

**ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ
ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

**ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΧΑΡΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΥ ΜΕ
ΤΟΝ ΙΣΧΥΟΝΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟ
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 8**

**ΦΟΡΕΑΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ
Γ. Φ. ΚΑΡΑΚΑΪΣΗΣ
ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ Α.Π.Θ.**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΜΑΪΟΣ 2002**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Γενικά	1
1. Εισαγωγή	1
2. Κατάλογος Σεισμών	2
3. Καθορισμός Σεισμικών Πηγών	4
4. Καθορισμός Παραμέτρων Σεισμικότητας	11
5. Καθορισμός Σχέσεων Απόσβεσης	11
6. Εκτίμηση Σεισμικής Επινδυνότητας	12
Βιβλιογραφία	
Οικονομικός Απολογισμός	
Παράρτημα	

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ
ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
Συλλογή και Επεξεργασία Σεισμολογικών Δεδομένων και Εκπόνηση Χάρτη
Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας Συμβατού με τον Ισχύοντα Ελληνικό
Αντισεισμικό Κανονισμό και τον Ευρωκώδικα 8

Γενικά

Η παρούσα τελική έκθεση του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο *Συλλογή και Επεξεργασία Σεισμολογικών Δεδομένων και Εκπόνηση Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας Συμβατού με τον Ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό και τον Ευρωκώδικα 8*, η οποία χρηματοδοτήθηκε από τον Ο.Α.Σ.Π., υποβάλλεται από τον Τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης στα πλαίσια των υποχρεώσεων που απορρέουν από τη σχετική Σύμβαση που υπογράφηκε μεταξύ των δύο φορέων. Το πρόγραμμα αυτό εκπονήθηκε στο χρονικό διάστημα 1-1-2001 έως 31-12-2001.

Στην έκθεση αυτή περιγράφονται οι ενέργειες που έγιναν για την επίτευξη των στόχων του προγράμματος και παρουσιάζεται ο επιστημονικός απολογισμός του, δηλαδή, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ερευνητική προσπάθεια μελών και συνεργατών του Τομέα Γεωφυσικής του Α.Π.Θ. Δίνεται, τέλος, και ο οικονομικός απολογισμός του προγράμματος.

1. Εισαγωγή

Αρκετές έρευνες πάνω στο πρόβλημα της εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα έχουν γίνει τις τελευταίες δεκαετίες: στις πρώτες εργασίες περιλαμβάνονταν χάρτες με τη γεωγραφική κατανομή ορισμένων παραμέτρων της σεισμικής επικινδυνότητας, όπως των μέγιστων μακροσεισμικών εντάσεων που είχαν παρατηρηθεί (Galanopoulos and Delibasis, 1972), των μέγιστων αναμενομένων μακροσεισμικών εντάσεων (Shebalin et al. 1976, Παπαϊωάννου 1984, Papazachos et al. 1985), της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης ή ταχύτητας (Algermissen et al. 1976, Drakopoulos and Makropoulos 1983, Παπαϊωάννου 1984, Makropoulos and Burton 1985) και της διάρκειας της ισχυρής σεισμικής κίνησης (Margaris et al. 1990, Papazachos et al. 1992). Σημαντικό τμήμα της έρευνας που αναφέρθηκε, αλλά και επιπρόσθετες έρευνες (Papazachos et al. 1990, Θεοδουλίδης

1991, Μάργαρης 1994), βασίστηκε στο χωρισμό της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου σε σεισμικές ζώνες (Algermissen et al. 1976, Papazachos 1980, Χατζηδημητρίου 1984, Papazachos et al. 1985, Makropoulos et al. 1988, Παπαζάχος και Παπαζάχου 1989), την εφαρμογή μιας μεθόδου που έχει προταθεί από τον Cornell (1968) και τη χρήση κώδικα H/Y του McGuire (1976).

Όπως είναι γνωστό, τα δεδομένα που απαιτούνται για τον καθορισμό της σεισμικής επικινδυνότητας σ' οποιαδήποτε θέση είναι: α) κατάλογος των σεισμών που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή της υπό εξέταση θέσης, β) αναγνώριση των ενεργών ρηγμάτων ή, σε περίπτωση έλλειψης επαρκούς όγκου πληροφοριών για αυτά, καθορισμός των σεισμικών πηγών από τις οποίες απειλείται αυτή η θέση, γ) καθορισμός παραμέτρων σεισμικότητας των ρηγμάτων ή των σεισμικών πηγών, δ) καθορισμός σχέσεων απόσβεσης παραμέτρων της ισχυρής σεισμικής κίνησης (επιτάχυνση, μακροσεισμική ένταση, κλπ.) στην ευρύτερη περιοχή της θέσης που μελετάται. Παρακάτω, περιγράφονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα έως σήμερα και δίνονται πληροφορίες για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

2. Κατάλογος Σεισμών

Κατάλογοι σεισμών που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της σεισμικότητας και την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα και τις γύρω περιοχές έχουν εκπονηθεί από τους Galanopoulos (1960, 1961, 1963), Karnik (1969, 1971), Papazachos and Comninakis (1972), Comninakis and Papazachos (1978, 1986, 1989), Makropoulos (1978), Makropoulos et al. (1989) και Παπαζάχο και Παπαζάχου (1989). Οι κατάλογοι αυτοί θεωρούνται πλήρεις για όλη την Ελλάδα και τις γύρω περιοχές, για ορισμένα χρονικά διαστήματα και ελάχιστα μεγέθη. Για παράδειγμα, ο κατάλογος των Comninakis and Papazachos (1986) θεωρείται ότι περιέχει πληροφορίες για όλους τους σεισμούς που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου στα ακόλουθα χρονικά διαστήματα με ελάχιστα μεγέθη: 1901-1985 $M \geq 6.5$, 1911-1985 $M \geq 5.2$, 1950-1985 $M \geq 4.8$, 1964-1985 $M \geq 4.5$, ενώ ο κατάλογος του Makropoulos (1978) θεωρείται πλήρης για τα διαστήματα: 1901-1977 με μεγέθη $M \geq 6.3$, 1911-1977 με $M \geq 5.8$, 1918-1977 με $M \geq 5.3$, 1948-1977 με $M \geq 4.8$, και 1963-1977 με $M \geq 4.2$.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ο κατάλογος επιφανειακών και ενδιαμέσου βάρους σεισμών των Papazachos et al. (2000), στον οποίο δίνονται πληροφορίες για τις βασικές εστιακές παραμέτρους (χρόνος γένεσης, επίκεντρο, εστιακό βάθος, μέγεθος, μέγιστη παρατηρηθείσα μακροσεισμική ένταση) όλων των σεισμών που έγιναν στην Ελλάδα και τις γειτονικές περιοχές στα παρακάτω χρονικά διαστήματα με μεγέθη μεγαλύτερα από ορισμένα ελάχιστα μεγέθη: 550 π.Χ.-1910 $M \geq 6.0$, 1911-1949 $M \geq 4.9$, 1950-1999 $M \geq 4.0$. Η πληρότητα του καταλόγου αυτού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή αλλά ο κατάλογος θεωρείται πλήρης για τα ακόλουθα διαστήματα, για σεισμούς με τα παρακάτω ελάχιστα μεγέθη: 464 π.Χ.-1500 $M \geq 8.0$, 1501-1840 $M \geq 7.3$, 1841-1900 $M \geq 6.5$, 1901-1910 $M \geq 6.0$, 1911-1949 $M \geq 5.2$, 1950-1964 $M \geq 4.8$, 1965-1980 $M \geq 4.5$, 1981-1999 $M \geq 4.0$. Ο έλεγχος της πληρότητας του καταλόγου βασίστηκε στη μελέτη των ρυθμών σεισμικότητας για διάφορα ελάχιστα μεγέθη και χρονικές περιόδους σε όλη την υπό μελέτη περιοχή (αφού αυτή χωρίστηκε σε υποπεριοχές) καθώς επίσης και στη μελέτη της συνάρτησης κατανομής των μεγεθών (Gutenberg and Richter 1944) των σεισμών των υποπεριοχών.

Τα μεγέθη όλων των σεισμών του καταλόγου αυτού έχουν εκφρασθεί σε κλίμακα ισοδύναμη με την κλίμακα σεισμικής ροπής με κατάλληλες σχέσης μετατροπής των μεγεθών μεταξύ των διαφόρων κλιμάκων (τοπικό μέγεθος, μέγεθος επιφανειακών κυμάτων, μέγεθος κυμάτων χώρου, μέγεθος διάρκειας σήματος) (Papazachos et al. 1997, Papazachos and Papaioannou, 1997). Τα σφάλματα στον υπολογισμό τους είναι περίπου ± 0.25 για τους σεισμούς που έγιναν στο διάστημα 1911-1999 και περίπου ± 0.35 για τους ιστορικούς σεισμούς για τους οποίους ο αριθμός των διαθέσιμων μακροσεισμικών παρατηρήσεων (αριθμός θέσεων όπου η ένταση είναι γνωστή) είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 10. Στις περιπτώσεις ιστορικών σεισμών με μικρότερο αριθμό μακροσεισμικών παρατηρήσεων τα σφάλματα στον υπολογισμό των μεγεθών τους είναι ± 0.5 .

Τα επίκεντρα των σεισμών της περιόδου 1965-1999 υπολογίστηκαν από ενόργανα δεδομένα και τα σφάλματα υπολογισμού τους είναι της τάξης των 20km για αυτούς που έγιναν στο διάστημα 1965-1980 και περίπου 10km για αυτούς που έγιναν στο διάστημα 1981-1999. Τα επίκεντρα των σεισμών της περιόδου 1901-1964 υπολογίστηκαν από ενόργανα και μακροσεισμικά δεδομένα με σφάλματα της τάξης των 30km. Παρόμοια σφάλματα έχουν και τα επίκεντρα των ιστορικών σεισμών ενώ

για όσους από αυτούς υπήρχαν λιγότερες από 10 διαθέσιμες μακροσεισμικές παρατηρήσεις, τα σφάλματα υπολογισμού των επικέντρων τους μπορεί να είναι έως 50km.

Τα εστιακά βάθη δίνονται μόνο για ορισμένους επιφανειακούς σεισμούς όταν τα σφάλματα στον υπολογισμό τους είναι μικρά (~2km), ενώ για όλους τους άλλους επιφανειακούς σεισμούς χρησιμοποιείται το σύμβολο n. Παρά το γεγονός ότι τυπικά το σύμβολο αυτό αντιστοιχεί σε εστιακό βάθος μικρότερο των 60km, οι επιφανειακοί σεισμοί στην περιοχή του Αιγαίου έχουν εστιακό βάθος μικρότερο των 20km, εκτός από ορισμένους από αυτούς που έγιναν κατά μήκος του Ελληνικού Τόξου, όπου τα εστιακά βάθη μπορεί να είναι έως 50km. Για τους σεισμούς ενδιάμεσου εστιακού βάθους χρησιμοποιείται το σύμβολο i. Τα σφάλματα στον υπολογισμό των εστιακών βαθών των ενδιάμεσου βάθους σεισμών μπορεί να είναι έως 30km.

Οι μακροσεισμικές εντάσεις δίνονται στην κλίμακα μακροσεισμικών εντάσεων MM.

3. Καθορισμός των Σεισμικών Πηγών

Ο καθορισμός των σεισμικών πηγών σε ορισμένη ευρύτερη περιοχή και ο υπολογισμός των παραμέτρων σεισμικότητας των πηγών αυτών έχει τόσο θεωρητική όσο και πρακτική σημασία. Προηγούμενες έρευνες πάνω στο πρόβλημα του καθορισμού των σεισμικών πηγών στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές έχουν γίνει από μερικούς ερευνητές (Algermissen et al. 1976, Papazachos 1980, Χατζηδημητρίου 1984, Hatzidimitriou et al. 1985, Makropoulos and Burton 1985, Papazachos et al. 1985, Makropoulos et al. 1988, Παπαζάχος και Παπαζάχου 1989, Papazachos 1990). Στην πιο πρόσφατη σχετική εργασία, με βάση τις έρευνες που αναφέρθηκαν αλλά και τη χρησιμοποίηση νέων δεδομένων που αφορούν τη σεισμικότητα (Stavrakakis and Tselentis 1987, Papazachos 1990, Hatzidimitriou et al. 1994, Papazachos 1999a), την ενεργό τεκτονική (Smith et al. 1994, Oral et al. 1995, Papazachos et al. 1998, 1999), καθώς επίσης και γεωλογικά και γεωμορφολογικά δεδομένα, προτάθηκε νέος χωρισμός της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου σε 67 σεισμικές πηγές στις οποίες γίνονται επιφανειακοί σεισμοί και 7 πηγές όπου γίνονται σεισμοί ενδιάμεσου βάθους.

Στα πλαίσια της εκπόνησης του παρόντος ερευνητικού προγράμματος καταβλήθηκε προσπάθεια για τον εντοπισμό των κύριων ρηγμάτων (ζωνών διάρρηξης) του ελληνικού χώρου και των γύρω περιοχών όπου γεννήθηκαν οι γνωστοί ισχυροί ($M \geq 6.0$) σεισμοί από τον 5^ο π.Χ. αιώνα μέχρι το 2000. Για το σκοπό

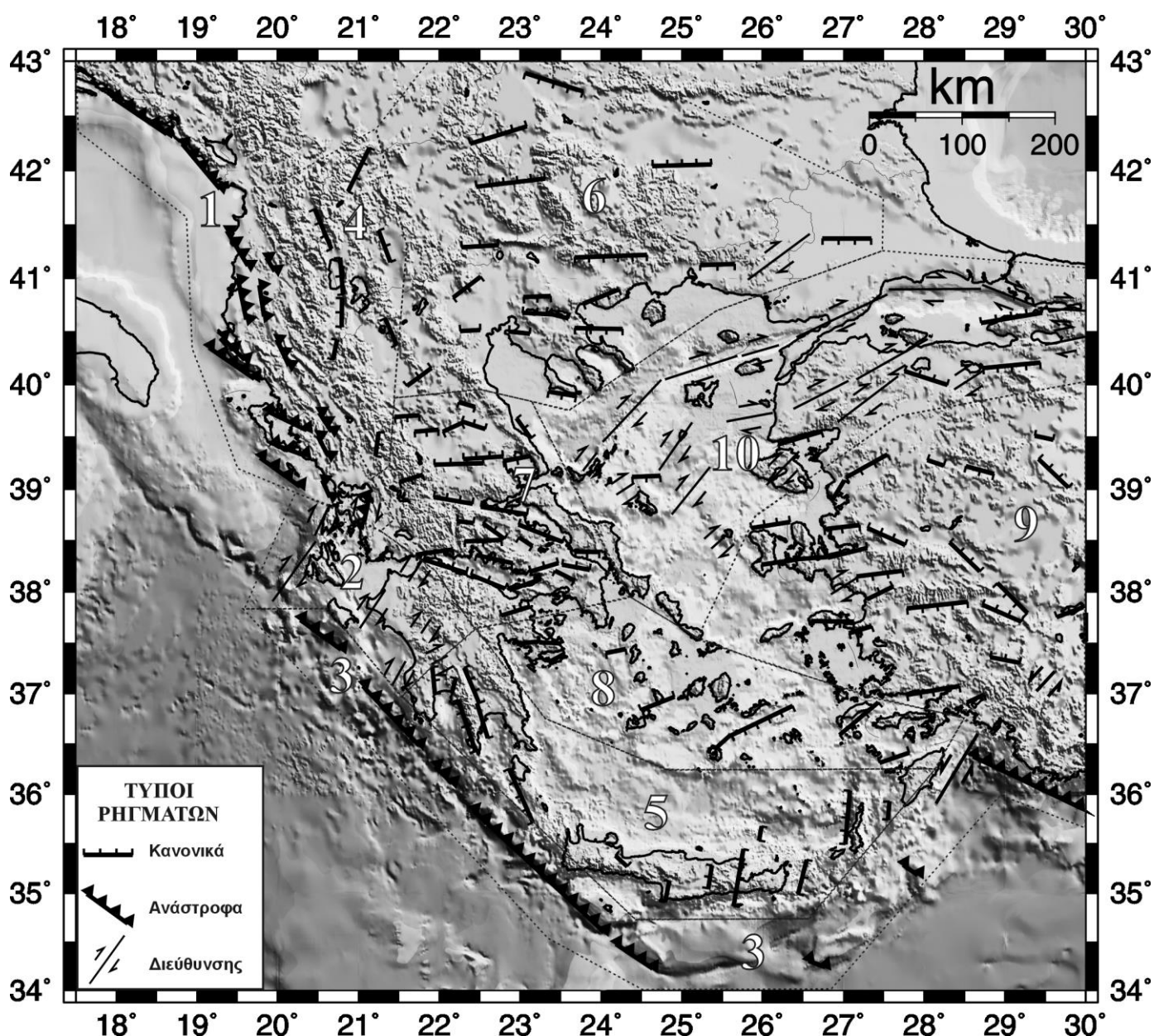
αυτό συλλέχθηκαν, μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν όλα οι σημαντικές γνωστές δημοσιευμένες γεωφυσικές και γεωλογικές παρατηρήσεις για την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου και κατασκευάστηκε χάρτης (Σχ. 1) στον οποίο φαίνονται 159 ρήγματα, χωρισμένα σε 10 ομάδες ανάλογα με τη θέση τους στο χώρο και με το είδος τους (Παπαζάχος και συν. 2001).

1) Δυτική Αλβανία-Πρέβεζα: στην περιοχή αυτή καθορίστηκαν 15 ανάστροφα ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, δηλαδή, παράλληλα προς τις νοτιοανατολικές ακτές της Αδριατικής και του βορειοανατολικού Ιονίου πελάγους, με κλίση προς τα βορειοανατολικά. Η γένεση τους οφείλεται σε συμπιεστικές δυνάμεις που ασκούνται κάθετα προς τις ακτές λόγω της αριστερόστροφης περιστροφής της Απούλιας μικροπλάκας (McKenzie 1978, Muco 1994, Hatzfeld et al. 1995, Papazachos et al. 1999, Robertson and Shallo 2000, Nieuwland et al. 2001).

2) Ιόνια, Δυτική κεντρική Ελλάδα: καθορίστηκαν 8 δεξιόστροφα ρήγματα παράταξης και ένα ανάστροφο ρήγμα (Ζάκυνθος). Το σημαντικότερο ρήγμα είναι αυτό της Κεφαλονιάς (ρήγμα μετασχηματισμού), το οποίο οφείλεται στη γρήγορη νοτιοδυτική κίνηση της μικροπλάκας του Αιγαίου σε σχέση με την Ευρασία (Scordilis et al. 1985, Hatzfeld et al. 1995, Papazachos et al. 1999, Sachpazi et al. 2000).

3) Ελληνική Τάφρος: καθορίστηκαν 7 ανάστροφα ρήγματα κατά μήκος της Ελληνικής Τάφρου. Τα ρήγματα αυτά έχουν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και κλίνουν προς τα βορειοανατολικά, και οφείλονται στις συμπιεστικές δυνάμεις που ασκούνται λόγω της σύγκλισης της λιθόσφαιρας της ανατολικής Μεσογείου και της μικροπλάκας του Αιγαίου. Το αριστερόστροφο ρήγμα μετασχηματισμού της Ρόδου εντάχθηκε σ' αυτήν την ομάδα και ο ρόλος του είναι ίδιος με αυτόν του ρήματος της Κεφαλονιάς. Σ' αυτήν την ομάδα ρηγμάτων ανήκει και το ρήγμα στο οποίο έγινε ο μεγαλύτερος γνωστός επιφανειακός σεισμός (365 μ.Χ., $M=8.3$) και που βρίσκεται δυτικά της Κρήτης (Hatzfeld et al. 1989, Armijo et al. 1992, Papazachos, 1996, Barka and Reilinger 1997, Papazachos et al. 1998, Papazachos et al. 1999, Bozkurt 2001).

4) Αλβανίδες-Πίνδος: στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται 8 κανονικά ρήγματα με διεύθυνση περίπου ΒΒΔ-ΝΝΑ και οφείλονται σε εφελκυστικές δυνάμεις που ασκούνται κατά τη διεύθυνση ανατολής-δύσης (Papazachos et al. 1984, Kiratzi et al. 1987, Muco 1994, Papazachos et al. 1998).



Σχ. 1. Τα κύρια σεισμικά ρήγματα επιφανειακών σεισμών στον ευρύτερο ελληνικό χώρο (Παπαζάχος και συν. 2001).

5) Ιζηματογενές Τόξο: έχουν καθοριστεί 14 κανονικά ρήγματα με διεύθυνση περίπου BBA-NNΔ που και αυτά οφείλονται σε εφελκυστικές δυνάμεις που ασκούνται κατά τη διεύθυνση ανατολής-δύσης (Papazachos et al. 1988, 1997).

6) Μακεδονία-Θράκη: στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται 18 κανονικά ρήγματα με διεύθυνση περίπου Α-Δ, οφειλόμενα σε οριζόντιο εφελκυσμό ο οποίος έχει μέση διεύθυνση Β-Ν (McKenzie 1978, Papazachos et al. 1979, 1984, 1998, van Eck and Stoyanov 1996, Dineva et al. 1998, Toteva et al. 2000). Περιλαμβάνεται, επίσης, και

ένα δεξιόστροφο ρήγμα παράταξης στη περιοχή των συνόρων Ελλάδας-Τουρκίας (Papazachos et al. 1999).

7) Κεντρική Ελλάδα: στην περιοχή αυτή καθορίστηκαν 27 κανονικά ρήγματα με μέση διεύθυνση ανατολής-δύσης (Papazachos et al. 1983, 1984, 1997, 1998, 1999).

8) Ηφαιστειακό Τόξο: καθορίστηκαν 9 κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ (Papazachos and Dimitriou 1991, Papazachos and Panagiotopoulos 1993, Papazachos et al. 1984, 1999). Σε ένα από τα ρήγματα αυτά (Αμοργός) έγινε ο μεγαλύτερος επιφανειακός σεισμός ($M=7.5$) του 20^{ου} αιώνα στην περιοχή του Αιγαίου.

9) Μικρά Ασία: στην περιοχή καθορίστηκαν 24 κανονικά ρήγματα με μέση διεύθυνση περίπου ΔΒΔ-ΑΝΑ, τα οποία προκαλούνται από οριζόντιο εφελκυσμό που 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 1999b). Καθορίστηκαν, επίσης, και δύο ρήγματα παράταξης (McKenzie 1978, Hancock and Barka 1987, Westaway 1990, Bozkurt 2001, Akyuz and Altunel 2001).

10) Βόρειο Αιγαίο-Μαρμαράς: στην περιοχή αυτή καθορίστηκαν 19 δεξιόστροφα ρήγματα παράταξης με διεύθυνση περίπου ΒΑ-ΝΔ και που βρίσκονται κυρίως στο δυτικό τμήμα της ζώνης διάρρηξης της βόρειας Ανατόλιας και του βόρειου Αιγαίου, καθώς επίσης και 5 κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ανατολής-δύσης (McKenzie 1978, Barka 1992, Ambraseys and Finkel 1995, Papazachos and Papazachou 1997, Papazachos et al. 1999, Ambraseys and Jackson 2000, Bozkurt 2001, Le Pichon 2001).

Στον Πίνακα 1 δίνονται πληροφορίες για τις παραμέτρους των ρηγμάτων των ισχυρών επιφανειακών σεισμών που έγιναν από το 480 π.Χ. μέχρι το 2001 στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές. Στην πρώτη στήλη δίνεται ο κωδικός αριθμός, στη δεύτερη το όνομα του ρήματος, στην τρίτη και στην τέταρτη το γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος του μέσου της τομής του ρήματος με το οριζόντιο επίπεδο και στην πέμπτη, έκτη και έβδομη στήλη δίνεται το μήκος, L , το πλάτος, w , του ρήματος (σε km) και το μέγεθος, M_{\max} , του μεγαλύτερου σεισμού που παρατηρήθηκε στο ρήγμα. Στις δύο τελευταίες στήλες δίνεται το αζιμούθιο του ρήματος και το είδος του ρήματος (N: κανονικό, T: ανάστροφο, S: παράταξης), αντίστοιχα. Οι παράμετροι σεισμικότητας στην γειτονιά του ρήματος και καθορίστηκαν από τον Παπαζάχο (προσωπική επικοινωνία).

Για την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα στα πλαίσια της εκπόνησης του παρόντος ερευνητικού προγράμματος λήφθηκαν υπόψη, εκτός από τις παραμέτρους των ρηγμάτων που δίνονται στον Πίνακα 1, και οι σεισμικές πηγές των επιφανειακών και ενδιάμεσου βάθους σεισμών που καθορίστηκαν από τους Papaioannou and Papazachos (2000).

Πίνακας 1. Παράμετροι των ρηγμάτων των ισχυρών επιφανειακών σεισμών που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου από το 480 π.Χ. μέχρι σήμερα.

ΑΑ	ΟΝΟΜΑ	φ°_B	λ°_A	L	w	M_{max}	ζ°	t
Δυτική Αλβανία - Πρέβεζα								
	1.01 Dubrovnic	42.50	18.30	65	18	7.2	310	T
	1.02 Shkodra	42.04	19.05	60	17	7.1	325	T
	1.03 Dyrrachium	41.28	19.50	42	16	6.8	334	T
	1.04 Elbasan	41.13	19.91	16	10	6.0	331	T
	1.05 Berat	40.79	19.80	33	13	6.6	357	T
	1.06 Fier	40.80	19.56	42	15	6.8	353	T
	1.07 Vlora	40.34	19.45	34	14	6.6	320	T
	1.08 Himara	40.20	19.43	50	17	6.6	309	T
	1.09 Tepeleni	40.30	20.06	30	13	6.4	339	T
	1.10 Ioannina	39.64	20.59	24	12	6.5	332	T
	1.11 Igoumenitsa	39.65	20.12	45	15	6.5	300	T
	1.12 Corfu	39.37	20.15	34	14	6.5	294	T
	1.13 Paramithia	39.41	20.56	24	12	6.3	337	T
	1.14 Paxoi	39.16	20.03	52	16	7.1	310	T
	1.15 Preveza	39.00	20.06	20	11	6.2	340	T
Ιόνια - Δυτική κεντρική Ελλάδα								
	2.01 Lefkada	38.70	20.55	38	14	6.7	30	S
	2.02 Cefalonia	38.20	20.20	80	21	7.4	40	S
	2.03 Zakunthos	37.58	20.53	55	16	7.0	310	T
	2.04 Killini	37.83	21.17	50	16	6.9	37	S
	2.05 Kiparissia	37.20	21.50	30	12	6.5	212	S
	2.06 Patras	38.20	21.70	26	12	6.4	37	S
	2.07 Ladon	37.66	21.83	18	18	6.1	37	S
	2.08 Megalopolis	37.33	22.00	20	20	6.1	245	S
	2.09 Katouna	38.80	21.10	30	30	6.3	195	S
Ελληνική Τάφρος								
	3.01 Filiatra	36.78	21.40	90	20	7.5	320	T
	3.02 Tenaro	36.19	22.05	26	12	6.4	320	T
	3.03 Elafonisos	35.22	23.23	200	35	8.3	315	T
	3.04 Ptolemaios	34.35	24.41	50	16	7.0	305	T
	3.05 Strabo_1	34.27	26.67	20	11	6.0	291	T
	3.06 Strabo_2	35.23	27.83	20	11	6.0	303	T
	3.07 Castelorizo	36.12	29.26	130	25	8.0	294	T
	3.08 Rodos	36.25	28.40	90	20	7.2	30	S
Αλβανίδες - Πίνδος								
	4.01 Arta	39.43	21.23	26	12	6.4	11	N
	4.02 Erseke	40.33	20.71	21	11	6.3	196	N
	4.03 Kastoria	40.50	21.40	30	13	6.5	160	N
	4.04 Koritsa	40.68	20.79	30	13	6.5	185	N
	4.05 Ochrid	41.01	20.79	38	14	6.7	179	N
	4.06 Bitola	41.30	21.32	35	14	6.1	343	N

4.07	Peshkope	41.46	20.56	45	15	6.3	161	N
4.08	Tetovo	42.01	21.00	50	16	6.3	30	N

Ιζηματογενές Τόξο

5.01	Messini	37.13	21.93	30	13	6.6	358	N
5.02	Kalamata	37.08	22.18	16	10	6.0	197	N
5.03	Sparta	37.08	22.40	42	14	6.8	340	N
5.04	Mani	36.68	22.34	60	17	7.1	164	N
5.05	Githio	36.73	22.53	40	15	6.8	346	N
5.06	Kythira	35.98	23.01	65	17	7.2	158	N
5.07	Chania	35.32	24.25	18	11	6.0	313	N
5.08	Pitsidia	35.01	24.82	24	12	6.3	193	N
5.09	Kasteli	35.16	25.35	26	12	6.4	190	N
5.10	Ierapetra	35.15	25.70	65	17	7.2	10	N
5.11	Dionisades	35.60	25.97	16	10	6.0	10	N
5.12	Zakros	35.16	26.49	40	14	6.8	14	N
5.13	Karpathos	35.76	27.05	60	17	7.1	185	N
5.14	Kataveia	35.83	27.56	20	11	6.1	184	N

Μακεδονία - Θράκη

6.01	Kozani	40.07	21.75	32	13	6.6	237	N
6.02	Veroia	40.51	22.38	21	11	6.4	271	N
6.03	Edessa	40.92	22.34	36	14	6.7	56	N
6.04	Anthemountas	40.49	22.99	22	11	6.3	278	N
6.05	Stivos	40.67	23.21	30	13	6.5	275	N
6.06	Sochos	40.83	23.21	28	13	6.5	90	N
6.07	Volvi	40.65	23.46	24	12	6.4	286	N
6.08	Ierissos	40.53	23.97	50	16	7.0	93	N
6.09	Valta	39.91	23.52	29	13	6.4	102	N
6.10	Paggaio	40.83	24.00	40	15	6.8	70	N
6.11	Valantobo	41.30	22.50	38	15	6.7	270	N
6.12	Drama	41.21	24.12	75	18	7.3	90	N
6.13	Komotini	41.13	25.44	36	14	6.7	90	N
6.14	Didymoteicho	41.20	26.20	80	19	7.4	54	S
6.15	Arkadople	41.37	27.04	50	16	7.0	90	N
6.16	Kresna	41.89	22.88	71	18	7.3	266	N
6.17	Kyustendil	42.33	22.73	60	17	6.7	256	N
6.18	Plovdiv	42.05	25.00	60	17	7.0	270	N
6.19	Sofia	42.81	23.42	61	17	7.2	110	N

Κεντρική Ελλάδα

7.01	Meteora	39.70	21.60	26	13	6.4	90	N
7.02	Trikala	39.56	21.84	25	12	6.4	89	N
7.03	Pineios	39.59	22.16	22	12	6.1	69	N
7.04	Larissa	39.61	22.42	26	13	6.3	291	N
7.05	Elassona	39.81	22.34	18	10	6.1	109	N
7.06	Keramidi	39.58	23.04	26	10	6.4	327	N
7.07	Agrafa	39.10	21.65	26	13	6.2	76	N
7.08	Sofades	39.24	22.24	52	16	7.0	271	N
7.09	Farsala	39.30	22.54	42	15	6.8	269	N
7.10	N.Aghialos	39.29	22.96	30	13	6.5	82	N
7.11	Lamia	38.89	22.17	42	15	6.8	283	N
7.12	Skarfeia	38.79	22.80	50	16	7.0	282	N
7.13	Gravia	38.68	22.32	18	10	6.0	281	N
7.14	Tithorea	38.59	22.67	28	13	6.4	308	N
7.15	Orchomenos	38.49	23.07	17	10	6.0	125	N
7.16	Atalanti	38.57	23.25	51	16	7.0	294	N
7.17	Nafpaktos	38.39	21.94	40	14	6.8	85	N
7.18	Heliki	38.25	22.07	48	16	6.8	290	N
7.19	Xylokastro	38.10	22.60	40	14	6.8	295	N
7.20	Galaxeidi	38.32	22.68	40	14	6.8	106	N
7.21	Delfoi	38.50	22.54	40	14	6.8	91	N
7.22	Perachora	38.07	23.06	36	14	6.7	253	N

7.23	Thiva	38.24	23.30	31	13	6.4	256	N
7.24	Avlon	38.24	23.69	20	11	6.0	282	N
7.25	Eretria	38.39	23.83	26	13	6.4	93	N
7.26	Parnis	38.16	23.55	23	11	6.3	119	N
7.27	Corinthos	37.81	22.94	32	13	6.5	255	N
Ηφαιστειακό Τόξο								
8.01	Argos	37.50	23.09	24	12	6.4	266	N
8.02	Epidavros	37.50	23.37	24	12	6.2	275	N
8.03	Hydra	37.35	23.45	20	0	6.3	243	N
8.04	Kithnos	37.42	24.18	22	0	6.4	80	N
8.05	Milos	36.90	24.70	40	14	6.8	250	N
8.06	Amorgos	36.73	25.99	75	18	7.5	65	N
8.07	Santorini	36.53	25.52	19	11	6.1	50	N
8.08	Cos	36.75	27.19	56	16	7.0	50	N
8.09	Simi	36.36	27.63	35	0	0.0	250	N
Μικρά Ασία								
9.01	Bergama-a	38.98	26.93	26	13	6.6	31	N
9.02	Bergama-b	39.22	27.29	50	16	7.0	61	N
9.03	Bigadik	39.25	28.14	18	10	6.2	287	N
9.04	Demirci	39.18	28.69	31	13	6.1	104	N
9.05	Gediz	39.15	29.60	44	15	7.1	312	N
9.06	Emet	39.49	29.48	20	11	6.2	281	N
9.07	N.Chios	38.65	26.10	42	15	6.7	261	N
9.08	S.Chios	38.29	26.20	38	14	6.5	82	N
9.09	Urla	38.33	26.61	34	14	6.8	266	N
9.10	Izmir	38.38	27.05	44	15	6.8	256	N
9.11	Foca	38.63	26.98	38	14	6.8	84	N
9.12	Turgutlu	38.54	27.53	44	15	6.9	294	N
9.13	Torbali-a	38.06	27.01	34	14	6.2	238	S
9.14	Torbali-b	38.18	27.45	50	16	6.5	83	N
9.15	Alasehir	38.34	28.50	45	15	6.6	313	N
9.16	Samos	37.71	26.87	46	15	6.9	91	N
9.17	W.Buyuk-Menderes	37.63	27.21	26	13	6.9	73	N
9.18	Efessos	37.99	27.45	31	13	6.6	244	N
9.19	Aydin	37.87	28.16	66	17	7.1	83	N
9.20	Laodicaea	37.94	29.09	46	15	6.7	133	N
9.21	Denizli	37.79	28.96	46	15	7.0	292	N
9.22	Aphrodisias	37.33	29.00	33	14	6.6	280	N
9.23	Acigol	37.80	29.80	30	13	6.6	248	N
9.24	Burdur	37.65	30.19	52	16	7.0	230	N
9.25	Marmaris	37.03	28.11	58	17	6.8	80	N
9.26	Koycegiz	36.95	28.63	20	11	6.2	65	N
9.27	Cibyra	37.12	29.50	30	13	6.5	221	S
Βόρειο Αιγαίο - Μαρμαράς								
10.01	Alonissos	39.26	23.86	24	12	6.3	40	S
10.02	Athos	39.75	24.38	90	20	7.5	225	S
10.03	Lemnos	40.16	25.24	80	19	7.3	253	S
10.04	Saros	40.32	25.97	40	14	6.9	75	S
10.05	Ganos	40.65	26.98	105	21	7.6	245	S
10.06	N.Marmara	40.90	28.13	96	20	7.4	89	S
10.07	Gemlic	40.84	29.05	60	17	7.1	110	S
10.08	Izmit	40.70	30.00	100	20	7.6	91	S
10.09	Yalova	40.63	29.08	65	17	7.2	259	N
10.10	Sarikoy	40.24	27.60	86	19	7.1	240	S
10.11	Etili	39.90	26.72	65	17	7.2	243	S
10.12	Tenedos	39.69	25.84	50	16	7.0	260	S
10.13	Ag_Efstratios	39.41	24.92	62	17	7.1	216	S
10.14	Piperi	39.12	24.56	30	13	6.6	89	N
10.15	N.Skiros	39.00	24.30	23	12	6.3	238	S
10.16	Psara	38.49	25.46	22	12	6.2	229	S
10.17	E.Skiros	38.98	25.11	65	17	7.2	40	S

10.18	Kalloni	39.20	26.25	50	16	7.0	45	S
10.19	Edremit	39.49	26.46	48	15	7.1	74	N
10.20	Yenise	39.86	27.30	80	19	7.4	233	S
10.21	Manyas	40.06	28.02	47	15	6.9	287	N
10.22	Bursa-a	40.18	29.08	60	17	7.4	83	N
10.23	Bursa-b	40.04	28.55	36	14	6.7	236	S
10.24	Iznik	40.43	29.84	60	17	7.1	77	S

4. Καθορισμός Παραμέτρων Σεισμικότητας

Είναι γνωστό ότι ο ακριβής καθορισμός των παραμέτρων a και b της συνάρτησης κατανομής των μεγεθών των σεισμών (Gutenberg and Richter 1944) έχει μεγάλη σημασία τόσο για τη μελέτη της σεισμικότητας σε ορισμένη περιοχή όσο και την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας στην περιοχή αυτή. Πρέπει, επίσης, να σημειωθεί ότι αν και ο υπολογισμός των παραμέτρων αυτών είναι φαινομενικά σχετικά εύκολος, στην πραγματικότητα απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Για παράδειγμα, έχειδειχθεί ότι η παράμετρος b είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη τόσο στον αριθμό όσο και στην ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων (Papazachos 1974).

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι σεισμικότητας a και b που υπολογίστηκαν για τις περιοχές των ρηγμάτων που αναφέρθηκαν προηγούμενα καθώς επίσης και οι παράμετροι που υπολογίστηκαν στην εργασία των Papaioannou and Papazachos (2000) για τις σεισμικές πηγές στις οποίες χωρίστηκε η ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου.

5. Καθορισμός Σχέσεων Απόσβεσης

Σε προηγούμενες μελέτες της σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκαν σχέσεις απόσβεσης βασισμένες σε δεδομένα επιφανειακών και ενδιαμέσου βάθους σεισμών που περιελάμβαναν καταγραφές ισχυρής κίνησης και μακροσεισμικές πληροφορίες (Παπαϊωάννου 1984, Τάσσοις 1984, Papoulia and Stavrakakis 1990, Theodulidis and Papazachos 1992, Papazachos and Papaioannou 1997, Papaioannou and Papazachos 2000).

Πολύ πρόσφατα, νέες σχέσεις απόσβεσης έχουν προταθεί για την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου (Μάργαρης και συν. 2001). Οι σχέσεις αυτές βασίστηκαν στον μεγαλύτερο μέχρι σήμερα αριθμό δεδομένων ισχυρής σεισμικής κίνησης που χρησιμοποιήθηκε ποτέ στην Ελλάδα και έχουν τις ακόλουθες μορφές:

$$\ln Y = c_0 + c_1 M_w + c_2 \ln(R+R_0) + c_3 S \quad (1)$$

$$\ln Y = c_0 + c_1 M_w + c_2 \ln(R^2+h_0^2)^{1/2} + c_3 S \quad (2)$$

όπου Y είναι η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (PGA), ταχύτητα (PGV) ή μετάθεση (PGD) σε απόσταση R (σε km), M_w είναι το μέγεθος σεισμικής ροπής του σεισμού, h είναι το βάθος του κέντρου έκλυσης της σεισμικής ροπής (σε km), S είναι ο δείκτης των εδαφικών συνθηκών σύμφωνα με τον NEHRP (1994) και c_0, c_1, c_2, c_3 είναι παράμετροι που υπολογίζονται από τα διαθέσιμα δεδομένα. Οι τελικές εμπειρικές σχέσεις απόσβεσης είναι:

$$\ln PGA = 4.16 + 0.69M_w - 1.24\ln(R+6) + 0.12S \pm 0.70 \quad (3)$$

$$\ln PGA = 3.52 + 0.70M_w - 1.14\ln(R^2+7^2)^{1/2} + 0.12S \pm 0.70 \quad (4)$$

$$\ln PGV = -1.51 + 1.11M_w - 1.20\ln(R+5) + 0.29S \pm 0.80 \quad (5)$$

$$\ln PGV = -2.08 + 1.13M_w - 1.11\ln(R^2+6^2)^{1/2} + 0.29S \pm 0.80 \quad (6)$$

$$\ln PGD = -6.63 + 1.66M_w - 1.34\ln(R+5) + 0.50S \pm 1.08 \quad (7)$$

$$\ln PGD = -7.26 + 1.68M_w - 1.24\ln(R^2+6^2)^{1/2} + 0.50S \pm 1.08 \quad (8)$$

Ο τελευταίος όρος σε κάθε σχέση αντιστοιχεί στο τυπικό σφάλμα κάθε σχέσης το οποίο υπολογίστηκε από τα δεδομένα.

6. Εκτίμηση Σεισμικής Επικινδυνότητας

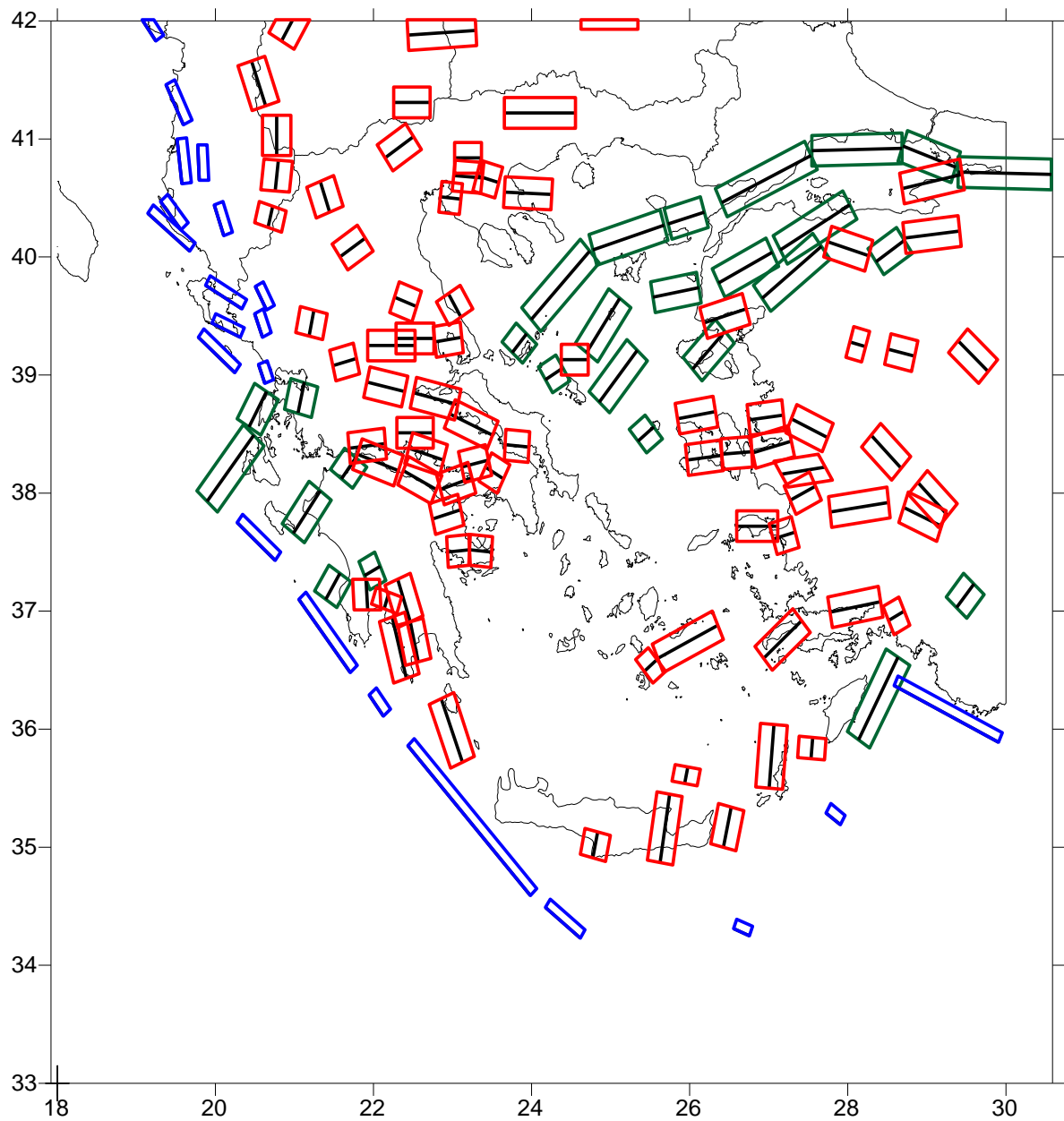
Με σκοπό τον υπολογισμό των αναμενόμενων τιμών των παραμέτρων της ισχυρής σεισμικής κίνησης, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα H/Y EQRISK (McGuire 1976), με το οποίο γίνεται εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας με βάση τη μεθοδολογία που προτάθηκε από τον Cornell (1968, 1971) και τους Merz και Cornell (1973). Στο πρόγραμμα έχουν γίνει διαδοχικές τροποποιήσεις από τους Θεοδοουλίδη και Παπαιωάννου (προσωπ. επικοινωνία), καθώς και από τον Μάργαρη (1994). Πρόκειται για μετατροπές στον κώδικα του προγράμματος με σκοπό την προσθήκη σε αυτό επιπρόσθετων λειτουργιών, όπως η δυνατότητα χρησιμοποίησης περισσότερων της μιας σχέσεων απόσβεσης, καθώς και η ενσωμάτωση στη διαδικασία των υπολογισμών του μοντέλου της αξιμουθιακής εξάρτησης της απόσβεσης των σεισμικών κυμάτων και της ανισότροπης ακτινοβολίας των σεισμικών κυμάτων από την εστία..

Ως είσοδος στο πρόγραμμα, χρησιμοποιήθηκαν 128 ζώνες επιφανειακών σεισμών οι οποίες προέκυψαν με βάση τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου που αναφέρθηκαν παραπάνω (Σχ. 2), 33 ζώνες που αντιστοιχούν στη σεισμικότητα που

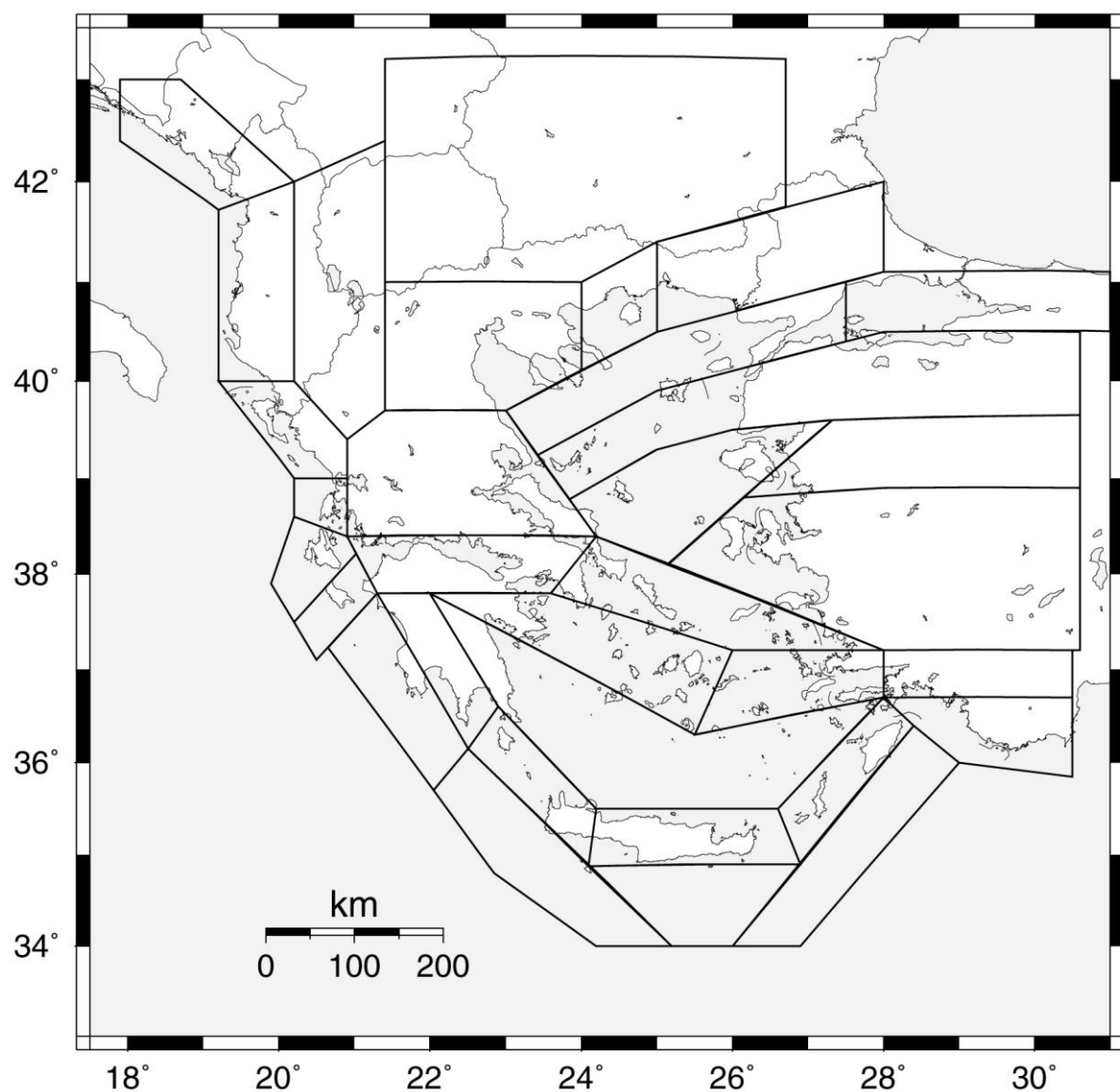
δεν μπορεί να συνδεθεί με συγκεκριμένη σεισμική πηγή (background seismicity) και οι οποίες φαίνονται στο Σχήμα 3, καθώς και 7 ζώνες σεισμών ενδιαμέσου βάθους (Papaioannou and Papazachos 2000). Ολόκληρη η υπό μελέτη περιοχή καλύφθηκε από έναν κάνναβο ισαπεχόντων σημείων ανά $0,25^\circ$ και σε κάθε ένα από τα σημεία υπολογίστηκαν οι τιμές των παραμέτρων της ισχυρής σεισμικής κίνησης για δύο διαφορετικές τιμές της περιόδου επανάληψης τους. Για τον υπολογισμό της σεισμικής επικινδυνότητας της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (PGA), ταχύτητας (PGV) και μετάθεσης (PGD), σε ότι αφορά τις ζώνες των επιφανειακών σεισμών, χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις απόσβεσης που αντιστοιχούν στη γενική μορφή της σχέσης (1), δηλαδή οι σχέσεις (3), (5) και (7). Σε ότι αφορά τις ζώνες των σεισμών ενδιαμέσου βάθους χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις απόσβεσης που έχουν προταθεί από το Θεοδουλίδη (1991). Για τον υπολογισμό της επικινδυνότητας της διάρκειας της ισχυρής σεισμικής κίνησης χρησιμοποιήθηκε η σχέση απόσβεσης που έχει υπολογισθεί από τον Κουτράκη (2001), ενώ δεν λήφθηκαν υπόψη οι ζώνες σεισμών ενδιαμέσου βάθους λόγω έλλειψης αντίστοιχης σχέσης απόσβεσης.

Στα σχήματα (4), (5), (6) και (7) φαίνονται οι χάρτες με τη χωρική κατανομή των μέγιστων τιμών των παραμέτρων της ισχυρής σεισμικής κίνησης για περίοδο επανάληψης 475 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης των τιμών αυτών για 50 χρόνια, όπως υπολογίστηκαν με τα δεδομένα και τη μεθοδολογία που περιγράφηκε προηγούμενα (μέγιστη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση [PGA, cm/sec^2], ταχύτητα [PGV, cm/sec], μετάθεση [PGD, m] και περιβαλλόμενη διάρκεια της μέγιστης οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης για επίπεδο 10% g, αντίστοιχα).

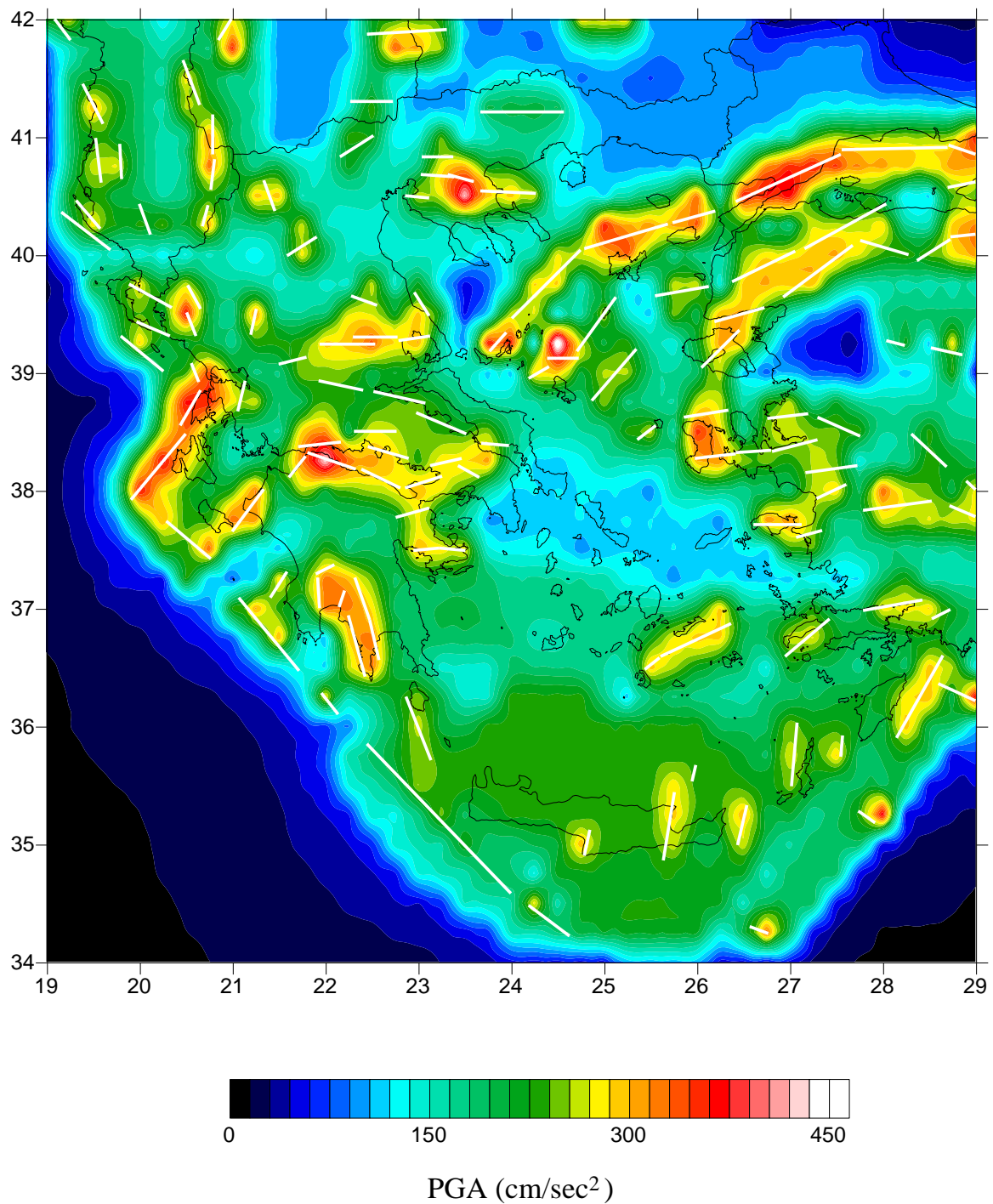
Στα σχήματα (8), (9), (10) και (11) φαίνονται αντίστοιχοι χάρτες για περίοδο επανάληψης 952 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης των τιμών αυτών για 100 χρόνια.



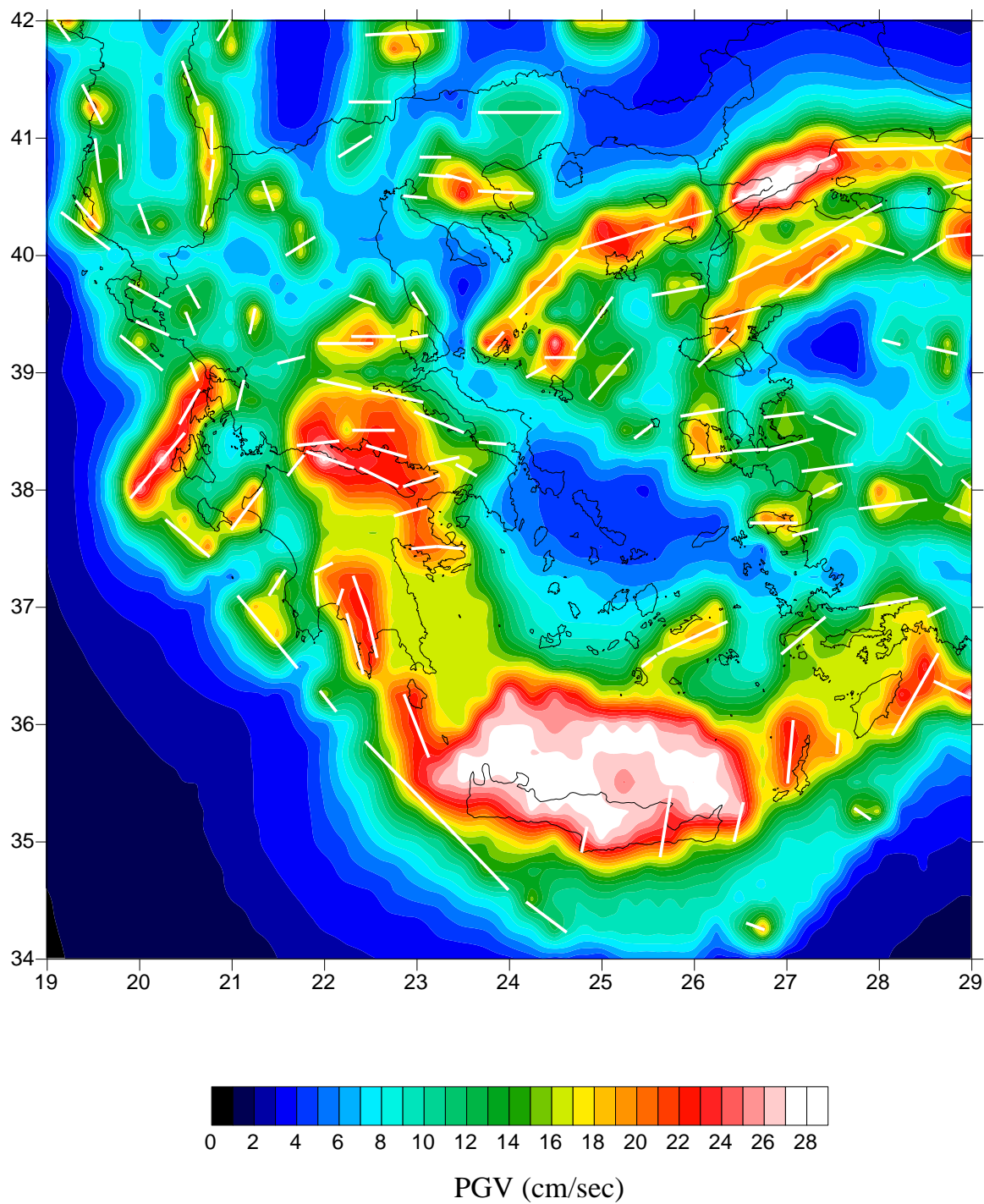
Σχ. 2. Οι 128 ζώνες επιφανειακών σεισμών οι οποίες προέκυψαν με βάση τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου, όπως αυτά καθορίστηκαν από τους Παπαζάχο και συνεργάτες (2001) και φαίνονται στο Σχήμα 1. Με κόκκινο χρώμα συμβολίζονται οι ζώνες των κανονικών ρηγμάτων, με μπλέ χρώμα οι ζώνες των ανάστροφων ρηγμάτων και με πράσινο χρώμα οι ζώνες των ρηγμάτων παράταξης.



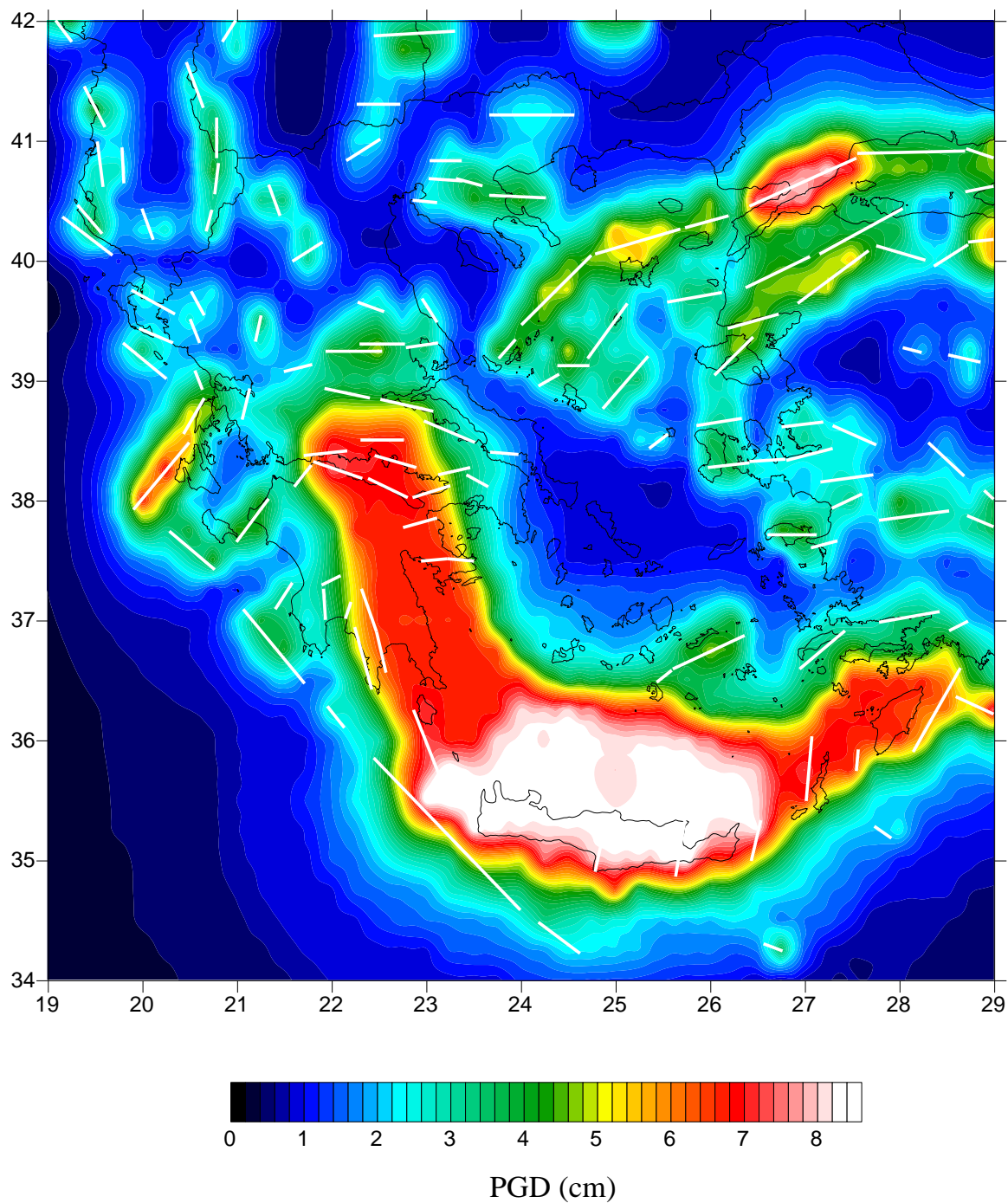
Σχ. 3. Οι 33 ζώνες επιφανειακών σεισμών οι οποίες αντιστοιχούν στη σεισμικότητα που δεν μπορεί να συνδεθεί με τις σεισμικές πηγές του Σχήματος 2 (*background seismicity*).



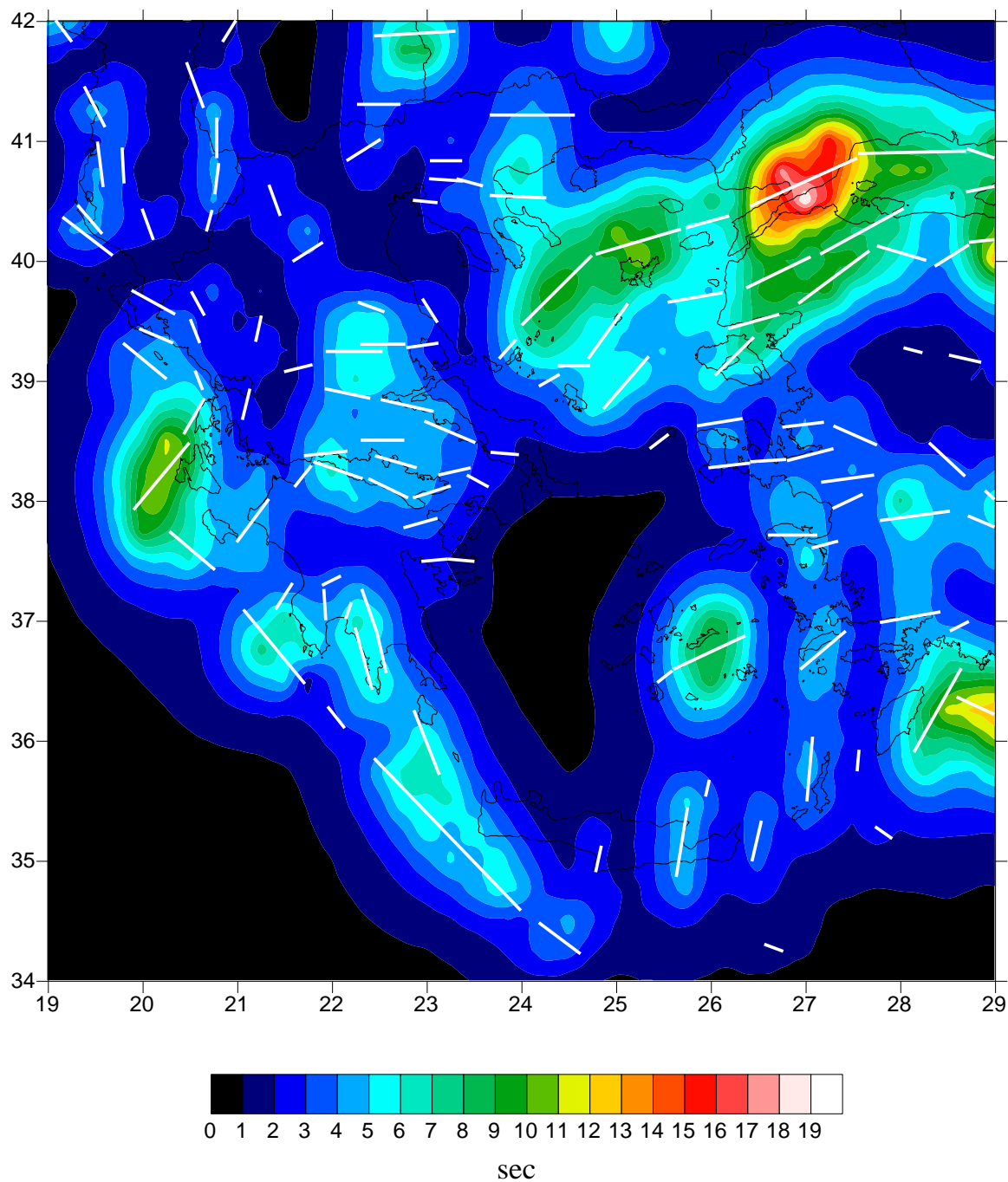
Σχ. 4. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης (cm/sec²) για περίοδο επανάληψης 475 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 50 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



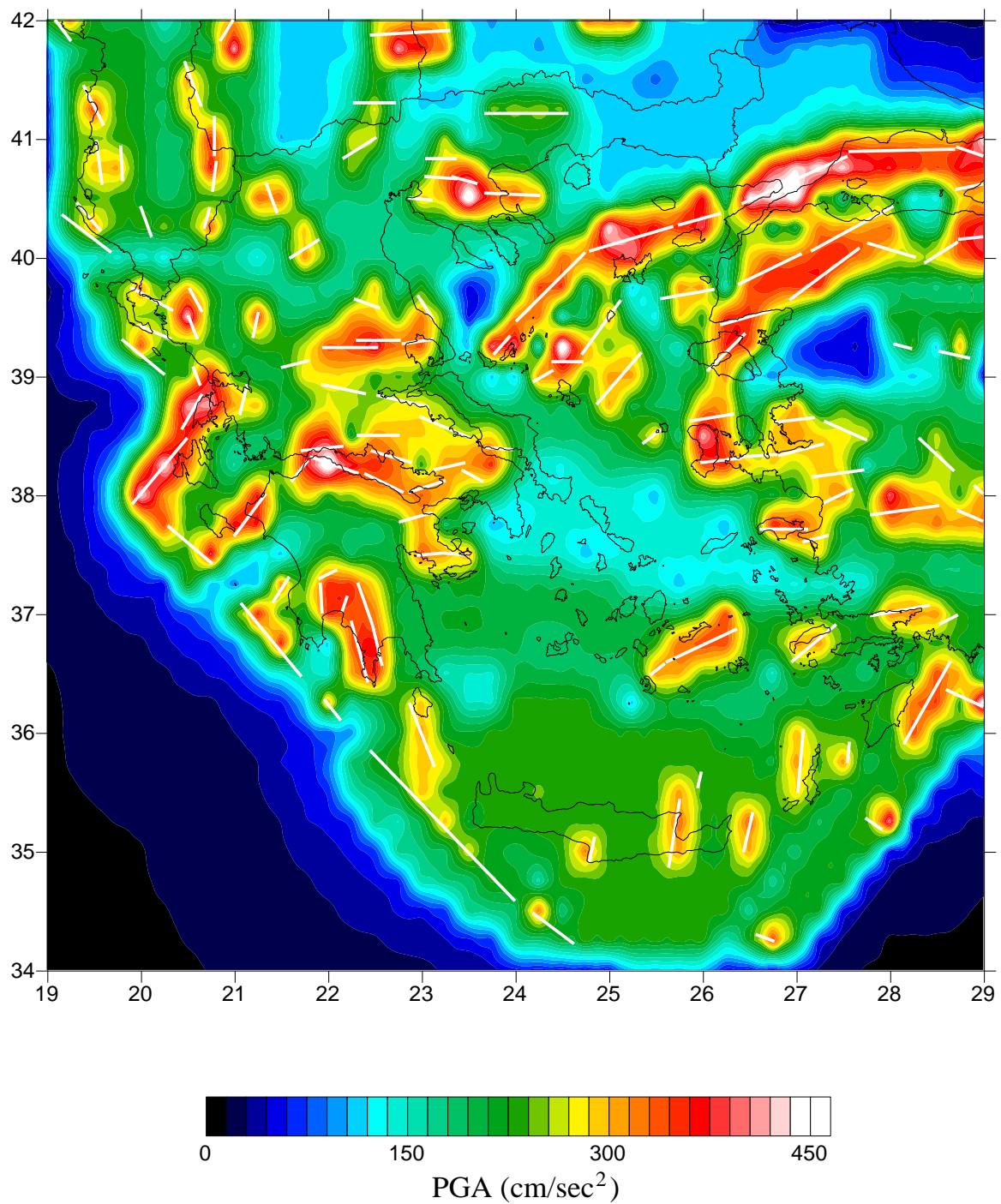
Σχ. 5. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής ταχύτητας (cm/sec) για περίοδο επανάληψης 475 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 50 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



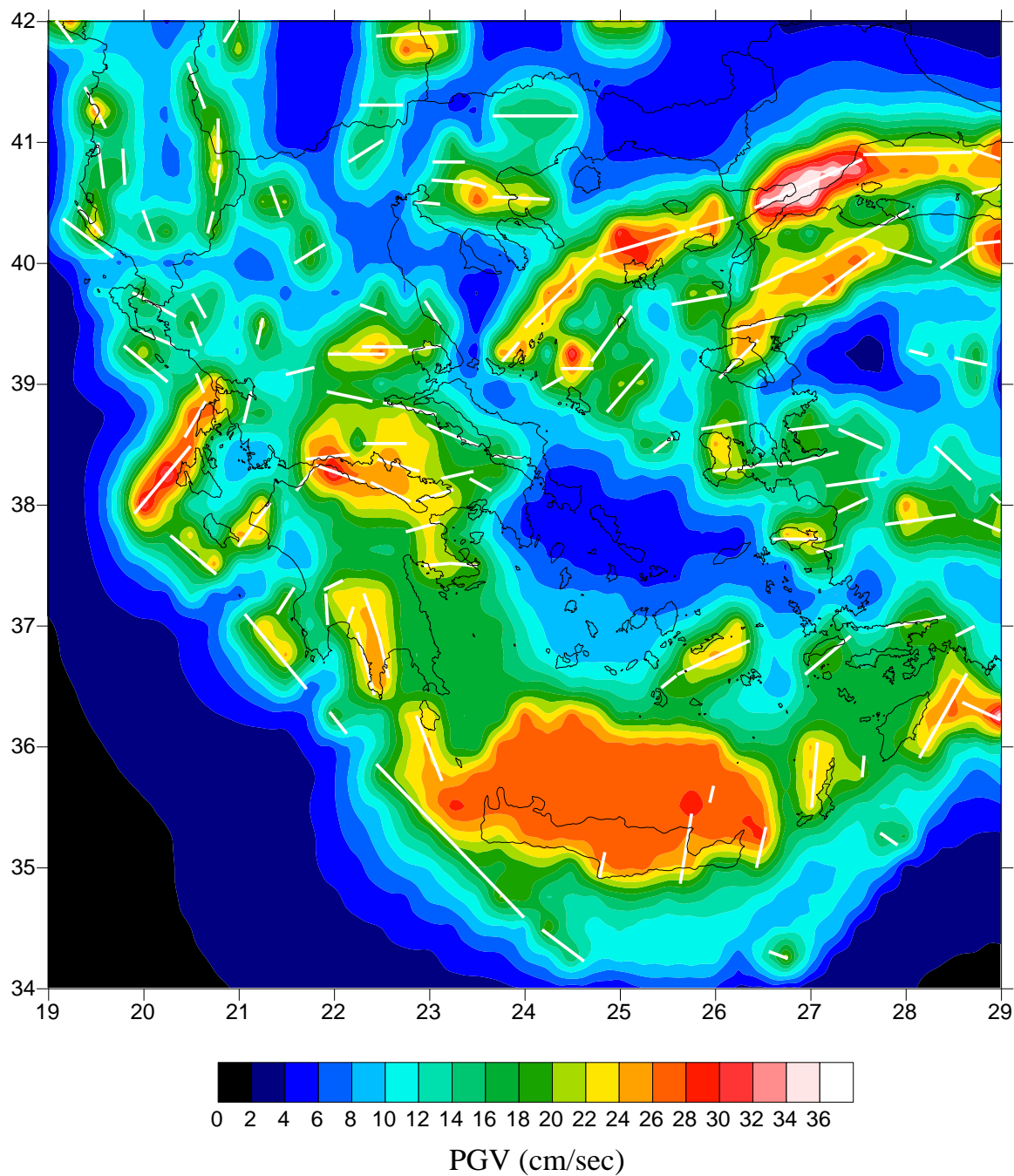
Σχ. 6. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής μετάθεσης (cm) για περίοδο επανάληψης 475 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 50 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



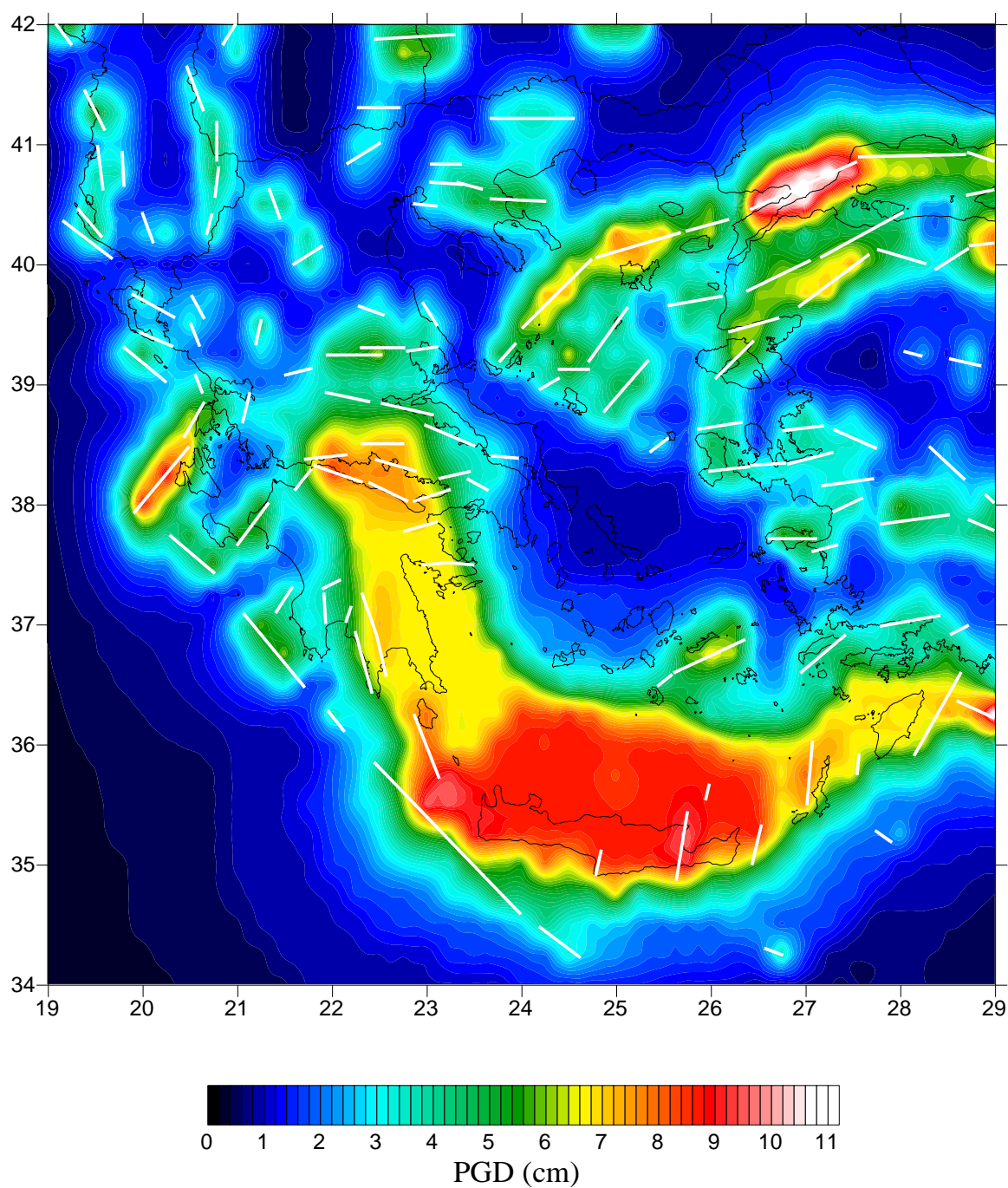
Σχ. 7. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης περιβαλλόμενης διάρκειας (σε sec) της ισχυρής σεισμικής κίνησης (10% g) για περίοδο επανάληψης 475 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 50 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



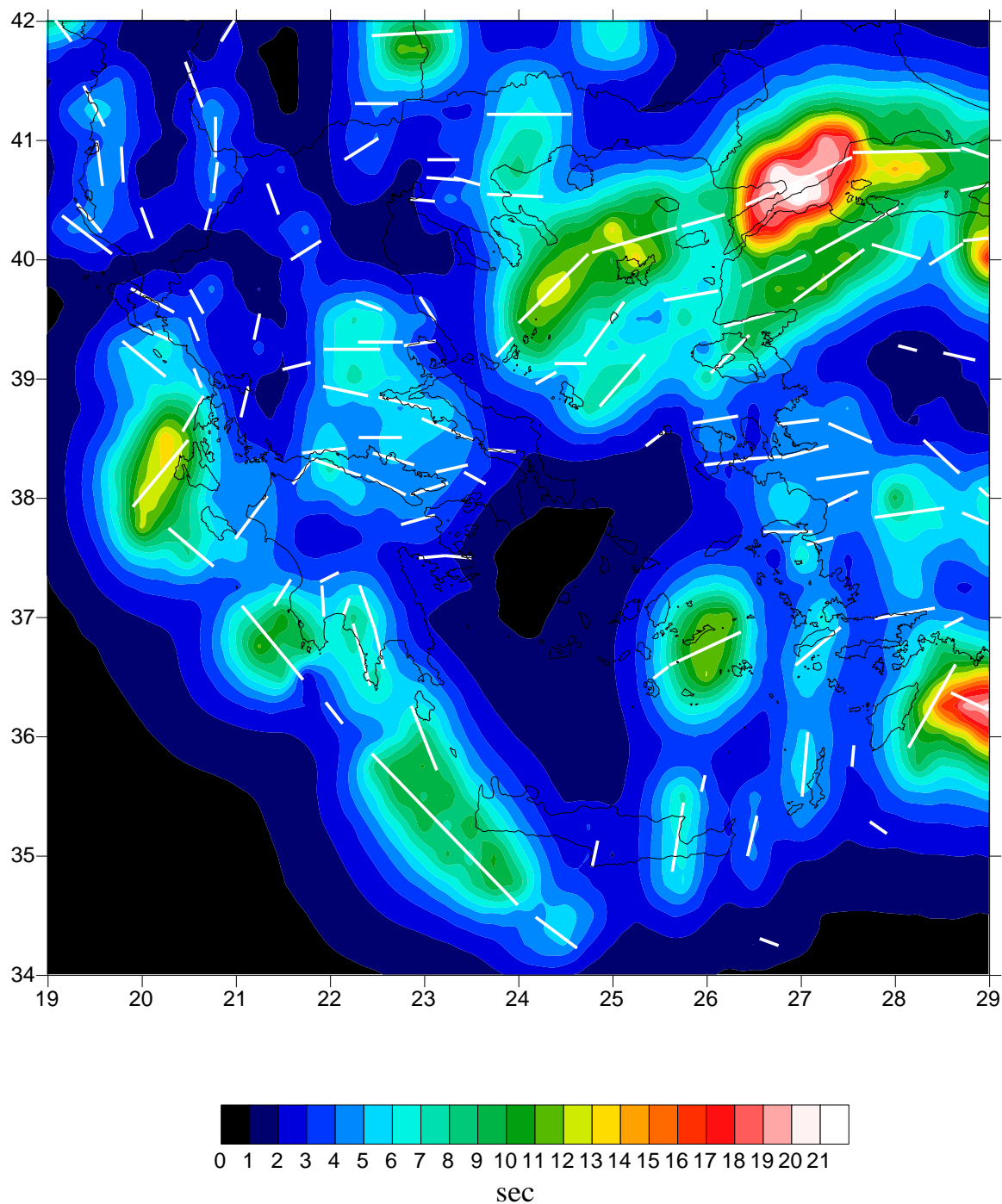
Σχ. 8. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης (cm/sec²) για περίοδο επανάληψης 952 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 100 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



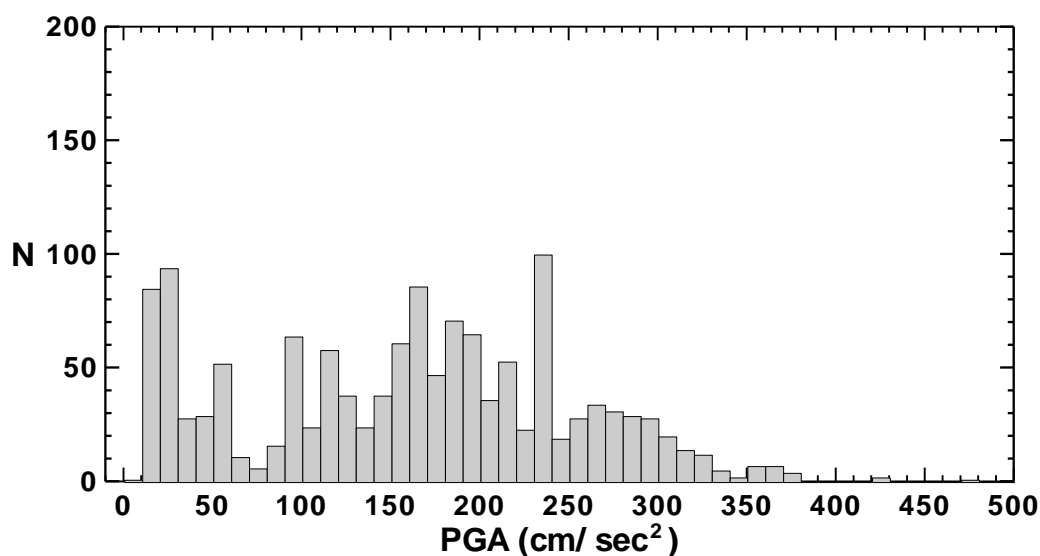
Σχ. 9. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής ταχύτητας (cm/sec) για περίοδο επανάληψης 952 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 100 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



Σχ. 10. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής μετάθεσης (cm) για περίοδο επανάληψης 952 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 100 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



Σχ. 11. Χάρτης της αναμενόμενης μέγιστης περιβαλλόμενης διάρκειας (σε sec) της ισχυρής σεισμικής κίνησης (10% g) για περίοδο επανάληψης 952 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 100 χρόνια. Φαίνονται, επίσης, και τα ενεργά ρήγματα του Ελληνικού χώρου (Παπαζάχος και συν. 2001).



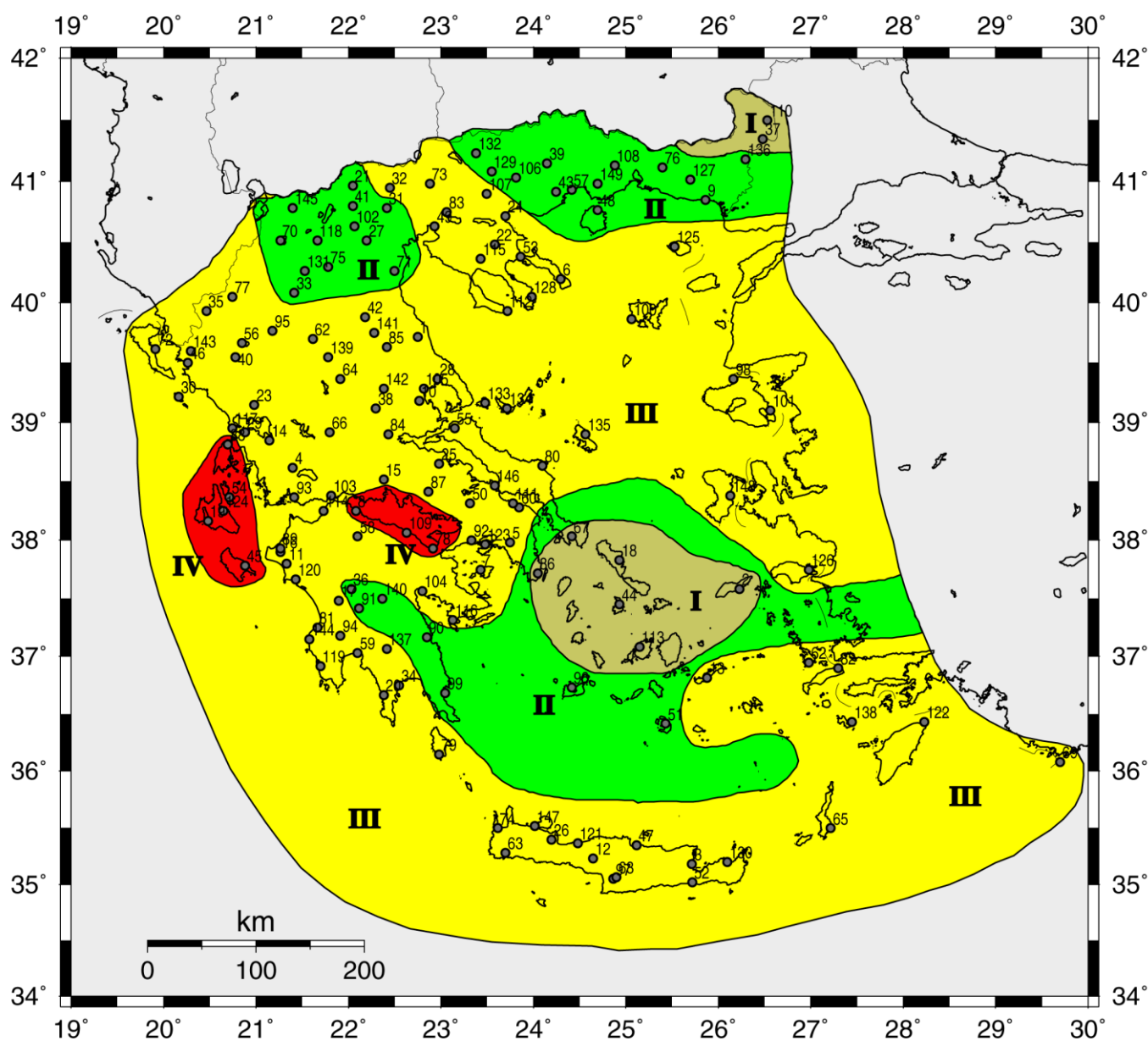
Σχ. 12. Ιστόγραμμα κατανομής τιμών της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης (cm/sec^2) για περίοδο επανάληψης 475 ετών ή 10% πιθανότητας υπέρβασης της τιμής αυτής για 50 χρόνια.

Στο Σχήμα (12) φαίνεται το ιστόγραμμα κατανομής τιμών της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης σε όλα τα σημεία του καννάβου που κάλυψε όλη την υπό μελέτη περιοχή. Με βάση την κατανομή αυτή και συνεκτιμώντας τις κατανομές τιμών των υπολοίπων παραμέτρων της ισχυρής σεισμικής κίνησης που υπολογίστηκαν στα πλαίσια της εκπόνησης του παρόντος προγράμματος, προτείνεται η ακόλουθη κατηγοριοποίηση των τιμών αυτών:

Πίνακας 2. Κατηγοριοποίηση των τιμών της αναμενόμενης μέγιστης οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης στην περιοχή που μελετήθηκε.

Κατηγορία (Ζώνη)	g	Εύρος τιμών (cm/sec^2)
I	0.11	75-130
II	0.18	130-220
III	0.25	220-290
IV	0.36	290-

Οι υπολογισμοί έχουν γίνει για τις τοποθεσίες που αναφέρονται στον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό και τα αποτελέσματα σε ότι αφορά την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (περίοδος επανάληψης 475 χρόνια ή, αντίστοιχα, 10% πιθανότητα υπέρβασης της τιμής PGA για τα επόμενα 50 χρόνια) δίνονται στον χάρτη του σχήματος (13) και στον Πίνακα 3. Στον πίνακα αυτόν δίνεται ο αύξων αριθμός της τοποθεσίας, το όνομα της, οι γεωγραφικές της συντεταγμένες και η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας στην οποία ανήκει η τοποθεσία.



Σχ. 13. Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας.

Πίνακας 3. Οι τοποθεσίες του Ελληνικού χώρου που φαίνονται στο χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας του σχήματος (13). Η πρώτη στήλη δίνει τον αύξοντα αριθμό της τοποθεσίας, η δεύτερη στήλη δίνει το όνομά της, η Τρίτη και η τέταρτη στήλη δίνει τις γεωγραφικές της συντεταγμένες και η Πέμπτη στήλη τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας.

A/A	Θέση	φ°_B	λ°_A	Ζώνη
1	Αγιά	39.717	22.750	III
2	Άγιος Κήρυκος	37.583	26.233	I
3	Άγιος Νικόλαος	35.183	25.717	III
4	Αγρίνιο	38.617	21.400	III
5	Αθήνα	37.983	23.750	III
6	Αθως	40.200	24.300	III
7	Αίγινα	37.750	23.433	III
8	Αίγιο	38.250	22.083	IV
9	Αλεξανδρούπολη	40.850	25.867	II
10	Αλμυρός	39.183	22.767	III
11	Αμαλιάδα	37.800	21.333	III
12	Αμάρι	35.233	24.650	III
13	Αμοργός	36.817	25.883	III
14	Αμφιλοχία	38.850	21.150	III
15	Άμφισσα	38.517	22.383	III
16	Ανδραβίδα	37.900	21.267	III
17	Ανδρίτσaina	37.483	21.900	III
18	Άνδρος	37.833	24.933	I
19	Αργοστόλι	38.167	20.483	IV
20	Αρεόπολη	36.667	22.383	III
21	Αριδαία	40.967	22.050	II
22	Αρναία	40.483	23.583	III
23	Άρτα	39.150	20.983	III
24	Ασπροβάλτα	40.717	23.700	III
25	Αταλάντη	38.650	22.983	III
26	Βάμος	35.400	24.200	III

27	Βέροια	40.517	22.200	II
28	Βόλος	39.367	22.967	III
29	Βόνιτσα	38.917	20.883	III
30	Γάιος (Παξοί)	39.217	20.167	III
31	Γιαννιτσά	40.783	22.417	II
32	Γουμένισσα	40.950	22.450	III
33	Γρεβενά	40.083	21.417	II
34	Γύθειο	36.750	22.550	III
35	Δελβινάκι	39.933	20.467	III
36	Δημητσάνα	37.583	22.033	II
37	Διδυμότειχο	41.350	26.483	I
38	Δομοκός	39.117	22.300	III
39	Δράμα	41.150	24.150	II
40	Δωδώνη	39.550	20.783	III
41	Έδεσσα	40.800	22.050	II
42	Ελασσόνα	39.883	22.183	III
43	Ελευθερούπολη	40.917	24.250	II
44	Ερμούπολη	37.450	24.933	I
45	Ζάκυνθος	37.783	20.883	IV
46	Ηγουμενίτσα	39.500	20.267	III
47	Ηράκλειο	35.350	25.117	III
48	Θάσος	40.767	24.700	II
49	Θεσσαλονίκη	40.633	22.933	III
50	Θήβα	38.317	23.317	III
51	Θήρα	36.417	25.433	II
52	Ιεράπετρα	35.020	25.720	III
53	Ιερισσός	40.383	23.867	III
54	Ιθάκη	38.367	20.717	IV
55	Ιστιαία	38.950	23.150	III
56	Ιωάννινα	39.667	20.850	III
57	Καβάλα	40.933	24.417	II
58	Καλάβρυτα	38.033	22.100	III

59	Καλαμάτα	37.033	22.100	III
60	Κάλαμος	38.283	23.850	III
61	Καλαμπάκα	39.700	21.617	III
62	Κάλυμνος	36.950	26.983	III
63	Κάνδανος	35.283	23.700	III
64	Καρδίτσα	39.367	21.917	III
65	Κάρπαθος	35.500	27.217	III
66	Καρπενήσι	38.917	21.800	III
67	Κάρυστος	38.033	24.417	I
68	Καστέλλι	35.067	24.900	III
69	Καστελόριζο	36.083	29.700	III
70	Καστοριά	40.517	21.267	II
71	Κατερίνη	40.267	22.500	II
72	Κέρκυρα	39.617	19.917	III
73	Κιλκίς	40.983	22.883	III
74	Κίσσαμος	35.500	23.617	III
75	Κοζάνη	40.300	21.783	II
76	Κομοτηνή	41.117	25.400	II
77	Κόνιτσα	40.050	20.750	III
78	Κόρινθος	37.933	22.917	IV
79	Κύθηρα	36.150	22.983	III
80	Κύμη	38.633	24.100	III
81	Κυπαρισσία	37.250	21.667	III
82	Κώς	36.900	27.300	III
83	Λαγκαδάς	40.750	23.067	III
84	Λαμία	38.900	22.433	III
85	Λάρισα	39.633	22.417	III
86	Λαύριο	37.717	24.050	I
87	Λειβαδιά	38.417	22.867	III
88	Λευκάδα	38.817	20.700	IV
89	Λεχαινά	37.933	21.267	III
90	Λεωνίδειο	37.167	22.850	II

91	Μεγαλόπολη	37.417	22.117	II
92	Μέγαρα	38.000	23.333	III
93	Μεσολόγγι	38.367	21.417	III
94	Μεσσήνη	37.183	21.917	III
95	Μέτσοβο	39.767	21.183	III
96	Μήλος	36.733	24.417	II
97	Μοίρες	35.050	24.867	III
98	Μόλυβος (Μήθυμνα)	39.367	26.167	III
99	Μονεμβασία	36.683	23.050	II
100	Μύρινα	39.867	25.067	III
101	Μυτιλήνη	39.100	26.567	III
102	Νάουσα	40.633	22.067	II
103	Ναύπακτος	38.383	21.817	III
104	Ναύπλιο	37.567	22.800	III
105	Νέα Αγχίαλος	39.283	22.817	III
106	Νέα Ζίχνη	41.033	23.817	II
107	Νιγρίτα	40.900	23.500	III
108	Ξάνθη	41.133	24.883	II
109	Ξυλόκαστρο	38.067	22.633	IV
110	Ορεστιάδα	41.500	26.533	I
111	Ορωπός	38.317	23.783	III
112	Παλιούρι	39.932	23.720	III
113	Πάρος	37.083	25.150	I
114	Πάτρα	38.250	21.733	III
115	Πολύγυρος	40.367	23.433	III
116	Πορτοχέλι	37.317	23.133	III
117	Πρέβεζα	38.950	20.750	III
118	Πτολεμαΐδα	40.517	21.667	II
119	Πύλος	36.917	21.700	III
120	Πύργος	37.667	21.433	III
121	Ρέθυμνο	35.367	24.483	III
122	Ρόδος	36.433	28.233	III

123	Σαλαμίνα	37.967	23.483	III
124	Σάμη	38.250	20.650	IV
125	Σαμοθράκη	40.467	25.533	III
126	Σάμος	37.750	26.983	III
127	Σάππες	41.017	25.700	II
128	Σάρτη	40.050	23.983	III
129	Σέρρες	41.083	23.550	II
130	Σητεία	35.200	26.100	III
131	Σιάτιστα	40.267	21.533	II
132	Σιδηρόκαστρο	41.233	23.383	II
133	Σκιάθος	39.167	23.483	III
134	Σκόπελος	39.117	23.717	III
135	Σκύρος	38.900	24.567	III
136	Σουφλί	41.183	26.300	II
137	Σπάρτη	37.067	22.417	III
138	Τήλος	36.434	27.450	III
139	Τρίκαλα	39.550	21.783	III
140	Τρίπολη	37.500	22.367	II
141	Τύρναβος	39.750	22.283	III
142	Φάρσαλα	39.283	22.383	III
143	Φιλιάτες	39.600	20.300	III
144	Φιλιατρά	37.150	21.583	III
145	Φλώρινα	40.783	21.400	II
146	Χαλκίδα	38.467	23.583	III
147	Χανιά	35.517	24.017	III
148	Χίος	38.383	26.133	III
149	Χρυσούπολη	40.983	24.700	II

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akyuz, H. S. and Altunel, E. (2001). Geological and archaeological evidence for post-Roman earthquake surface faulting at Cibyra, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, **14**, 95-101.
- Algermissen, S.T., Perkins, D. M., Ishewood, W., Gordon, D., Reagor, G. and Howard C.(1976). Seismic risk evaluation of the Balkan region. *Proc. of the Sem. on Seismic Zoning Maps, UNESCO, Skopje*, **II**, 172-240.
- Ambraseys, N. N. and Finkel, C. F. (1995). *The seismicity of Turkey and adjacent areas, h historical review, 1500-1800*. Eren, Istanbul, pp. 240.
- Ambraseys N. N. and Jackson, J. A. (2000). Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1509. *Geophys. J. Int.*, **141**, F1-F6.
- Armijo, R., Lyon-Caen, H. and Papanastassiou, D. (1992). East-west expansion and Holocene normal fault scarps in the Hellenic arc. *Geology*, **20**, 491-494.
- Barka, A. A. (1992). The North Anatolian fault zone. *Annales Tectonicae*, **Supp. to VI**, 164-195.
- Barka, A. A. and Reilinger, R. (1997). Active tectonics of the eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data. *Ann. Geofis.*, **40**, 587-610.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, **14**, 3-30.
- Comninakis, P. E. and Papazachos, B. C. (1978). A catalogue of earthquakes in the Mediterranean and surrounding area for the period 1901-1975. *Publication of the Geophysical Laboratory, University of Thessaloniki*, **5**, 96 pp.
- Comninakis, P. E. and Papazachos, B. C. (1986). A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 1901-1985. *Publication Geophysical Laboratory, University of Thessaloniki*, **1**, 167 pp.
- Comninakis, P. E. and Papazachos, B. C. (1989). Aftershock and foreshock sequences in Greece and surrounding area during the period 1911-1985. *Publication Laboratory of Geophysics, University of Thessaloniki*, **5**, 156 pp.
- Cornell, C. A. (1968). Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**, 1503-1606.
- Cornell, C. A. (1971), Probabilistic analysis of damage to structures under seismic loads. *Dyn. Waves in Civ. Eng., J. Wiley Publ. Co., 1971*.

- Dineva, S., Sokerova, D. and Michailov, D. (1998). Seismicity of southwestern Bulgaria and border regions. *J. Geodynamics*, **26**, 309-325.
- Drakopoulos, J. and Makropoulos, K. (1983). Seismicity and hazard analysis studies in the area of Greece. *Publ. Seism. Lab. Univ. of Athens*, **1**, 126 pp.
- Galanopoulos, A.G. (1960). Tsunamis observed on the coast of Greece from antiquity to present time. *Annali di Geofisica*, **13**, 369-386.
- Galanopoulos, A.G. (1961). A catalogue of shocks with $I_0 \geq VI$ for the years prior to 1800. Athens, 19 pp.
- Galanopoulos, A.G. (1963). On mapping of seismic activity in Greece. *Annali di Geofisica*, **16**, 37-100.
- Galanopoulos, A. G. and Delibasis, N. (1972). Map of maximum observed intensities in Greece, period 1800- 1970, *Athens*.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **34**, 185-188.
- Hancock, P. L. and Barka, A. A. (1987). Kinematic indicators on active normal faults in western Turkey. *J. Struct. Geol.*, **9**, 419-427.
- Hatzfeld, D., Kassaras, I., Panagiotopoulos, D., Amorese, D., Makropoulos, K., Karakaisis, G. and Coutant, O. (1995). Microseismicity and strain pattern in northwestern Greece. *Tectonics*, **14**, 773-785.
- Hatzfeld, D., Pedotti, G., Hatzidimitriou, P., Panagiotopoulos, D., Scordilis, M., Drakopoulos, J., Makropoulos, K., Delibasis, N., Latoussakis, J., Baskoutas, J. and Frogneux, M. (1989). The Hellenic subduction beneath the Peloponnese: first results of a microearthquake study. *Earth Planet. Science Lett.*, **93**, 283-291.
- Hatzidimitriou, P. M., Papadimitriou, E. E., Mountrakis, D. M and Papazachos, B. C. (1985). The seismic parameter b of the frequency-magnitude relation and its association with the geological zones in the area of Greece. *Tectonophysics*, **120**, 141-151.
- Hatzidimitriou, P. M., Papazachos, B. C. and Karakaisis, G. F. (1994). Quantitative seismicity of the Aegean and surrounding area. *XXIV General Assembly of E. S. C., Athens, 19-24 September 1994*, **1**, 155-164.
- Θεοδουλίδης, Ν. Π. (1991). Συμβολή στη μελέτη της ισχυρής σεισμικής κίνησης στον Ελληνικό χώρο. *Διδακτ. Διατρ. Παν. Θεσσαλονίκης*, σελ. 454.

- Karnik, V. (1969). Seismicity of the European Area, Part I. *D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, Netherlands*, 364 pp.
- Karnik, V. (1971). Seismicity of the European Area, Part II, 1801-1900. *D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, Netherlands*, 218 pp.
- Kiratzí, A. A., Papadimitriou, E. E. and Papazachos, B. C. (1987). A microearthquake survey in the Steno dam site in northwestern Greece. *Annales Geophysicae*, 5, 161-166.
- Θεοδοουλίδης, Ν. Π. (1991). Συμβολή στη μελέτη της ισχυρής σεισμικής κίνησης στον Ελληνικό χώρο. *Διδακτ. Διατρ. Παν. Θεσσαλονίκης*, σελ. 454.
- Le Pichon, X. (2001). Problems posed by the active fault system across the Sea of Marmara. *Symp. on the Seismotectonics of the NW Anatolia-Aegean and Recent Turkish Earthquakes, May 8, 2001, I.T.U.*, pp.1-3.
- Makropoulos, K.C. (1978). The statistics of large earthquake magnitude and an evaluation of Greek seismicity. *Ph.D. Thesis, Univ. Edinburg*, 193 pp.
- Makropoulos, K. C. and Burton, P. W. (1985). Seismic hazard in Greece. II. Ground acceleration. *Tectonophysics*, **117**, 259-294.
- Makropoulos, K., Stavrakakis, G., Latoussakis, J. and Drakopoulos, J. (1988). Seismic zoning studies in the area of Greece based on the most perceptible earthquake magnitude. *Geofizika*, **5**, 37-48.
- Makropoulos, K.C., Drakopoulos, J.K. and Latoussakis, J.B. (1989). A revised earthquake catalogue for Greece since 1900. *Geophys. J. Int.*, **98**, 391-394.
- Μάργαρης, Β. Ν. (1994). Αξιμουθιακή εξάρτηση των σεισμικών κυμάτων στον ελληνικό χώρο και επίδραση της στη σεισμική επικινδυνότητα. *Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 324.
- Μάργαρης, Β. Ν., Παπαζάχος, Κ. Β., Παπαϊωάννου, Χ. Α., Θεοδοουλίδης, Ν. Π., Καλογεράς, Ι. Και Σκαρλατούδης, Α. (2001). Εμπειρικές σχέσεις απόσβεσης της οριζόντιας ισχυρής σεισμικής κίνησης των επιφανειακών σεισμών του Ελληνικού Χώρου. *2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη, 28-30 Νοεμβρίου 2001*, **A**, 27-36.
- Margaris, B., Theodulidis, N., Papaioannou, Ch, and Papazachos, B. (1990). Strong motion duration of earthquakes in Greece. *Proc. of XXII Gen. Ass. of ESC Barcelona, Sept. 17-22, 1990*, **2**, 865- 870.
- McGuire, R. K. (1976). FORTRAN computer program for seismic risk analysis, *U.S. Geol. Surv. Open-File Rep.*, **77**, 90 pp.

- McKenzie, D. P. (1978). Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, **55**, 217-254.
- Merz, H. A. and Cornell, C. A. (1973). Seismic risk analysis on a quadratic magnitude frequency law. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **63**, 1999-2006.
- Muco, B. (1994). Focal mechanism solutions for Albanian earthquakes for the years 1964-1988. *Tectonophysics*, **231**, 311-323.
- 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**, 161-177.
- Oral, M. B., Reilinger, R. E., Toksoz, M. N., King, R. W., Barka, A. A., Kiniki, J. and Lenk, D. (1995). Global Positioning System offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean. *EOS*, **76**, 9-11.
- Παπαϊωάννου, Χ. Α. (1984). Απόσβεση των σεισμικών εντάσεων και σεισμική επικινδυνότητα στον ελληνικό χώρο. *Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 200.
- Papaoiannou, Ch. A. and Papazachos, B. C. (2000). Time-independent and time-dependent seismic hazard in Greece based on seismogenic sources. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **90**, 22-33.
- Παπαζάχος, Β. Κ. και Παπαζάχου, Κ. Κ. (1989). *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 356.
- Παπαζάχος, Β. Κ., Μουντράκης, Δ. Μ., Παπαζάχος, Κ. Β., Τρανός, Μ. Δ., Καρακαϊσης, Γ. Φ. και Σαββαΐδης, Α. Σ. (2001). Τα ρήγματα που προκάλεσαν τους γνωστούς ισχυρούς σεισμούς στην Ελλάδα και τη γύρω περιοχή από τον 5^ο αιώνα π.Χ. μέχρι σήμερα. *2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη, 28-30 Νοεμβρίου 2001*, **A**, 17-26.
- Papazachos, B. C. (1974). Dependence of the seismic parameter b on the magnitude range. *Pure Appl. Geophys.*, **112**, 1059-1065.
- Papazachos, B. C. (1980). Seismicity rates and long-term earthquake prediction in the Aegean area. *Quat. Geod.*, **3**, 171-190.
- Papazachos, B. C. (1990). Seismicity of the Aegean and surrounding area. *Tectonophysics*, **178**, 287-308.
- Papazachos, B. C. (1996). Large seismic faults in the Hellenic arc. *Ann. Geofis.*, **39**, 892-903.

- Papazachos, B. C. and Comninakis, P.E. (1972). Seismic activity in the area of Greece during the time period 1911-1971, Athens, 60 pp.
- Papazachos, B. C., Mountrakis, D., Psilovikos, A. and Leventakis, G. (1979). Surface fault traces and fault plane solutions of the May-June 1978 major shocks in the Thessaloniki area. *Tectonophysics*, **53**, 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**, 155-168.
- Papazachos, B. C., Kiratzi, A., Hatzidimitriou, P. and Rocca, A. (1984). Seismic faults in the Aegean area. *Tectonophysics*, **106**, 71-85.
- Papazachos, B. C., Kiratzi, A. A., Hatzidimitriou, P. M. and Theodulidis, N. P. (1985). Regionalization of seismic hazard in Greece. *Proc. 12th Reg. Sem. on Earthq. Eng. EAEE-EPPO, Halkidiki, Greece*, 12pp.
- Papazachos, B. C., Kiratzi, A. A., Karakostas, B. G., Panagiotopoulos, P. M., Scordilis, E. M. and Mountrakis, D. M. (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**, 55-68.
- Papazachos, B. C., Papaioannou, Ch. A., Papastamatiou, D. J., Margaritis, V. N. and Theodulidis, N. P. (1990). On the reliability of different methods of the seismic hazard assessment in Greece. *Natural Hazards*, **3**, 141-151.
- Papazachos, B. C. and Dimitriou, P. P. (1991). Tsunamis in and near Greece and their relation to the earthquake focal mechanisms. *Natural Hazards*, **4**, 161-170.
- Papazachos, B. C., Margaritis, V. N., Theodulidis, N. P. and Papaioannou, Ch. A. (1992). Seismic hazard assessment in Greece based on strong motion duration. *Proc. 10th W. C. E. E.*, **1**, 425-430.
- Papazachos, B. C. and Panagiotopoulos, D. G. (1993). Normal faults associated with volcanic activity and deep rupture zones in the southern Aegean volcanic arc. *Tectonophysics*, **220**, 301-308.
- Papazachos, B.C. and Papazachou, C. B. (1997). *The earthquakes of Greece*. Ziti Publications, Thessaloniki, 304 pp.
- Papazachos, B.C., Kiratzi, A.A. and Karakostas, B.G. (1997). Toward an homogeneous moment magnitude determination in Greece and surrounding area. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **87**, 474-483

- 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. Geofis. Teor. Appl.*, **39**, 199-218.
- Papazachos, B. C., Papaioannou, Ch. A., Papazachos, C. B. and Savvaidis, A. S. (1999). Rupture zones and seismic faults of shallow earthquakes in Greece. *Tectonophysics*, **308**, 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 catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999. *Publication of the Geophysical Laboratory, University of Thessaloniki* (also at <http://geohazards.cr.usgs.gov/iaspei/europe/greece/the/catalog.txt>).
- Papazachos, C. B. (1999a). An alternative method for a reliable estimation of seismicity with an application in Greece and surrounding area. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **89**, 111-119.
- Papazachos, C. B. (1999b). Seismological and GPS evidence for the Aegean-Anatolia interaction. *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 2653-2656.
- Papazachos, C. and Papaioannou Ch. (1997). The macroseismic field of the Balkan area. *J. of Seismology*, **1**, 181-201.
- Papoulia, J. E. and Stavrakakis, G. N. (1990). Attenuation laws and seismic hazard assessment. *Natural Hazards*, **3**, 49-58.
- Robertson, A. and Shallo, M. (2000). Mesozoic-Tertiary tectonic evolution of Albania in its regional eastern mediterranean context. *Tectonophysics*, **316**, 197-254.
- Sachpazi, M., Hirn, A., Clement, C., Haslinger, F., Laigle, M., Kissling, E., Charvis, P., Hello, Y., Lepine, J.-C., Sapin, M. and Ansorge, J. (2000). Western Hellenic subduction and Cephalonia Transform: local earthquakes and plate transport and strain. *Tectonophysics*, **319**, 301-319.
- 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**, 388-397.
- Shebalin, N. V., Reisner, G. I., Drumea, A. V., Aptekman, J. Y. Stepaneks, V. N. and Zacharova, A. J.(1976). Earthquake origin zones and distribution of

- maximum expected seismic intensity for the Balkan region. *Proc. of the Sem. on seismic zoning maps, UNESCO Skopje*, **II**, 68-171.
- Smith, D. E., Kolenkiewicz, R., Robbins, J. E., Dumn, P. J. and Torrence, M. H. (1994). Horizontal crustal motion in the central and eastern Mediterranean inferred from satellite laser ranging measurements. *Geophys. res. Lett.*, **21**, 1979-1982.
- Τάσσο, Σ. Τ. (1984). Στατικές και δυναμικές ιδιότητες του πάνω μανδύα στο νότιο Αιγαίο. *Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 155.
- Theodulidis, N. P. and Papazachos, B. C. (1992). Dependence of strong ground motion on magnitude, distance, site geology and macroseismic intensity for shallow earthquakes in Greece. I. Peak horizontal acceleration, velocity, and displacement. *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, **11**, 387-402.
- Toteva, T., Rizikova, S. And Rangelov, B. (2000). Recent seismicity in Kresna region and surroundings. *Reports on Geodesy, Warsaw Univ. of Technology*, **4**, 91-98.
- Van Eck, T. and Stoyanov, T. (1996). Seismotectonics and seismic hazard modelling for southern Bulgaria. *Tectonophysics*, **262**, 77-100.
- Westaway, R. (1990). Block rotation in western Turkey. 1. Observational evidence. *J. Geophys. Res.*, **95**, 19857-19884.
- Χατζηδημητρίου, Π. Μ. (1984). Σεισμογόνοι χώροι και σεισμικές πηγές στο χώρο του Αιγαίου και των γύρω περιοχών. *Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 162.