Project funded by the EUROPEAN UNION

Common Borders. Common Solutions.

A Scientific Network
for Earthquake, Landslide & Flood Hazard Prevention

SciNetNatHazPrev - ΑΝΟΙΚΤΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

" Συμβολή στην πρόληψη φυσικών καταστροφών"

Θεσσαλονίκη, 30 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2015

Κτήριο ΙΤΣΑΚ

Ο.Α.Σ.Π. - Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΕΛΑΙΩΝΕΣ - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Common borders. Common solutions.

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ:
Εκτίμηση σε Περιφερειακή και Τοπική Κλίμακα

Βασίλης Ν. Μάργαρης
Δρ. Τεχν. Σεισμολόγος – Διευθ. Ερευνών ΙΤΣΑΚ

Εκτίμηση Σεισμικής Επικινδυνότητας (ΕΣΕ)

- Εισαγωγή
- Βασικές Έννοιες Σεισμολογίας
- Σεισμικές Πηγές
- Παράμετροι της Ισχυρής Σεισμικής Κίνησης (Ι.Σ.Κ.)
- Πρόβλεψη της Ι.Σ.Κ. (GMPE- Ground Motion Predit. Eq.)
- Μη-Πιθανολογική (Αιτιοκρατική) Εκτίμηση Σ.Ε. (ΑΕΣΕ)
- Πιθανολογική Εκτίμηση Σ.Ε. (ΠΕΣΕ)
- Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας

Εισαγωγή

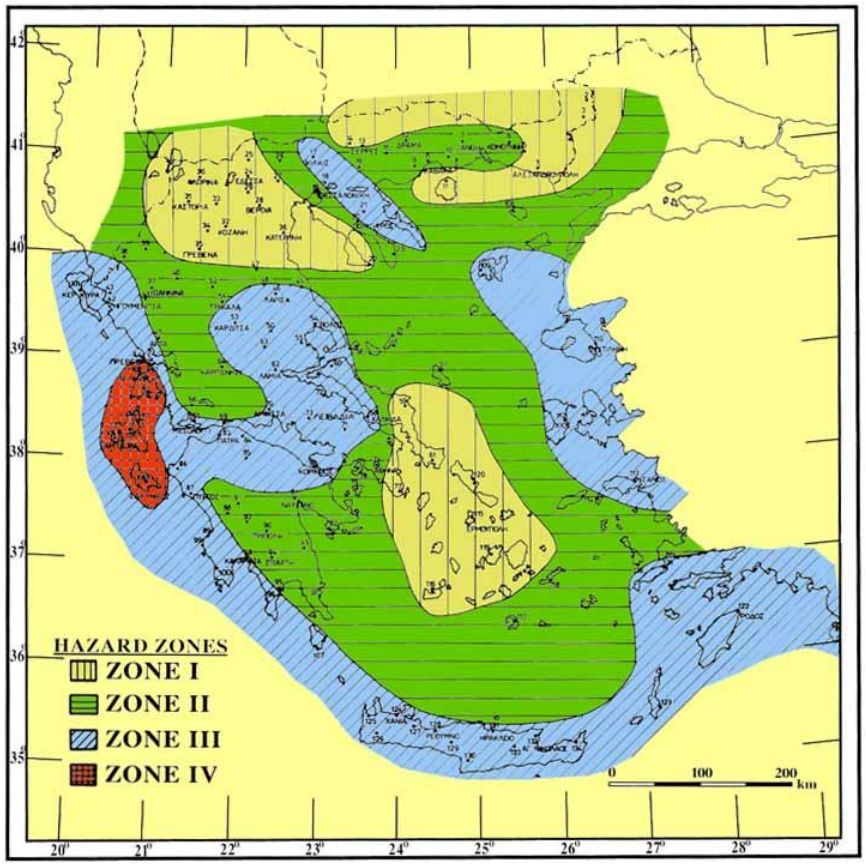
Αντισεισμικός σχεδιασμός

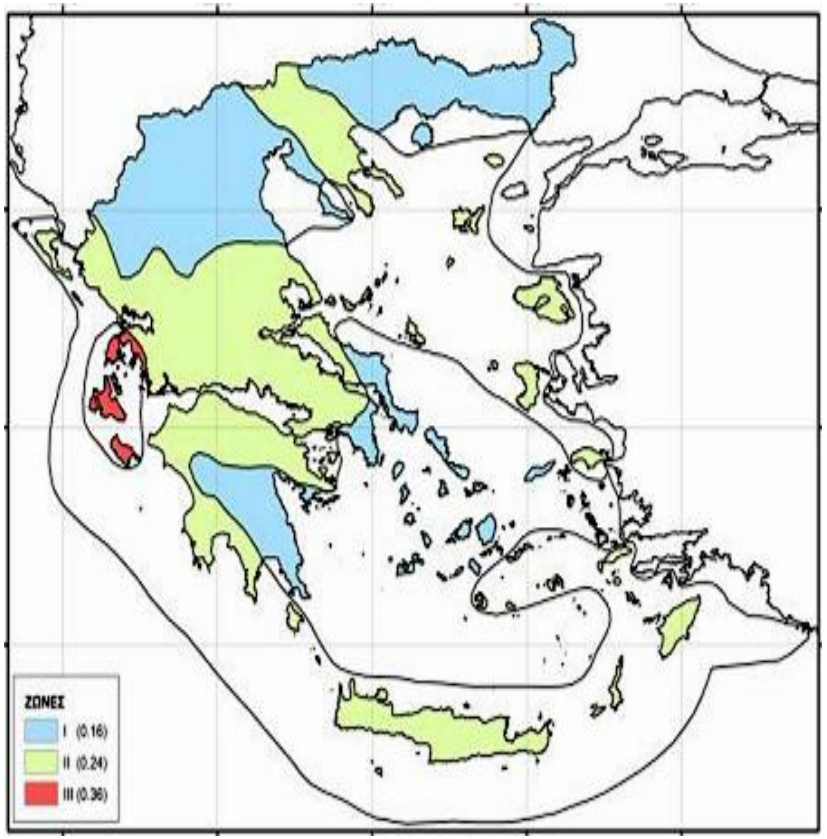
- Σχεδιασμός Κατασκευών ανθιστάμενος σε προκαθορισμένο επίπεδο εδαφικής δόνησης χωρίς να υφίστανται υπερβολικές ζημίες.

- Επίπεδο της δόνησης προκαθοριζόμενο ως εδαφική κίνηση σχεδιασμού που χαρακτηρίζεται από παραμέτρους εδαφικής κίνησης σχεδιασμού.

- Καθορισμός παραμέτρων εδαφικής κίνησης σχεδιασμού από τα **δυσκολότερα** και τα **σημαντικότερα** προβλήματα της Αντισεισμικής Μηχανικής.

Εξέλιξη του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού





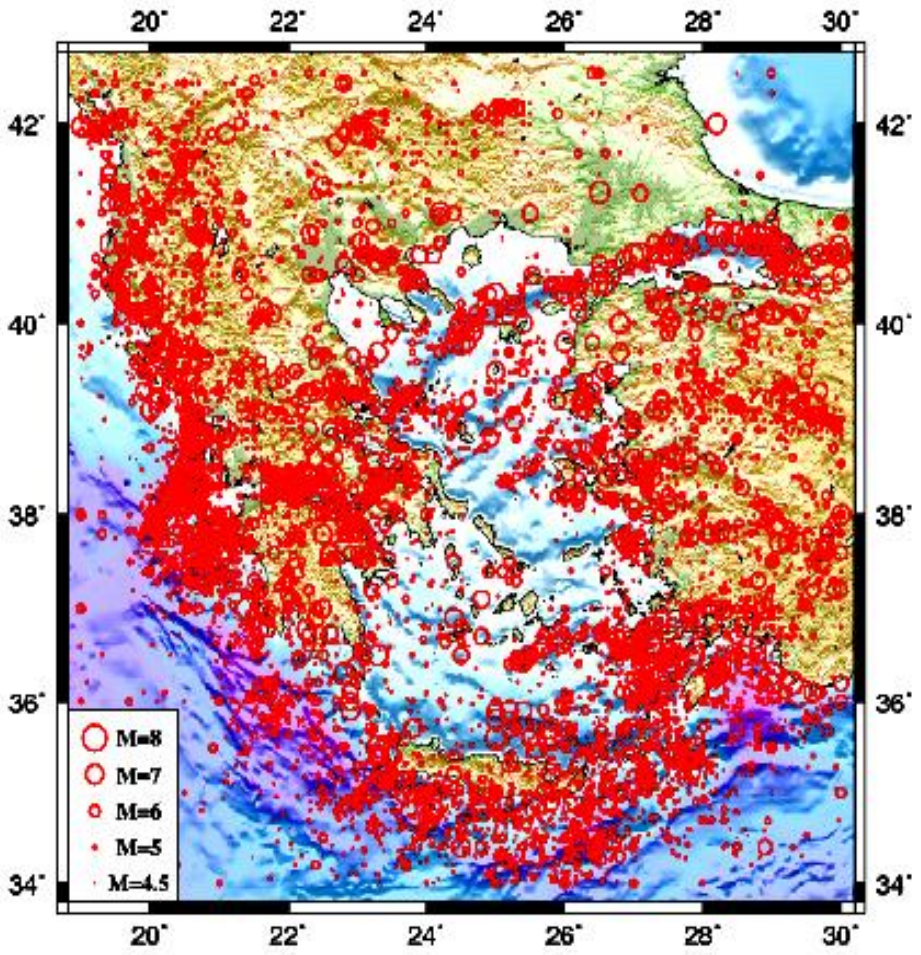
Project funded by the EUROPEAN UNION

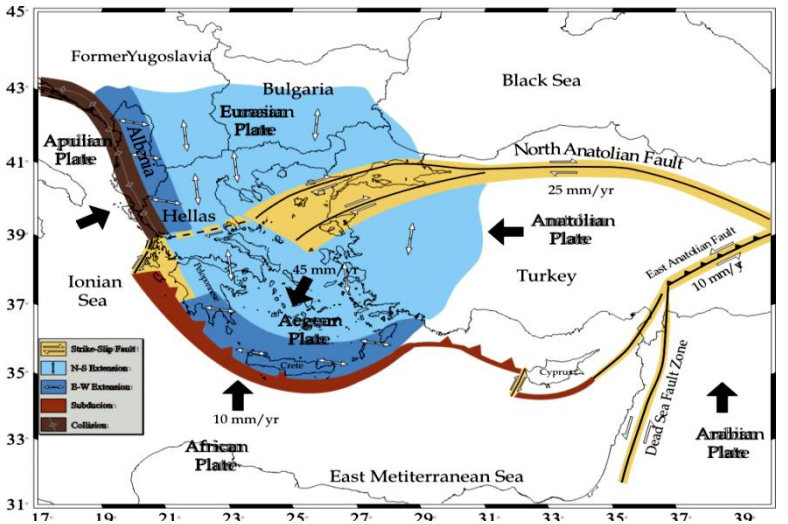
SciNet-NatHaz Prevention

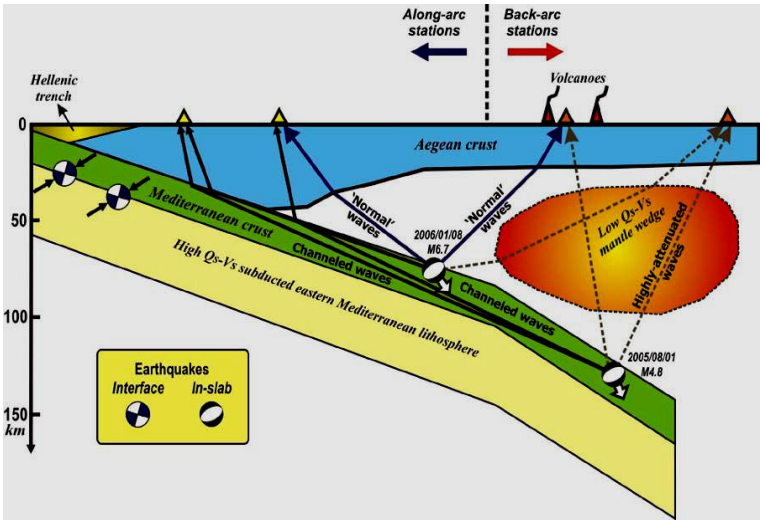
Black Sea CROSS BORDER COOPERATION

A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention - SciNetNatNazPrev

Βασικές Έννοιες της Σεισμολογίας





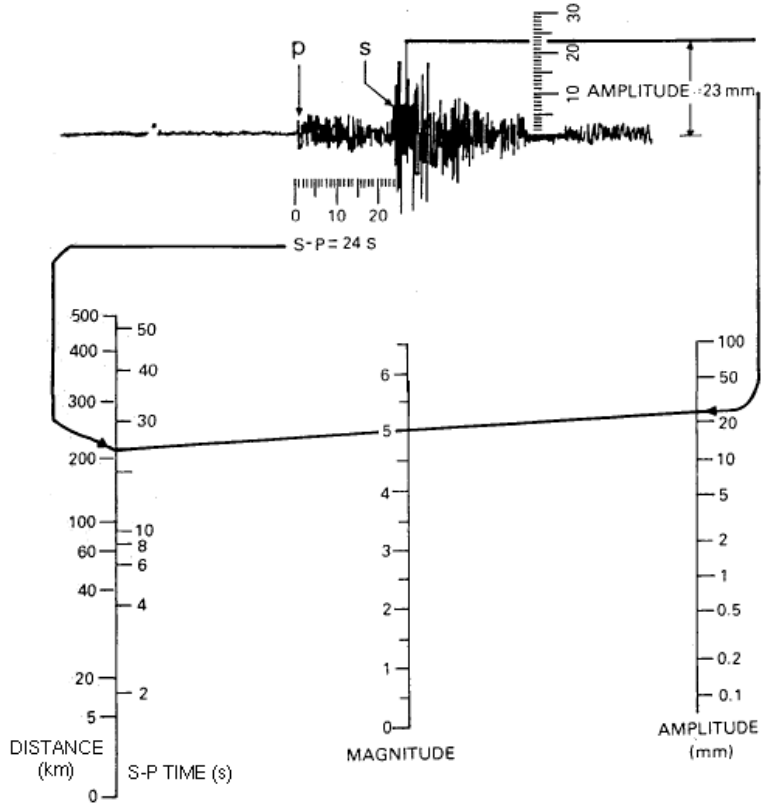


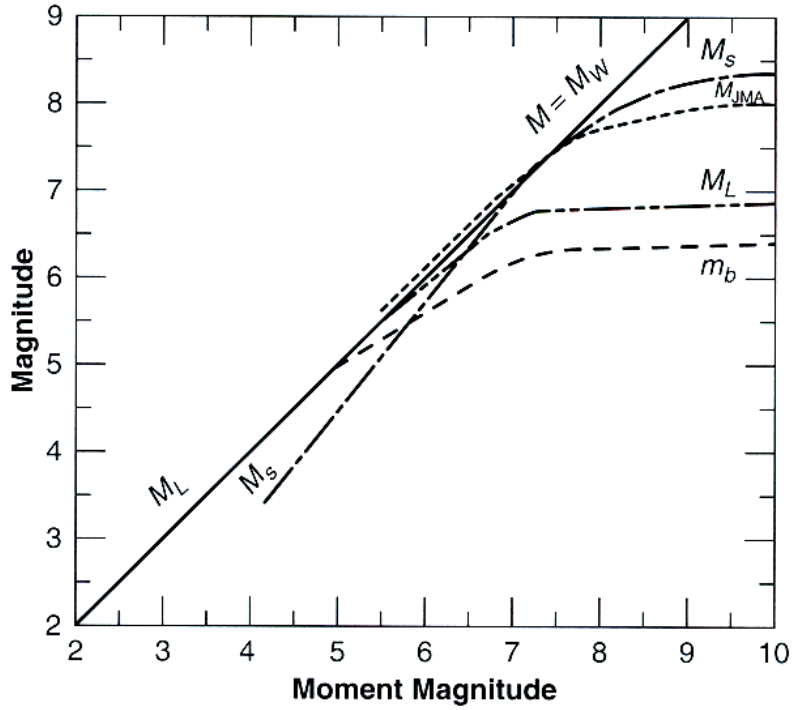
Βασικές Έννοιες της Σεισμολογίας

Σεισμικό Μέγεθος - Magnitude

- Μέγεθος Ροπής (M_w)
  - Απεικονίζει τι συμβαίνει στην σεισμική πηγή
  - Απεικονίζει την ενέργεια που εκλύεται από ένα EQ
  - Χρήσιμο διότι η κλίμακα M_w ,σχετίζεται με το φυσικό αίτιο του EQ
  - Κατάλληλο για μεγάλους EQ΄s
- Κορεσμός

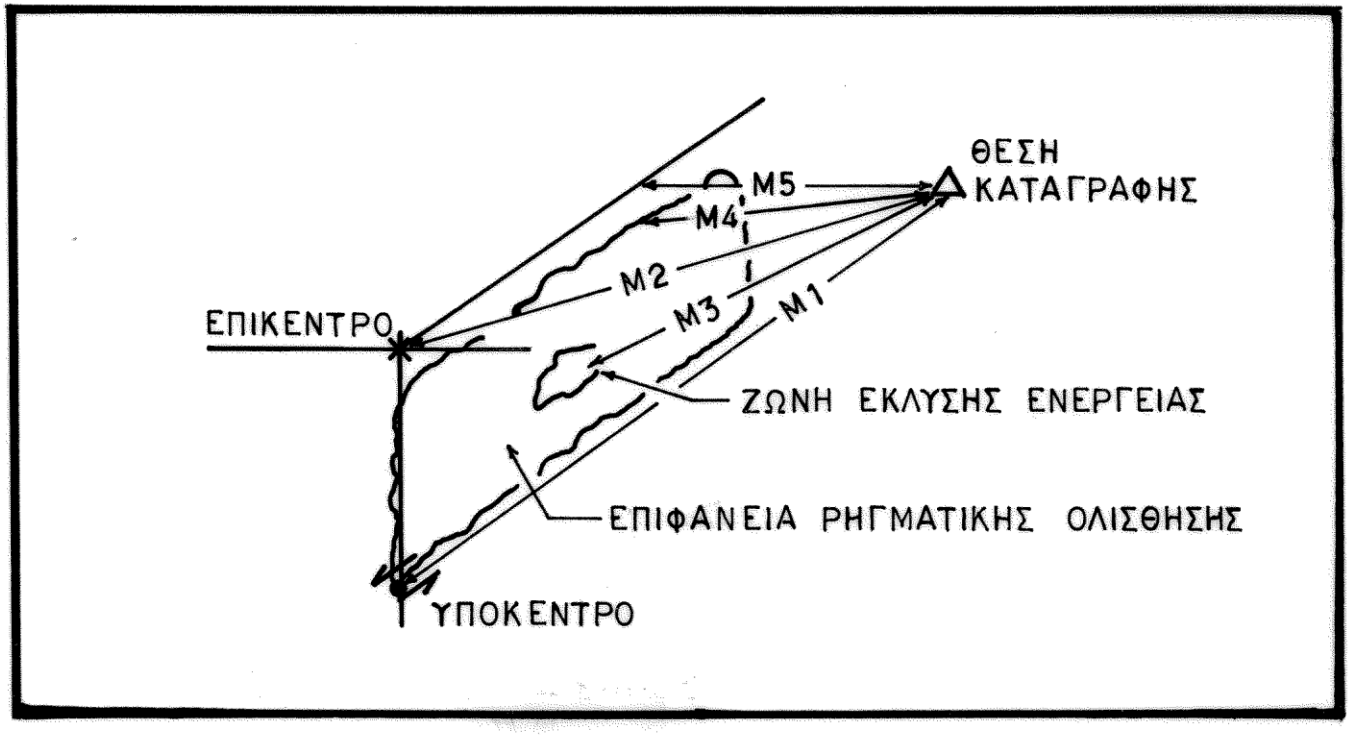
M_s	: Surface wave magnitude,	5-7.5
M_L	: Richter magnitude,	3-7
m_b	: Body wave magnitude,	3-7
M_w	: Moment magnitude,	>7.5
M_{JMA}	: Japanese Meteorological Agency	



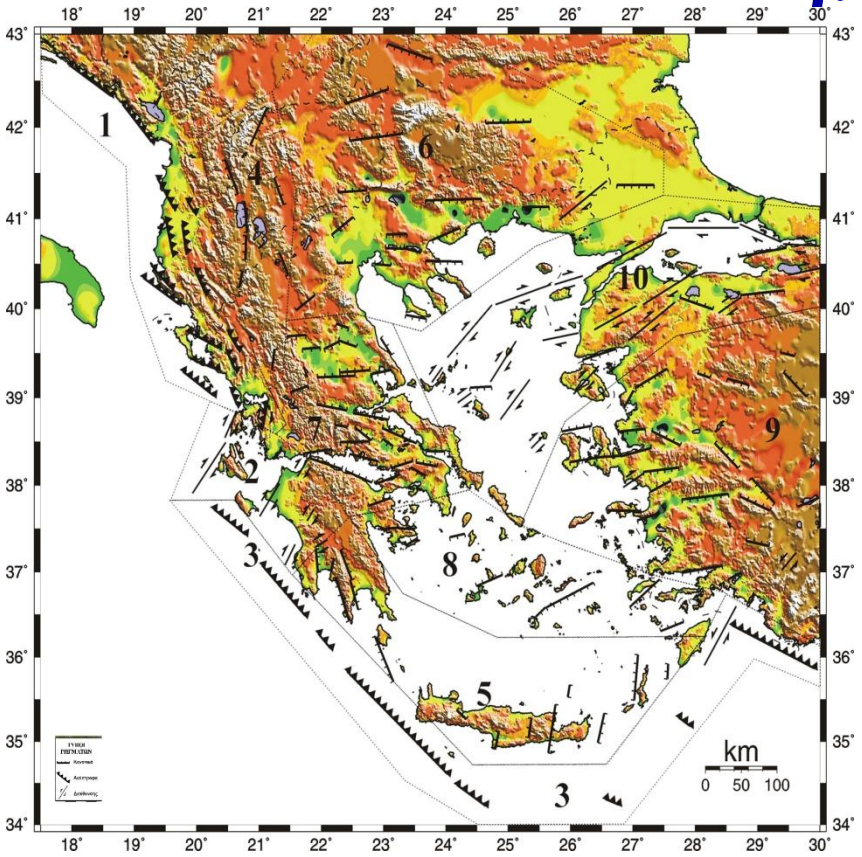


Βασικές Έννοιες της Σεισμολογίας

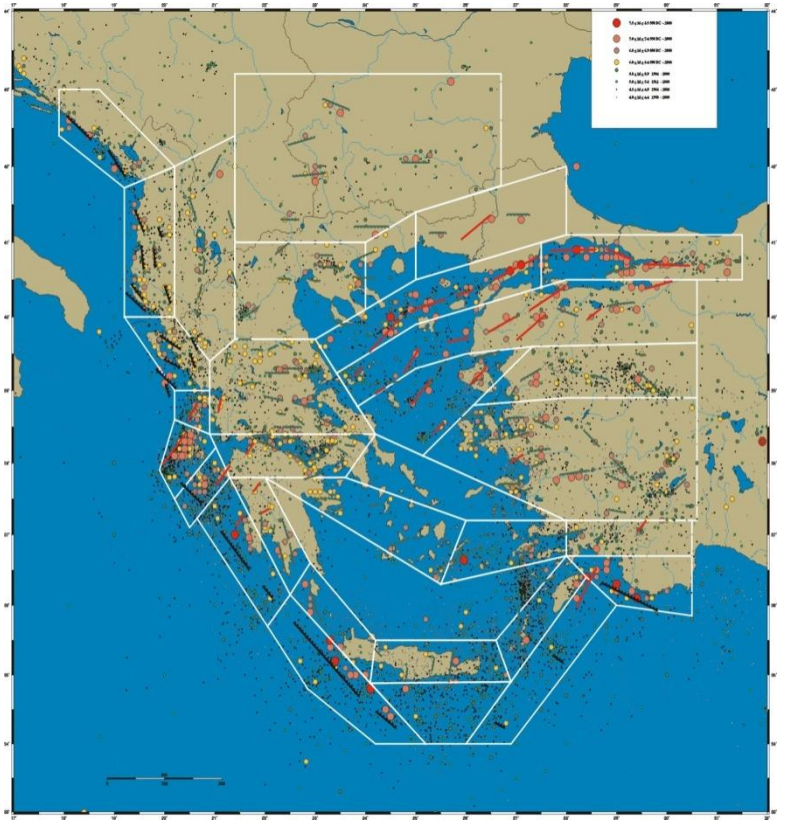
Απόσταση : Σεισμικής Πηγής – Εξεταζόμενης Θέσης



Σεισμικές Πηγές



(Papazachos etal., 2001).



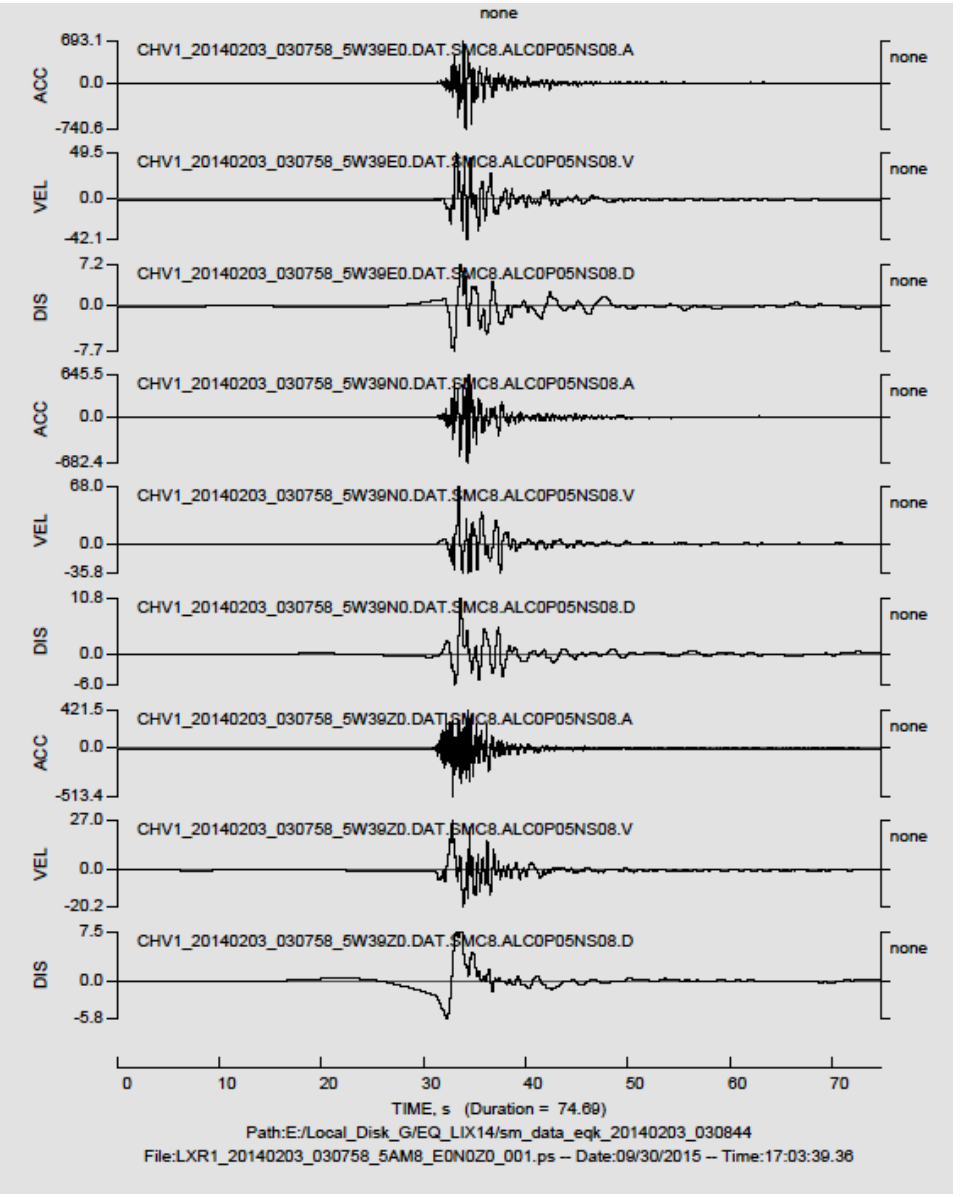
(Papaioannou, 2001).

Παράμετροι της Εδαφικής Δόνησης

1. **Μετρημένο από 3-αξονικό Επιταχυνσιογράφο**
   - 2 ορθογώνιες οριζόντιες συνιστώσες
   - 1 κάθετη συνιστώσα

2. **Ψηφιοποιημένο σε χρονικό παράθυρο 0.005-0.01 sec (σε συχνοτικό 100 - 200 Hz)**
   - Για 60 sec καταγραφής,
   - N=3 x 60 x 100 = 18000 τιμές !!

3. **Απαραίτητο να περιγράφεται εδαφική δόνηση από τις παραμέτρους της εδαφικής κίνησης.**
   - Πλάτος
   - Συχνοτικό περιεχόμενο
   - Διάρκεια

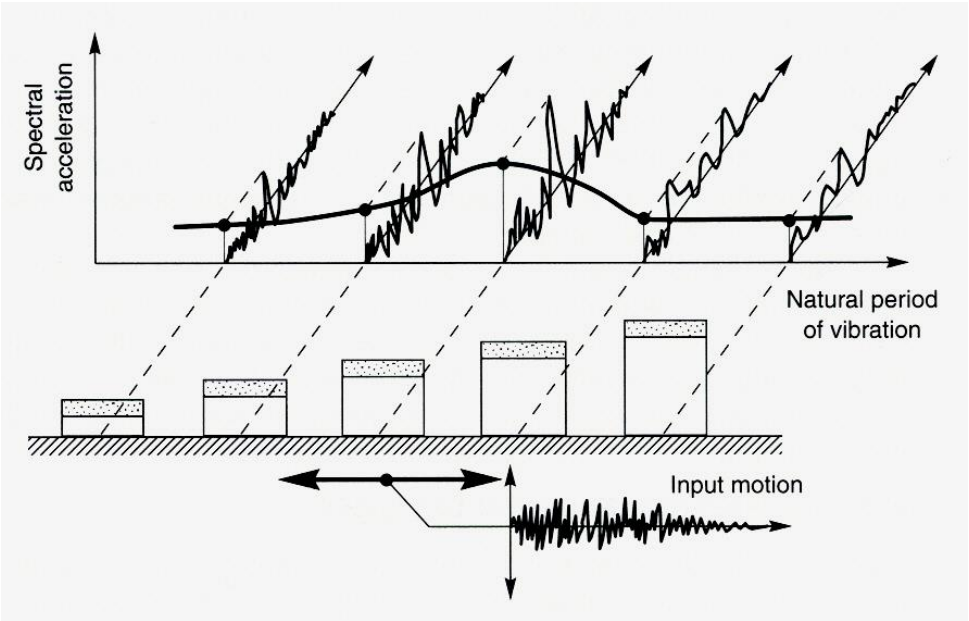


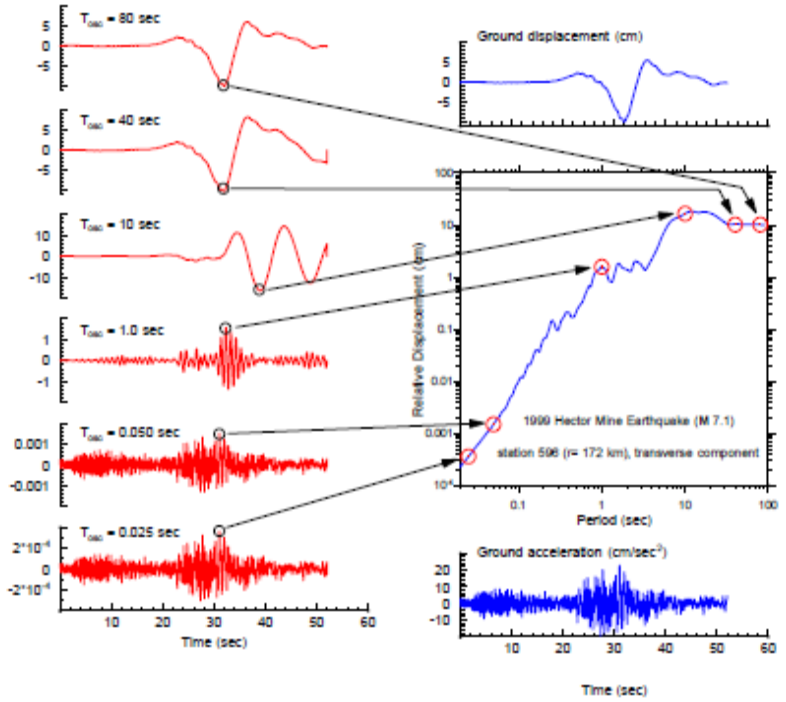
Παράμετροι της Εδαφικής Δόνησης

Παράμετροι Συχνοτικού Περιεχομένου

Φάσμα Απόκρισης

Max. Απόκριση ενός συστήματος SDOF το οποίο υποβάλλεται σε ειδική εδαφική κίνηση ως συνάρτηση της περιόδου και του λόγου απόσβεσης. Εδαφική κίνηση "φιλτραρισμένη" από το σύστημα SDOF

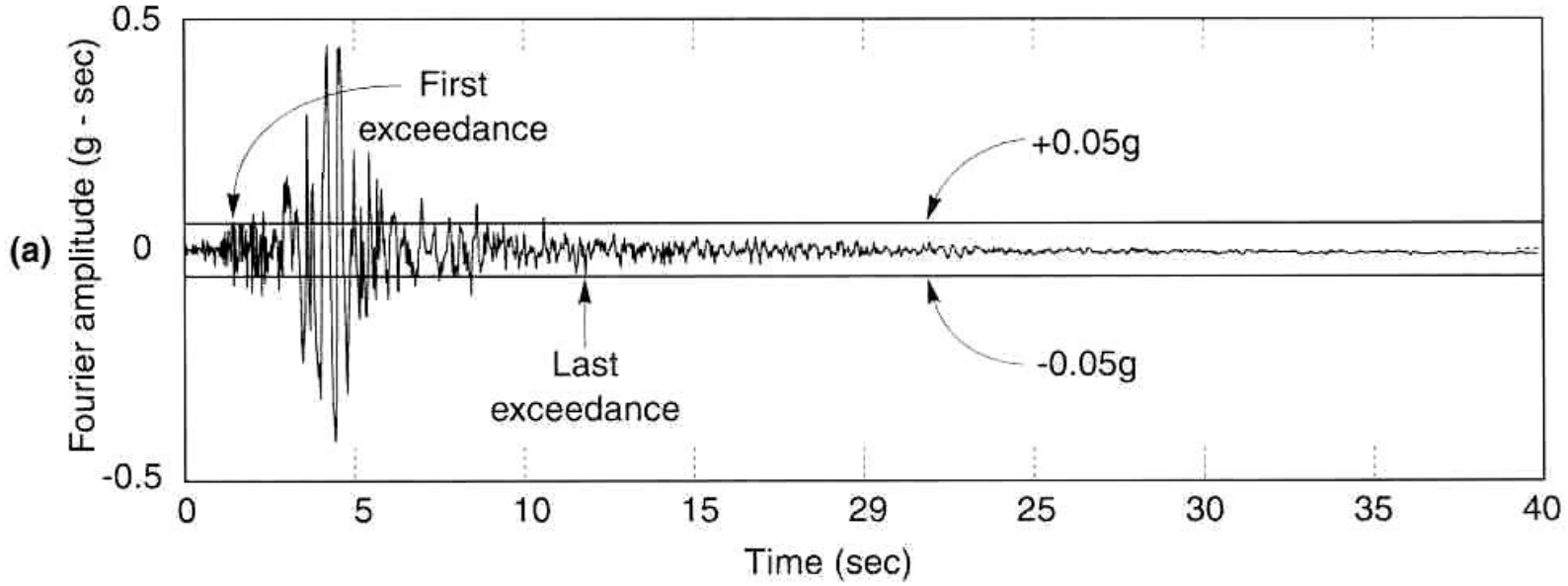




Παράμετροι της Εδαφικής Δόνησης

Διάρκεια Ισχυρής Κίνησης

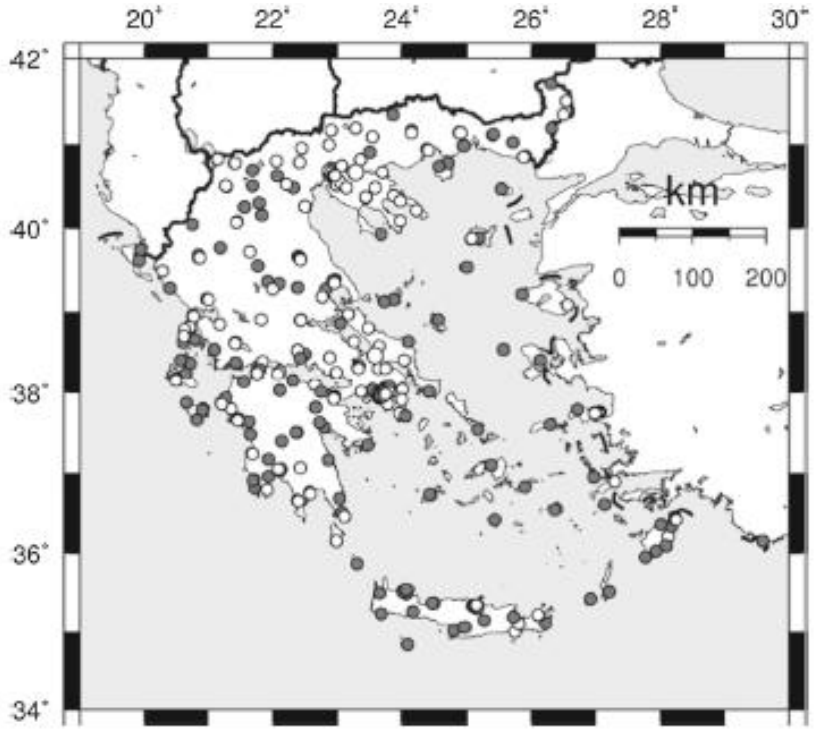
- Επίδραση στις ζημιές από EQ.
  - Απομείωση της δυσκαμψίας και της αντοχής (fatique)
  - Αύξηση της πίεσης πόρων (liquefaction)
- Διάρκεια αυξανόμενη με το σεισμικό μέγεθος
  - M=5.0: Duration=4/8 sec (rock sites/soil sites)
  - M=8.5: Duration=40/80 sec (rock sites/soil sites)



Πρόβλεψη της Ισχυρής Σεισμικής Κίνησης

Εμπειρικές Σχέσεις Εδαφικής Κίνησης
(Ground Motion Predictive Equations GMPE)

- **Δημιουργία βάσης δεδομένων ΙΣΚ**
- **Επιλογή μορφής της εξίσωσης πρόβλεψης**
- **Εκτέλεση παλινδρομικής στατιστικής ανάλυσης δεδομένων**
- **Εκτίμηση της στατιστικής αβεβαιότητας**

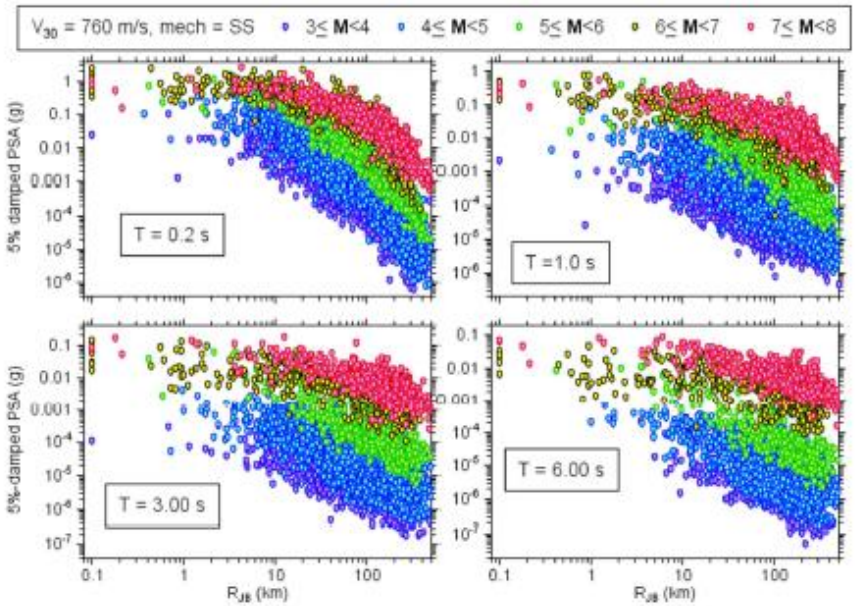


Εμπειρικές Εξισώσεις Εδαφικής Κίνησης :

$$Y=f(M,R,P_i)$$

- ***Y*: Εξεταζόμενη παράμετρος ΙΣΚ**
- ***M*: Σεισμικό μέγεθος**
- ***R*: Απόσταση σεισμικής πηγής – θέσης καταγραφής**
- **P_i: Άλλες παράμετροι (EQ πηγή, τοπικές εδαφικές συνθήκες, δρόμος κυματικής διάδοσης …)**

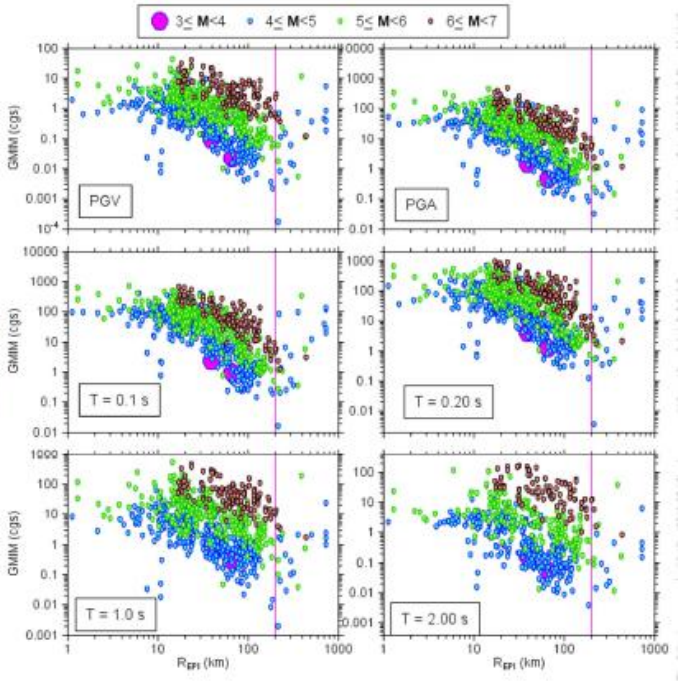
A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention - SciNetNatNazPrev



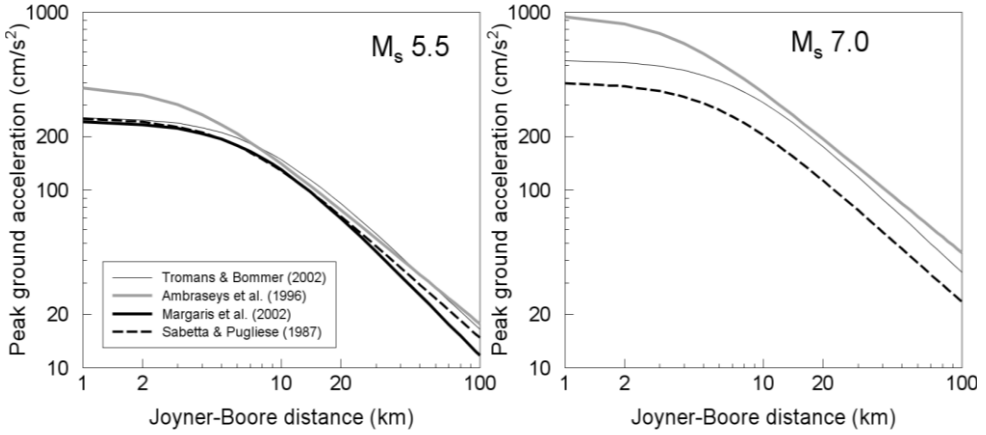
C:\nga_w2\report4peer_figures\ psa_vs_rjb.14mar13.m_3-4_4-5_5-6_6-7_7-8_vs_760_mech_1(ss)_t_0.2_1.0_3.0_6.0.draw

NGA_WEST2

- Stronger M dependence for longer periods, as for the NGA-West 2 data
- Clearly defined distance decay
- Some outliers that need to be checked for errors in instrument gain and other metadata (M, R, etc)



GREEK_DAT 2010



Μη-Πιθανολογική (Αιτιοκρατική) Εκτίμηση Σ.Ε. (ΑΕΣΕ)

Θεωρεί ένα "σεισμικό σενάριο"

Επιλογή ενός μεγέθους σχεδιασμού, *M*
Επιλογή μίας απόστασης σχεδιασμού, *R*
Επιλογή επιδράσεων λόγω *M, R*

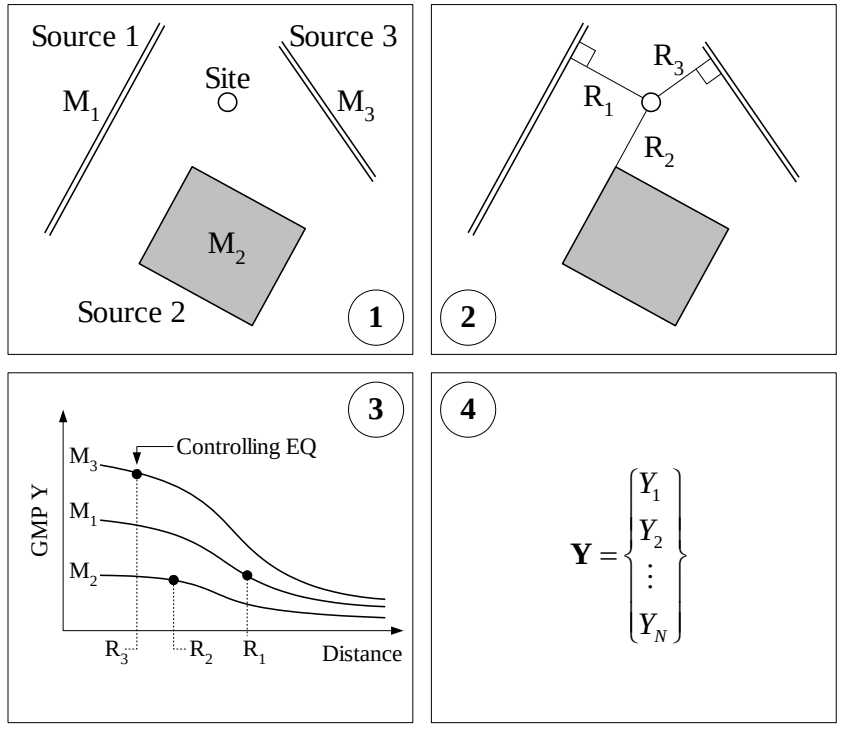
Πρώτη προσέγγιση στηνΑΕΣΕ

Προήλθε από την εφαρμογή της στις Μελέτες Εγκαταστάσεων Πυρηνικών Αντιδραστήρων Χρησιμοποιούμενη ακόμη σε κρίσιμες κατασκευές

- Πυρηνικούς Αντιδραστήρες
- Μεγάλα Φράγματα
- Μεγάλες Γέφυρες
- Θέσεις αποθήκευσης επικίνδυνων αποβλήτων
- Ως «καπέλο» στην ΠΕΣΕ

Μία Τυπική ΑΕΣΕ σε διαδικασία 4-βημάτων:

1. Καθορισμός και χαρακτηρισμός όλων των σεισμικών πηγών
2. Επιλογή παραμέτρων απόστασης σεισμ.πηγής -Θέσης κατ.
3. Επιλογή του σεισμού σχεδιασμού
4. Καθορισμός της επικινδυνότητας σε όρους εδαφικής κίνησης παραγόμενη στην εξεταζόμενη θέση για τον σεισμό σχεδιασμού



Πιθανολογική Εκτίμηση Σ.Ε. (ΠΕΣΕ)

Πιθανολογική (ΠΕΣΕ)

Θεώρηση πολλαπλών "σεισμικών σεναρίων"
Θεώρηση όλων των μεγεθών σχεδιασμού
Θεώρηση όλων των αποστάσεων σχεδιασμού
Θεώρηση όλων των πιθανών επιδράσεων

Γιατί ΠΕΣΕ ?

- Διότι δεν γνωρίζουμε:
  1. Πότε θα συμβούν οι σεισμοί
  2. Που θα συμβούν
  3. Πόσο ισχυροί θα είναι

- Η εφαρμογή της ΠΕΣΕ επιτρέπει αβεβαιότητες στα:
  1. Σεισμικό μέγεθος (M)
  2. Εξεταζόμενη Θέση (R)
  3. Περίοδο επανάληψης (χρόνος)
  4. Μεταβολή των χαρακτηριστικών της εδαφικής δόνησης με το μέγεθος και την απόσταση

- Η ΠΕΣΕ μπορεί να περιγραφή ως μία διαδικασία 4-βημάτων παρόμοια με την ΑΕΣΕ.

ΠΕΣΕ διαδικασία 4 - βημάτων:

1.Αναγνώριση και χαρακτηρισμός όλων των σεισμικών πηγών (χωρική αβεβαιότητα: spatial uncertainty)

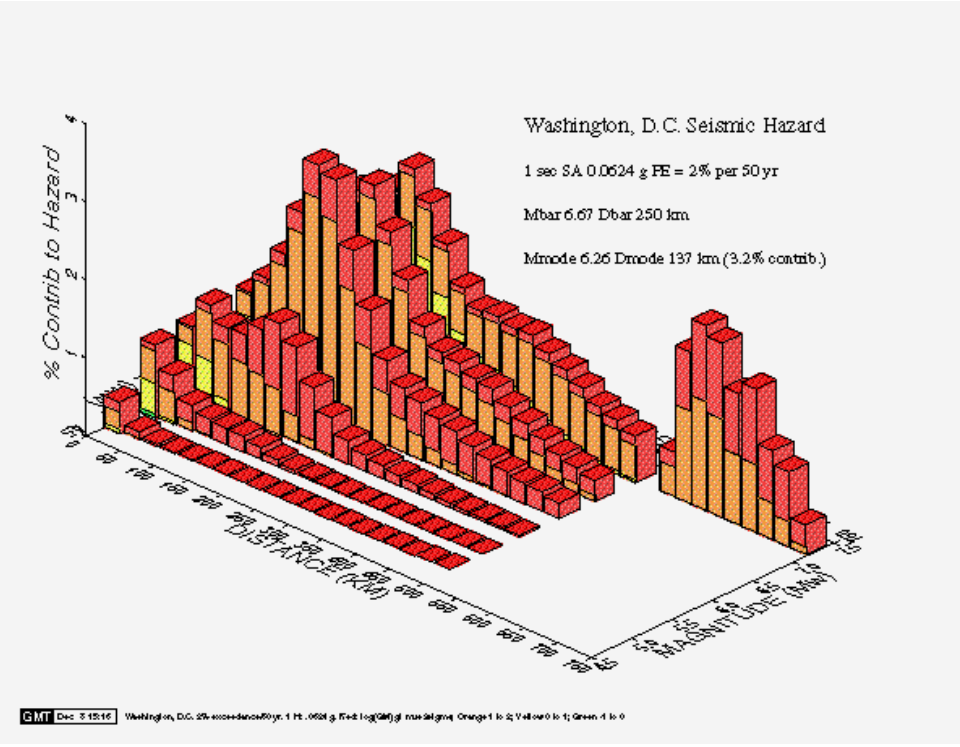
2.Κατανομή των σεισμικών μεγεθών (σεισμικότητα κάθε πηγής) (αβεβαιότητα μεγέθους: size uncertainty)

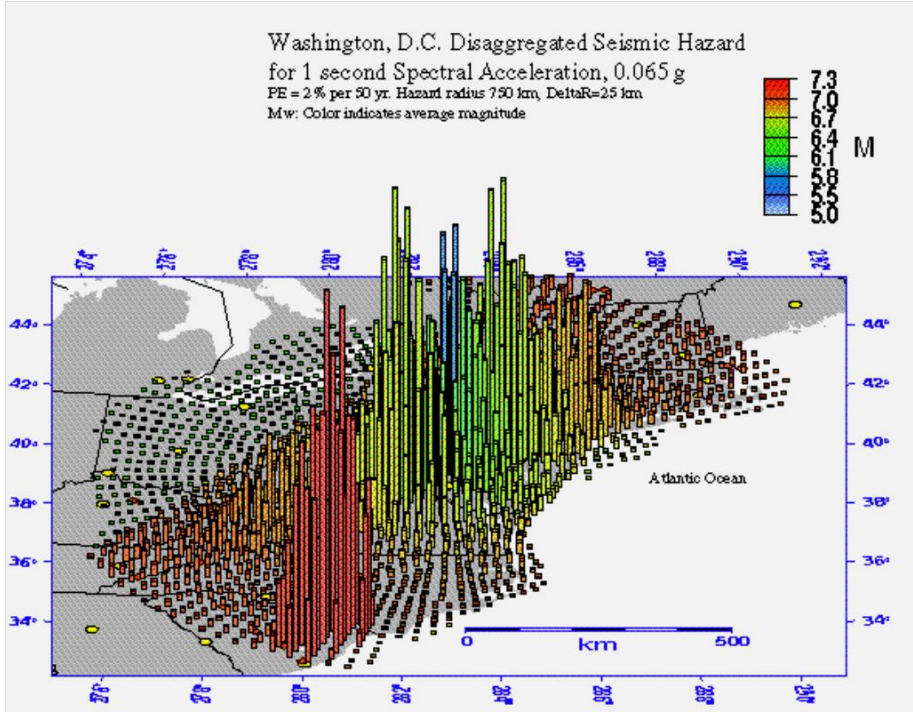
3.Καθορισμός των εδαφικών δονήσεων σε μία θέση με βάση τις σχέσεις GMPE

4.Υπολογισμός της πιθανότητας της GMP η οποία θα υπερβληθεί σε προκαθορισμένη χρονική περιόδου (χρονική αβεβαιότητα : temporal uncertainty)

Πιθανολογική Εκτίμηση Σ.Ε. (ΠΕΣΕ)

Από-άθροιση της Πιθανολογικής ΕΣΕ





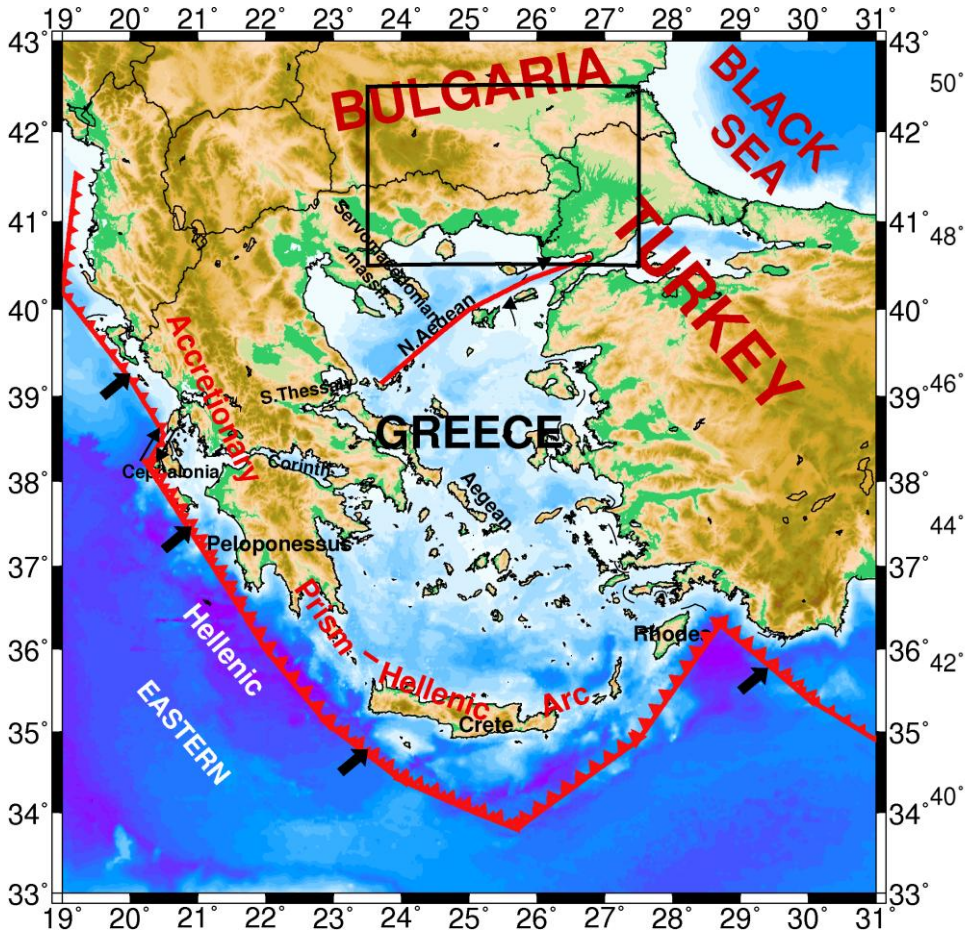
Project funded by the EUROPEAN UNION

SciNet-NatHaz Prevention

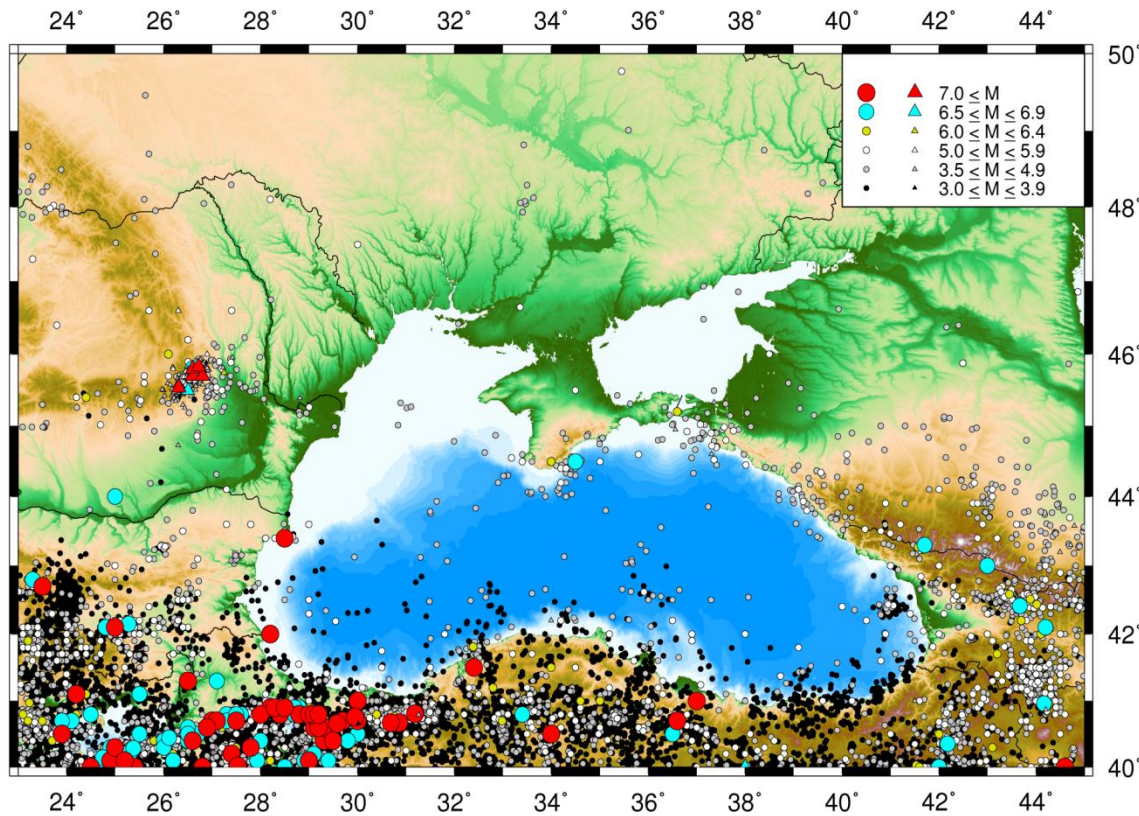
Black Sea CROSS BORDER COOPERATION

A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention - SciNetNatNazPrev

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Σεισμοτεκτονική της Περιοχής

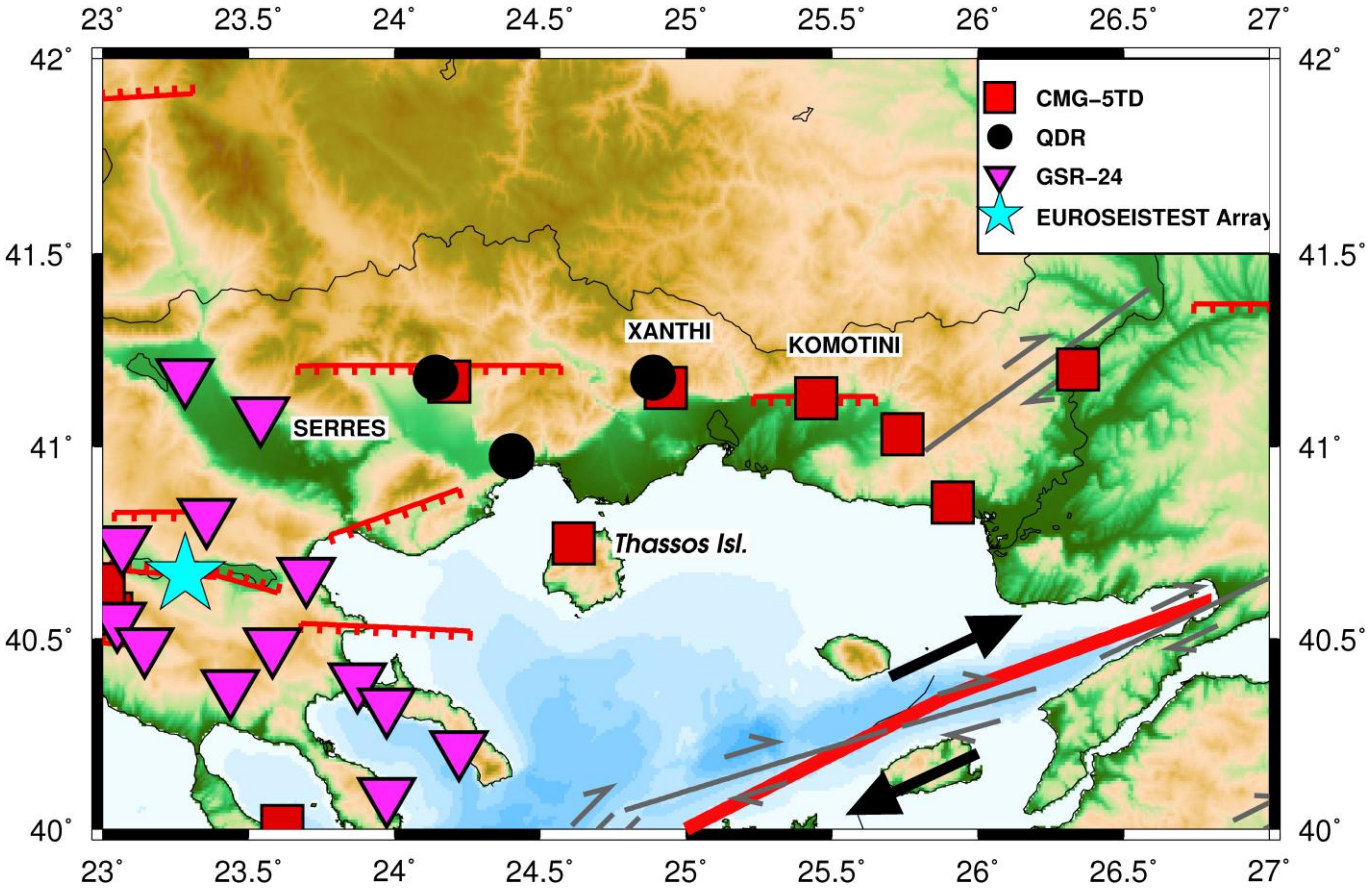


(Papaioannou, 2014)

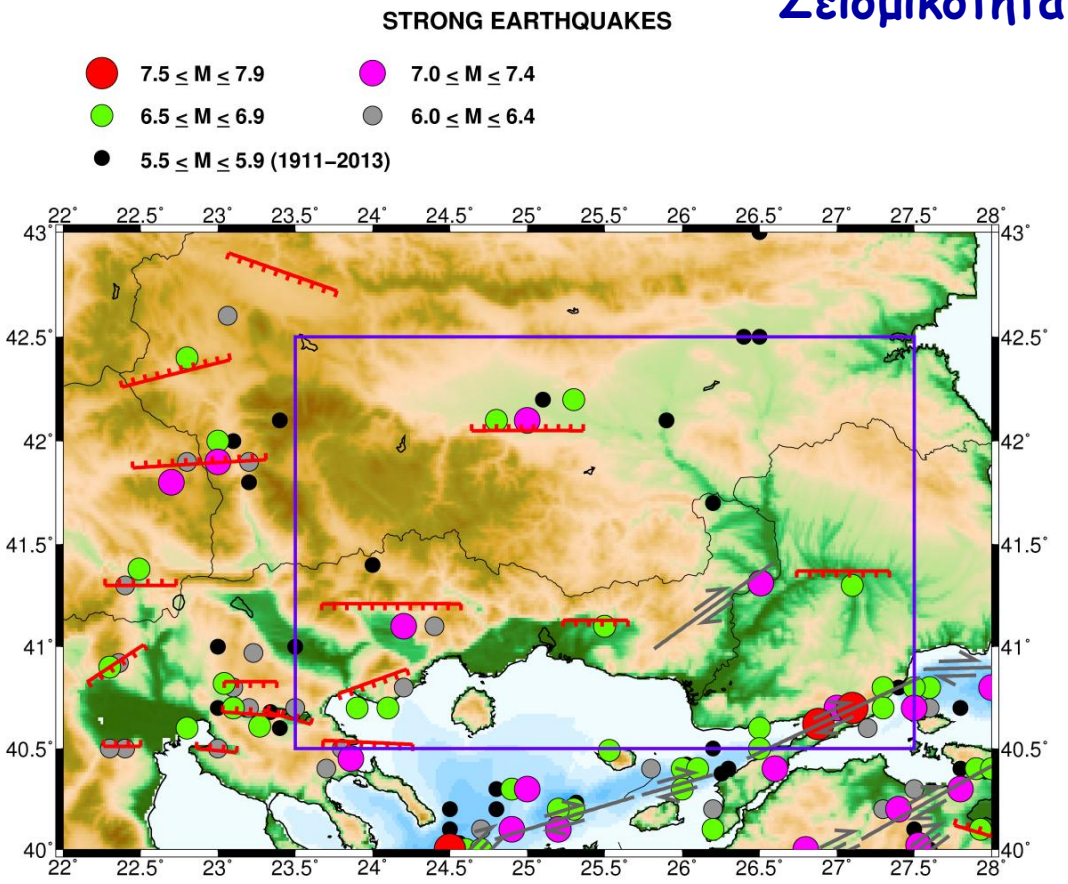


ΣΚΟΡΔΥΛΗΣ 2015 (:προσ. επι.)

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Σεισμικότητα της Περιοχής
Καταγραφή Ισχυρής Σεισμικής Κίνησης



Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Σεισμικότητα της Περιοχής



Earthquake faults Papazachos et al. (2001)

Ισχυροί Ιστορικοί Σεισμοί
Papazachos and Papazachou (1997, 2003)

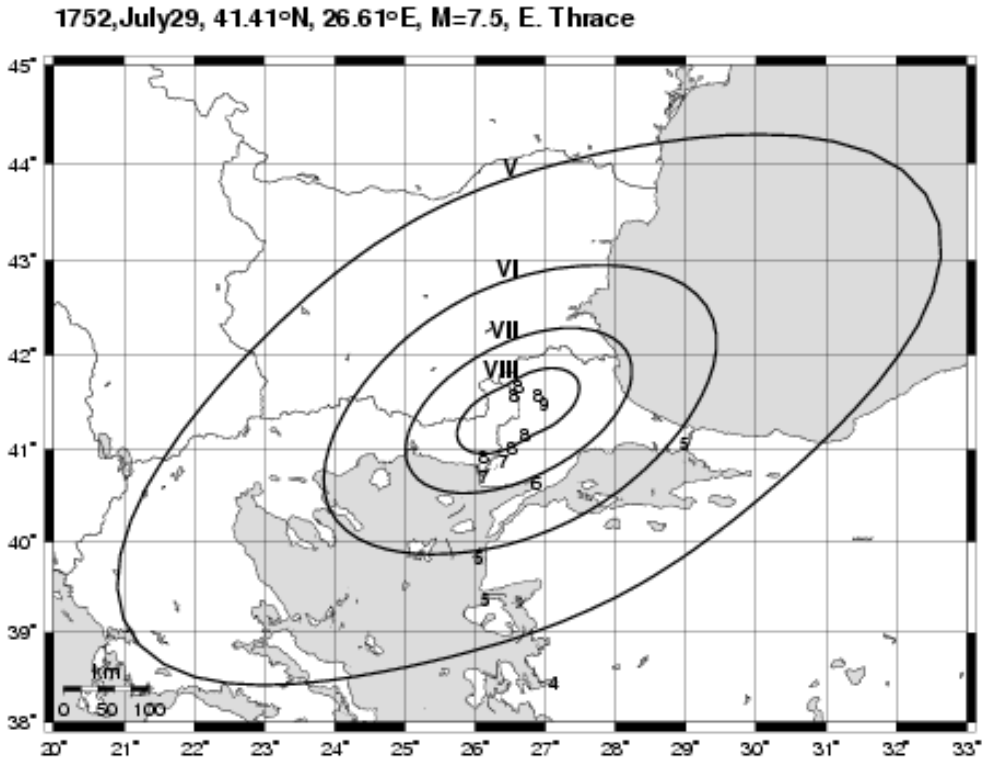
Project funded by the EUROPEAN UNION

SciNet-NatHaz Prevention

Black Sea CROSS BORDER COOPERATION

A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention - SciNetNatNazPrev

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις
(*Papazachos & Papazachou 2003*)



Papazachos et al. (1997)

1752, Ιούλιος 29, 41.31° N, 26.51° E, h = n, M = 7.4, A. Θράκη (IX, Havsa)

Από πηγές που παραθέτουν οι Ambraseys and Finkel (1995) γίνεται γνωστό ότι ο σεισμός προκάλεσε πολύ μεγάλες βλάβες στην Αδριανούπολη (Edirne) και σε άλλα μέρη της ανατολικής Θράκης. Πολλοί μιναρέδες, σπίτια και μαγαζιά καταστράφηκαν στην πόλη αυτή. Ένα μεγάλο μέρος από τα τείχη του κάστρου καθώς και σημαντικός αριθμός πυλών γκρεμίστηκαν. Ερειπώθηκαν οι πόλεις Havsa και Haskoy. Στην πόλη της Havsa μόνο ένα σπίτι σώθηκε και στο Haskoy αναφέρθηκαν πολλοί τραυματισμοί και θάνατοι. Στο χωριό Ahur κατέρρευσε ένας στάβλος με καμήλες. Τα χωριά Zerna, Kozkoy και Ferecik σαρώθηκαν και σκοτώθηκαν άθρωποι. Στην Ipsala μέρος από τα τείχη ενός τζαμιού παρά λίγο να καταρρεύσει και ο μιναρές του πήρε κλίση. Στο Enez (Αίνο) το μεγαλύτερο μέρος από τα τείχη έφθασε κοντά στην κατάρρευση ενώ τα υπόλοιπα εντελώς διαλύθηκαν. Το έδαφος ρηγματώθηκε σε διάφορα μέρη και αλλού ξεπετάχτηκε νερό που μύριζε θειάφι. Στην Αδριανούπολη μερικά πηγάδια στέρεψαν και έπρεπε να σκαφτούν από την αρχή. Στην Κωνσταντινούπολη κατέρρευσαν λίγα παλαιά σπίτια αλλά αναφέρεται ότι το σεισμό ακολούθησε μεγάλη πυρκαγιά από την οποία κάηκαν 57 μαγαζιά. Έγινε ευρύτατα αισθητός και στη Σμύρνη. Του σεισμού προηγήθηκαν προσεισμοί. Οι μετασεισμοί συνεχίστηκαν για τρεις μήνες στην Αδριανούπολη και στην περιοχή για περισσότερο από ένα χρόνο. Πιθανόν να προκλήθηκαν κάποιες βλάβες σε Evrese, Bozcaada (Τένεδο) και Μόλυβο (Λέσβου). Παρατίθενται ισόσειστες στον Άτλαντα του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του ΑΠΘ από τους Papazachos et al. (1997b).

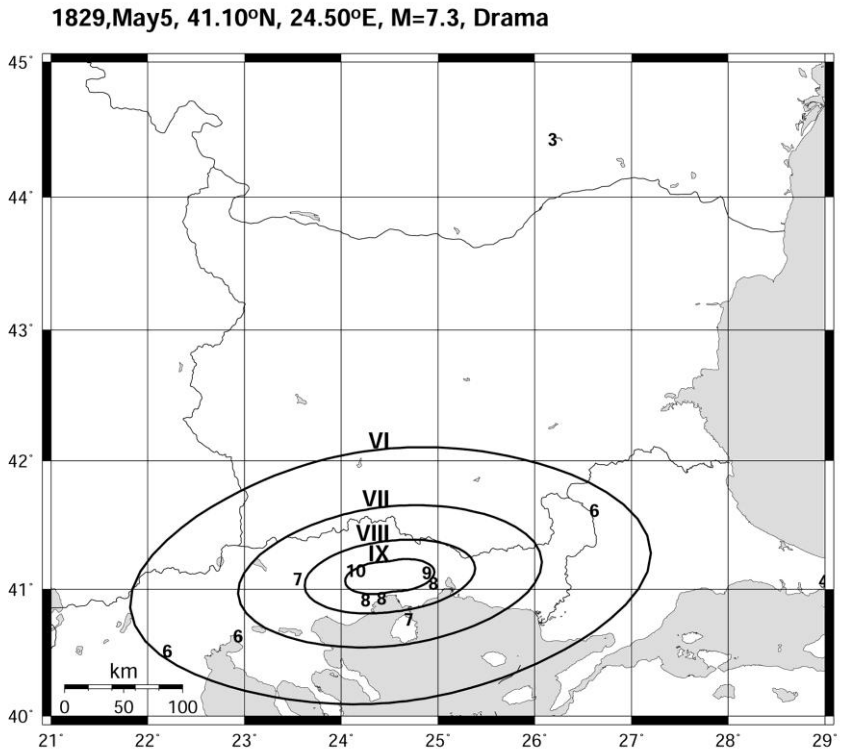
Project funded by the EUROPEAN UNION

SciNet-NatHaz Prevention

Black Sea CROSS BORDER COOPERATION

A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention - SciNetNatNazPrev

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις (*Papazachos & Papazachou 2003*)



Papazachos et al. (1997)

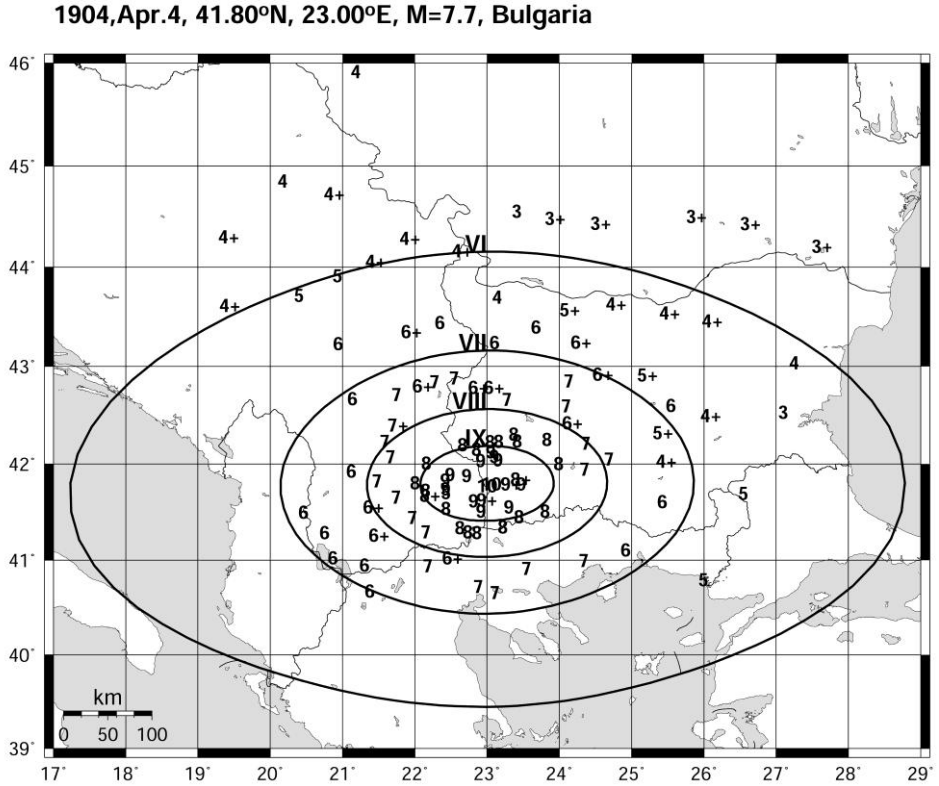
1829, Μάιος 5, 41.1º N, 24.2º E, h = n, M = 7.3, Δράμα (X)

Πρόκειται για σεισμική ακολουθία με δύο (ίσως) πολύ ισχυρούς προσεισμούς οι οποίοι έγιναν στις 11 Απριλίου και στις 13 Απριλίου ενώ ο κύριος σεισμός έγινε στις 5 Μαΐου. Από τις περιγραφές των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων φαίνεται ότι οι ισχυροί προσεισμοί προκάλεσαν βλάβες στο ανατολικό μέρος της πλειόσειστης περιοχής (Ξάνθη, κλπ) και ο κύριος σεισμός στο δυτικό της μέρος (Δράμα, κλπ). Δηλαδή πραγματοποιήθηκε μία προς δυσμάς μετανάστευση πάνω στο σεισμογόνο ρήγμα το οποίο φαίνεται ότι έχει μία ανατολική – δυτική διεύθυνση.

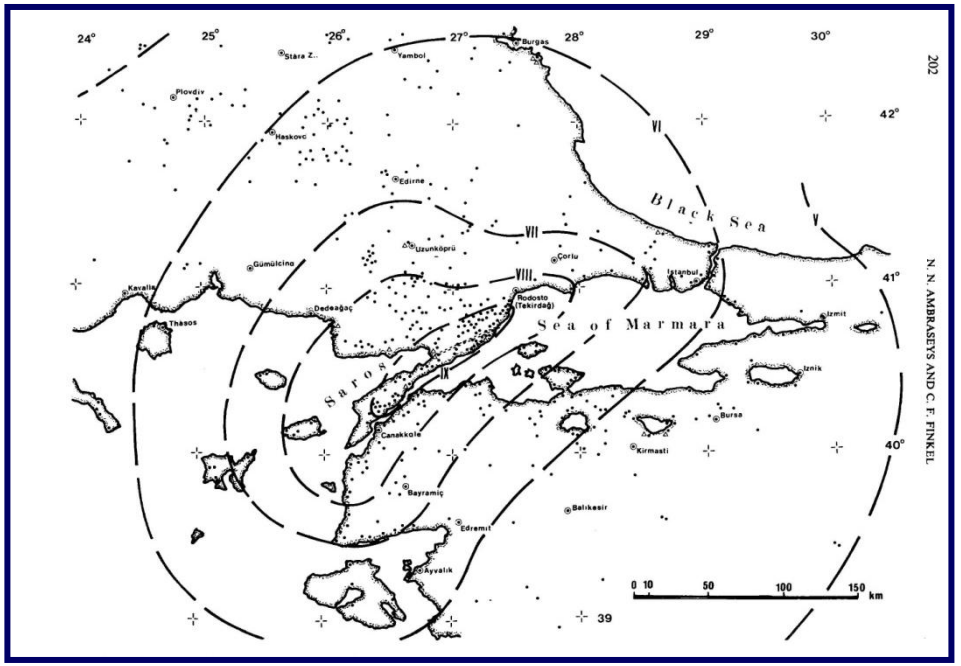
Σε ενθύμηση που υπάρχει στο αρχείο της δημογεροντίας στο ναό του Αγίου Αντωνίου της Βέροιας αναφέρεται ότι στις 30 Μαρτίου (παλαιό ημερολόγιο) και ώρα δέκα έγινε (στη Βέροια) μεγάλος σεισμός και ένα από τα καντήλια της εκκλησίας τσακίστηκε (Μαραβελάκης 1938). Σε επιστολή που λάβαμε στις 12.5.1979 από το Μητροπολίτη Ξάνθης Αντώνιο αναφέρεται ότι στη μονή της Παναγίας Αρχαγγελιώτισσας βρέθηκε ενθύμηση στην οποία ο Ηγούμενος της μονής Αγάπιος γράφει ότι στις 30 Μαρτίου 1829, ημέρα Σάββατο και ώρα εννέα και μισή, έγινε μέγας σεισμός και έπεσαν πολλά σπίτια στην Ξάνθη, στο Γενιτζέ (Γενισέα) και σ' ολόκληρο τον κάμπο. Έπεσε και λίγος κουπές (τρούλος) της εκκλησίας. Στις είκοσι Απριλίου, αναφέρει η ενθύμηση, ημέρα Τρίτη στις εννέα η ώρα έγινε μεγαλύτερος σεισμός ο οποίος έριξε όλη την εκκλησία και τα τείχη του μοναστηριού. Ο Μητροπολίτης Ξάνθης προσθέτει στην επιστολή του ότι ο μεγάλος σεισμός μετέβαλε σε ερείπια και την μονή της Παναγίας Καλαμούς και τα κελιά της μονής των Παμμεγίστων Ταξιαρχών. Τα μοναστήρια αυτά ανοικοδομήθηκαν μετά το 1835 όπως προκύπτει από διάφορες επιγραφές. Σε έκδοση της μονής της Παναγίας Εικοσιφοινήσσης (Δράμα 1979) αναφέρεται ότι από το σεισμό της 5 Μαΐου υπέστη σοβαρές βλάβες ο κεντρικός ναός της μονής των Εισοδίων της Θεοτόκου που χτίστηκε τον 11ο αιώνα (στη βόρεια πλευρά του Παγγαίου). Γι' αυτό αυτός κατεδαφίστηκε και το 1842 ολοκληρώθηκε ο μέχρι σήμερα σωζόμενος ναός.

Όπως προκύπτει από δημοσιεύματα του Ευρωπαϊκού τύπου της εποχής (Hoff 1840, Perrey 1848, Mallet 1854, Hoerner 1902, Watzof 1902) ο σεισμός της 13 Απριλίου έγινε στις 4 ώρα το βράδυ και κατέστρεψε την Ξάνθη η οποία σχεδόν βυθίστηκε στο έδαφος με τους κατοίκους της. Στην Ελευθερούπολη (Πράβι) 70 σπίτια γκρεμίστηκαν και στην Καβάλα κατέρρευσαν αρκετά σπίτια και το ενετικό κάστρο. Στην Αδριανούπολη έπεσαν μερικοί μιναρέδες και σπίτια. Ο Ρώσος ναύαρχος Ricord βρισκόταν στη Θάσο και συνέτρωγε με τον Τούρκο διοικητή όταν αισθάνθηκε το πρώτο οριζόντιο χτύπημα από τα ΒΔ που οφειλόταν στο σεισμό αυτό και τα μπουκάλια και ποτήρια έπεσαν από το τραπέζι τους. Ο σεισμός έγινε αισθητός και στη Ρωσική ναυαρχίδα. Οι δονήσεις συνεχίσθηκαν κάθε μέρα μέχρι τη γένεση του κυρίου σεισμού στις 5 Μαΐου το απόγευμα. Ο σεισμός αυτός συγκλόνισε τις ακτές της Μακεδονίας και της Θράκης και έγινε αισθητός μέχρι την Κωνσταντινούπολη και το Βουκουρέστι. Η μικρή (τότε) πόλη της Δράμας καταστράφηκε εντελώς και από ένα βουνό 10 μίλια από τη Δράμα ξεπήδησε ξαφνικά ένα είδος κόκκινου νερού. Έπαθαν σοβαρές βλάβες και τα γύρω χωριά. Οι πόλεις της Καβάλας και των Σερρών υπέφεραν πολύ. Στη Θεσσαλονίκη σπίτια, τζαμιά και μέρος του τείχους της πόλης κατέρρευσαν ενώ γίνονταν αισθητές δονήσεις μέχρι τις 10 Μαΐου. Ο σεισμός είχε σοβαρές επιπτώσεις και στη Βουλγαρία (Watzof 1902). Παλιά σπίτια και πολλοί μιναρέδες καθώς και καμινάδες κατέρρευσαν. Προκάλεσε μεγάλο πανικό και ανάγκασε τους κατοίκους να εγκαταλείψουν τα σπίτια τους και να παραμείνουν για ολόκληρη εβδομάδα στο ύπαιθρο. Σε μερικά μέρη το έδαφος ρηγματώθηκε και ξεπήδησε νερό από πηγές που δημιουργήθηκαν. Ισόσειστες του σεισμού παρατίθενται στον Άτλαντα του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του ΑΠΘ από τους Papazachos et al. (1997).

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις



(Papazachos et al., 1997)

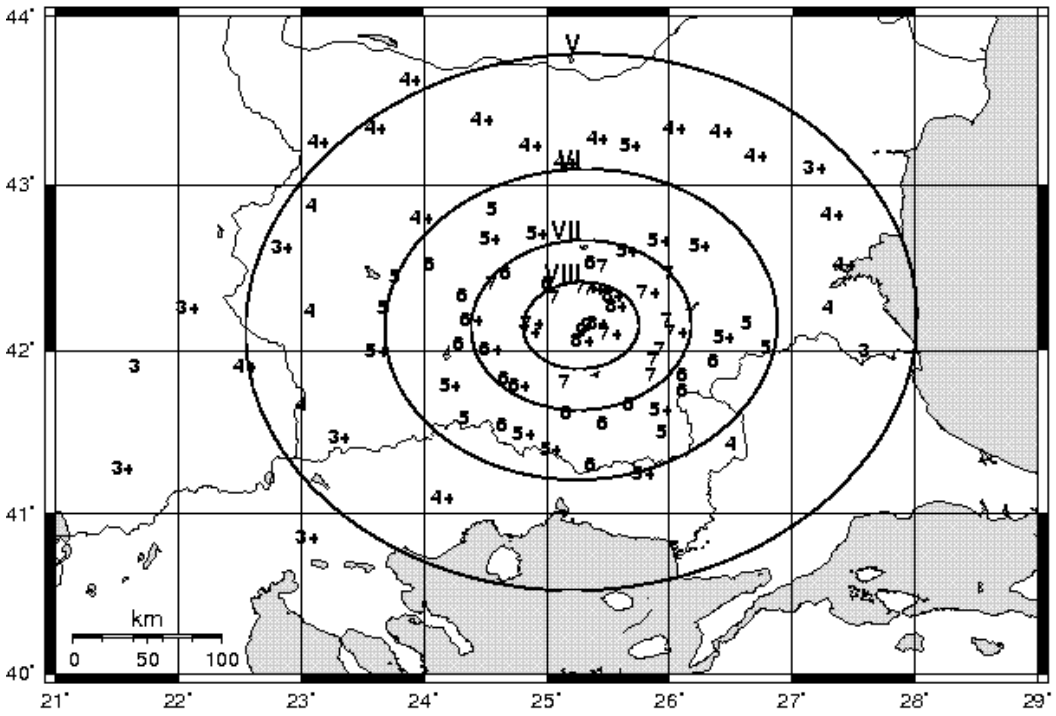


Earthquake of August 9, 1912 M7.3

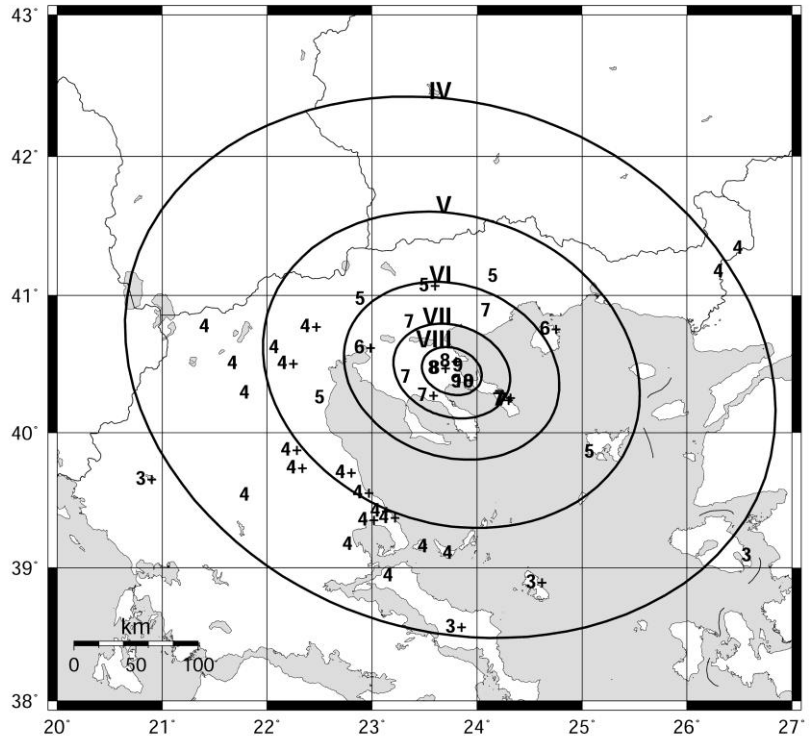
(Ambraseys and Finkel 1987).

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις
Papazachos et al. (1997)

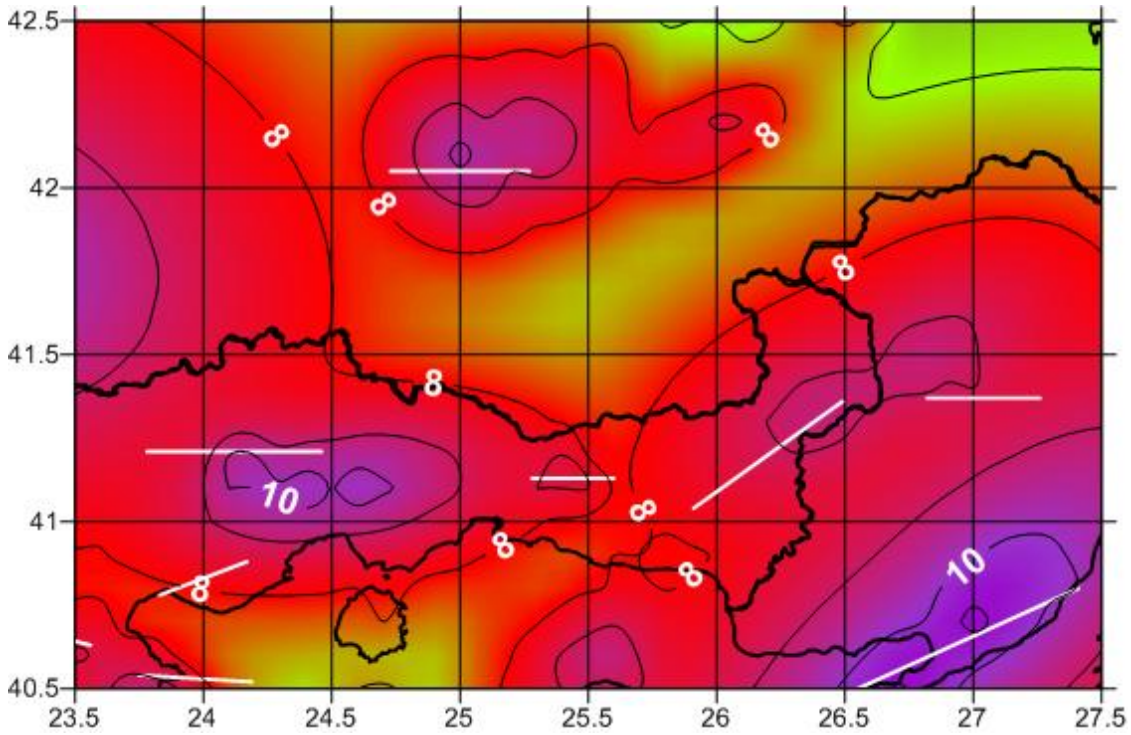
1928,Apr.14, 42.15ºN, 25.28ºE, M=6.8, Bulgaria



1932,Sep.26, 40.45ºN, 23.76ºE, M=7.0, Hierissos



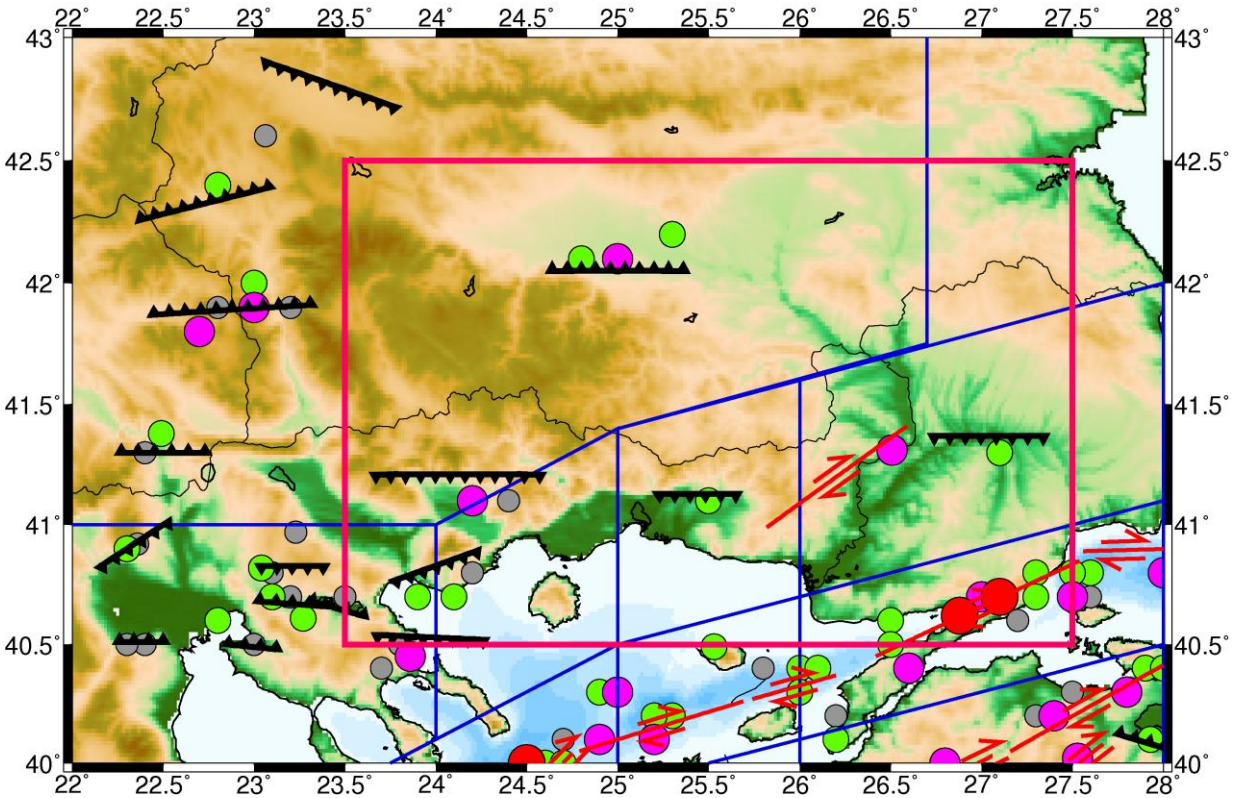
Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Με βάση την Μακροσεισμική Ένταση



(Papaioannou, 2014)

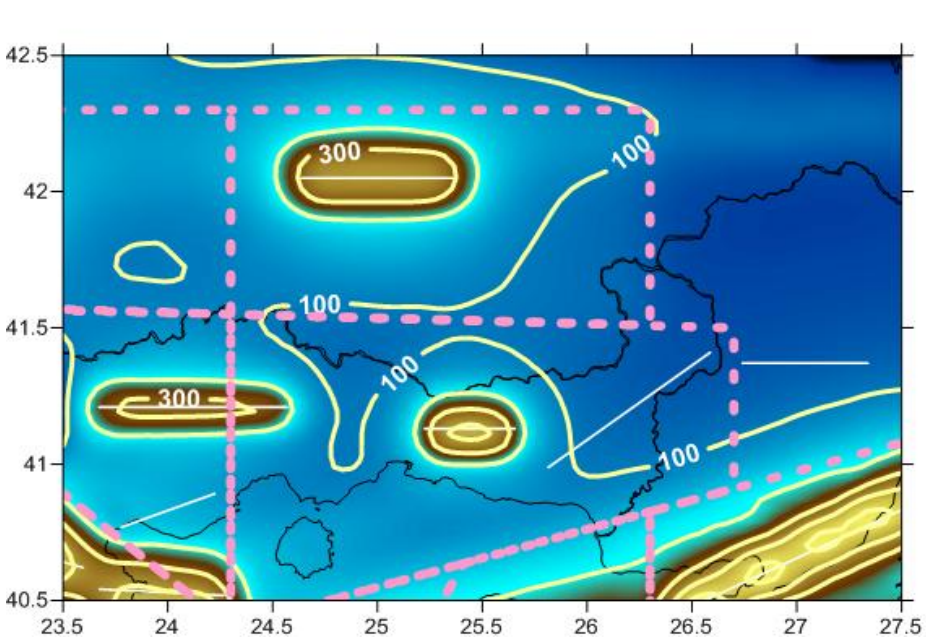
Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Σεισμικές Πηγές

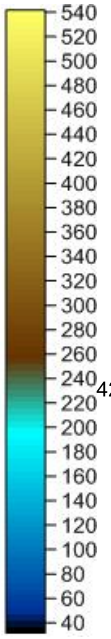
Hybrid Model of Area Sources & Faults



(Papaioannou, 2014)

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Με βάση την Μεγ. Εδαφ. Επιτάχυνση (cm/sec^2)

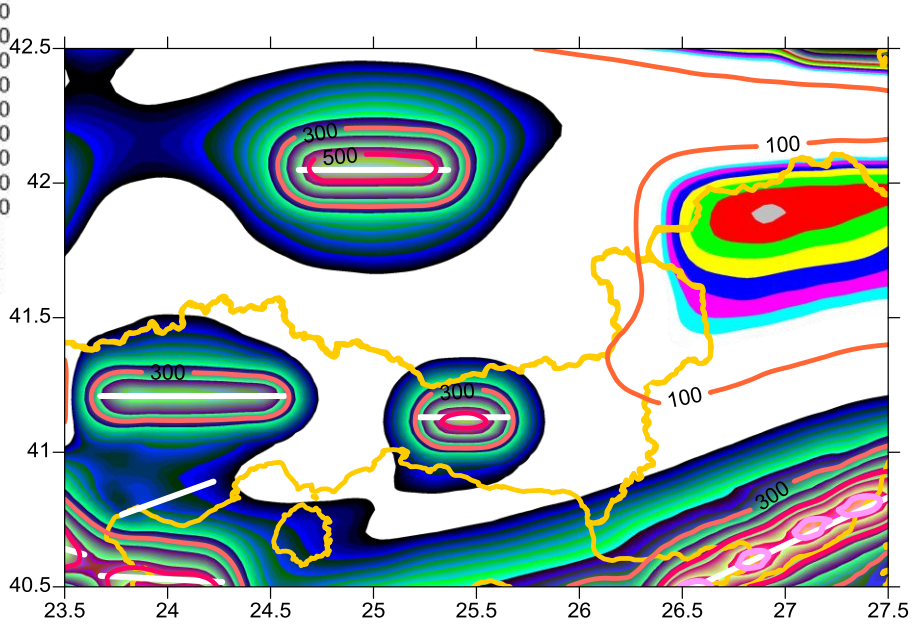


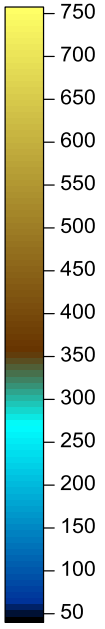


Tr: 475 Yrs

Tr: 950 Yrs

PGA MEAN VALUES





(Papaioannou, 2014)

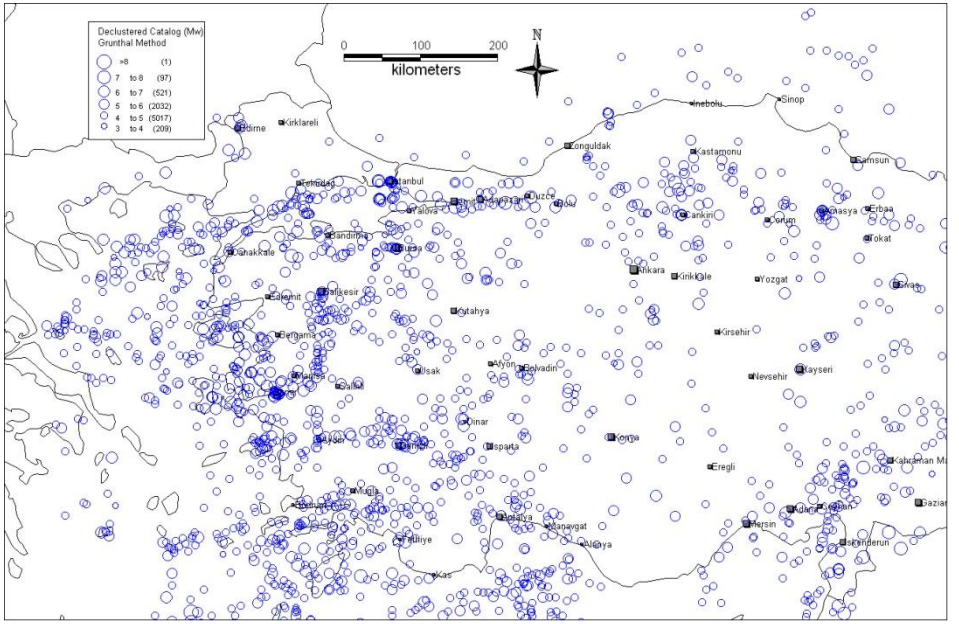
Project funded by the EUROPEAN UNION

SciNet-NatHaz Prevention

Black Sea CROSS BORDER COOPERATION

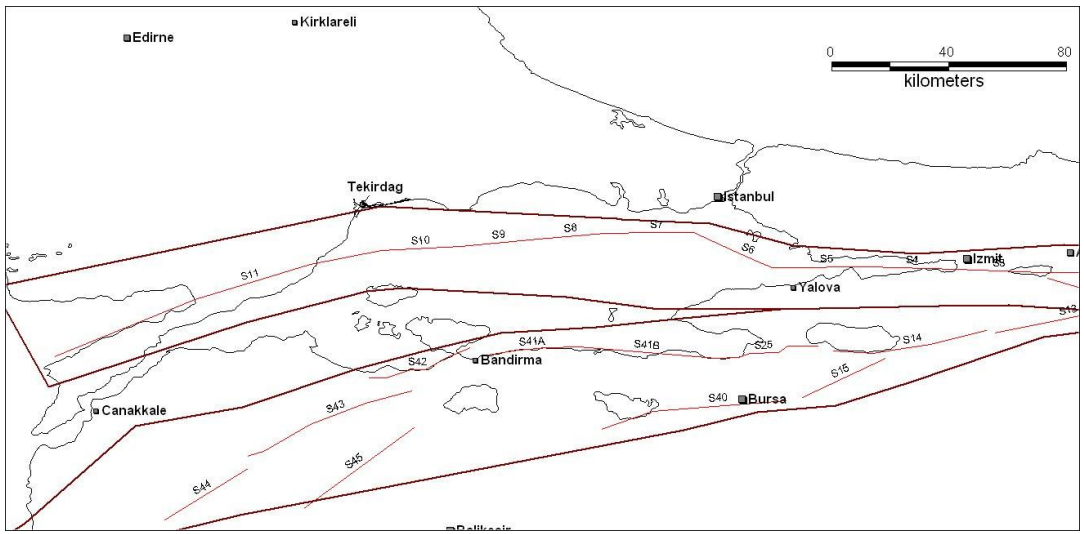
A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention - SciNetNatNazPrev

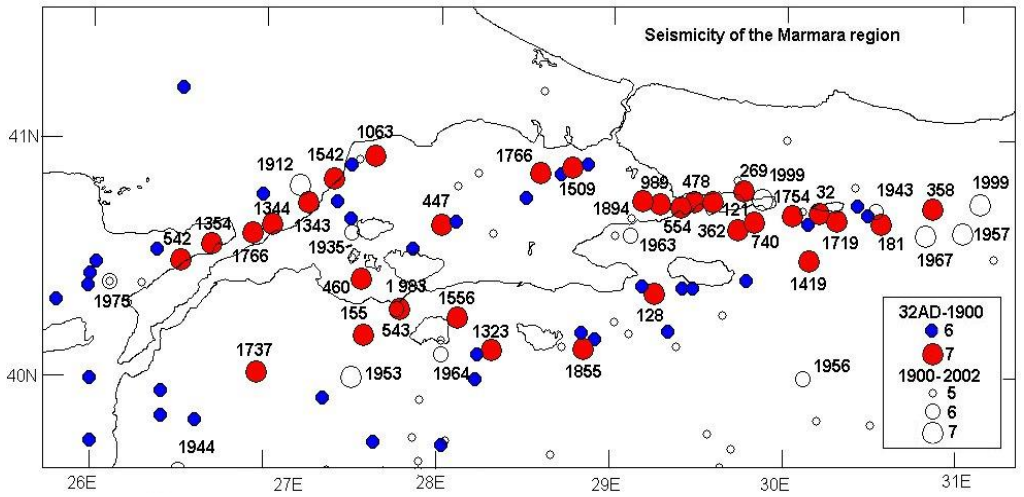
Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Επιλέξιμη Περιοχή : Τουρκία
Σεισμοτεκτονική της Περιοχής



(Demircioğlu etal., 2014)

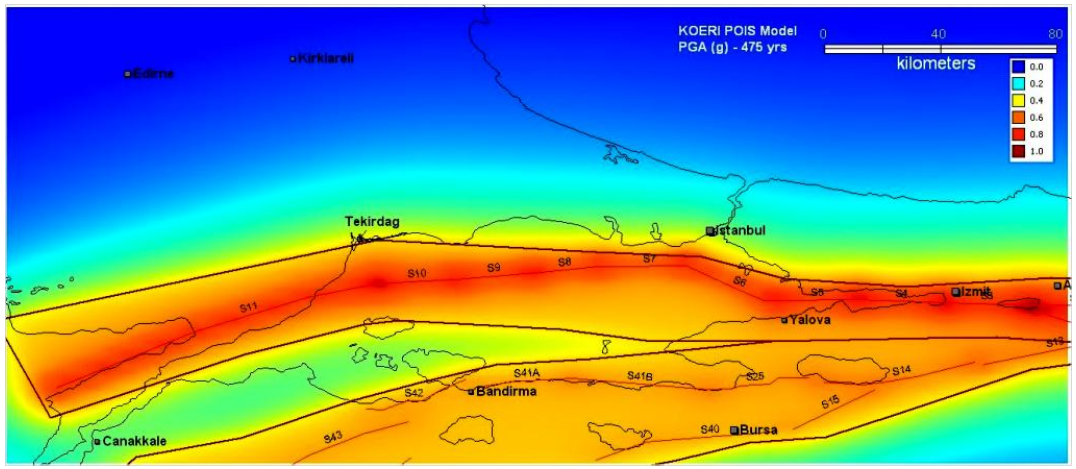
Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Επιλέξιμη Περιοχή : Τουρκία
Σεισμικές Ζώνες



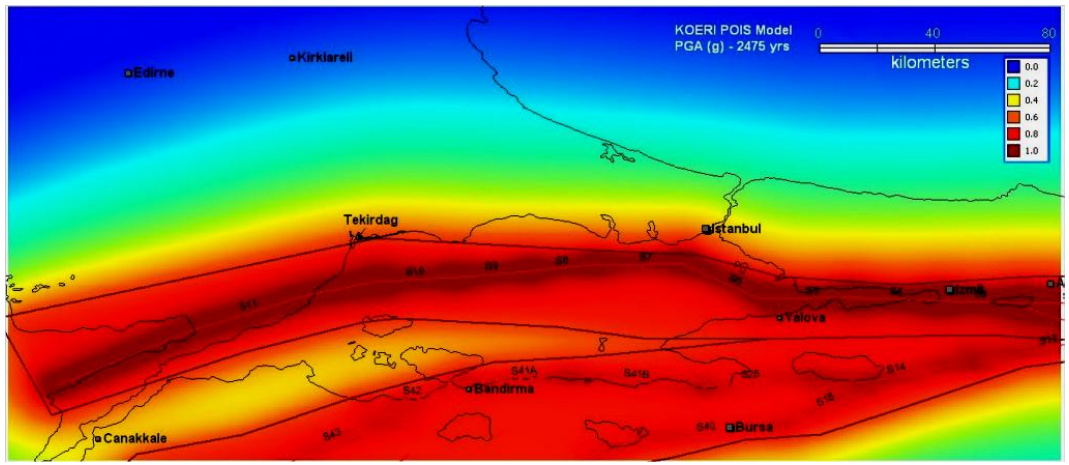


(Demircioğlu etal., 2014)

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Επιλέξιμη Περιοχή : Τουρκία



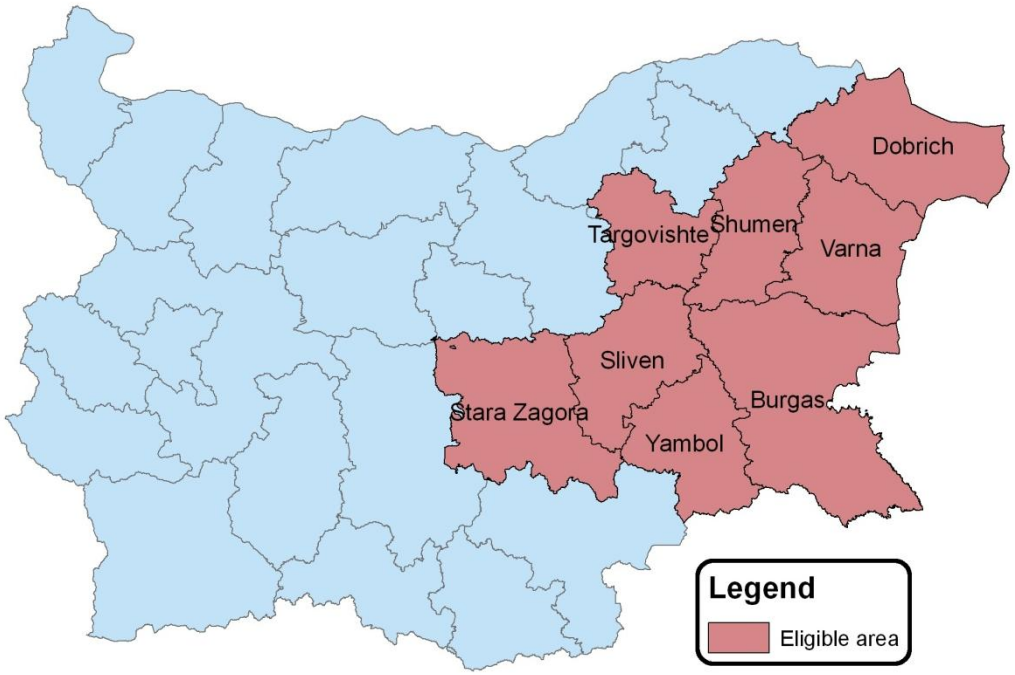
PGA map at NEHRP B/C boundary site class for 10% probability of exceedence in 50 yr (poisson model).

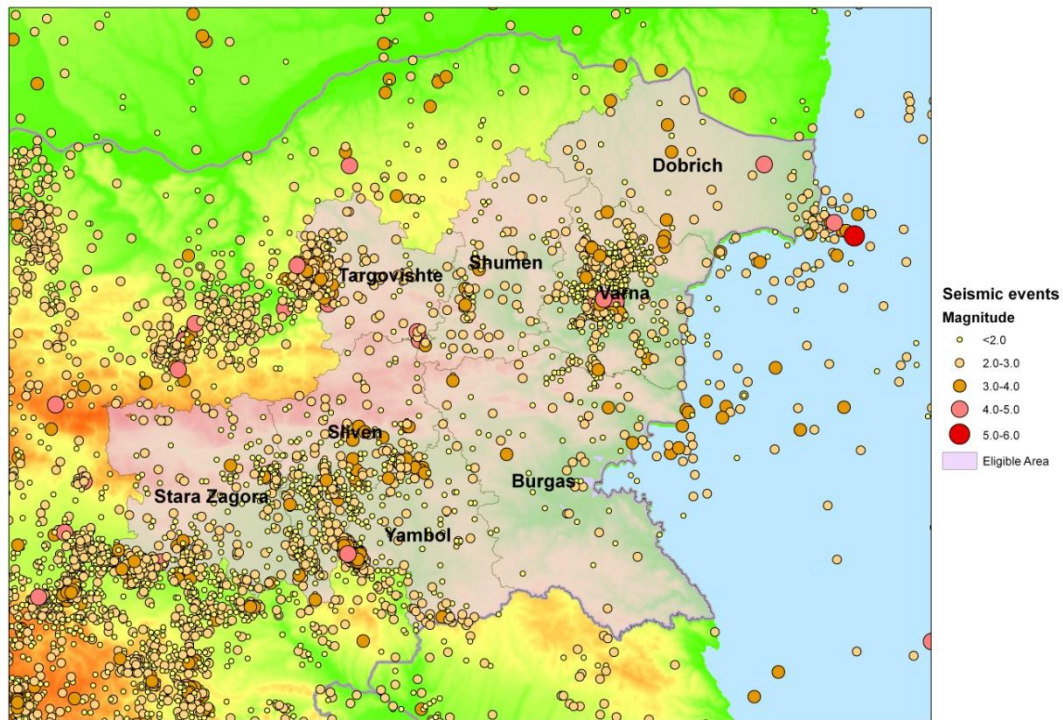


PGA map at NEHRP B/C boundary site class for 2% probability of exceedence in 50 yr (poisson model).

(Demircioğlu etal., 2014)

Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Επιλέξιμη Περιοχή : Βουλγαρία
Σεισμικότητα της Περιοχής

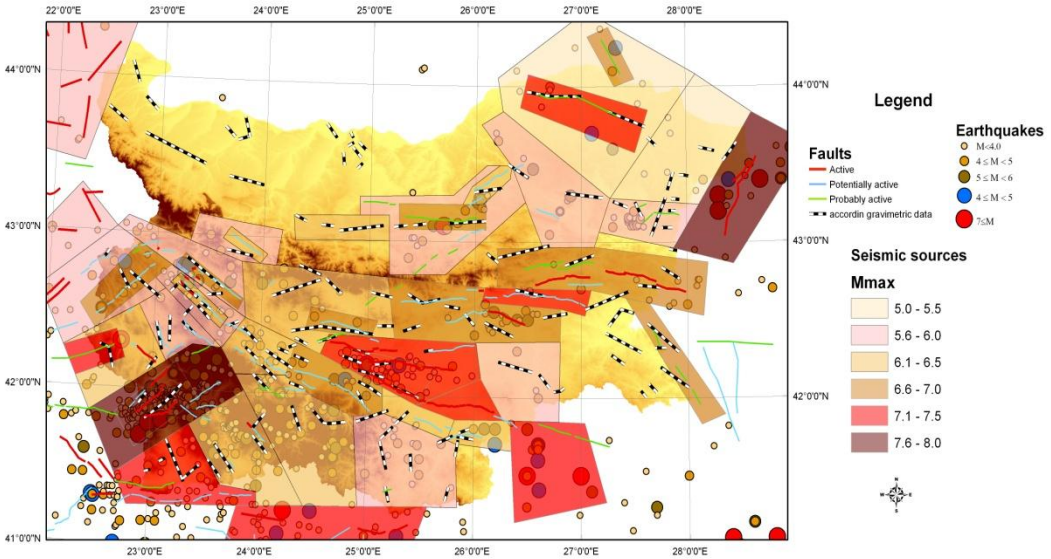




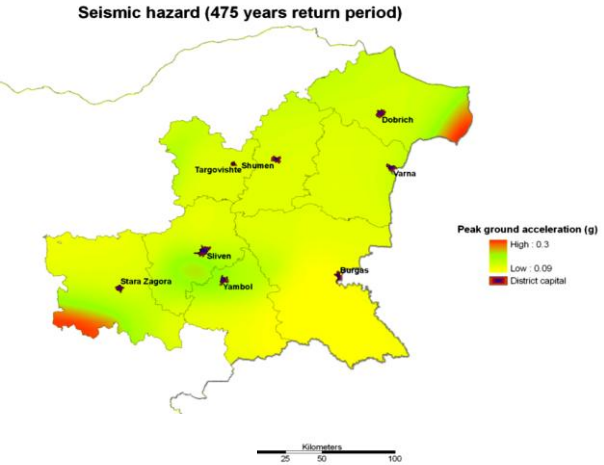
(Solakov etal., 2014)

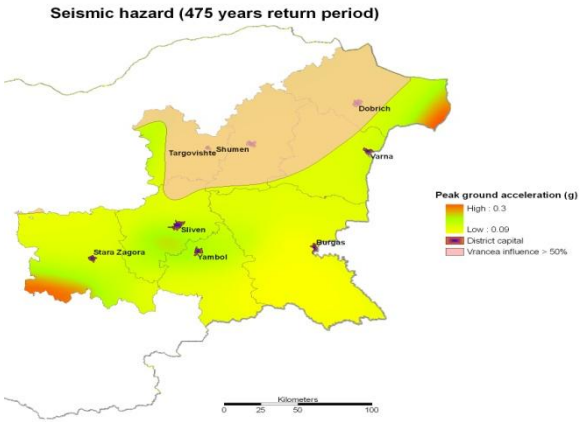
Αποτελέσματα Σεισμικής Επικινδυνότητας
Επιλέξιμη Περιοχή : Βουλγαρία
Σεισμικές Ζώνες & Σεισμ. Επικινδυν.

Seismic sources map

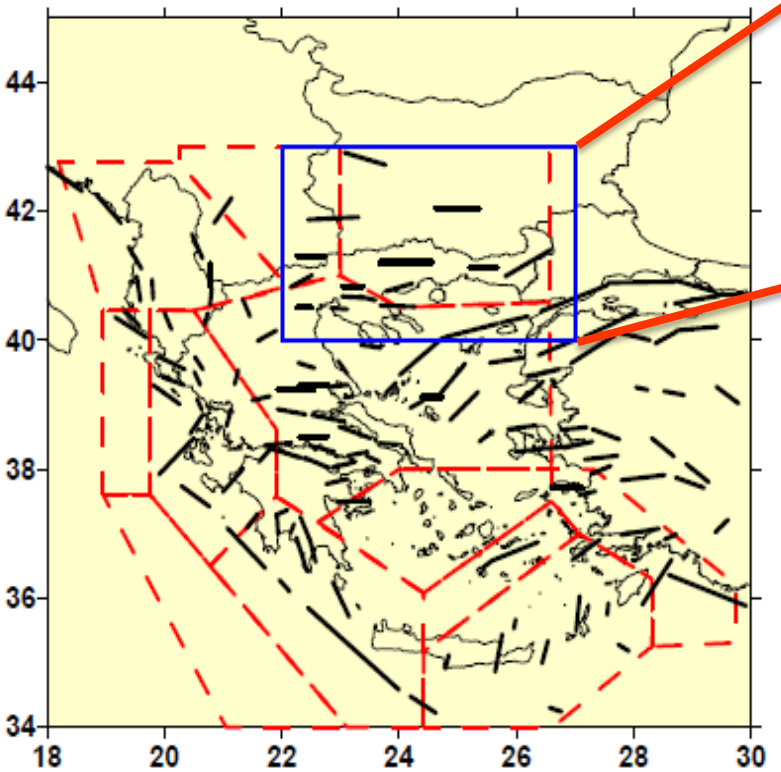


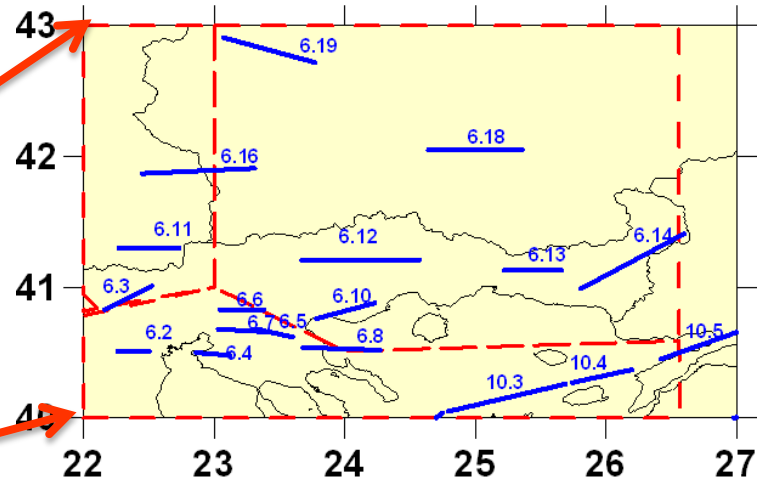
(Solakov etal., 2014)

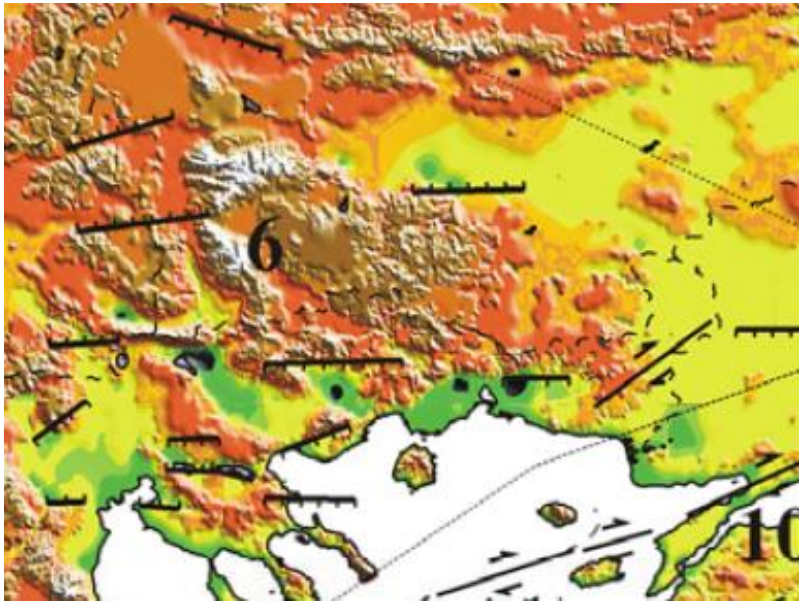




Προσομοίωση της Ισχυρής Σεισμικής Κίνησης

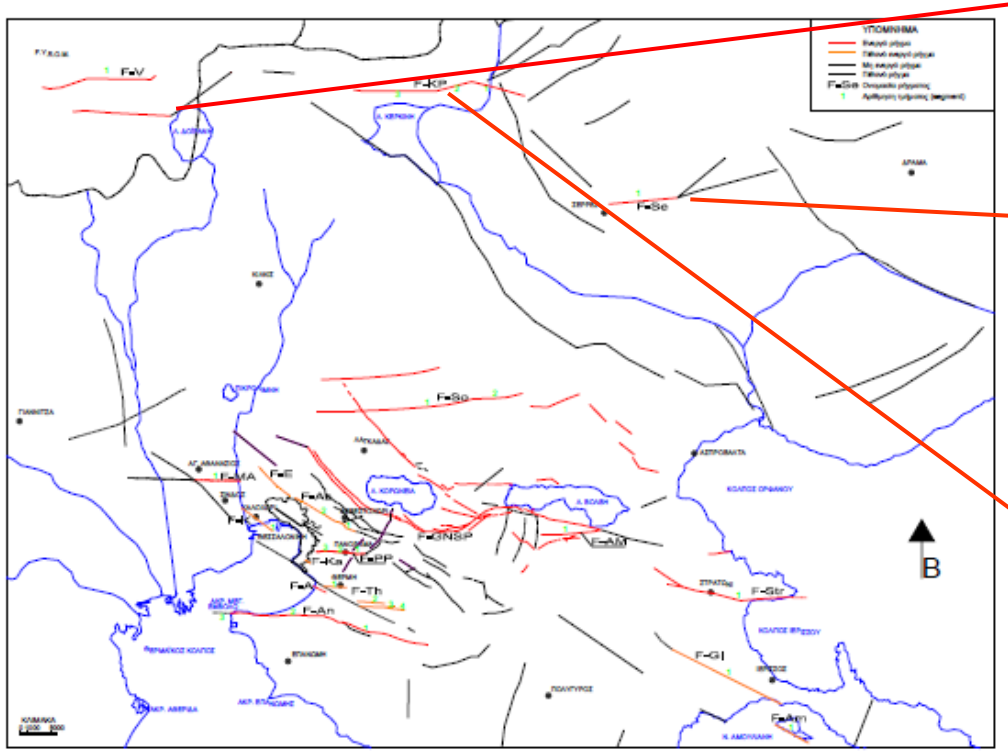


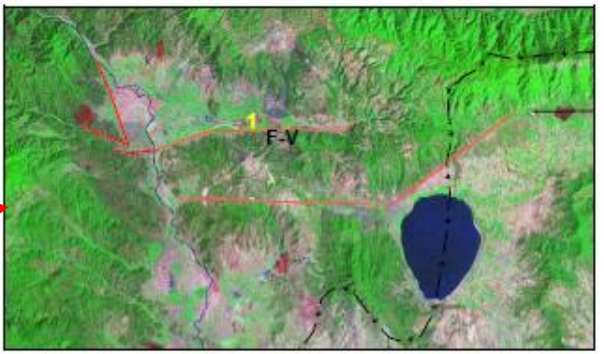


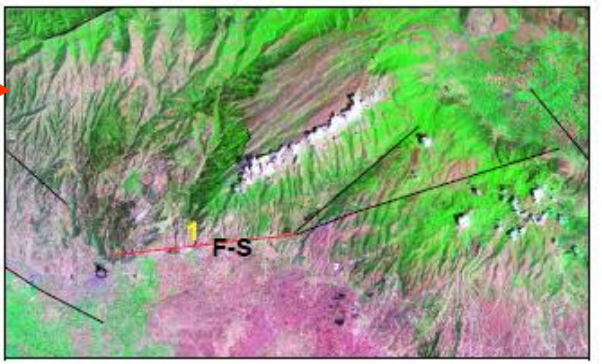


Seismic Faults (Papazachos etal., 2001)
Seismic Sources (Karakaisis and Koutrakis, 1999)

Ενεργά Νεοτεκτονικά Ρήγματα
(Pavlidis et al., 2005)

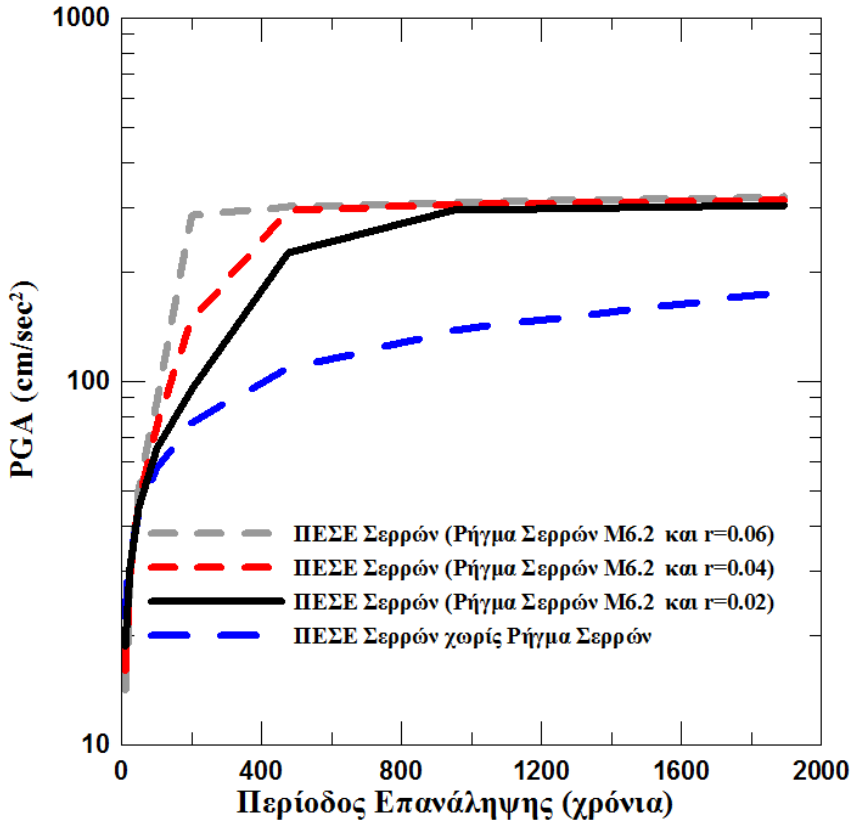






Χάρτης 1: Ενεργά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης (F-Str Στρατωνίου, F-Gl Γοματίου–Ιερισσού, F-KP Κερκίνης–Πετριτσίου, F-Th Θέρμης, F-An Ανθεμούντα, F-PP Πυλαίας–Πανοράματος, F-As Ασβεστοχωρίου, F-E Ευκαρπίας, F-A Αεροδρομίου, F-MA N. Μεσημβρίας–Αγχίαλου, F-K Καλοχωρίου, F-So Σοχού, F-AM N. Απολλωνίας–N. Μαδύτου, F-Se Σερρών, F-Am Αμουλιανής, F-V Βαλάντοβο, F-GNSP Γερακαρούς–Νικομιδηνού–Στίβου-Περιστερώνα F-Ka Καλαμαριάς).

Από-Άθροιση της Π.Ε.Σ.Ε. για την Πόλη των Σερρών (Margaris, 2013)



PGA / TR(yrs)	10	25	50	100	200	475	950	1890
PGA (cm/s²) r=0.02 M6.2	18.58	30.61	44.66	65.17	95.08	225.38	296.20	305.51
PGA r0.02 M6.2 +1σ	41.07	63.63	87.65	124.48	187.83	485.07	551.14	552.81
PGA (cm/s²) r=0.04 M6.2	15.96	29.53	47.03	74.92	146.86	296.03	305.43	315.06
PGA (cm/s²) r=0.06 M6.2	14.06	29.12	50.51	87.61	286.12	301.44	311.02	320.84
PGA (cm/s²) r=0.07 M6.7	13.68	29.46	52.62	93.99	218.52	376.48	480.18	523.72
PGA r0.07 M6.7 +1σ	41.38	68.63	103.01	201.39	453.94	745.01	909.76	1109.56
PGA (cm/s²) without SF	22.47	32.73	43.51	57.84	76.89	107.90	138.43	176.16
PGA (cm/s²) Papazachos etal. (1996)	45.30	70.3	95.3	127.5	165.6	220.4	265.7	310.00

Από-Άθροιση της Π.Ε.Σ.Ε. για την Πόλη των Σερρών (Margaris, 2013)

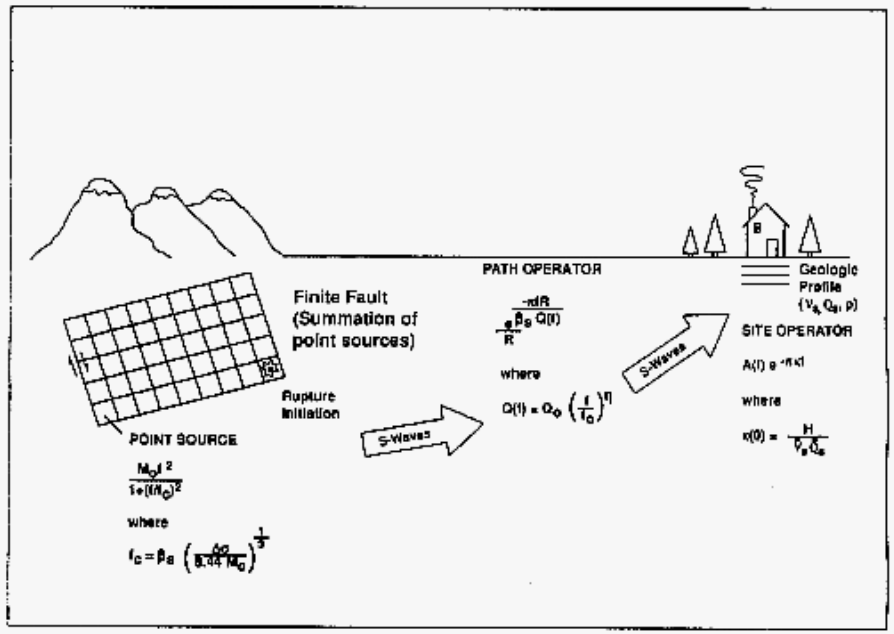
Tr(yrs) :	100	200	475	950	1890
Hazard (pdf) disaggregated in M, D and EPS M6.2					
PGA_INPUT(cm/s^2)	65.17	95.08	225.38	296.2	305.51
M*	6.05	6.05	6.05	6.05	6.15
D*(km)	15.00	15.00	15.00	15.00	3.00
Eps*	-0.0625	-0.0625	0.312	0.687	-0.0625
Hazard (pdf) disaggregated in M, D and EPS M6.7					
PGA_INPUT(cm/s^2)	93.99	218.52	376.48	480.18	523.72
M*	6.15	6.15	6.15	6.55	6.55
D*(km)	15.00	15.00	15.00	5.00	5.00
Eps*	-0.0625	0.0625	0.812	-0.0625	-0.0625

Προσομοιώματα της Ισχυρής Σεισμικής Κίνησης

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1. ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΠΗΓΗΣ (PSM)

(Hanks, 1979; McGuire & Hanks, 1981; Boore, 1983; Joyner,1984; Boore,1997; Margaris & Boore, 1998; Margaris 2002).



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Φάσμα Εδαφικής Κίνησης : $R(f) = C\ S(f)\ A(f)\ D(f)\ I(f)$

1. $C = (R_{\theta\varphi}\ F\ V)/(4\pi\rho_0\ \beta_0^3\ R)$ Παράγοντας Αναγωγής
2. $S(f) = M_0 /[1 + (f/f_0)^2]$ Παράγοντας Φάσματος Πηγής
3. $A(f) = (\rho_0\beta_0 / \rho_r\beta_r)$ Παράγοντας Ενίσχυσης
4. $D(f)= [(-\pi\ f\ R)/(Q(f)\ \beta_0)]\ P(f)$ Παράγοντας Απομείωσης

   $P(f) = \exp(-\pi\kappa_0 f)$ (Anderson and Hough, 1984)
5. $I(f) = (2\ \pi\ f\ )^n$ $n=1,2$ Παράγοντας Απόκρισης Οργάνου

Προσομοιώματα της Ισχυρής Σεισμικής Κίνησης

2. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΗΣ ΠΗΓΗΣ (ΣΕΙΣΜ. ΡΗΓΜΑ: FSM)

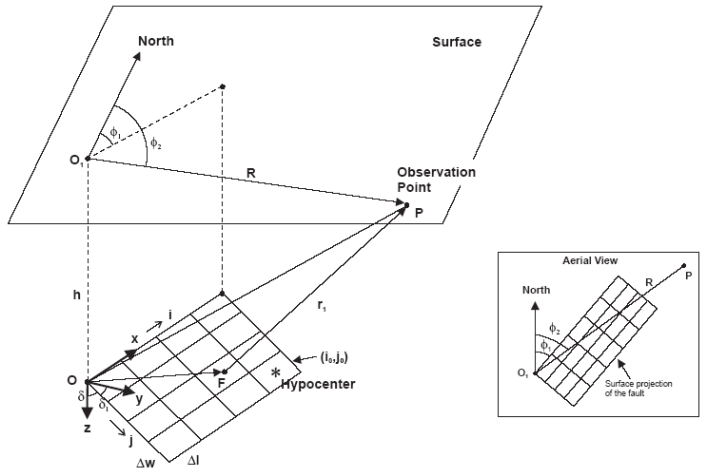
(Beresnev and Atkinson, 1997; 1998a; 1998b; 1999; Atkinson and Silva, 1997; 2000, Margaris 2001).

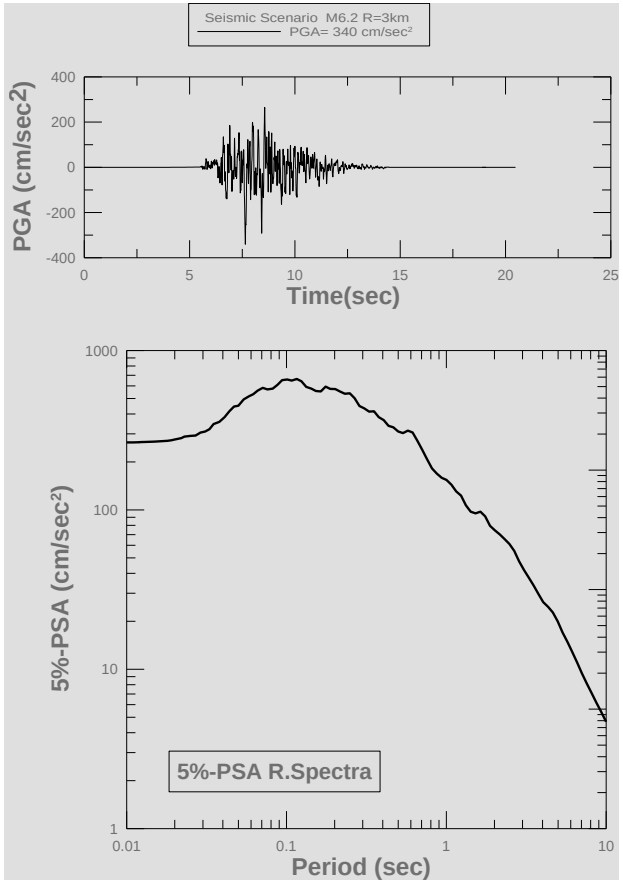
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

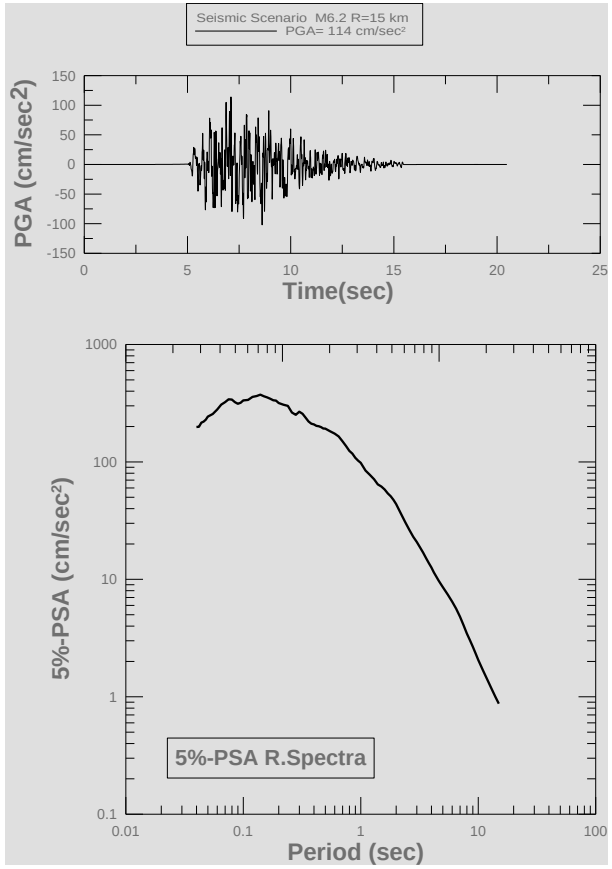
$f_0 = (\gamma\ z\ /\ \pi)\ \beta_0\ /\ \Delta l$ Γωνιακή Συχνότητα

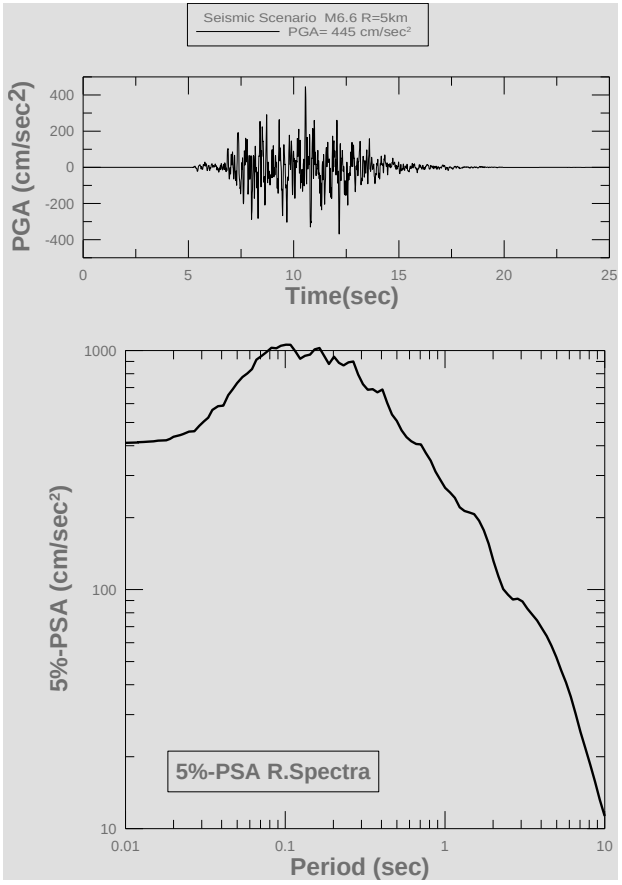
$m_0 = \Delta\sigma\ \Delta l^3$ Σεισμική Ροπή

$\log \Delta l = -2.0 + 0.4\ M$ Σχέση Μήκους Ρήγματος & Μεγέθους




Seismic Scenario M6.2 R=3km
PGA= 340 cm/sec²
PGA (cm/sec2)
Time(sec)
5%-PSA (cm/sec²)
5%-PSA R.Spectra
Period (sec)


Seismic Scenario M6.2 R=15 km
PGA= 114 cm/sec²
PGA (cm/sec2)
Time(sec)
5%-PSA (cm/sec²)
5%-PSA R.Spectra
Period (sec)


Seismic Scenario M6.6 R=5km
PGA= 445 cm/sec²
PGA (cm/sec2)
Time(sec)
5%-PSA (cm/sec²)
5%-PSA R.Spectra
Period (sec)

Ιαπωνικό ρητό:

スホヲ カヌゴホ: « Η επόμενη καταστροφή έρχεται όταν ξεχνάμε την τελευταία »

Σας ευχαριστώ !!!