αυτή η διαπίστωση δημιουργεί κάποια ερωτηματικά αν η ενεργός δράση της μεγάλης αυτής ρηξιγενούς ζώνης Μαραθόκαμπου-Κερκετέα είναι σήμερα ενεργή κατά μήκος της κύριας γραμμής του ρήγματος ή έχει μετατοπισθεί σταδιακά προς Νότον και βρίσκεται σήμερα πλησίον της παραλίας δεδομένου ότι παρατηρούνται μικρότερα ρήγματα παράλληλα στην κύρια ρηξιγενή γραμμή και νοτιότερα αυτής.

Κατ' αυτόν τον τρόπο προκύπτει η πρόσθετη δυσκολία προσδιορισμού του συνολικού μήκους του ρήγματος, όπως αναπτύχθηκε στην αρχή αυτής της παραγράφου, δεδομένου ότι το ρήγμα έχει πολλούς κλάδους.

Λαμβανομένου πάντως με αυστηρά γεωλογικά κριτήρια του συνολικού μήκους της κύριας γραμμής του ρήγματος που είναι 14 km, το μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμού που πιθανόν να προκαλέσει το ρήγμα Μαραθοκάμπου-Κερκετέα είναι  $M_s=5.9$  R.

### **Ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος**

Η έντονη παραμόρφωση των πλειοκαινικών στρωμάτων από τη δράση του ρήγματος αυτού στην περιοχή του Κοκκαρίου, όπου προκαλείται ολοκληρωτική ανόρθωση των πλειοκαινικών στρωμάτων, δείχνει ότι πρόκειται για ρήγμα με πιθανή ενεργό τεκτονική δράση όπως αναπτύχθηκε προηγουμένως κατά τη γεωλογική περιγραφή των ρηγμάτων.

Σύμφωνα με την επιφανειακή εκδήλωση του ρήγματος Κοκκαρίου-Βαθέος που είναι 8 km, χωρίς την πιθανή σύνδεση του με το ρήγμα Παλαιοκάστρου-Ποσειδωνίου, το μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος σεισμού, που πιθανόν θα προκαλέσει είναι  **$M_s=5,4$  R.**

### **Ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων**

Τα τεκτονικά στοιχεία που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο και κυρίως οι νέες επιδράσεις του ρήγματος επί των πρόσφατων τεκτονικών κορημάτων, δείχνουν ότι το ρήγμα είναι ενεργό, καθόσον μάλιστα είναι έμμεσα συνδεδεμένο με την πρόσφατη σεισμική δράση στην περιοχή το έτος 2005 και την περασμένη επταετία.

Το συνολικό του μήκος στο χερσαίο χώρο του νησιού είναι 12 km και επομένως το μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος σεισμού είναι  **$M_s=5,7$  R.** Εντούτοις όπως προαναφέρθηκε είναι πολύ πιθανή η συνέχεια του προς τα ΒΑ στον υποθαλάσσιο χώρο και προς τις ακτές της Τουρκίας όπου δεν είναι μεν ορατό, υποδηλώνεται όμως από το βυθομετρικό ανάγλυφο και την εκδήλωση πρόσφατης σεισμικότητας. Έτσι το συνολικό του μήκος δυνατόν να είναι μεγαλύτερο και επομένως ο μέγιστος δυνατός σεισμός μεγαλύτερος. Δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός του με ακρίβεια στον υποθαλάσσιο χώρο.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Βασικά γεωμετρικά και κινηματικά στοιχεία των τεσσάρων ενεργών ρηγμάτων της  
Σάμου

<b>Ρήγμα Πυθαγορείου</b>	
Στοιχεία ρήγματος	180°-195°/45°-70°
Γραμμώσεις ολίσθησης	α. pitch 20°-30° Δ δεξιόστροφο β. pitch 65°-80° Δ κανονικό
Ορατό μήκος	15 km
Μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμού	$M_s = 5.9$ R

<b>Ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα</b>	
Στοιχεία ρήγματος	150°-170°/70°
Γραμμώσεις ολίσθησης	α. pitch 30°-40° Δ δεξιόστροφο β. pitch 65°-80° Δ κανονικό
Ορατό μήκος	14 km
Μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμού	$M_s = 5.9$ R

<b>Ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος</b>	
Στοιχεία ρήγματος	30°-55°/45°-50°
Γραμμώσεις ολίσθησης	α. pitch 75°-80° ΒΔ δεξιόστροφο β. pitch 75°-80° ΝΑ κανονικό
Ορατό μήκος	8 km
Μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμού	$M_s = 5.4$ R

<b>Ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων</b>	
Στοιχεία ρήγματος	315°-350°/75°-80°
Γραμμώσεις ολίσθησης	α. pitch 20°-35° Α δεξιόστροφο β. pitch 75°-80° Α κανονικό
Ορατό μήκος	12 km
Μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμού	$M_s = 5.7$ R

## 5. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΑΜΟΥ

### 5.1. Γενικά

Ιστορικά και ενόργανα στοιχεία μέχρι το έτος 1997 χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία για τη μελέτη της σεισμικότητας στην ευρύτερη περιοχή της Σάμου και των συνεπειών των ισχυρών σεισμών στο νησί. Οι σεισμοί στην περιοχή αυτή προκαλούνται από εφελκυστικές δυνάμεις περίπου κατά τη διεύθυνση βορρά-νότου, οι οποίες δημιουργούν κανονικά ρήγματα που έχουν διεύθυνση ανατολής-δύσης. Τα ρήγματα αυτά αποτελούν τη δυτική συνέχεια μιας μεγάλης ζώνης διάρρηξης, η οποία με διεύθυνση ανατολής-δύσης επεκτείνεται από τη Μικρά Ασία προς τη Σάμο και το Αιγαίο και έχει μήκος πάρα πολλά χιλιόμετρα. Οι ισχυροί σεισμοί που επηρέασαν το νησί είναι επιφανειακοί, με εστιακό βάθος μικρότερο των 20 Km και έχουν τις εστίες τους κατά κύριο λόγο στον υποθαλάσσιο χώρο ιδίως στο ανατολικό τμήμα της περιοχής της Σάμου.

Η μέση περίοδος επανάληψης των σεισμών στην περιοχή αυτή με μέγεθος 6,0 ή μεγαλύτερο (μέχρι 7,0) είναι 23 έτη, ενώ η πιθανότητα γένεσης ενός τέτοιου σεισμού κατά την περίοδο 1998-2010 είναι ίση με 0,26. Εννέα σεισμοί έβλαψαν τη Σάμο κατά τους δύο τελευταίους αιώνες, από τους οποίους οι έξι έγιναν κατά την περίοδο 1865-1904. Το νησί υφίσταται ζημιές έντασης VII ή μεγαλύτερης κάθε 25 έτη, κατά μέσο όρο, ενώ η πιθανότητα να γίνει αισθητός σεισμός έντασης  $I \geq VI$  κατά τη χρονική περίοδο 1998-2010 είναι 50%.

Μελέτη των μηχανισμών γένεσης και των διαθέσιμων μακροσεισμικών στοιχείων δείχνει ότι στην περιοχή της Σάμου αναμένονται κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και σημαντική δεξιόστροφη συνιστώσα κίνησης. Επιπλέον προβλέπεται και η εμφάνιση άλλων κανονικών ρηγμάτων, με διεύθυνση Α-Δ έως ΔΒΔ-ΝΑ και πιθανή μικρή αριστερόστροφη συνιστώσα ολίσθησης.

Όπως είναι γνωστό, η περιοχή του Αιγαίου παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σεισμικότητα σε ολόκληρη τη δυτική Ευρασία. Η σεισμικότητα αυτή οφείλεται στη σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών της Αφρικής και της Ευρασίας, η οποία γίνεται με ένα ρυθμό  $\sim 1\text{cm/yr}$ . Ιδιαίτερα όμως η περιοχή του Αιγαίου παρουσιάζει μία «ανεξάρτητη» κίνηση προς τα ΝΔ σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Η κίνηση αυτή φτάνει τα  $4\text{cm/yr}$  στο χώρο του Νότιου Αιγαίου και οφείλεται στο συνδυασμό της κίνησης της Ανατόλιας (Τουρκικής πλάκας) προς τα δυτικά με τον έντονο εφελκυσμό που αναπτύσσεται στο χώρο του Αιγαίου λόγω της βύθισης της λιθόσφαιρας της Ανατολικής Μεσογείου κάτω από το χώρο του Αιγαίου. Έτσι η ταχύτητα των  $2.5\text{cm/yr}$  η

οποία εμφανίζεται στη δυτική Τουρκία αυξάνει σχεδόν στα 4cm/yr προς το ΝΔ Αιγαίο. Αυτή η σημαντική πρόσθετη παραμόρφωση στο χώρο του Αιγαίου εκδηλώνεται με επιφανειακούς σεισμούς μέσα από ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ, συνήθως κανονικά ή δεξιόστροφης οριζόντιας συνιστώσας. Αυτά είναι και τα ρήγματα τα οποία επηρεάζουν τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου και ειδικότερα τη Σάμο.

## 5.2. Εκτίμηση της σεισμικότητας και του σεισμικού κινδύνου

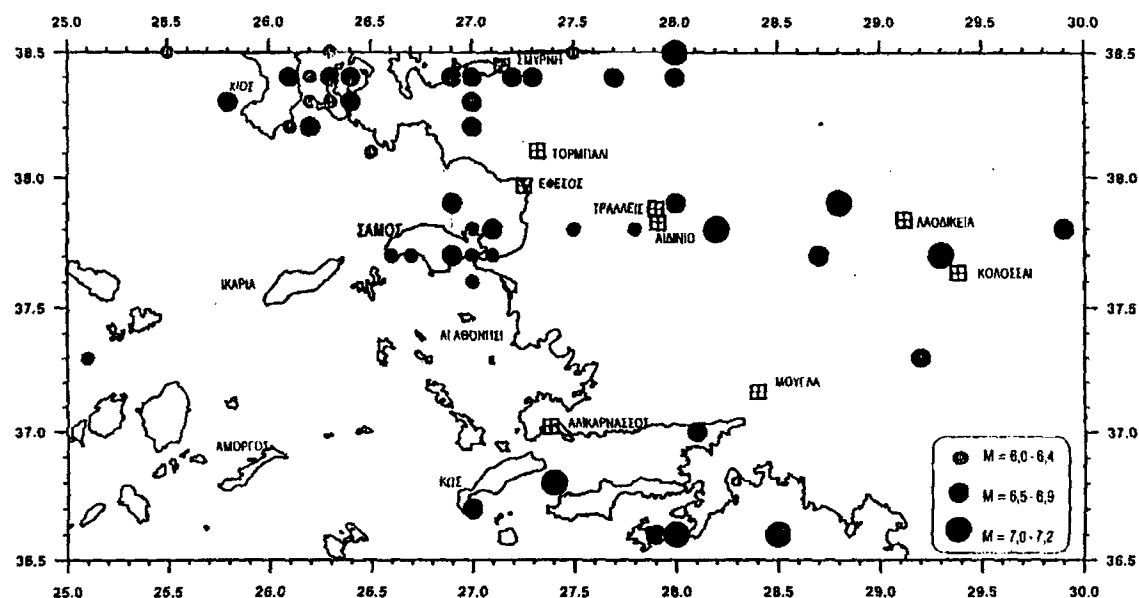
Για την κατανόηση των πηγών του σεισμικού κινδύνου για την περιοχή της Σάμου είναι αναγκαία η εξέταση όλων των διαθέσιμων σεισμολογικών στοιχείων. Η πρώτη κατηγορία πληροφοριών αφορά την κατανομή της σεισμικότητας η οποία φαίνεται στο σχήμα 7, όπου έχουν χαρτογραφηθεί όλα τα διαθέσιμα ενόργανα και ιστορικά στοιχεία σεισμών με  $M \geq 6.0$  (Παπαζάχος και Καρακαίσης, 1996). Παρατηρούμε ότι η Σάμος βρίσκεται στο δυτικό άκρο μίας σεισμικής ζώνης με διεύθυνση Ανατολής-Δύσης. Η ζώνη αυτή παρουσιάζει μεγάλους σεισμούς, ιδίως σε ιστορικούς χρόνους, με μεγάλες ζημιές σε αρχαίες Ελληνικές πόλεις της Μ. Ασίας. Η διεύθυνση της ζώνης αυτής συμφωνεί με την Α-Δ διεύθυνση των ρηγμάτων τα οποία αναμένονται για την περιοχή (π.χ. McKenzie, 1972; Papazachos and Kiratzi, 1996).

Χαρακτηριστική είναι η απουσία ισχυρών σεισμών στη δυτική Σάμο. Η απουσία αυτή επιβεβαιώνεται και από τα σύγχρονα ενόργανα δεδομένα τα οποία έχουν σημαντική ακρίβεια, όπως φαίνεται και από το σχήμα 8, όπου έχουν χαρτογραφηθεί οι σεισμοί οι οποίοι έχουν γίνει στην ευρύτερη περιοχή της Σάμου σε μία ακτίνα 50km και οι οποίοι παρουσιάζουν σχετική πληρότητα. Φαίνεται μάλιστα ότι κάποιοι από τους σεισμούς αυτούς πιθανόν μπορούν να συνδυαστούν με επιφανειακά ρήγματα στη ΝΑ Σάμο, όπου χαρτογραφήθηκε το μεγάλο ενεργό ρήγμα Πυθαγορείου που περιγράφεται σε προηγούμενες παραγράφους..

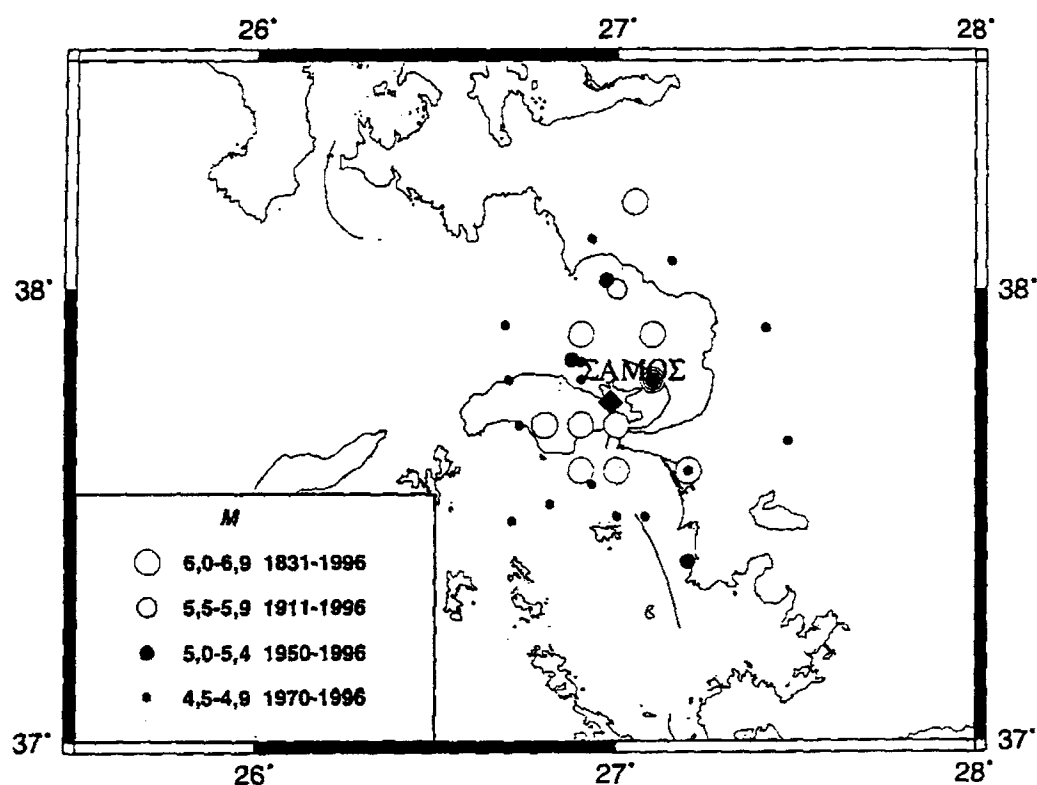
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία μπορεί να υπολογιστεί η καμπύλη Gutenberg-Richter για την περιοχή της Σάμου, η οποία είναι:

$$\log N = 5.13 - 0.7M$$

Με βάση τη σχέση αυτή υπολογίζεται η μέση περίοδος επανάληψης ενός σεισμού με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο  $M=6.0$  η οποία για την περιοχή της Σάμου (και σε ακτίνα 50km) είναι περίπου 23 έτη, ενώ για σεισμό με  $M \geq 6.5$  η περίοδος αυτή είναι 51 έτη και για σεισμό με  $M \geq 7.0$  η περίοδος αυτή είναι 115 έτη. Από πρόσφατη έρευνα (Papazachos et al., 1997) προκύπτει ότι η πιθανότητα γένεσης σεισμού με μέγεθος  $M \geq 6,0$  στην περιοχή της Σάμου κατά τη χρονική περίοδο 1998-2010 είναι 0,26.



Σχ. 7. Χάρτης του συνόλου των γνωστών σεισμών με μέγεθος  $M > 6.0$  οι οποίοι έχουν γίνει στην ευρύτερη περιοχή της Σάμου κατά το χρονικό διάστημα 494 π.Χ-1997.



Σχ. 8. Επίκεντρα του πλήρους δείγματος σεισμών οι οποίοι έχουν συμβεί σε απόσταση μικρότερη των 50 χλμ. από τη νήσο Σάμο. Η πληρότητα του χρησιμοποιηθέντος συνόλου σεισμών παρουσιάζεται στο σχήμα.



### **5.3. Μακροσεισμικές παρατηρήσεις και αναμενόμενες τιμές έντασης και μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης της περιοχής Σάμου**

Τα στοιχεία των γνωστών ισχυρών ( $M \geq 6.0$ ) σεισμών οι οποίοι προκάλεσαν ζημιές ( $I \geq VII$  στην κλίμακα Modified Mercalli) στη Σάμο δίνονται στον Πίνακα 2. Στον χάρτη του σχήματος 9 δίνονται τα μακροσεισμικά επίκεντρα όλων των επιφανειακών σεισμών μετά το 1751 οι οποίοι έχουν προξενήσει ένταση  $I > VI$  στην πόλη της Σάμου. Τα δεδομένα των εντάσεων προέρχονται από τη βάση μακροσεισμικών πληροφοριών του Νοτίου Βαλκανικού χώρου από το 550πΧ-1995 (Papazachos et al., 1997). Η μέγιστη ένταση που έχει παρατηρηθεί στη Σάμο είναι 8 (μερική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25% του ολικού αριθμού των κανονικών κατασκευών και ολική καταστροφή λίγων κτισμάτων), με πιο πρόσφατη αυτή που προξενήθηκε από το σεισμό του 1904. Ο τελευταίος ισχυρός σεισμός στην περιοχή (Νοέμβριος 1992) προξένησε ένταση V στη Σάμο.

Το δείγμα των σεισμών του πίνακα 2 δεν είναι πλήρες, δηλαδή, δεν γνωρίζουμε όλους τους ισχυρούς σεισμούς ( $M \geq 6.0$ ) από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα που προκάλεσαν βλάβες στη Σάμο. Φαίνεται, όμως, ότι γνωρίζουμε όλους τους σεισμούς αυτούς κατά τους δύο τελευταίους αιώνες, δηλαδή, το δείγμα είναι πλήρες για τους ισχυρούς σεισμούς που προκάλεσαν βλάβες από το 1831 και μετά. Μελέτη του αθροιστικού (σωρευτικού) αριθμού των ισχυρών σεισμών στη Σάμο σε συνάρτηση με το χρόνο για την περίοδο 1831-1997 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο ρυθμός γένεσης των σεισμών αυτών δεν είναι σταθερός κατά τη διάρκεια όλης αυτής της χρονικής περιόδου. Ο ρυθμός αυτός υπήρξε έντονος κατά την περίοδο 1865-1904, κατά την οποία έγιναν 6 ισχυροί σεισμοί, ενώ μετά το 1904 μέχρι σήμερα έγινε μόνο ένας ισχυρός σεισμός, το 1955. Η ιδιότητα αυτή της εναλλαγής περιόδων χαμηλής και υψηλής σεισμικότητας έχει παρατηρηθεί και σε άλλα μέρη της Γης αλλά και στην Ελλάδα (Θεσσαλία, κλπ.).

Πίνακας 2				
Στοιχεία γνωστών ισχυρών ( $M \geq 6.0$ ) σεισμών οι οποίοι προκάλεσαν ζημιές στη Σάμο				
Ημερομηνία	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	M	Μέγιστη Ένταση
200 π.Χ.	37,7	26,9	6,3	Σάμος (VIII)
47 μ.Χ.	37,84	27,16	6,9	Σάμος (VIII)
1751, 18 Ιουνίου	37,8	27,1	6,4	Σάμος (VIII)
1831, 3 Απριλίου	37,7	26,8	6,0	Σάμος (VII)
1846, 13 Ιουνίου	37,6	27,0	6,0	Σάμος (VII)
1865, 11 Οκτωβρίου	37,7	27,0	6,0	Σάμος (VII)
1868, 3 Μαΐου	37,6	26,9	6,0	Παγώνδας (VII)
1873, 31 Ιανουαρίου	37,8	27,1	6,5	Σάμος (VII)
1877, 14 Οκτωβρίου	37,7	27,0	6,0	Κοκκάρι (VIII)
1893, 12 Μαρτίου	37,9	26,9	6,6	Σάμος (VII)
1904, 11 Αυγούστου	37,66	26,93	6,8	Σάμος (VIII)
1955, 16 Ιουλίου	37,55	27,05	6,9	Αγαθονήσι (VIII)

Για να μελετήσουμε ποσοτικά τη σεισμική επικινδυνότητα στη Σάμο εξετάσαμε τις πληρότητες των εντάσεων με τις οποίες έγιναν αισθητοί οι σεισμοί στο νησί κατά την περίοδο 1751-1996 και διαπιστώσαμε τις ακόλουθες πληρότητες:

1751-1996	$I \geq VIII$
1831-1996	$I \geq VII$
1890-1996	$I \geq VI$
1950-1996	$I \geq V$

Δηλαδή, γνωρίζουμε όλους τους σεισμούς που προκάλεσαν στη Σάμο βλάβες με ένταση  $I \geq VIII$  κατά την περίοδο 1751-1996, με ένταση  $I \geq VII$  κατά την περίοδο 1831-1996, κλπ. Έγινε αναγωγή της συχνότητας εμφάνισης των εντάσεων σε χρονικό διάστημα 245 ετών (1751-1996) και με εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων προέκυψε η σχέση:

$$\log N = 3,17 - 0,31 I$$

όπου N είναι ο αριθμός των σεισμών που προκάλεσαν βλάβες έντασης I ή μεγαλύτερης στη Σάμο. Η τιμή 3,17 της σταθεράς της σχέσης αυτής ισχύει για χρονικό διάστημα 245 ετών και συνεπώς για ένα έτος η τιμή της γίνεται ίση με 0,78. Συνεπώς, η μέση περίοδος επανάληψης,  $T_m$ , των σεισμών οι οποίοι προκαλούν στη Σάμο βλάβες έντασης I ή μεγαλύτερης δίνεται από τον τύπο:

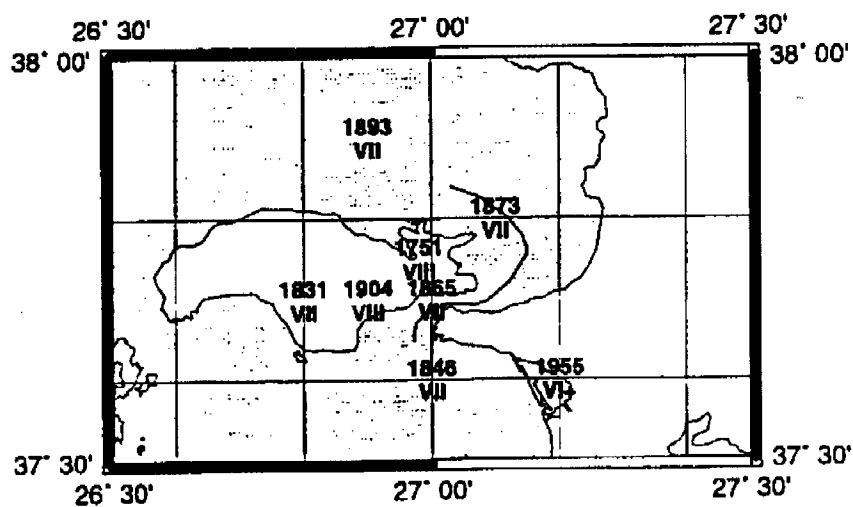
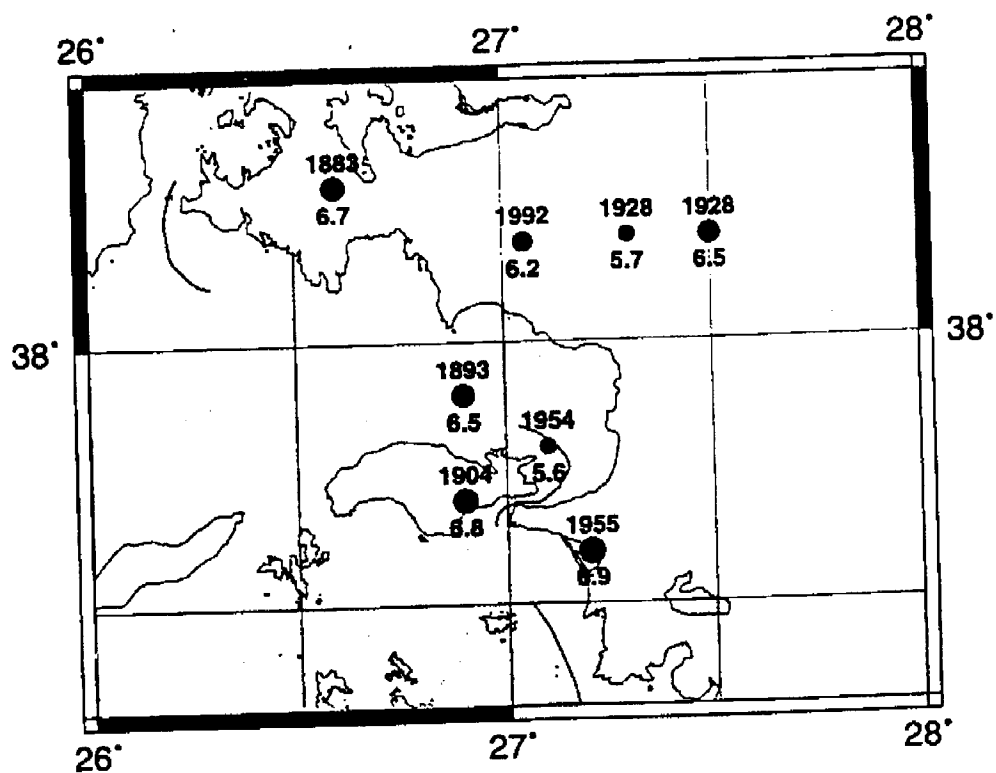
$$T_m = \frac{10^{0,31I}}{10^{0,78}}$$

Με βάση τη σχέση αυτή υπολογίσθηκαν οι τιμές του Πίνακα (10.2.2). Δηλαδή στη Σάμο γίνονται, κατά μέσο όρο, σεισμοί που προκαλούν βλάβες: έντασης VI ή μεγαλύτερης κάθε 12 έτη, έντασης VII ή μεγαλύτερης κάθε 25 έτη και έντασης VIII κάθε 50 έτη. Οι τιμές αυτές θα πρέπει να θεωρηθούν ως μέσες τιμές, αντιπροσωπευτικές των τελευταίων περίπου 250 ετών. Είναι προφανές ότι σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα μπορεί να υπάρχει έξαρση (π.χ. 1865-1904) ή αντίστοιχη ύφεση (π.χ. 1905-1955), οπότε και έχουμε απόκλιση από αυτές τις τιμές.

<b>Πίνακας 3</b> Μέση περίοδος επανάληψης, $T_m$ , σεισμών οι οποίοι προκαλούν ένταση I ή μεγαλύτερη και οριζόντια εδαφική επιτάχυνση $\gamma_m$ ή μεγαλύτερη στη Σάμο.		
$T_m$	I	$\gamma_m$ (cm/sec <sup>2</sup> )
12	VI	90
25	VII	170
50	VIII	340

Από τη σχέση η οποία συνδέει τη μέγιστη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση,  $\gamma_m$ , σε έναν τόπο με την αντίστοιχη ένταση (Theodoulidis, 1991) υπολογίσθηκαν οι αντίστοιχες τιμές της επιτάχυνσης που δίνονται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 3. Δηλαδή, η μέση περίοδος επανάληψης των σεισμών που προκαλούν στη Σάμο: εδαφική επιτάχυνση 90 cm/sec<sup>2</sup> ή μεγαλύτερη είναι 12 έτη, εδαφική επιτάχυνση 170 cm/sec<sup>2</sup> ή μεγαλύτερη είναι 25 έτη και εδαφική επιτάχυνση 340 cm/sec<sup>2</sup> είναι 50 έτη.

Από πρόσφατη έρευνα της χρονικά μεταβαλλόμενης σεισμικής επικινδυνότητας προκύπτει (Papaioannou and Papazachos, 1997) ότι η πιθανότητα γένεσης σεισμού ο οποίος θα δημιουργήσει ζημιές έντασης VI ή μεγαλύτερης στη Σάμο κατά την περίοδο 1998-2010 είναι σημαντική (50%).



Σχ. 9. Κάτω: Χάρτης του συνόλου των μακροσεισμικών εντάσεων με  $I > VI$  οι οποίες έχουν παρατηρηθεί στην πόλη της Σάμου από σεισμούς της ευρύτερης περιοχής μετά το 1751. Οι εντάσεις έχουν χαρτογραφηθεί στις θέσεις των σεισμών που τις προκάλεσαν.

Πάνω: Μακροσεισμικά επίκεντρα και χρονολογίες των αντίστοιχων επιφανειακών σεισμών.

#### 5.4. Σεισμικά ρήγματα στον ευρύτερο χώρο της Σάμου προσδιορισμένα από τους μηχανισμούς γένεσης

Τα διαθέσιμα στοιχεία για μηχανισμούς γένεσης σεισμικών ρηγμάτων για την περιοχή της Σάμου είναι εξαιρετικά περιορισμένα και δείχνουν κανονικά ρήγματα, με διεύθυνση περίπου Α-Δ τα οποία παρουσιάζουν σε κάποιες περιπτώσεις δεξιόστροφη οριζόντια συνιστώσα. Εξαίρεση αποτελεί ο σεισμός του 1992 βόρεια της Σάμου, οποίος παρουσιάζει μόνο δεξιόστροφη οριζόντια μετατόπιση. Μάλιστα, αυτός ο σεισμός είναι ο πιο νότιος σεισμός τύπου «ρήγματος Ανατόλιας», δηλαδή ρήγματος δεξιόστροφης μετατόπισης με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα.

Με βάση στοιχεία μηχανισμών γένεσης, μακροσεισμικά στοιχεία και κατανομές μετασεισμών καθορίστηκαν από τους Papazachos et al. (1998) ορισμένοι σειсмоγόνοι όγκοι στο ανατολικό τμήμα της Σάμου, προς τις ακτές της Μικράς Ασίας και έχουν διεύθυνση Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ. Ο προτεινόμενος τρόπος λειτουργίας των όγκων αυτών είναι κυρίως με κανονικά ρήγματα, με μικρή έως σημαντική δεξιόστροφη συνιστώσα.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και με τη μεθοδολογία των Papazachos and Kiratzi (1992), υπολογίστηκε ένας αντιπροσωπευτικός μηχανισμός γένεσης και ένα αντίστοιχο πεδίο τάσεων για την ευρύτερη περιοχή του Ανατολικού Αιγαίου. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να συνδυαστούν με ιστορικά στοιχεία καθώς και μακροσεισμικά στοιχεία τα οποία από την κατευθυντικότητα της διάδοσης της σεισμικής ενέργειας υποδεικνύουν τη διεύθυνση του ρήγματος. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, το πρώτο επίπεδο του προτεινόμενου μηχανισμού γένεσης είναι:

Δ/νση:  $257^\circ$ , Δ/νση Κλίσης:  $347^\circ$ , Κλίση:  $46^\circ$ , Γωνία ολίσθησης:  $-128^\circ$

ενώ το δεύτερο:

Δ/νση:  $125^\circ$ , Δ/νση Κλίσης:  $215^\circ$ , Κλίση:  $56^\circ$ , Γωνία ολίσθησης:  $-57^\circ$

Οι κύριοι άξονες τάσεων είναι:

P:  $92^\circ / 64^\circ$ , T:  $193^\circ / 5^\circ$

Γενικά, βλέπουμε ότι έχουμε ένα αντιπροσωπευτικό ρήγμα, με διεύθυνση σχεδόν Ανατολής-Δύσης ( $257^\circ$ ) και με κανονική ολίσθηση, η οποία όμως παρουσιάζει σημαντική δεξιόστροφη συνιστώσα ( $\sim 35-40^\circ$ ). Φυσικά, η συμπεριφορά των ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής του Ανατολικού Αιγαίου, όπως φαίνεται και από τα διαθέσιμα στοιχεία, καλύπτει όλο το φάσμα ρηγμάτων, από καθαρά κανονικά μέχρι και ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης.

Ειδικότερα για την περιοχή της Σάμου και για τον καθορισμό της αναμενόμενης τοπικής συμπεριφοράς του ενεργού πεδίου τάσεων και του τύπου των αναμενόμενων

ρηγμάτων χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία του Papazachos (1998). Στην εργασία αυτή γίνεται μία εκτίμηση του πεδίου των οριζοντίων τάσεων σε ένα δίκτυο 0.5° στο χώρο του Αιγαίου με τη χρήση στοιχείων μηχανισμών γένεσης καθώς και γενικότερων στοιχείων σεισμογόνων όγκων και νεοτεκτονικών μελετών. Η μεθοδολογία βασίζεται στην ιδέα των Holt et al. (1991) που προτείνουν την προσαρμογή «ομαλών» πολυωνύμων στις σημειακές μετρήσεις του τανυστή παραμόρφωσης έτσι ώστε να ανακτηθεί ένα συνεχές πεδίο ταχυτήτων.

Η μεθοδολογία αυτή επεκτάθηκε στο παρόν πρόγραμμα με τη χρήση του πλήρους τανυστή παραμόρφωσης και όχι μόνο των οριζοντίων συνιστωσών. Ο τανυστής αυτός καθορίζεται με διαφόριση από το τρισδιάστατο πεδίο ταχυτήτων παραμόρφωσης. Από τον τανυστή παραμόρφωσης είναι δυνατόν να καθοριστεί ο τανυστής της σεισμικής ροπής (Kostrov, 1974) και από αυτόν ο αναμενόμενος μηχανισμός γένεσης.

Με βάση την παραπάνω μεθοδολογία, καθορίσθηκε το ενεργό πεδίο τάσεων για την περιοχή της Σάμου το οποίο παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.

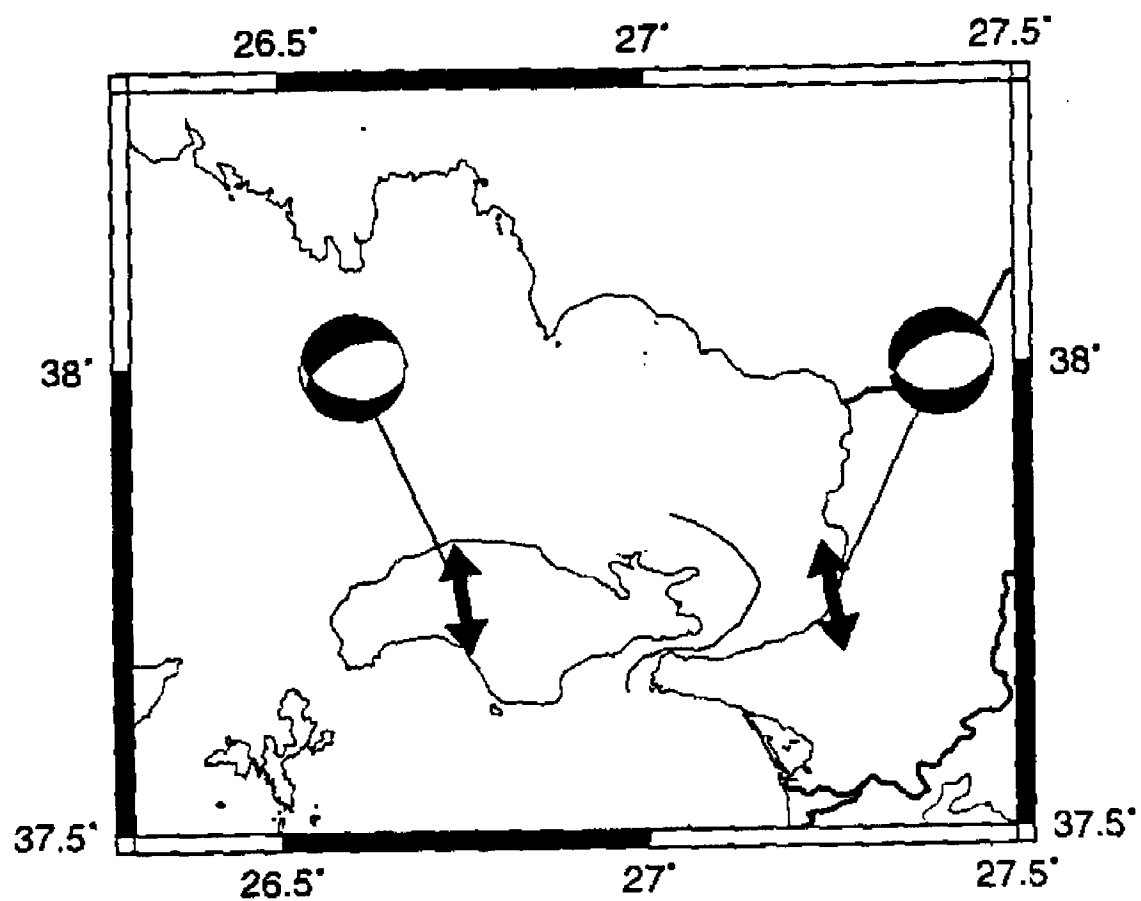
<b>Πίνακας 4</b> <b>Προσανατολισμός κυρίων αξόνων τάσεων στη περιοχή της Σάμου</b>						
	Κεντρικό τμήμα Σάμου (37.75°N-26.75°E)		Ανατολικό τμήμα Σάμου-Μικρά Ασία (37.75°N-26.75°E)		Μέση Τιμή	
	Αζιμούθιο	Κλίση	Αζιμούθιο	Κλίση	Αζιμούθιο	Κλίση
P-άξονας	98 °	80 °	103 °	70 °	99 °	74°
T-άξονας	349 °	3 °	352 °	7 °	350°	5°

Με τον ίδιο τρόπο καθορίστηκε και ο τύπος των αναμενόμενων ρηγμάτων στην περιοχή της Σάμου, ο οποίος δίνεται στον Πίνακα 5.

<b>Πίνακας 5</b> Παράταξη, διεύθυνση κλίσης, κλίση και γωνία ολίσθησης για την περιοχή της Σάμου			
	Κεντρικό τμήμα Σάμου (37.75°N-26.75°E)	Ανατολικό τμήμα Σάμου-Μικρά Ασία (37.75°N-26.75°E)	Μέση Τιμή
	Παράταξη / Διεύθυνση κλίσης / Κλίση / Γωνία ολίσθησης		
Επίπεδο Ι	246°/336°/55°/-112°	250°/340°/49°/-102°	247°/337°/52°/-109°
Επίπεδο ΙΙ	103°/193°/41°/-59°	89°/179°/43°/-75°	96°/186°/42°/-67°

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα μέσα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάστηκαν για την ευρύτερη περιοχή του Ανατολικού Αιγαίου. Γενικά βλέπουμε ότι στη Σάμο οι αναμενόμενες διευθύνσεις ρηγμάτων (Επίπεδο Ι) είναι ΑΒΑ-ΔΝΔ (66-70°) και τα ρήγματα αυτά συμπεριφέρονται ως κανονικά με δεξιόστροφη συνιστώσα (~10-20°). Η συνιστώσα αυτή είναι μικρότερη από τη μέση τιμή στην περιοχή (35-40°) η οποία επηρεάζεται από τα βορειότερα δεξιόστροφα ρήγματα-κλάδους του ρήγματος της Βόρειας Ανατόλιας. Επιπλέον, προβλέπεται και η παρουσία (Επίπεδο ΙΙ) ρηγμάτων Α-Δ ή και ΔΒΔ-ΑΝΑ, τα οποία επίσης συμπεριφέρονται κυρίως ως κανονικά, αν και μερικά από αυτά μπορεί να εμφανίσουν μικρή αριστερόστροφη συνιστώσα κίνησης.

Στο σχήμα 10 παρουσιάζονται η κύρια τάση εφελκυσμού και οι αναμενόμενοι μηχανισμοί γένεσης στην περιοχή της κεντρικής Σάμου και στα παράλια της Μικράς Ασίας (απέναντι από τη Σάμο). Ο τύπος αυτός των μηχανισμών/ρηγμάτων είναι αναμενόμενος από τη γενικότερη τεκτονική. Τα ρήγματα αυτά είναι το συνδυασμένο αποτέλεσμα δύο κύριων τεκτονικών επιδράσεων: του έντονου εφελκυσμού με διεύθυνση περίπου Β-Ν, οποίος είναι υπεύθυνος για την κανονική συμπεριφορά των ρηγμάτων, και (σε μικρότερο βαθμό) της δεξιόστροφης κίνησης των νοτιότερων κλάδων του ρήγματος της Βόρειας Ανατόλιας, οι οποίοι φτάνουν μέχρι και την περιοχή βόρεια της Σάμου.



Σχ. 10. Άξονας μέγιστου εφελκυσμού και αναμενόμενος μηχανισμός γένεσης στην περιοχή της Σάμου (κεντρικό τμήμα και ανατολικό τμήμα-παράλια Μικράς Ασίας).



## 6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα νεοτεκτονικά ρήγματα, που εντοπίστηκαν στη Νήσο Σάμο και χαρακτηρίστηκαν με γεωλογικά κριτήρια ως ενεργά συσχετίστηκαν με τα σεισμολογικά δεδομένα που αναφέρονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης. Η συσχέτιση αυτή οδηγεί στις παρακάτω σκέψεις και τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

Η κατανομή των επικέντρων των ιστορικών σεισμών στη Σάμο και τον ευρύτερο θαλάσσιο χώρο, καθώς και η διεύθυνση του εφελκυστικού πεδίου των τάσεων σε γενική διεύθυνση Β-Ν όπως αυτή προέκυψε τόσο από τα σεισμολογικά δεδομένα όσο και από τη μελέτη των νεοτεκτονικών ρηγμάτων στο ύπαιθρο, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα ρήγματα που εντοπίστηκαν στο ύπαιθρο και χαρακτηρίστηκαν ως ενεργά ρήγματα αντιστοιχούν στον τύπο των αναμενόμενων ρηγμάτων που προέκυψαν και από τη σεισμολογική μελέτη. Υπάρχει επομένως πλήρης συμφωνία γεωλογικής και σεισμολογικής μελέτης.

Σύμφωνα με την τελική αξιολόγηση των ρηγμάτων ως σημαντικότερα θεωρούνται τα ενεργά ρήγματα Πυθαγορείου και Μαραθόκαμπου-Κερκετέα για τα οποία υπολογίστηκε μέγεθος αναμενόμενου σεισμού  $M_s=5.9$  για το καθένα από αυτά.

Εν τούτοις θα πρέπει να προστεθεί εδώ, ο αρχικός προβληματισμός μας για το αν αυτές οι δύο σημαντικές ρηξιγενείς δομές του νησιού, το ρήγμα Πυθαγορείου και το Ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα, αποτελούν μια ενιαία μεγάλη ρηξιγενή δομή, αφού οι απολήξεις τους πλησιάζουν πολύ κοντά η μια την άλλη και η ανάπτυξή τους διαγράφει, σε γενικές γραμμές μια Α-Δ διεύθυνσης γραμμή. Σε μια τέτοια περίπτωση από το άθροισμα του μήκους των δύο ρηγμάτων θα προέκυπτε συνολικό μήκος περί τα 30 km οπότε ο αναμενόμενος μέγιστος σεισμός θα ήταν πολύ μεγαλύτερος και θα προσομοίαζε με το σεισμό της 11<sup>ης</sup> Αυγούστου 1904  $M_s=6.8$  το επίκεντρο του οποίου, αναθεωρημένο και βελτιωμένο, τοποθετείται όχι μακριά από το ρήγμα Πυθαγορείου. Επίσης και ορισμένοι ακόμη από τους άλλους γνωστούς ιστορικούς σεισμούς με μέγεθος  $M>6.0$ , όπως φαίνονται στο αντίστοιχο σχήμα της σεισμικότητας κατανέμονται στη νότια ακτή της Νήσου Σάμου κατά μήκος αυτής της νοητής γραμμής Πυθαγορείου-Μαραθόκαμπου-Κερκετέα γεγονός που προκαλεί υπόνοιες ότι μπορεί τα δύο ρήγματα να είναι τμήματα (segments) μιας μεγάλης ρηξιγενούς δομής.

Παρ' όλα αυτά οι επίμονες έρευνες μας τόσο στο ύπαιθρο όσο και στη μελέτη

των αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων δεν διαπίστωσαν στοιχεία γεωλογικά για πιθανή σύνδεση των δύο ρηξιγενών ζωνών Πυθαγορείου και Μαραθόκαμπου-Κερκετέα για να θεωρηθούν αυτές ως μια ενιαία ρηξιγενής δομή. Έτσι αυτές θεωρήθηκαν δυο ανεξάρτητες ρηξιγενείς ζώνες με ένα ενδιάμεσο κενό τμήμα το οποίο ελέγχεται όμως από την ομάδα των ρηγμάτων των Κυπαρισσίων όπως περιγράφηκε στην αντίστοιχη παράγραφο των ρηγμάτων.

Κατόπιν αυτών ο σεισμός του 1904 φαίνεται πιθανότερα συνδεδεμένος με το ρήγμα Πυθαγορείου και το μεγάλο μέγεθος του  $M_s=6.8$  οφείλεται ίσως στην προς τα ΝΑ επέκταση του στον υποθαλάσσιο χώρο προς τη Μικρά Ασία. Είναι επίσης πιθανόν ότι και η σεισμική δράση που εμφανίζεται με επίκεντρα σεισμών στον Νοτιοανατολικό υποθαλάσσιο χώρο της Νήσου ίσως οφείλεται στο ίδιο αυτό ρήγμα του Πυθαγορείου λόγω της μικρής σχετικά κλίσης που έχει το ρήγμα προς Νότον (παράταξη ρήγματος ΔΒΔ-ΑΝΑ κλίση  $40-45^\circ$  προς Νότο).

Πολύ σημαντικό επίσης θεωρούμε το ενεργό ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων κατά μήκος της βορειοανατολικής ακτής της Νήσου, τα γεωμετρικά και κινηματικά στοιχεία του οποίου έχουν πολύ καλή συμβατότητα με το ενεργό πεδίο των τάσεων και τα άλλα σεισμολογικά δεδομένα. Το ρήγμα αυτό συνεχίζεται πιθανότατα (βυθομετρικά στοιχεία) ΒΑ στον υποθαλάσσιο χώρο προς τις ακτές της Τουρκίας και είναι ίσως ικανό να προκαλέσει σεισμό μεγαλύτερο του  $M_s=5.7$  που υπολογίσθηκε μόνο από το χερσαίο μήκος του ρήγματος.

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα των προηγούμενων παραγράφων επισημαίνουμε ότι από τα μεγάλα νεοτεκτονικά ρήγματα που χαρτογραφήθηκαν ως ενεργά ή πιθανά ενεργά ρήγματα κατά σειρά πλέον επικίνδυνα θεωρούνται το Ρήγμα Πυθαγορείου, το Ρήγμα Μαραθόκαμπου-Κερκετέα, το Ρήγμα Καρλοβάσου-Δρακαίων και το Ρήγμα Κοκκαρίου-Βαθέος.

Δεδομένου ότι η πιθανότητα να ενεργοποιηθεί κάποιο από τα ρήγματα του ευρύτερου χώρου της Σάμου κατά την περίοδο 1988-2010 και να προκαλέσει σεισμό με μέγεθος 6.0 ή μεγαλύτερο είναι ίση με 0.26 και η περίοδος επανάληψης ενός τέτοιου σεισμού είναι 23 έτη (Παπαζάχος και Καρακαϊσής, 1996) θα πρέπει τα παραπάνω ρήγματα που εντοπίστηκαν πάνω στη Νήσο να θεωρηθούν ως πιθανά να ενεργοποιηθούν με τις πιθανότητες αυτές και να ληφθούν υπ' όψη στους μελλοντικούς σχεδιασμούς μεγάλων έργων και οικιστικής ανάπτυξης, κυρίως με ενίσχυση των θεμελιώσεων.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bernor R.L., Solounias N., Swisher III C.C. & van Couvering J.A. 1996. – The correlation of three classical “Pikermian” mammal faunas – Maragheh, Samos, Pikermi – with the European MN unit system: 137-156, in Bernor R.L., Fahlbusch V. & Mittmann H.W. (eds), *The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. Columbia University Press
2. Black C., Krishtalka L. & Solounias N. 1980. – The Mammalian fossils of Samos and Pikermi. Part 1. The Turolian rodents and insectivores of Samos. *Annals of the Carnegie Museum* 49: 359-378.
3. Bonis L. de Bouvain G., Geraads D., Koufos G.D., Sen S. & Tassy P. 1994. – Les gisements de mammifères du Miocène supérieur de Kemiklitepe, Turquie: 11. Biochronologie, paleoecologie et relations paleobiogeographiques. *Bulletin du Museum national d'Histoire naturelle, Paris, série 4, C 16 (1)*: 225-240.
4. Gutenberg, B. and Richter, C.F. Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 34, 185-188, 1944.
5. Holt, W.E., Ni, J.F., Wallace, T.C. and Haines, A. J.. 1991. The active tectonics of the eastern Himalayan syntaxis and surrounding regions. “*J. Geophys. Res.*”, 96, 14595-14632.
6. Ι.Γ.Μ.Ε., 1979. Θεοδωρόπουλος Δ. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος 1:50.000. Νήσος Σάμος. Αθήνα.
7. Kostopoulos, D., Sen, S. and Koufos, G. 2003. Magnetostratigraphy and revised chronology of the Late Miocene mammal localities of Samos, Greece. *Int. Earth Sci.*, 92, 779-794.
8. Kostrov, V.. 1974. Seismic moment and energy of earthquakes and seismic flow of rock. “*Izv. Acad. Sci. USSR Phys. Solid Earth*”, 1, 24-44.
9. Koufos, G., Syrides, G., Kostopoulos, D., Koliadimou, ., Sylvestrou, I., Seitanidis, G. and Vlachou, D. 1997. New excavations in the Neogene mammalian localities of Mytilini, Samos island, Greece. *Geodiversitas* 19 (4): 877-885.
10. McKenzie, D. 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. “*Geophys. J. R. Astr. Soc.*”, 30, 109-185.
11. Meissner, B., 1976. Das Neogene von Ost-Samos. *Sedimentationsgeschichte und*

Korrelation. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlung, B 152: 161-176.

12. Melentis J. 1969. – Palaontologische ausgrabungen auf der insel Samos (eine vorläufige mitteilung). Proceedings of the Academy of Athens 43:344-346.
13. Mountrakis D., Sapountzis, E., Kiliass A., Eleftheriadis G., & Christofides G. (1983). Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. Canadian Journ. Of Earth. Sc., 20, 1673-1681.
14. Μπορονκάου, Κ. 1995. Γεωτεκτονική εξέλιξη των Κυκλάδων Νήσων. Διδ. Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 186 σ.
15. Παπαζάχος, Β., και Γ. Καρακάισης. 1996. Σεισμικότητα και σεισμική επικινδυνότητα της Σάμου. “Ζητήματα Φυσικής Ιστορίας της Σάμου”, Μυτιληνιοί, Σάμος, 3 Αυγούστου.
16. Papanikolaou, D.J., 1980. Unités tectoniques et phases de déformation dans l' ile de Samos, Mer Egée, Grece. Bull. Soc. Géol. France, VII, 21 (1979), 745-752, Paris.
17. Papazachos, B.C., Ch. Papaioannou, C.B. Papazachos, and A.A.Savvaidis. 1997. Atlas of isoseismal maps for strong shallow earthquakes in Greece and surrounding area (426<sup>BC</sup>-1995). Ziti publ., Thessaloniki.
18. Papazachos, B.C., Ch. Papaioannou, C.B. Papazachos, and A.A.Savvaidis. 1998. Rupture zones in the Aegean region, “Tectonophysics”.
19. Papazachos, C.B., and A.A. Kiratzi. 1992. A formulation for reliable estimation of active crustal deformation and its application to central Greece. “Geophys. J. Int.”, 111, 424-432.
20. Papazachos, C.B., and A.A. Kiratzi. 1996. A detailed study of the active crustal deformation in the Aegean and surrounding area. “Tectonophysics”, 253, 129-154.
21. Papazachos, C.B., and Ch. Papaioannou. 1997. The macroseismic field of the Balkan area. “J. Seismology”, 1, 181-201,
22. Papazachos, C.B. 1998. The active deformation field of the Aegean area inferred from seismicity and GPS data. “submitted to J. Geophys. Res.”
23. Riedl, H., 1989. Beiträge zur Landschaftsstruktur und Morphogenese von Samos und Ikaria. Salz. Geogr. Arb. 18, 143-243.

24. Ring, 1998. Exhumation of blueschists from Samos Island, Greece. Bull. Geol. Soc. Greece, 32(1), 97-104.
25. Schroder, B., Yalcin U., 1992. Geology of the non-metamorphic formations around Milet/Turkey, Bull. Geol. Soc. Greece, XXVIII/I, 369-378
26. Σεϊτανίδης, Γ., 1996. Υδρογεωλογική και Υδροχημική μελέτη Κάμπου Χώρας Σάμου, (Μέτωπο υφαλμύρυνσης υπογείου νερού). Διπλ. Εργ., Τμήμα Γεωλ. Α.Π.Θ. 1-61.
27. Solounias N. 1981. The Turolian fauna from the island of Samos, Greece, with special emphasis on the Hyaenids and the Bovids. Contributions to Vertebrate Evolution 6: 1-232.
28. Steininger F.F., Berggren W.A., Kent D.V., Bernor R.L.O., Sen S. & Agusti J. 1996. Circum Mediterranean Neogene (Miocene and Pliocene) marine continental chronologic correlations of European Mammal Units: 46, in Bernor R.L., Fahlbusch V. & Mittmann H. W. (eds), The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas. Columbia University Press.
29. Theodoulidis, N.P. Contribution to the study of strong motion in Greece. Ph. D. Thesis, Univ. Thessaloniki, 500 p. 1991.

# **NEOTECTONIC MAP OF GREECE**

**SCALE 1:75.000**

**SHEET: SAMOS**

**EXPLANATORY TEXT**

# NEOTECTONIC MAP OF GREECE

Sheet: SAMOS

Scale: 1:75.000

Scientific responsible: Professor Demosthenis Mountrakis

Department of Geology

Aristotle University of Thessaloniki (A.U.Th.)

Research group:

1. Mountrakis Demosthenis	Structural Geology:	Prof. Auth
2. Kiliadis Adamantios	Structural Geology	Prof. Auth
3. Vavliakis Eleptherios	Geomorphology	Prof. Auth
4. Psilovikos Antonios	Sedimentology	Prof. Auth
5. Karakaisis Georgios	Seismology	Prof. Auth
6. Papazachos Konstantinos	Seismology	Asoc. Prof. Auth
7. Thomaidou Efi	Structural Geology–GIS	Mcs. Auth
8. Seitanidis Georgios	Sedimentology	Mcs. Auth

# CONTENTS

1. INTRODUCTION .....	4
2. GEOMORPHOLOGY OF SAMOS.....	5
3. GEOLOGICAL SETTING (PRE-ALPINE AND ALPINE STRUCTURES) .....	5
4. NEOGENE AND QUATERNARY STRATIGRAPHY .....	6
5. NEOTECTONICS, SEISMOTECTONICS AND DESCRIPTION OF THE FAULTS.....	8
5.1. Neotectonic setting.....	8
5.2. Analysis of the faulting .....	8
5.3. Description of the faults.....	9
1. Pythagorion active fault.....	10
2. Marathokampos-Kerketeas active fault.....	10
3. Kyparisia faults.....	11
4. Kokkari-Vathi active fault.....	11
5. Karlovasi-Drakei active fault.....	11
6. Vathi-Zoodohos Pigi fault.....	12
7. Paleokastron – Posidonio fault .....	12
8. Kotsikas-Psili Ammos fault.....	12
9. Mytilini fault .....	12
10. Zervou fault .....	13
11. Myloi-Pyrgos fault.....	13
12. Faults of Pagonda-Iraion and Tsopela.....	13
13. Ydrousa fault.....	13
14. Moni Evagelistrias faults .....	14
15. Limnionas faults .....	14
6. SEISMIC ACTIVITY IN THE AREA OF SAMOS ISLAND .....	15
7. RESULTS AND CONCLUSIONS OF THE RESEARCH .....	17



## 1. Introduction

The neotectonic sheet of Samos Island is located in the eastern part of the Central Aegean sea and defined by the coordinates:

Longitude East 26°34' 00" - 27°04'14"

Latitude North 37°38'11" - 37°48' 52"

The need for a better picture of the seismic hazard in the wider area of the Samos sheet inspired the detection, mapping and description of the area's faults, which resulted in this neotectonic sheet. The research group of the Department of Geology of the Aristotle University of Thessaloniki has carried out a detailed fault study dividing them, according to the international standards into Active, Probable Active and Inactive faults.

More precisely, according to the international standards for faults, the following have been adopted for this area:

- (1) Active faults are those that have been activated since the Late Pleistocene.
- (2) Probable Active faults are those that were activated from Late Pliocene to Late Pleistocene.
- (3) Inactive faults are those that do exhibit any slip activation later than the Early Pleistocene or those which show no indication of a recent reactivation.

Apart from the above limitations due to the international standards, the faults were also characterized using the following field tested criteria:

- the existence of fresh and recent natural fault slickensides
- the possible connection between the epicentres of the microearthquakes and the faults
- linear development of several thermal springs along faults
- the continuation of a fault with another certain active fault
- specific geomorphological criteria related to faults such as triangular facets, recent tectonic terraces, fault (line) scarps, linear and/or hanging valleys, river captures and diversifications, areas with intense erosion etc.

It is important to mention that the major faults in the area have mostly concentrated our interest because they are considered as the most dangerous sources of probable future seismic activity.

To accomplish our research we also evaluate all the previous published geological information and mostly that derived from the geological maps of the Institut of Geological and Mineral Research (IGME) of the area (Theodoropoulos, IGME 1979), or other maps (Meissner 1976, Papanikolaou 1980, Ring 1998).

Field work data have been elaborated and presented in a map produced by the use of ArcGIS software package.

## **2. GEOMORPHOLOGY OF SAMOS**

Three mountains dominate in the morphology of Samos Island: The Kerketeas Mt (1434 m) in the western part of the Island, the Ampelos Mt (1153 m) in the central part and the small mountaineous area of the eastern part between the Samos (Vathi) town and the village of Posidonion (fig. 1).

Two large basins have been formed between the mountaineous areas of the island, having an elongated extension with a N-S direction: The Karlovasi-Marathokampos basin between Kerketeas Mt and Ampelos Mt and the Mytilini basin between Ampelos Mt and the eastern mountaineous area of Posidonio village. Additionally there are two smaller basins trending NE-SW: the Paleokastron-Vathi basin in the eastern part and the Pyrgos basin in the central part of the island.

Normal faults of the neotectonic evolution created the above mentioned tectonic basins and generally control the geomorphology of the Samos Island which is a quaternary horst block in Aegean Sea.

## **3. GEOLOGICAL SETTING (PRE - ALPINE AND ALPINE STRUCTURES)**

The Island of Samos in Aegean Sea belongs to the Atticocycladic geological zone of Greece and consists of high pressure metamorphic rocks, ophiolites and Alpine limestones, post-Alpine Miocene-Pliocene sediments and Tertiary volcanic rocks.

The metamorphic rocks and the ophiolites metamorphosed during Early-Middle Eocene subduction processes beneath the Aegean plate, were suffered a nappe stacking in Oligocene times and collapse and exhumation in the Miocene.

The metamorphic rocks are divided in two tectonic units:

- (i) The Upper tectonic unit of "Samos" consisting of blue schists (mica-, epidote-, glaucophane-), sericite phyllites, quartzites and intercalations of marbles.

- (ii) The Lower tectonic unit of "Kerketeas" consisting of white marbles, dolomites and sipolines, occurs as a tectonic window which has been exhumed beneath the schists of the upper metamorphic unit and the ophiolite nappe.
- (iii) The ophiolites, consisting of serpentized peridotites, gabbros and basalts and folding with radiolarites, Mesozoic limestones and sandstones, belong to the tectonic unit of "Kaliithea".

#### **4. NEOGENE AND QUATERNARY STRATIGRAPHY**

Four Neogene-Quaternary basins have been formed on the metamorphic socle and filled with post-alpine lacustrine and fluviatile sediments. The basins had been initially created by large low angle detachments during extension by the end of the Alpine orogeny when the exhumation of the Kerketeas window took place. The final graben system of these basins, trending N-S was caused by high angle normal faults in brittle conditions during the neotectonic times.

Volcanic rocks of age 11 to 6 Ma occurred in the grabens and they were closely related to the extensional neotectonic activity.

The four basins are from East to West are the following:

- (A) The Paleokastron-Vathi narrow basin filled with marls, tuffites and rare conglomerates in the lower part and travertines with thin marly intercalations in the upper part. The age of the sediments is Miocene.
- (B) The Mytilini large basin, trending N-S and consisting of the following series of sediments from the basal part to the upper: (i) basal conglomerates, (ii) lower series with marls, pelites, tuffites and lacustrine limestones, of Middle-Late Miocene age, (iii) the series of clastic sediments i.e. fluvio-lacustrine conglomerates, breccias, sandstones, marly sandstones and limestones including a rich Pikermian fauna of mammalian fossils (Late Miocene), (iv) the upper series of lacustrine sediments i.e. marls, limestones, travertines of Pliocene age.
- (C) The Pyrgos narrow basin with sediments similar to those of Mytilini basin.
- (D) The Karlovasi-Marathokampos large basin, trending N-S and consisting of the following series of sediments from the base to the top: (i) basal fluviatile conglomerates, (ii) the lower series with marls, sandstones, lacustrine limestones and tuffites and pyroclastic sediments (Middle-Late Miocene), (iii) the series of clastic sediments i.e. fluvio-lacustrine conglomerates and sandstones (Late Mioce-Early Pliocene), (iv) the upper series of lacustrine sediments i.e. marls, limestones and travertines.

After correlations between the sedimentary sequences of the four basins, the neogene sediments of Samos Island have been grouped in the present "Neotectonic map" in the following series:

- I. **The Basal conglomerates** of all the basins (Middle Miocene).
- II. **The Lower no clastic series** consisting of the all the lower series of the basins (Middle-Late Miocene).
- III. **The Middle clastic series** including the relative series of the basins of Mitilini, Karlovasi-Marathokampos and Pyrgos (Late Miocene-Early Pliocene)
- IV. **The Upper no clastic series** including the Upper series of the Mitilini and Karlovasi-Marathokampos basins (Pliocene).

The Quaternary deposits of Samos Island include Alluvial and valey deposits of Holocene age and scree and alluvial fan deposits of Late Pleistocene-Holocene age. The first having a few meters thickness cover locally the four Neogene basins and coastal parts of the island. The scree, mainly of tectonic origin, cover the pediments of the mountains, particularly along the large faults, having a significant importance in the study of the recent faulting reactivations.

## **5. NEOTECTONICS, SEISMOTECTONICS AND DESCRIPTION OF THE FAULTS**

### **5.1. Neotectonic setting**

The Aegean area, where the neotectonic sheet of Samos Island is located, has been considered as the Eurasian active continental margin behind the active subduction zone of the Eastern Mesogean plate beneath the Eurasian plate.

Since the Miocene the Aegean area has been intensely faulted, forming many tectonic grabens and horsts and the final Aegean depression. These are in fact the result of a continuous extensional deformation, which starts in the Late Oligocene-Early Miocene with large low angle detachments by the end of the Alpine orogeny and caused the exhumation of the Kerketeas and other core complexes in Atticocycladic geological zone.

The extensional deformation was continued in Aegean area during Miocene-Pliocene times and associated with pure normal to oblique-normal faults trending NW-SE and WNW-ESE. The extensional regime revealed NE-SW maximum trend in the Miocene-Pliocene but was changed to N-S or NNE-SSW in Quaternary-present times; so that new normal high angle faults trending E-W were created and previous faults trending NW-SE and NE-SW were reactivated as strike-slip faults.

These faults, particularly the E-W normal ones, control the geomorphology of the Samos Island and probably produce some of the present (historical) earthquakes in the wide area in the frame of the shallow seismicity in Aegean, since the extensional process of the Aegean crust remains in N-S or NNE-SSW trend until recent times. However the present extensional deformation of the Samos area might also be influenced by the master right-lateral strike-slip North Anatolian fault and its western branches-prolongations in the Aegean area.

### **5.2. Analysis of the faulting**

The most important faults in the geology of Samos are the N-S trending detachments which formed the Neogene basins of Mytilini and Karlovasi-Marathokampos. Additionally there are many other impressive faults, that is the reverse faults trending N-S affecting the neogene sediments and the strike-slip faults trending NE-SW to ENE-WSE with dextral-lateral motion or NW-SE to NNW-SSE with sinistral-

lateral motion.

However, the need of a better understanding of the seismic hazard inspired to focus the researches on the large neotectonic faults which show a recent reactivation and these are the faults with a pure dip-slip motion or the oblique faults with strong normal component.

Three groups of normal faults have been distinguished in Samos Island trending: (a) NNE-SSW to NE-SW, (b) NW-SE to NNW-SSE and (c) WNW-ESE to WSW-ENE. Using tectonic criteria and stratigraphic correlations we defined the group (c) as the more recent faults of the island, although recent reactivations of both (a) and (b) faults have been observed as well.

Thus, on the “Neotectonic map of Samos” and this manuscript we present 15 large faults (no 1... 15) which are very important structures and we explain the geometry and kinematics of each one. Particularly we insist on the last dip-slip motion of the faults which is Plio-Quaternary in age.

### **5.3. Description of the faults**

After the neotectonic mapping and faulting analysis we present the following fifteen (15) large faults of the Samos Island:

1. Pythagorion fault, 2. Marathokampos-Kerketeas fault, 3. Kyparision faults, 4. Kokari-Vathi fault, 5. Karlovasi-Drakei fault, 6. Vathi-Zoothohos Pigi fault, 7. Paleokastron-Posidonion fault, 8. Kotsikas-Psili Ammos fault, 9. Mitilini fault, 10. Zervou fault, 11. Myloi-Pyrgos fault, 12. Faults of Pagonda-Iraion and Tsopela, 13. Ydrousa fault, 14. Moni Evangelistrias faults, 15. Limniona faults.

Structural and kinematic analysis, morphotectonic observations and geomorphological criteria as well as seismological data allowed us to suggest the following five (5) large faults (1...5) as the most important active ones for Samos Island:

There are no evidence or clear indications for a recent reactivation of the faults No 5 to 15 and hence they cannot be considered as active faults. However they are described in the present study because they are large faults and some of them show an admissible strike for a possible reactivation due to the recent N-S extensional stress regime.

## **1. Pythagorion active fault**

The Pythagorion fault (trend WNW-ESE, dip 45°/SSW, normal) in the southeastern part of the island close to Pythagorion town, affects Pliocene sediments, while the recent reactivations of the fault affect the previous tectonic breccias of Late Pleistocene age.

The observable length of the fault is 15 km, but its eastwards extension in the sea is very possible. Quite possible can also be considered its prolongation to the West as well as its connection with the fault of Marathokampos-Kerketeas (see below).

Taking into account the observable length of the Pythagorion fault (15 km) and using the relation established by Papazachos & Papazachou (1997)  $M_s = A + B \log L$  (A, B, constants; L, length of fault) we estimate a maximum magnitude  $M_s = 5.9$  of a possible earthquake.

## **2. Marathokampos-Kerketeas active fault**

The Marathokampos-Kerketeas fault (trend E-W, dip 70°/S, normal with dextral strike-slip component) in the southwestern part of island close to the village of Marathokampos, affects the marbles of Kerketeas tectonic window along the southern pediments of the Kerketeas Mt, with two main synthetic slickensides causing the depression of the relief southwards.

The eastern extension of the fault affects the no clastic series of Miocene sediments and in some places the unconsolidated Pleistocene scree and tectonic breccias of previous activations of the fault. Clear geological and morphotectonic indications show the recent activity of the fault.

Taking into account the observable length of the fault (14 km) and using the above mentioned relation, we estimate a maximum magnitude  $M_s = 5.9$  of a possible earthquake.

The prolongation of the Marathokampos-Kerketeas fault towards the East is very close to the Kyparissia faults (see below) and the western extension of the Pythagorion fault, so that there are some suspicions for a connection between all of them, representing a unique very important fault zone consisting of several segments. However there is no evidence about that, although both of the two large faults formed the present-day E-W topography of the Southern part of Samos island.

### **3. Kyparisia faults**

They are some small in length faults in the area of Kyparisia village between both the active faults of Pythagorion and Marathokampos-Kerketeas. For this reason they are considered as probable active faults although there are no evidence about that. These faults, trending NE-SW to ENE-WSW and dipping to SE, affected the metamorphic rocks of the socle and caused an impressive depression of the relief.

### **4. Kokkari-Vathi active fault**

The Kokkari-Vathi fault (trend WNW-ESE, dip 50°/NNE, normal) in the Northeastern coast of the island, formed the gulf of Vathi and caused an impressive tilting of the Pliocene marly limestones so that the stratification of them became vertical. Such geological evidence suggest that the Kokkari-Vathi fault is an active one. The maximum magnitude of a possible earthquake according the observable length of the fault (8 km) was estimated  $M_s=5.4$ .

There is a possible connection of the Kokkari-Vathi fault with the fault of Paleokastron-Posidonio (see below) which show similar trend, geometry and kinematics and which is located along the southeastern prolongation of the Kokkari-Vathi fault. However there is no evidence that both the two faults are segments of the same fault zone.

### **5. Karlovasi-Drakei active fault**

The Karlovasi-Drakei fault (trend NE-SW, dip 75°/NW, dextral strike-slip with strong normal component) has an observable length 12 km along the NW coast of the island and presents some very impressive polished slickensides on the metamorphic rocks. It is characterized by steep scarp slopes and Pleistocene fault scree, which have been affected by younger (recent) reactivations of the fault, showing that is an active fault. This is also suggested by recent seismological data that is distribution in the sea along the fault of small earthquake epicenters during the last ten years and the seismic activity in the year 2005 near the Turkish coast in a parallel direction to the Karlovasi-Drakei fault.

The maximum magnitude  $M_s=5.7$  has been estimated taking into account the observable length of the fault (12 km) although a clear prolongation of the fault beneath the sea faraway of the coast is almost obvious from the bathymetry.



## **6. Vathi-Zoodohos Pigi fault**

There is a group of parallel faults, forming a fault zone, trending ENE-WSW to NE-SW, dipping to SE, in the eastern part of the Island in the area between the town of Vathi and the monastery of Zoodohos Pigi. The fault zone affects the metamorphic rocks of the socle and forms a narrow young valley and scree. The total length of the fault zone is about 9 km.

The kinematics of the parallel faults coincide with those of the active faults of Samos, but there is no other evidence about their recent reactivation.

## **7. Paleokastron – Posidonio fault**

It is a fault of a total length of 6 km between both villages of Paleokastron and Posidonion, trending NW-SE to WNW-ESE and dipping to NE.

The fault affects the metamorphic rocks of the socle and forms young scree.

Two different motions have been observed along the slickensides of the fault. The first is a dextral strike-slip one and the second (younger) is dip-slip and coincides with the recent kinematic of the faults in Samos. No other evidence about a recent reactivation.

## **8. Kotsikas-Psili Ammos fault**

It is also a very large fault in eastern Samos, with total length 11 km trending NW-SE and dipping SW. It is a normal fault with an impressive slickensides along it and impressive downthrow particularly in the area of Paleokastron – Psili Ammos.

No evidence for recent reactivation.

## **9. Mytilini fault**

It is a neotectonic fault, affecting the Miocene-Early Pliocene sediments of the Mytilini Neogene basin, near the village of Mitlini. Trend E-W to WNW-ESE, dip to the S, length 8 km.

No evidence for recent reactivation.

## **10. Zervou fault**

It is a fault parallel to Mytilini fault (trend E-W, dip to S) with similar kinematics to that. Total length 6 km. It affects the Neogene sediments and the metamorphic rocks, but no evidence of recent reactivation.

## **11. Myloi-Pyrgos fault**

It is a large fault (length 7 km) in the central part of the island between both the villages of Myloi and Pyrgos, trending NW-SE and dipping SW.

The fault stands as the boundary of the narrow neogene basin of Pyrgos against the metamorphic rocks of the socle and after that affects the neogene sediments of the basin. Impressive slickensides and tectonic breccias have been observed along the fault both on the metamorphic rocks and the neogene sediments.

Although there is no clear geological or seismological evidence that the fault is active, new reactivations of the fault affect the previous tectonic breccias, and the kinematics of the fault coincide with those of the active tectonics. Thus the fault could be considered as a possible active one but its strike is not admissible for a possible reactivation in the frame of the recent N-S extensional regime.

## **12. Faults of Pagonda-Iraion and Tsopela**

They are large parallel faults in the southern central part of the island, with strike E-W to WNW-ESE and dips antithetic to the north and south.

The most important of these faults is that one close to Pagondas village, which affects the metamorphic rocks of the socle and the Miocene sediments of both basins of Mytilini in the eastern part and Karlovase-Marathokampos in the western.

The other large fault of this group is that one along the southern coast of Samos in the area of cape Tsopela and the small island of Samiopula.

Striation on the slickensides of both faults show two motions along the fault: the first is a dextral strike-slip one and the second a dip-slip motion which coincides with the recent tectonics. No other evidence about their recent reactivations.

## **13. Ydrousa fault**

It is normal fault with NE-SW strike and dip to the NW, affecting the metamorphic rocks of the Ampelos unit, the Miocene volcanic rocks and the lower Neogene

sediments of the Karlovasi basin. Its observable length is 5,5 km with a possible prolongation to the North in the sea. No indications that the fault is active.

#### **14. Moni Evagelistrias faults**

It is a group of faults which affect the marbles of Kerketeas Mt in the southwestern part of the island. They are small in length faults (~2km) but show an impressive downthrow.

Strike of the faults NE-SW and dip to SE. They show two directions of the striations on their slickensides: the first is a dextral strike-slip and the second almost dip-slip coinciding with the recent kinematics of the island. However the faults could not be considered as active faults because they are interrupted by the active fault of Marathokampos-Kerketeas.

#### **15. Limnionas faults**

They are a group of parallel faults in Southwestern coast of the island affecting the metamorphic rocks with strike NE-SW to ENE-WSW and dip to the SE. Their geometry and kinematics coincide with those of the Marathokampos-Kerketeas active fault but there are not clear geological observations suggesting that they are active faults.

## 6. SEISMIC ACTIVITY IN THE AREA OF SAMOS ISLAND

Instrumental and historical data have been used in the present work for the study of the seismicity and active tectonics in the broader Samos area, as well as for the assessment of the impact of strong earthquakes on the island. Both macroseismic data and fault plane solutions show that the island is characterized by more or less East-West active faults which are created by the dominant North-South extension. The only exception is the 1992 event (north of Samos), which is associated with a dextral, Anatolia-type strike-slip (Torballi area), which is possibly related with the corresponding NE-SW strike-slip fault identified in the field in the NW edge of Samos. The dominant E-W trending faults correspond to the western termination of a large rupture zone which also has an E-W direction and which extends further inland for several tens of kilometers. The typical characteristics of the stress field determined from seismological observations are presented in Table 1. In general ENE-WSW trending seismic faults are expected ( $66-70^\circ$ ) with a dominant normal and a small dextral strike-slip component ( $\sim 10-20^\circ$ ). This faulting pattern is expected from the regional tectonics and is due to the combination of the dominant N-S extension regime of the back-arc Aegean area with the (less important for the Samos island) dextral strike-slip motion observed along the southernmost branches of the North Anatolia Fault, which extend up to the northern part of Samos.

**Table 1.** Stress axes in the Samos area from seismological observations

	Central Samos ( $37.75^\circ\text{N}-26.75^\circ\text{E}$ )		E.Samos-Asia Minor ( $37.75^\circ\text{N}-26.75^\circ\text{E}$ )		Mean Value	
	Azimuth	Dip	Azimuth	Dip	Azimuth	Dip
P-axis	$98^\circ$	$80^\circ$	$103^\circ$	$70^\circ$	$99^\circ$	$74^\circ$
T-Axis	$349^\circ$	$3^\circ$	$352^\circ$	$7^\circ$	$350^\circ$	$5^\circ$

Almost all strong earthquakes affecting the island are shallow ( $<20\text{Km}$ ) and are mostly concentrated in the eastern part of the island of Samos, where the main E-W trending faulting zone towards Asia Minor starts. The mean return period for earthquakes  $M \geq 6.0$  affecting the island is 23 years. Ten events have damaged Samos after 1830 and it is interesting that six of them occurred between 1865-1904. Damages with MM intensity 7 or larger are observed in the island every 25 years (on the average), while a probability of 50% exists to observe macroseismic intensities  $I \geq VI$  every 12 years

(see Table 2).

**Table 2.** Mean return period,  $T_m$ , of earthquakes which cause macroseismic Intensity,  $I$ , and Peak Ground Acceleration ,  $\gamma_m$ , equal or larger in Samos.

$T_m$	$I$	$\gamma_m$ (cm/sec <sup>2</sup> )
12	VI	90
25	VII	170
50	VIII	340

## 7. RESULTS AND CONCLUSIONS OF THE RESEARCH

The neotectonic mapping of the "Samos" sheet at scale 1:75000 and the correlation of the geological-neotectonic observations with the seismological data suggest the following conclusions:

The distribution of the historical earthquakes epicenters on the Samos island and surrounding sea as well as the extensional stress field with the least principal stress axis ( $\sigma_3$ ) striking N-S, lead us to conclude that the large faults, which have been mapped by the field work and characterized as active faults using geological criteria, are in good agreement with those faults expected by the seismological study.

According to the final evaluation of the faults, the most important ones are the Pythagorion and Marathokampos faults with maximum magnitude 5.9 of a possible earthquake. Certainly there is a suspicion that both faults are segments of a unique fault zone trending E-W with a total length of 30 km. In this case the maximum magnitude could be stronger, similar to the earthquake of 11/8/1904  $M_s=6.8$  the epicenter of which, after new elaboration, is located in the sea, no far from the Pythagorion fault. Additionally some other epicenters of historical earthquakes with magnitude  $M>6.0$  distributed along the unique Pythagorio-Marathokampos-Kerketeas fault zone including the Kyparisia faults in between them. However there is no geological evidence for that connection and hence we described two different faults. Thus, the earthquake of 11/8/1904 could be related to the Pythagorio fault and its eastern prolongation to the sea towards the coast of Turkey.

Additionally we consider the Karlovasi-Drakei active fault as a very important one because there are clear geological and seismological criteria i.e. its geometry and kinematics are in a very good agreement with the active tectonics in the area, impressive polished slickensides, Pleistocene fault scree and a significant recent seismic activity with small earthquakes in the sea along the fault. A very important seismic sequence took also place in the year 2005 along the eastern prolongation of the fault to the Turkish coast.