

Τα ρήγματα που προκάλεσαν τους γνωστούς ισχυρούς σεισμούς στην Ελλάδα και τη γύρω περιοχή από τον 5^ο αιώνα π.Χ. μέχρι σήμερα

The faults which have caused the known major earthquakes in Greece and surrounding region between the 5th century BC and today

ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β.Κ. Φυσικός, Ομότ. Καθηγητής, Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσ/νίκης
ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ.Μ. Γεωλόγος, Καθηγητής, Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσ/νίκης
ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Κ.Β. Φυσικός-Γεωλόγος, Επικ. Καθηγητής, Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσ/νίκης
ΤΡΑΝΟΣ, Μ.Δ. Γεωλόγος, Ερευνητής, Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσ/νίκης
ΚΑΡΑΚΑΪΣΗΣ, Γ.Φ. Γεωλόγος, Αν. Καθηγητής, Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσ/νίκης
ΣΑΒΒΑΪΔΗΣ, Α.Σ. Γεωλόγος, Ερευνητής, Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσ/νίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται σεισμολογικά (κατανομή επικέντρων, μακροσεισμικές παρατηρήσεις, μηχανισμοί γένεσης) και γεωλογικά στοιχεία (επιφανειακά ίχνη ρηγμάτων, στρωματογραφικά και γεωμορφολογικά δεδομένα) για τον καθορισμό των ιδιοτήτων των ρηγμάτων όπου γεννήθηκαν οι γνωστοί ισχυροί ($M \geq 6.0$) επιφανειακοί (βάθος $< 40\text{km}$) σεισμοί στον Ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές ($34^{\circ}\text{N}-43^{\circ}\text{N}$, $18^{\circ}\text{E}-30^{\circ}\text{E}$) από το 480π.Χ. μέχρι σήμερα. Καθορίζονται 23 ανάστροφα, 105 κανονικά και 31 ρήγματα διεύθυνσης όπου έγιναν 567 σεισμοί και δίνεται εξήγηση της γένεσης των ρηγμάτων αυτών με βάση τη σύγχρονη γνώση που αφορά την ενεργό τεκτονική στον ευρύτερο χώρο του Αιγαίου.

ABSTRACT: In the present work seismological (distribution of epicenters, macroseismic information, focal mechanisms) and geological data (surface fault traces, stratigraphic and geomorphological data) are used for the determination of the properties of the faults where the known major ($M \geq 6.0$) shallow (depth $< 40\text{km}$) earthquakes have occurred in Greece and surrounding area ($34^{\circ}\text{N}-43^{\circ}\text{N}$, $18^{\circ}\text{E}-30^{\circ}\text{E}$) since 480 BC. 23 reverse, 105 normal and 31 strike-slip faults are determined where 567 earthquakes have occurred and an explanation for the generation of these faults is presented in the context of the current knowledge about the active tectonic setting of the broader Aegean area.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο εντοπισμός των ενεργών σεισμικών ρηγμάτων και ο καθορισμός των ιδιοτήτων τους (μήκος, παράταξη, κλίση, γωνία ολίσθησης, κλπ) παρουσιάζει εξαιρετικό θεωρητικό και πρακτικό ενδιαφέρον. Το θεωρητικό ενδιαφέρον οφείλεται στο ότι η γνώση αυτή συμβάλλει στην κατανόηση της ενεργού τεκτονικής μιας περιοχής (καθορισμός ορίων και κατεύθυνση κίνησης λιθοσφαιρικών πλακών, μέτρηση της παραμόρφωσης του φλοιού της Γης, κλπ) και το πρακτικό ενδιαφέρον στο ότι χάρτες τέτοιων ρηγμάτων είναι χρήσιμοι για τη λύση προβλημάτων σεισμικής επικινδυνότητας (γνώση των σεισμικών πηγών, κλπ) καθώς και πρόγνωσης

σεισμών (γνώση του χώρου γένεσης μελλοντικών σεισμών, κλπ).

Ο καθορισμός των σεισμικών ρηγμάτων τα οποία έδωσαν ισχυρούς σεισμούς κατά τους ιστορικούς χρόνους στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο είναι ένα δύσκολο πρόβλημα για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι το γεγονός ότι ο χώρος αυτός καλύπτεται κατά μεγάλο μέρος από θάλασσα και οι εστίες πολλών σεισμών προσδιορίζονται κατά μήκος υποθαλάσσιων ρηγμάτων, τα οποία δεν είναι εύκολο να διερευνηθούν με γεωλογικές μεθόδους. Ο δεύτερος λόγος είναι το ότι οι ισχυροί σεισμοί στον Ελληνικό χώρο δεν είναι πολύ μεγάλοι (συνήθως $M < 7.0$) και για το λόγο αυτό οι επιφανειακές εκδηλώσεις των ρηγμάτων τους (όταν υπάρχουν) είναι σχετικά μικρές και συνεπώς δύσκολα αναγνωρίσιμες.

Γι' αυτό είναι ανάγκη να γίνει συνδυασμός γεωφυσικών (σεισμολογικών, κλπ) και γεωλογικών μεθόδων για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερο αποτέλεσμα.

Προηγούμενες προσπάθειες έχουν γίνει για τον καθορισμό μεμονωμένων σεισμικών ρηγμάτων με συνδυασμό διαφόρων μεθόδων. Επίσης έχουν γίνει προσπάθειες για καθορισμό ρηγμάτων σ' όλο τον ελληνικό χώρο αλλά με την εφαρμογή μόνο σεισμολογικών μεθόδων (Parazachos, 1996, Parazachos et al. 1984, 1999). Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για πρακτικούς αλλά και για θεωρητικούς σκοπούς.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συλλογή, αξιολόγηση και ερμηνεία όλων των σημαντικών γνωστών δημοσιευμένων γεωφυσικών και γεωλογικών παρατηρήσεων για τον εντοπισμό των κυρίων ρηγμάτων (ζωνών διάρρηξης) του ελληνικού χώρου και των γύρω περιοχών (34°N-43°N, 18°E-30°E) όπου γεννήθηκαν οι γνωστοί ισχυροί σεισμοί ($M \geq 6.0$) από τον 5^ο π.Χ. αιώνα μέχρι σήμερα και η από κοινού ερμηνεία των παρατηρήσεων για τον καθορισμό των ιδιοτήτων των ρηγμάτων αυτών. Με τον όρο «κύριο ρήγμα» μιας περιοχής εννοούμε εδώ το ρήγμα όπου γεννήθηκε ο μεγαλύτερος γνωστός σεισμός στην περιοχή αυτή. Μικρότεροι σεισμοί που αποδίδονται στην παρούσα εργασία στο ίδιο κύριο ρήγμα μπορεί να προκλήθηκαν από θραύση τμήματος του ρηγματος αυτού ή από άλλα μικρότερα γειτονικά ρήγματα (αντιθετικά, κλπ).

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ

Μέλη του Εργαστηρίου Γεωφυσικής και του Εργαστηρίου Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης συνεργάστηκαν κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες για τον από κοινού καθορισμό των ιδιοτήτων σεισμικών ρηγμάτων όπου γεννήθηκαν πρόσφατοι καταστρεπτικοί σεισμοί (Θεσσαλονίκη 1978, Μαγνησία 1980, Καλαμάτα 1986, κλπ). Η συνεργασία αυτή είχε ως συνέπεια τη διαμόρφωση ενός συνδυασμένου τρόπου προσέγγισης του προβλήματος (Parazachos et al., 1979, 1983, 1988). Ο τρόπος αυτός (μεθοδολογία) εφαρμόζεται στην παρούσα εργασία και περιλαμβάνει την αξιοποίηση των διαθέσιμων γεωφυσικών και γεωλογικών δεδομένων για

τον εντοπισμό των σεισμικών ρηγμάτων των γνωστών ισχυρών επιφανειακών σεισμών του Ελληνικού χώρου και τον καθορισμό του μήκους, L (σε km), της παράταξης, ζ , της κλίσης, δ , και της γωνίας ολίσθησης, λ , κάθε τέτοιου ρήγματος.

Τα γεωφυσικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατά κύριο λόγο σεισμολογικά δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης δεδομένα σεισμικής διασκόπησης (διαγραφίες, κλπ) όταν τέτοια δεδομένα ήταν διαθέσιμα, αλλά πάντα σε άμεσο συνδυασμό με τα γεωλογικά στοιχεία. Τα σεισμολογικά δεδομένα είναι τα επίκεντρα των ισχυρών σεισμών και των μετασεισμών τους (Parazachos et al., 2000), οι μακροσεισμικές πληροφορίες (Parazachos and Parazachou, 1997, Parazachos et al., 1997) καθώς και μηχανισμοί γένεσης των σεισμών. Για τους μηχανισμούς γένεσης χρησιμοποιήθηκε ένας νέος κατάλογος λύσεων 176 ισχυρών ($M \geq 5.5$) σεισμών ο οποίος βασίστηκε σε ήδη δημοσιευθείσες λύσεις (Parazachos et al., 1998) καθώς και σε νέες λύσεις πρόσφατων σεισμών. Προσδιορίστηκαν έτσι 47 τυπικές λύσεις μηχανισμών γένεσης για αντίστοιχες θέσεις του χώρου που μελετάται.

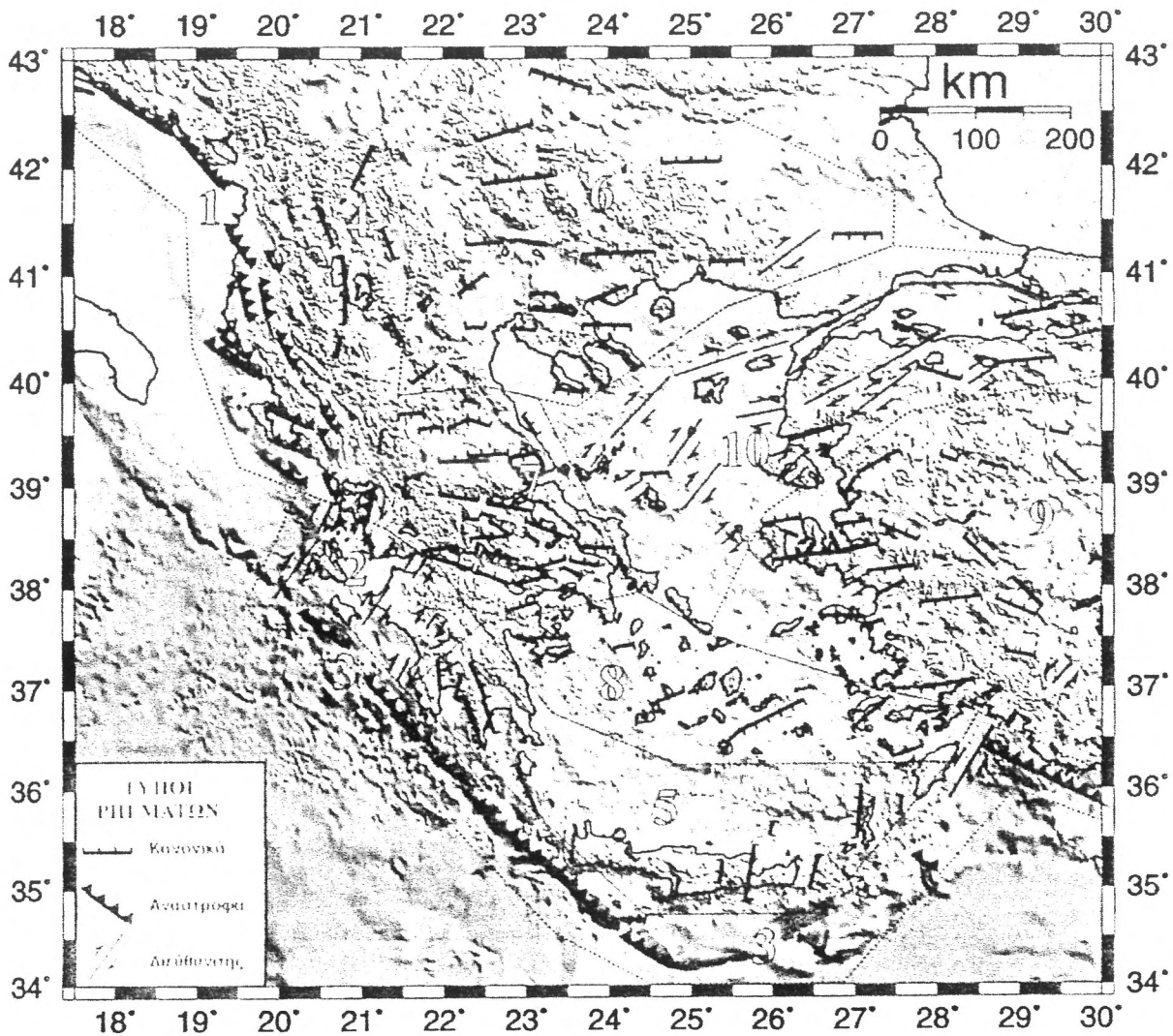
Τα γεωλογικά στοιχεία αφορούν την εξέταση της γεωμετρικής, κινηματικής και δυναμικής συμβατότητας του προτεινομένου ρήγματος με το γενικότερο εντατικό πεδίο που επικρατεί στην περιοχή, τη διερεύνηση της στρωματογραφικής διάρθρωσης των μεταλπικών Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων και την ερμηνεία των γεωμορφολογικών στοιχείων τα οποία χρησιμοποιούνται ως μορφοτεκτονικά κριτήρια αναγνώρισης μεγάλων ρηγμάτων (Barka and Kadinsky-Cade, 1988; Mountrakis et al., 1993; 1998; Koukouvelas and Doutsos, 1996; Toteva et al., 2000; Bozkurt, 2001; Nieuwland et al., 2001, μεταξύ πολλών άλλων).

Ο καθορισμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των ρηγμάτων βασίστηκε σε γεωλογικά στοιχεία, σε στοιχεία γεωφυσικής διασκόπησης, σε μηχανισμούς γένεσης των σεισμών και στην κατανομή των σεισμικών επικέντρων. Ειδικότερα, το μήκος, L (σε km), των ρηγμάτων καθορίστηκε με γεωλογικά δεδομένα, με δεδομένα σεισμικής διασκόπησης καθώς και από το μέγεθος ροπής των σεισμών, M , με βάση τη σχέση:

$$\log L = 0.51M - 1.85 \quad (1)$$

που προτάθηκε από τους Parazachos and Parazachou (1997). Η κλίση, δ , και η γωνία ολίσθησης, λ , καθορίστηκαν από τον αντίστοιχο μηχανισμό γένεσης του μεγαλύτερου πρόσφατου σεισμού που

γεννήθηκε στο υπό εξέταση ρήγμα και όταν δεν υπήρχε τέτοιος μηχανισμός από τον τυπικό μηχανισμό που υπολογίστηκε για την περιοχή.



Σχήμα 1. Τα κύρια σεισμικά ρήγματα επιφανειακών σεισμών στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο
Figure 1. The major seismic faults of shallow earthquakes in the broader Hellenic area.

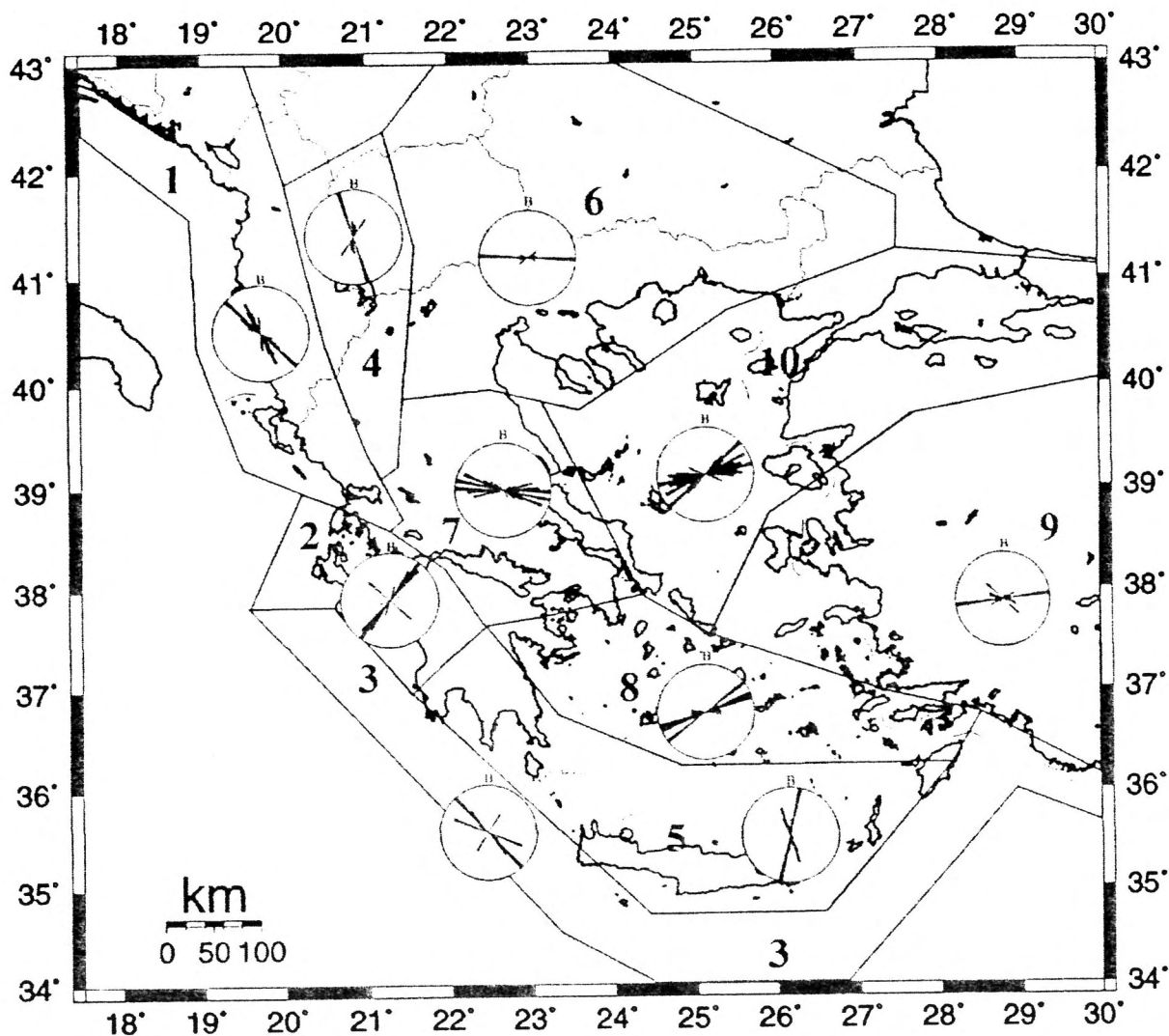
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον πίνακα (1) δίνονται τα στοιχεία όλων των κυρίων ρηγμάτων όπου γεννήθηκαν οι γνωστοί ισχυροί ($M \geq 6.0$) επιφανειακοί σεισμοί από το 480 π.Χ. μέχρι το 2001. Στην πρώτη στήλη δίνεται ο κωδικός αριθμός, στη δεύτερη το όνομα του ρήγματος, στην τρίτη το γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος (φ, λ) του μέσου της τομής του ρήγματος με το οριζόντιο επίπεδο, στην τέταρτη στήλη δίδεται το μήκος, L , του ρήγματος (σε km), ενώ στην

πέμπτη, έκτη και έβδομη στήλη δίνονται το αζιμούθιο, ζ , η κλίση, δ , και η γωνία ολίσθησης, λ , αντίστοιχα. Στην όγδοη στήλη δίνεται ο αριθμός, n , των γνωστών ισχυρών σεισμών που προήλθαν από το ρήγμα αυτό ή από γειτονικά μικρότερα ρήγματα και στην τελευταία στήλη δίνεται το είδος του ρήγματος (N =κανονικό ρήγμα, T =ανάστροφο ρήγμα, S =ρήγμα παράταξης). Ο συνολικός αριθμός των ρηγμάτων αυτών είναι 159. Στο σχήμα (1) έχουν χαρτογραφηθεί τα ρήγματα αυτά με μήκος ανάλογο του πραγματικού μήκους των

ρηγμάτων και σύμβολα αντίστοιχα με τα είδη των ρηγμάτων (κανονικά, ανάστροφα, παράταξης). Τα ρήγματα αυτά έχουν χωριστεί σε δέκα ομάδες, οι οποίες επίσης παρουσιάζονται στο σχήμα (1), ανάλογα τόσο

με τη θέση τους στο χώρο, όσο και με το είδος τους, ενώ στο σχήμα (2) παρουσιάζονται τα αντίστοιχα ροδοδιαγράμματα των παρατάξεων των ρηγμάτων κάθε ομάδας.



Σχήμα 2. Ροδοδιαγράμματα παρατάξεων των ρηγμάτων για κάθε ομάδα ρηγμάτων του ευρύτερου Ελληνικού χώρου, όπως αυτές παρουσιάζονται στο σχήμα (1).

Figure 2. Rose-diagrams of the strike azimuth for each group of faults of the broader Hellenic area, as these are presented in figure (1).

Η πρώτη ομάδα (1. Δυτική Αλβανία-Πρέβεζα) περιλαμβάνει ανάστροφα κύρια ρήγματα τα οποία, όπως φαίνεται και από το σχήμα (2), είναι ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης παράλληλα προς τις νοτιοανατολικές ακτές της Αδριατικής και του βορειοανατολικού Ιονίου Πελάγους και κλίνουν προς τα βορειοανατολικά. Αυτά βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια επαφής της Απουλίας (Αδριατικής) μικροπλάκας με την

Ευρασιατική λιθόσφαιρα και οφείλονται σε συμπίεστικές δυνάμεις που ασκούνται κάθετα προς τις ακτές λόγω της αριστερόστροφης περιστροφής της Απουλίας μικροπλάκας (McKenzie, 1978).

Η δεύτερη ομάδα (2. Ιόνια-Δυτική Κεντρική Ελλάδα) περιλαμβάνει τα δεξιόστροφα ρήγματα της Κεφαλονιάς και της Λευκάδας και πέντε ακόμα δεξιόστροφα ρήγματα στη δυτική

κεντρική Ελλάδα, τα οποία έχουν ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση (σχήμα 2). Επίσης στην ίδια ομάδα περιλαμβάνεται το ανάστροφο ρήγμα της Ζακύνθου, το οποίο έχει ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση, όπως και τα άλλα ανάστροφα ρήγματα της ομάδας 1 και 3. Το πολύ σημαντικό στην ομάδα αυτή δεξιόστροφο ρήγμα της Κεφαλονιάς είναι ρήγμα μετασχηματισμού και οφείλεται στη γρήγορη νοτιοδυτική κίνηση της μικροπλάκας του Αιγαίου σε σχέση με την Ευρασία (Scordilis et al., 1985).

Η τρίτη ομάδα ρηγμάτων (3. Ελληνική Τάφρος) είναι τα ανάστροφα ρήγματα κατά μήκος της Ελληνικής τάφρου, τα οποία όλα έχουν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και κλίνουν προς τα βορειοανατολικά, όπως και αυτά της πρώτης ομάδας. Τα ρήγματα αυτά οφείλονται στις συμπιεστικές δυνάμεις που ασκούνται λόγω της σύγκλισης της λιθόσφαιρας της ανατολικής Μεσογείου και της μικροπλάκας του Αιγαίου. Στην ομάδα αυτή έχει ενταχθεί και το αριστερόστροφο ρήγμα μετασχηματισμού της Ρόδου (RTF-Rhodes Transform Fault) που βρίσκεται στο νότιο-ανατολικό άκρο του Ελληνικού τόξου (βλέπε 3.8. στον Πίνακα 1). Το ρήγμα αυτό ξεχωρίζει στο ροδοδιάγραμμα του σχήματος (2) λόγω της ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσής του και είναι αντίστοιχο με αυτό της Κεφαλονιάς για το ανατολικό τμήμα του Ελληνικού τόξου.

Η τέταρτη ομάδα (4. Αλβανίδες-Πίνδος) και η πέμπτη ομάδα (5. Ιζηματογενές Τόξο) περιλαμβάνουν κανονικά ρήγματα τα οποία έχουν διεύθυνση περίπου βορρά-νότου και δεσπάζουν κατά μήκος της κορυφογραμμής των Αλβανίδων-Ελληνίδων οροσειρών, με κυρίαρχα τα ΒΒΔ-ΝΝΑ στην τέταρτη και τα ΒΒΑ-ΝΝΔ στην πέμπτη ομάδα. Τα ρήγματα αυτά οφείλονται σε εφελκυστικές δυνάμεις που ασκούνται κατά τη διεύθυνση ανατολής-δύσης (Papazachos et al., 1984). Το πεδίο αυτών των εφελκυστικών δυνάμεων είναι συνέπεια της ορογενετικής διαδικασίας που πραγματοποιείται στο χώρο αυτό και σχετίζεται άμεσα με το συμπιεστικό πεδίο που ασκείται κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Αδριατικής και κατά μήκος της Ελληνικής τάφρου, χωρίς απαραίτητα ο μηχανισμός δημιουργίας αυτών των ρηγμάτων να είναι ο ίδιος για τις ομάδες των ρηγμάτων στις δύο προαναφερθείσες περιοχές. Η συσχέτιση, όμως, των ρηγμάτων αυτών με την ύπαρξη των «γειτονικών» συμπιεστικών πεδίων προκύπτει και από το γεγονός ότι δεν εμφανίζονται τέτοια κανονικά ρήγματα διεύθυνσης βορρά-νότου στον χώρο της

Δυτικής Κεντρικής Ελλάδας (Ακαρνανία-Βορειοδυτική Πελοπόννησος) γιατί δεν υπάρχει κοντά στο χώρο αυτό (π.χ. δυτικά) αντίστοιχο συμπιεστικό πεδίο, όπως υπάρχει βορειότερα και νοτιότερα.

Η έκτη (6. Μακεδονία-Θράκη), εβδόμη (7. Κεντρική Ελλάδα), ογδόη (8. Ηφαιστειακό Τόξο), και ενάτη ομάδα (9. Μικρά Ασία) περιλαμβάνουν 78 κανονικά ρήγματα τα οποία έχουν παράταξη κατά τη διεύθυνση περίπου ανατολής-δύσης, με μικρές διαφοροποιήσεις (βλέπε σχήμα 2), όπως η κυριαρχία των ΑΒΑ-ΔΝΔ ρηγμάτων στο ηφαιστειακό τόξο (όγδοη ομάδα) ή η σημαντική παρουσία ΒΔ-ΝΑ ρηγμάτων στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα της Μικράς Ασίας (ένατη ομάδα). Τα ρήγματα αυτά προκαλούνται από οριζόντιο εφελκυσμό ο οποίος έχει κατά μέσο όρο διεύθυνση βορρά-νότου (McKenzie, 1978) και οφείλεται στην ταχύτερη προς τα νοτιοδυτικά κίνηση του μπροστινού μέρους της μικροπλάκας του Αιγαίου σε σχέση με το πίσω μέρος της (Papazachos C., 1999). Στην ίδια περιοχή έχουν συμπεριληφθεί και 2 ρήγματα παράταξης (διεύθυνσης), στο Διδυμότειχο και στα Κίβυρα (Cibyra). Τα ρήγματα αυτά αντανakλούν την επίδραση του τεκτονικού περιβάλλοντος γειτονικών ομάδων-περιοχών, όπως του αριστερόστροφου ρήματος της Ρόδου (ομάδα 3) για το ρήγμα των Κιβύρων και των δεξιόστροφων ρηγμάτων της Βόρειας Ανατολίας και του Βορείου Αιγαίου (ομάδα 10) για το ρήγμα του Διδυμότειχου.

Η δεκάτη ομάδα ρηγμάτων (10. Βόρειο Αιγαίο-Μαρμαράς) περιλαμβάνει 19 μεγάλα δεξιόστροφα ρήγματα περίπου ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, τα οποία δεσπάζουν στο δυτικό τμήμα της ζώνης διάρρηξης της Βόρειας Ανατολίας και στην Λεκάνη του Βορείου Αιγαίου και τα οποία είναι τα κυρίαρχα ρήγματα αυτής της ομάδας. Παράλληλα, υπάρχουν και μικρότερα κανονικά ρήγματα με διεύθυνση περίπου Α-Δ, τα οποία είτε είναι μεμονωμένα, είτε συχνά συνδέουν τα δεξιόστροφα ρήγματα με τη μορφή λεκανών αποχωρισμού (pull-apart). Τα ρήγματα στη ζώνη αυτή οφείλονται στο συνδυασμό της δυτικής κίνησης της μικροπλάκας της Βόρειας Ανατολίας και της αντίστοιχης κίνησης της μικροπλάκας του Αιγαίου προς τα νοτιοδυτικά (McKenzie, 1978; Papazachos C., 1999).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τον πίνακα (1) προκύπτει ότι οι 567 γνωστοί ισχυροί ($M \geq 6.0$) κύριοι επιφανειακοί

($h < 40 \text{ km}$) σεισμοί, που έγιναν στον Ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές ($34^{\circ}\text{N}-43^{\circ}\text{N}$, $18^{\circ}\text{E}-30^{\circ}\text{E}$) από το 480 π.Χ. μέχρι σήμερα, γεννήθηκαν σε 159 ρήγματα. Επίσης, προκύπτει ότι ο μέσος αριθμός των διαπιστωμένων σεισμών ανά ρήγμα είναι περίπου 4. Τα μήκη αυτών των ρηγμάτων κυμαίνονται από 16km μέχρι 200km, με μία μέση τιμή ίση με 43 km, η οποία αντιστοιχεί σε σεισμό μεγέθους 6.8. Από τα ρήγματα αυτά τα 23 (14%) είναι ανάστροφα, τα 105 (66%) είναι κανονικά και τα 31 (20%) είναι ρήγματα παράταξης.

Τα ανάστροφα ρήγματα παρατηρούνται στο εξωτερικό μέρος της υπό μελέτη περιοχής (Μεσόγειος, Αδριατική) ενώ τα κανονικά ρήγματα καλύπτουν το εσωτερικό μέρος της περιοχής (Αιγαίο και γύρω χώρες). Τα ρήγματα παράταξης εμφανίζονται και ορίζουν το βόρειο, το κεντροδυτικό και το νοτιοανατολικό όριο της μικροπλάκας του Αιγαίου. Χρησιμοποιώντας τα πλήρη δεδομένα τα οποία μπορεί να συσχετισθούν με κάθε ρήγμα και υπολογίζοντας τη μέση περίοδο επανάληψης των σεισμών με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο του 6.0 βρέθηκε ότι είναι 71, 76 και 109 έτη για τα παράταξης, ανάστροφα και κανονικά ρήγματα, αντίστοιχα.

Η παρούσα εργασία αποτελεί την πρώτη προσπάθεια εντοπισμού και καθορισμού των ιδιοτήτων, με τη χρήση γεωφυσικών και γεωλογικών στοιχείων, των ρηγμάτων όπου γεννήθηκαν όλοι οι γνωστοί ισχυροί επιφανειακοί σεισμοί στον Ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές από τον 480 π.Χ. μέχρι σήμερα. Για το λόγο αυτό τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής (σχήματα 1 και 2, πίνακας 1) πρέπει να θεωρηθούν ως μία πρώτη πρόταση για το σημαντικό αυτό πρόβλημα. Πρόσθετα γεωφυσικά και γεωλογικά δεδομένα και νέες ερμηνείες θα οδηγήσουν ασφαλώς στη βελτίωση ή και στην αναθεώρηση πολλών από τα αποτελέσματα αυτά. Για το λόγο αυτό, επισημάνσεις, υποδείξεις ή και καλοπροαίρετες κριτικές είναι ευπρόσδεκτες.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Σ. Παυλίδη για τη βοήθειά του στη συλλογή πληροφοριών και για ενδιαφέρουσες συζητήσεις κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας. Μέρος αυτού του έργου χρηματοδοτήθηκε από τα ερευνητικά προγράμματα του Ο.Α.Σ.Π., υπ' αριθμ. 20238 και 20321 της Επιτροπής Ερευνών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσ/νίκης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K. (1988). "Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity". *Tectonics*, 7, pp 663-684.
- Bozkurt, E. (2001). "Neotectonics of Turkey-A synthesis". *Geodynamica Acta*, 14, pp 3-30.
- Koukouvelas, I.K. and Doutsos, T. (1996). "Implication of structural segmentation during earthquakes: the 1995 Egion earthquake", *Gulf of Corinth, Greece*, *J.Struct. Geol.*, 18, pp 1381-1388.
- Mckenzie, D. (1978). "Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions". *Geophys. J.R. astr.Soc.*, 55, pp 217-254.
- Mountrakis, D., Kiliyas, A., Pavlides, S., Zouros, N., Spyropoulos, N., Tranos, M. and Soulakellis, N. (1993). "Field study of the southern Thessaly highly active fault zone". *Proc. 2nd Congress of Hellenic Geoph. Union*, Florina, 5-7 May 1993, pp 603-614.
- Mountrakis, D., Pavlides, S., Zouros, N., Astaras, Th. And Chatzipetros, A. (1998). "Seismic fault geometry and kinematics of the 13 May 1995 western Macedonia (Greece) earthquake". *J. Geodynamics*, 26, 175-196.
- Nieuwland, D.A., Oudmayer, B.C. and Valbona, U. (2001). "The tectonic development of Albania: explanation and prediction of structural styles". *Marine and Petroleum Geology*, 18, pp 161-177.
- Papazachos, B.C. (1996). "Large seismic faults in the Hellenic arc". *Ann. Geofis.*, 39, pp 892-903.
- Papazachos, B.C., Mountrakis, D., Psilovikos, A. and Leventakis, G. (1979). "Surface fault traces and fault plane solutions of May-June 1978 major shocks in the Thessaloniki area". *Tectonophysics*, 53, pp 171-183.
- Papazachos, B.C., Panagiotopoulos, D.G., Tsapanos, T.M., Mountrakis, D.M. and Dimopoulos, G.Ch. (1983). "A study of the 1980 summer seismic sequence in the Magnesia region of central Greece". *Geophys.J.R.astr.Soc.*, 75, pp 155-168.
- Papazachos, B.C., Kiratzi, A.A., Hatzidimitriou, P.M. and Rocca, A. (1984). "Seismic faults in the Aegean area". *Tectonophysics*, 106, pp 71-85.
- Papazachos, B.C., Kiratzi, A., Karakostas, B., Panagiotopoulos, D., Scordilis, E. and Mountrakis, D. (1988). "Surface fault traces, fault plane solution and spatial distribution

- of the aftershocks of the September 13, 1986 earthquake of Kalamata". Pure Appl. Geophys., 126, pp 55-68.
- Papazachos, B.C. and Papazachou, C.B. (1997). "The earthquakes of Greece". Ziti Publ., Thessaloniki, Greece, p.304.
- Papazachos, B.C., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B., and Savvaidis, A.A. (1997). "Atlas of isoseismal maps for strong earthquakes in Greece and surrounding area". Publ. Geoph. Lab. Univ. Thessaloniki, 4, p.200.
- Papazachos, B.C., Papadimitriou, E.E., Kiratzi, A.A., Papazachos, C.B. and Louvari, E.K. (1998). "Fault plane solutions in the Aegean sea and the surrounding area and their tectonic implication". Boll. Geof. Teorica Applicata, 39, pp 199-218.
- Papazachos, B.C., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B. and Savvaidis, A.S. (1999). "Rupture zones in the Aegean region". Tectonophysics, 308, pp 205-221.
- Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B. and Scordilis, E.M. (2000). "A catalog of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999". Publ. Geoph. Lab., Univ. Thessaloniki, 1, p.338.
- Papazachos, C.B. (1999). "Seismological and GPS evidence for the Aegean-Anatolia interaction". Geophys. Res. Lett., 26, pp 2653-2656.
- Scordilis, E.M., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Panagiotopoulos, D.G., Comninakis, P.E. and Papazachos, B.C. (1985). "Evidence for transform faulting in the Ionian sea: The Cephalonia island earthquake sequence of 1983". Pure Appl. Geophys., 123, pp 388-397.
- Toteva, T., Rizikova, S. and Ranguelov, B. (2000). "Recent seismicity in Kresna region and surroundings". Reports on Geodesy, Warsaw Univ. of Technology, 4, pp 91-98.

Πίνακας 1. Παράμετροι των 159 ρηγματίων των ισχυρών επιφανειακών σεισμών οι οποίοι έγιναν από το 480 π.Χ. μέχρι σήμερα στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο.
Table 1. Parameters of the 159 faults of major shallow earthquakes, which have occurred since 480BC in the broader Hellenic area.

ΑΡΙΘ.	ΟΝΟΜΑ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	φ°, λ°	L(km)	ζ°	δ°	λ°	n	t
1.	Δ. ΑΛΒΑΝΙΑ - ΠΡΕΒΕΖΑ							
1.1	Dubrovnic	42.50, 18.30	65	310	29	85	5	T
1.2	Shkodra	42.04, 19.05	60	325	29	85	4	T
1.3	Δυρράχιο (Dyrrachium)	41.28, 19.50	42	334	27	93	7	T
1.4	Elbasan	41.13, 19.91	16	331	27	93	2	T
1.5	Berat	40.79, 19.80	33	357	27	93	3	T
1.6	Fier	40.80, 19.56	42	353	27	93	2	T
1.7	Αυλώνα (Vlora)	40.34, 19.45	34	320	27	93	5	T
1.8	Χιμάρα (Himara)	40.20, 19.43	58	309	27	93	4	T
1.9	Τεπελένι (Tepeleni)	40.30, 20.06	30	339	27	93	5	T
1.10	Ιωάννινα	39.64, 20.59	24	332	43	113	5	T
1.11	Ηγουμενίτσα	39.65, 20.12	45	300	43	90	5	T
1.12	Κέρκυρα	39.37, 20.15	34	294	43	90	5	T
1.13	Παραμυθιά	39.41, 20.56	24	337	43	113	1	T
1.14	Παξοί	39.16, 20.03	52	310	43	90	5	T
1.15	Πρέβεζα	39.00, 20.60	20	340	43	113	5	T
2.	ΙΟΝΙΑ – ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ							
2.1	Λευκάδα	38.70, 20.55	38	30	77	178	16	S
2.2	Κεφαλονιά	38.20, 20.20	80	40	57	172	17	S
2.3	Ζάκυνθος	37.58, 20.53	55	310	18	118	20	T
2.4	Κυλλήνη	37.83, 21.17	50	37	89	176	6	S
2.5	Κυπαρισσία	37.20, 21.50	30	212	89	176	2	S
2.6	Πάτρα	38.20, 21.70	26	37	89	176	3	S
2.7	Λάδων	37.66, 21.83	18	37	89	176	1	S
2.8	Μεγαλόπολη	37.33, 22.00	20	245	57	159	2	S
2.9	Κατούνα	38.80, 21.10	30	195	60	135	3	S

ΑΡΙΘ.	ΟΝΟΜΑ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	φ°, λ°	L(km)	ζ°	δ°	λ°	n	t
3.	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΑΦΡΟΣ							
3.1	Φιλιατρά	36.78, 21.40	90	320	32	106	4	T
3.2	Ταίναρο	36.19, 22.05	26	320	32	106	2	T
3.3	Ελαφόνησος	35.22, 23.23	200	315	17	99	15	T
3.4	Τάφρος Πτολεμαίου	34.35, 24.41	50	305	29	105	3	T
3.5	Τάφρος Στράβωνα	34.27, 26.67	20	291	47	99	1	T
3.6	Όρος Στράβωνα	35.23, 27.83	20	303	25	90	1	T
3.7	Καστελόριζο	36.12, 29.26	130	294	27	99	9	T
3.8	Ρόδος	36.25, 28.40	90	30	80	-41	13	S
4.	ΑΛΒΑΝΙΔΕΣ - ΠΙΝΔΟΣ							
4.1	Άρτα	39.43, 21.23	26	11	49	-87	1	N
4.2	Erseke	40.33, 20.71	21	196	49	-87	1	N
4.3	Καστοριά	40.50, 21.40	30	160	49	-87	3	N
4.4	Κορυτσά (Koritza)	40.68, 20.79	30	185	49	-87	1	N
4.5	Οχρίδα (Ochrid)	41.02, 20.79	38	179	49	-87	5	N
4.6	Bitola	41.30, 21.32	35	343	49	-87	1	N
4.7	Επισκοπή (Peshkope)	41.46, 20.56	45	161	49	-87	2	N
4.8	Tetono	42.01, 21.00	50	30	49	-87	2	N
5.	ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΟΞΟ							
5.1	Μεσσήνη	37.13, 21.93	30	358	47	-98	2	N
5.2	Καλαμάτα	37.08, 22.18	16	197	50	-80	1	N
5.3	Σπάρτη	37.08, 22.40	42	340	47	-98	1	N
5.4	Μάνη	36.68, 22.34	60	164	44	-79	3	N
5.5	Γύθειο	36.73, 22.53	40	346	47	-98	1	N
5.6	Κύθηρα	35.98, 23.01	65	158	50	-80	4	N
5.7	Χανιά	35.32, 24.25	18	313	47	-98	1	N
5.8	Πιτσιδία	35.01, 24.82	24	193	44	-79	1	N
5.9	Καστέλι	35.16, 25.35	26	190	47	-98	1	N
5.10	Ιεράπετρα	35.15, 25.70	65	10	47	-98	3	N
5.11	Διονυσάδες	35.60, 25.97	16	10	47	-98	2	N
5.12	Ζάκρος	35.16, 26.49	40	14	47	-98	2	N
5.13	Κάρπαθος	35.76, 27.05	60	185	47	-98	1	N
5.14	Κατάβεια	35.83, 27.56	20	184	47	-98	1	N
6.	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ – ΘΡΑΚΗ							
6.1	Κοζάνη	40.07, 21.75	32	237	45	-101	2	N
6.2	Βέροια	40.51, 22.38	21	271	45	-94	2	N
6.3	Έδεσσα	40.92, 22.34	36	56	45	-84	2	N
6.4	Ανθεμόντας	40.49, 22.99	22	278	53	-93	2	N
6.5	Στίβος	40.67, 23.21	30	275	46	-70	3	N
6.6	Σοχός	40.83, 23.21	28	90	53	-93	2	N
6.7	Βόλβη	40.65, 23.46	24	286	37	-84	1	N
6.8	Ιερισσός	40.53, 23.97	50	93	53	-93	1	N
6.9	Βάλτα	39.91, 23.52	29	102	53	-93	1	N
6.10	Παγγαίο	40.83, 24.00	40	70	53	-93	3	N
6.11	Βαλάντοβο	41.30, 22.50	38	270	53	-93	1	N
6.12	Δράμα	41.21, 24.12	75	90	53	-93	4	N
6.13	Κομοτηνή	41.13, 25.44	36	90	53	-93	1	N
6.14	Διδυμότειχο	41.20, 26.20	80	54	90	177	1	S
6.15	Αρκαδούπολη (Arkadople)	41.37, 27.04	50	90	53	-93	1	N
6.16	Kresna	41.89, 22.88	71	266	53	-93	2	N
6.17	Kyustentil	42.33, 22.73	60	256	53	-93	2	N
6.18	Φιλιππούπολη (Plovdiv)	42.05, 25.00	60	270	37	-84	2	N
6.19	Σόφια (Sofia)	42.84, 23.27	61	110	53	-93	3	N

ΑΡΙΘ.	ΟΝΟΜΑ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	φ°, λ°	L(km)	ζ°	δ°	λ°	n	t
7.	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ							
7.1	Μετέωρα	39.70, 21.60	26	90	43	-90	3	N
7.2	Τρίκαλα	39.56, 21.84	25	89	43	-90	3	N
7.3	Πηνειάς	39.59, 22.16	22	69	43	-90	1	N
7.4	Λάρισα	39.61, 22.42	26	291	47	-88	4	N
7.5	Ελασσόνα	39.81, 22.34	18	109	47	-88	1	N
7.6	Κεραμίδι	39.58, 23.04	26	327	50	-82	3	N
7.7	Άγραφα	39.10, 21.65	26	76	50	-82	3	N
7.8	Σοφάδες	39.24, 22.24	52	271	47	-88	1	N
7.9	Φάρσαλα	39.30, 22.54	42	269	47	-88	3	N
7.10	Ν. Αγχίαλος	39.29, 22.96	30	82	43	-90	3	N
7.11	Λαμία	38.89, 22.17	42	283	47	-88	1	N
7.12	Σκάρφεια	38.79, 22.80	50	282	47	-90	4	N
7.13	Γραβιά	38.68, 22.32	18	281	47	-88	1	N
7.14	Τιθορέα	38.59, 22.67	28	308	50	-70	1	N
7.15	Ορχομενός	38.49, 23.07	17	125	50	-70	1	N
7.16	Αταλάντη	38.57, 23.25	51	294	50	-70	1	N
7.17	Ναύπακτος	38.39, 21.94	40	85	40	-125	8	N
7.18	Ελίκη	38.25, 22.07	48	290	30	-79	9	N
7.19	Ξυλόκαστρο	38.10, 22.60	40	295	30	-79	5	N
7.20	Γαλαξίδι	38.32, 22.68	40	106	40	-90	5	N
7.21	Δελφοί	38.50, 22.54	40	91	40	-90	5	N
7.22	Περαχώρα	38.07, 23.06	36	253	44	-84	1	N
7.23	Θήβα	38.24, 23.30	31	256	40	-90	5	N
7.24	Αυλώνα	38.24, 23.69	30	282	40	-90	1	N
7.25	Ερέτρια	38.39, 23.83	26	93	40	-90	6	N
7.26	Πάρνηθα	38.16, 23.55	23	119	57	-80	3	N
7.27	Κόρινθος	37.81, 22.94	32	255	43	-100	11	N
8.	ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΤΟΞΟ							
8.1	Άργος	37.50, 23.09	24	266	48	-78	4	N
8.2	Επίδαυρος	37.50, 23.37	24	275	43	-100	2	N
8.3	Ύδρα	37.35, 23.45	20	243	48	-78	1	N
8.4	Κύθνος	37.42, 24.18	22	80	48	-78	1	N
8.5	Μήλος	36.90, 24.70	40	250	45	-90	2	N
8.6	Αμοργός	36.73, 25.99	75	65	40	-90	1	N
8.7	Σαντορίνη	36.53, 25.52	19	50	40	-90	3	N
8.8	Κως	36.75, 27.19	56	50	48	-78	7	N
8.9	Σύμη	36.36, 27.63	35	250	48	-78	2	N
9.	ΜΙΚΡΑ ΑΣΙΑ							
9.1	Πέργαμος-a (Bergama - a)	38.98, 26.93	26	31	45	-115	2	N
9.2	Πέργαμος-b (Bergama - b)	39.22, 27.29	50	61	45	-115	4	N
9.3	Bigadik	39.25, 28.14	18	287	45	-115	1	N
9.4	Demirci	39.18, 28.69	31	104	34	-90	1	N
9.5	Gediz	39.15, 29.60	44	312	35	-90	3	N
9.6	Emet	39.49, 29.48	20	281	43	-94	1	N
9.7	Β. Χίος	38.65, 26.10	42	261	45	-155	3	N
9.8	Ν. Χίος	38.29, 26.20	38	82	45	-155	9	N
9.9	Urla	38.33, 26.61	34	266	45	-115	1	N
9.10	Σμύρνη (Izmir)	38.38, 27.05	44	256	45	-115	7	N
9.11	Φώκαια (Foca)	38.63, 26.98	38	84	45	-115	3	N
9.12	Turgutlu	38.54, 27.53	44	294	45	-115	6	N
9.13	Torbali -a	38.06, 27.01	34	238	85	-167	1	S
9.14	Torbali -b	38.18, 27.45	50	83	45	-115	2	N

ΑΡΙΘ.	ΟΝΟΜΑ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	φ°, λ°	L(km)	ζ°	δ°	λ°	n	t
9.15	Alasehir	38.34, 28.50	45	313	34	-90	1	N
9.16	Σάμος	37.71, 26.87	46	91	45	-115	10	N
9.17	W. Buyuk-Mender	37.63, 27.21	26	73	45	-115	1	N
9.18	Έφεσος (Efessos)	37.99, 27.45	31	244	45	-115	2	N
9.19	Αϊδείνιο (Aydin)	37.87, 28.16	66	83	42	-99	5	N
9.20	Λαοδικεία (Laodicaea)	37.94, 29.09	46	133	42	-99	4	N
9.21	Denizli	37.79, 28.96	46	292	42	-99	2	N
9.22	Αφροδισιάς (Aphrodisias)	37.33, 29.00	33	280	42	-99	1	N
9.23	Acigol	37.80, 29.80	30	248	35	-105	3	N
9.24	Μαρμαρίς (Marmaridu)	37.03, 28.11	58	80	42	-99	2	N
9.25	Koycegiz	36.95, 28.63	20	65	42	-99	1	N
9.26	Κίβυρα (Cibyra)	37.12, 29.50	30	221	85	19	3	S
10.	Β.ΑΙΓΑΙΟ – ΜΑΡΜΑΡΑΣ							
10.1	Αλόνησος	39.26, 23.86	24	40	77	175	2	S
10.2	Άθως	39.75, 24.38	90	225	89	-172	10	S
10.3	Λήμνος	40.16, 25.24	80	253	88	-170	8	S
10.4	Σάρος (Saros)	40.32, 25.97	40	75	55	-145	6	S
10.5	Γάνος (Ganos)	40.65, 26.98	105	245	80	165	15	S
10.6	N. Marmara	40.90, 28.13	96	89	90	177	6	S
10.7	Gemlik	40.84, 29.05	60	110	70	-155	18	S
10.8	Izmit	40.70, 30.00	100	91	76	179	8	S
10.9	Γιάλοβα (Yalova)	40.63, 29.08	65	259	59	-103	6	N
10.10	Serikoy	40.24, 27.60	86	240	70	-155	5	S
10.11	Etili	39.90, 26.72	65	243	90	177	2	S
10.12	Τένεδος (Tenedos)	39.69, 25.84	50	260	90	177	2	S
10.13	Αγ. Ευστράτιος	39.41, 24.92	62	216	86	175	1	S
10.14	Πιπέρι	39.12, 24.56	30	89	56	-118	1	N
10.15	Β. Σκύρος	39.00, 24.30	23	238	85	-161	1	S
10.16	Ψαρά	38.49, 25.46	22	229	84	-153	1	S
10.17	Α. Σκύρος	38.98, 25.11	65	40	67	-166	1	S
10.18	Καλλονή	39.20, 26.25	50	45	89	-172	5	S
10.19	Edremit	39.49, 26.46	48	74	46	-114	2	N
10.20	Yenise	39.86, 27.30	80	233	70	-160	2	S
10.21	Manyas	40.06, 28.02	47	287	46	-95	4	N
10.22	Bursa – a	40.18, 29.08	60	83	45	-90	4	N
10.23	Bursa – b	40.04, 28.55	36	236	90	177	1	S
10.24	Iznik	40.43, 29.84	60	77	90	177	4	S