

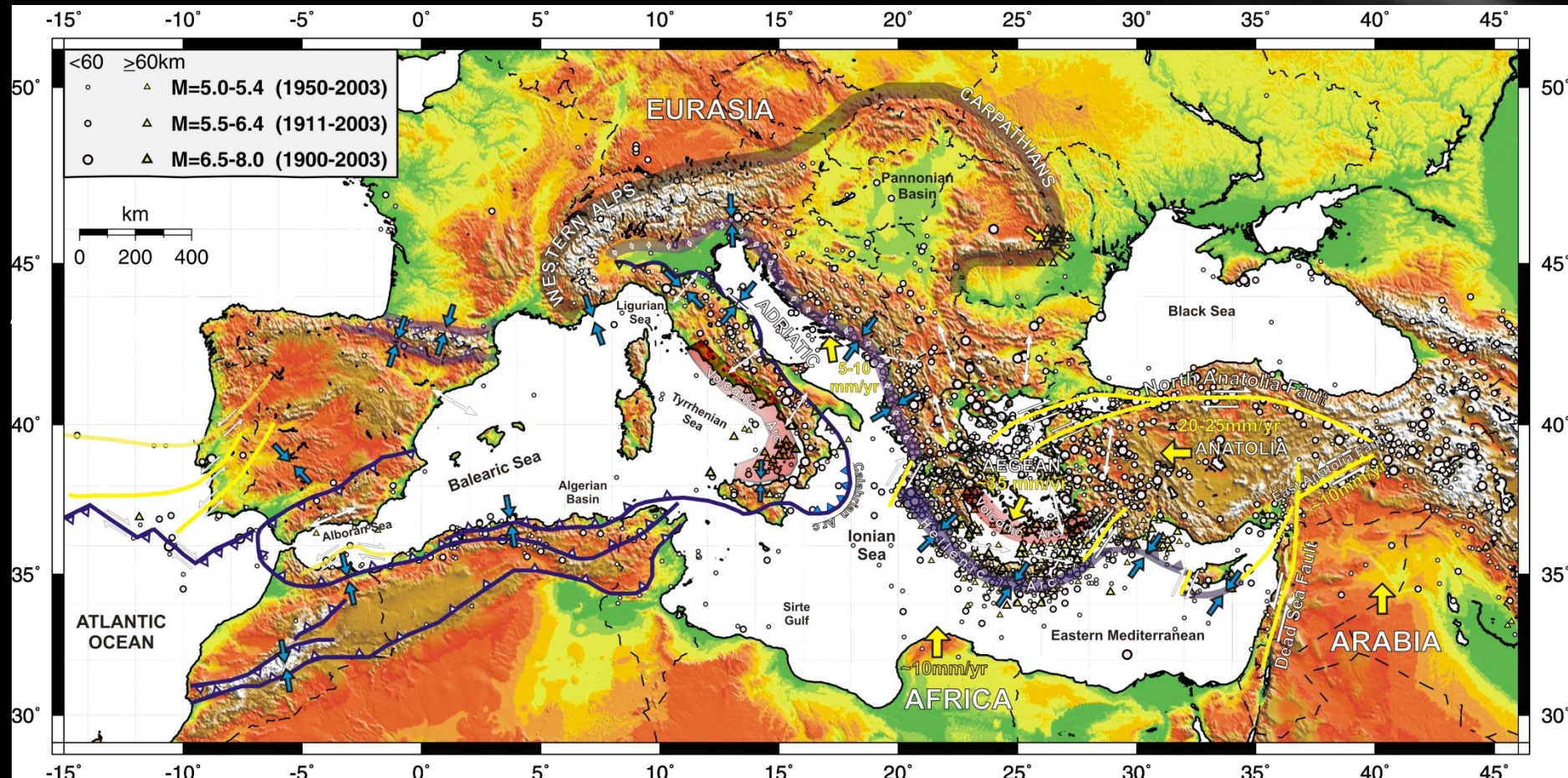
Σύγχρονα προγνωστικά μοντέλα: συμβολή Ενιαίου Εθνικού Δικτύου Σεισμογράφων

Μανώλης Σκορδύλης
Παναγιώτης Χατζηδημητρίου

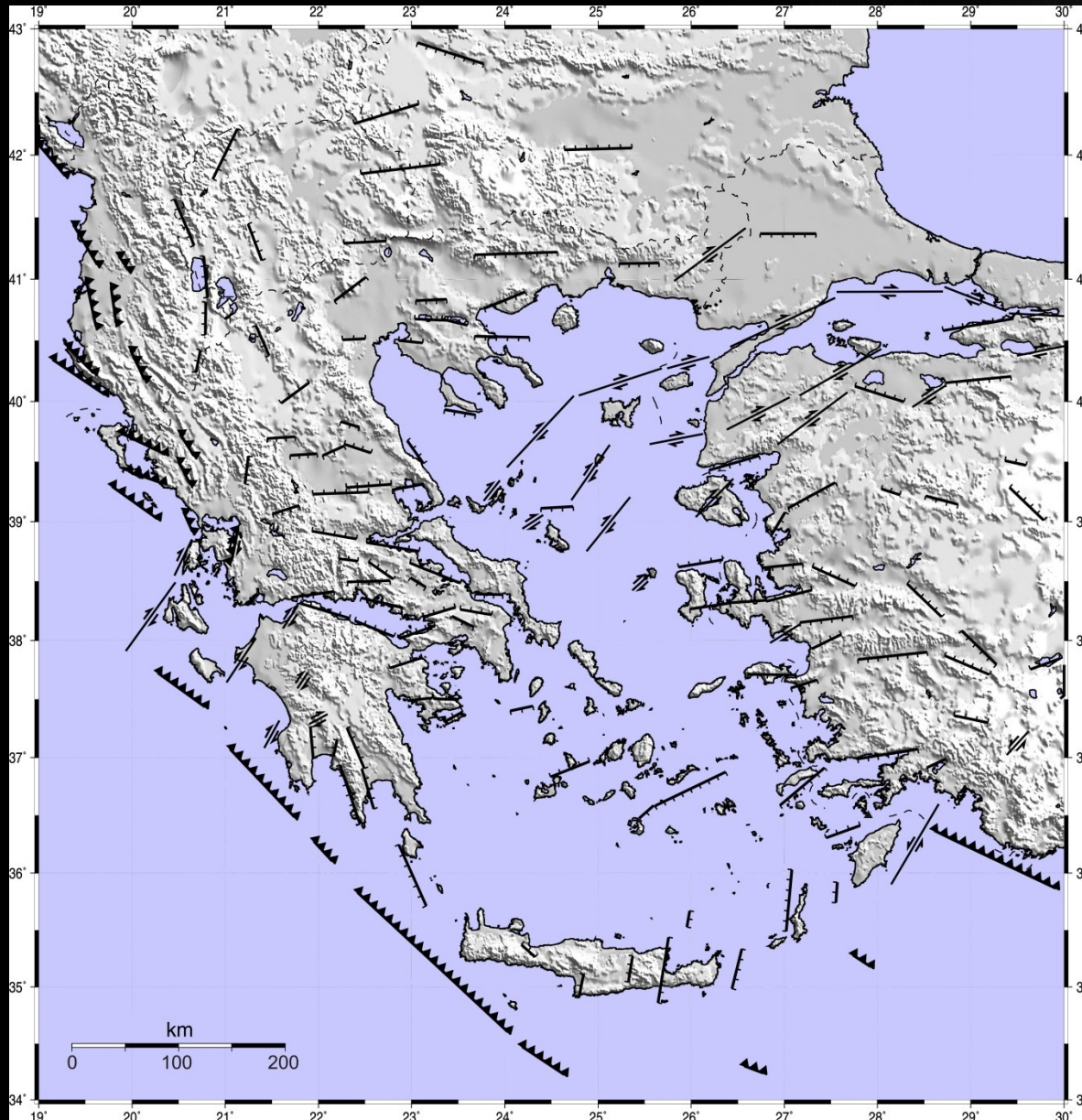
Εργαστήριο Γεωφυσικής Α.Π.Θ.
Σεισμολογικός Σταθμός

Σεισμικότητα Μεσογείου

Η Ελλάδα βρίσκεται σε μια ιδιαίτερα ενεργή σεισμικά περιοχή του πλανήτη



Σεισμικά ρήγματα Ελληνικού χώρου



Τα κύρια ρήγματα των επιφανειακών σεισμών οι οποίοι έγιναν στον ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές στο διάστημα 480 π.Χ. – 2001
(Παπαζάχος κ.α., 2001)

ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Μπορούμε να προβλέψουμε τους σεισμούς;

Πρόγνωση συγκεκριμένου σεισμού σημαίνει την εκ των προτέρων γνώση:

- ▶ του χώρου γένεσης,
- ▶ του χρόνου γένεσης,
- ▶ του μεγέθους
- ▶ των αντιστοιχών τριών, σχετικά μικρών, αβεβαιοτήτων (παραθύρων, σφαλμάτων) πριν από τη γένεση του σεισμού

Μπορούμε να προβλέψουμε τους σεισμούς; (συνέχεια)

Πότε μία πρόγνωση θεωρείται επιτυχής ;
Όταν ο σεισμός γίνει μέσα στα τρία παράθυρα (χρόνου, χώρου, μεγέθους) που είχαν προκαθοριστεί.

Πότε μία πρόγνωση θεωρείται επιστημονικά έγκυρη;
Όταν υλοποιούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Στηρίζεται σε επιστημονική μέθοδο,
- Περιγράφονται πλήρως τα δεδομένα παρατήρησης,
- Η πιθανότητα γένεσης είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα τυχαίας γένεσης.

Μόνο οι έγκυρες προγνώσεις έχουν επιστημονικό αλλά και κοινωνικό ενδιαφέρον.

Είδη Προγνώσεων

Όταν ο χρόνος γένεσης του αναμενόμενου σεισμού υπολογίζεται με ακρίβεια:

- A) Μακροπρόθεσμη (long-term) της τάξης λίγων δεκαετιών,
- B) Μεσοπρόσθεσμη (intermediate-term), της τάξης μηνών ή λίγων ετών
- Γ) Βραχυπρόθεσμη (short-term) της τάξης ημερών ή εβδομάδων

(A) = σεισμικότητα περιοχής

(B) = ρεαλιστική

(Γ) = αδύνατη με την υπάρχουσα γνώση

Αντισεισμική Πολιτική

ΚΥΡΙΟΣ ΣΤΟΧΟΣ

Ελαχιστοποίηση των συνεπειών των σεισμών

ΚΥΡΙΟΙ ΑΞΟΝΕΣ

- Ισόρροπη ανάπτυξη **ενεργητικής πολιτικής** (πρόληψη) και **παθητικής πολιτικής** (θεραπεία).
- **Συνεργασία** Σεισμολόγων, Μηχανικών και άλλων φορέων που εμπλέκονται με θέματα Πολιτικής Προστασίας (π.χ. σωμάτων ασφαλείας, εθελοντικών ομάδων κλπ).

Ενεργητική Αντισεισμική Πολιτική

Συνεισφορά Σεισμολόγων

Μελέτες σεισμικότητας,
εκτίμηση
σεισμικής επικινδυνότητας

Αντισεισμικός
κανονισμός

Εφαρμογή σύγχρονων
προγνωστικών μοντέλων
μεσοπρόθεσμης πρόγνωσης

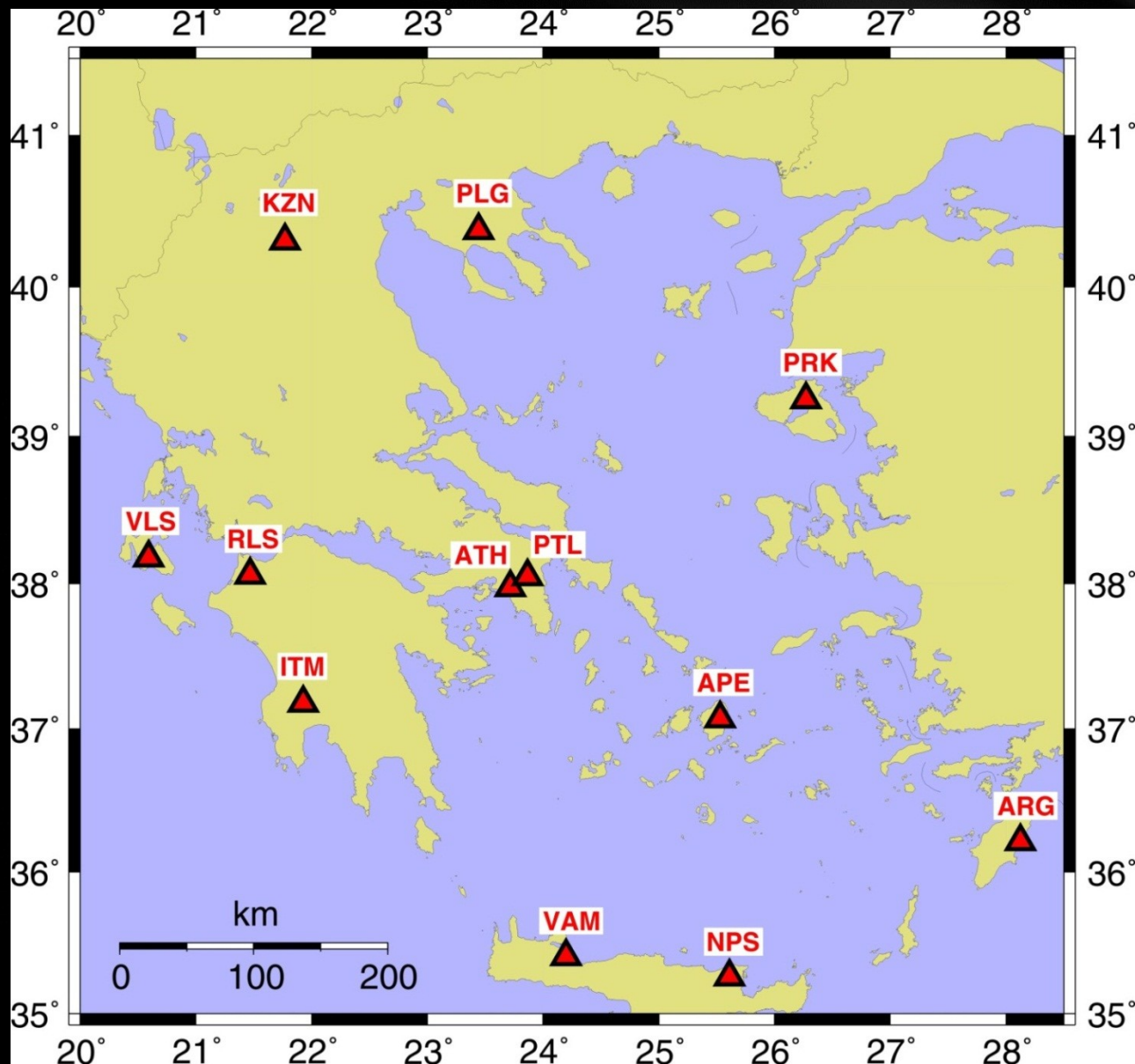
Χωρικά εστιασμένα
μεσοπρόθεσμων
μέτρων πρόληψης

RT παρακολούθηση μέσω
σύγχρονων
σεισμολογικών δικτύων
και εφαρμογή μοντέρνων
μεθοδολογιών

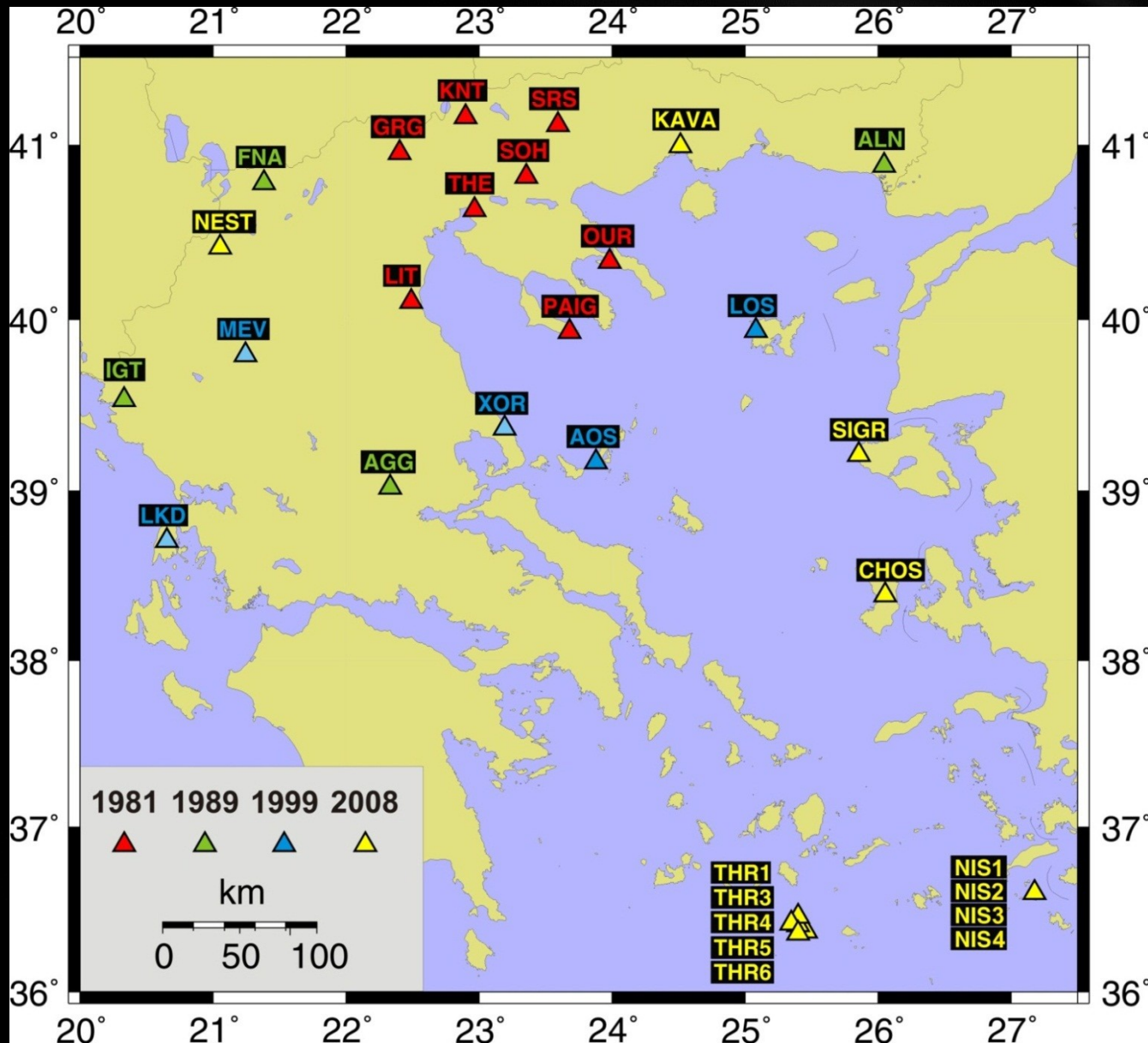
Εκτίμηση εξέλιξης
σεισμικής διέγερσης

**ΕΝΙΑΙΟ
ΕΘΝΙΚΟ
ΔΙΚΤΥΟ
ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΩΝ**

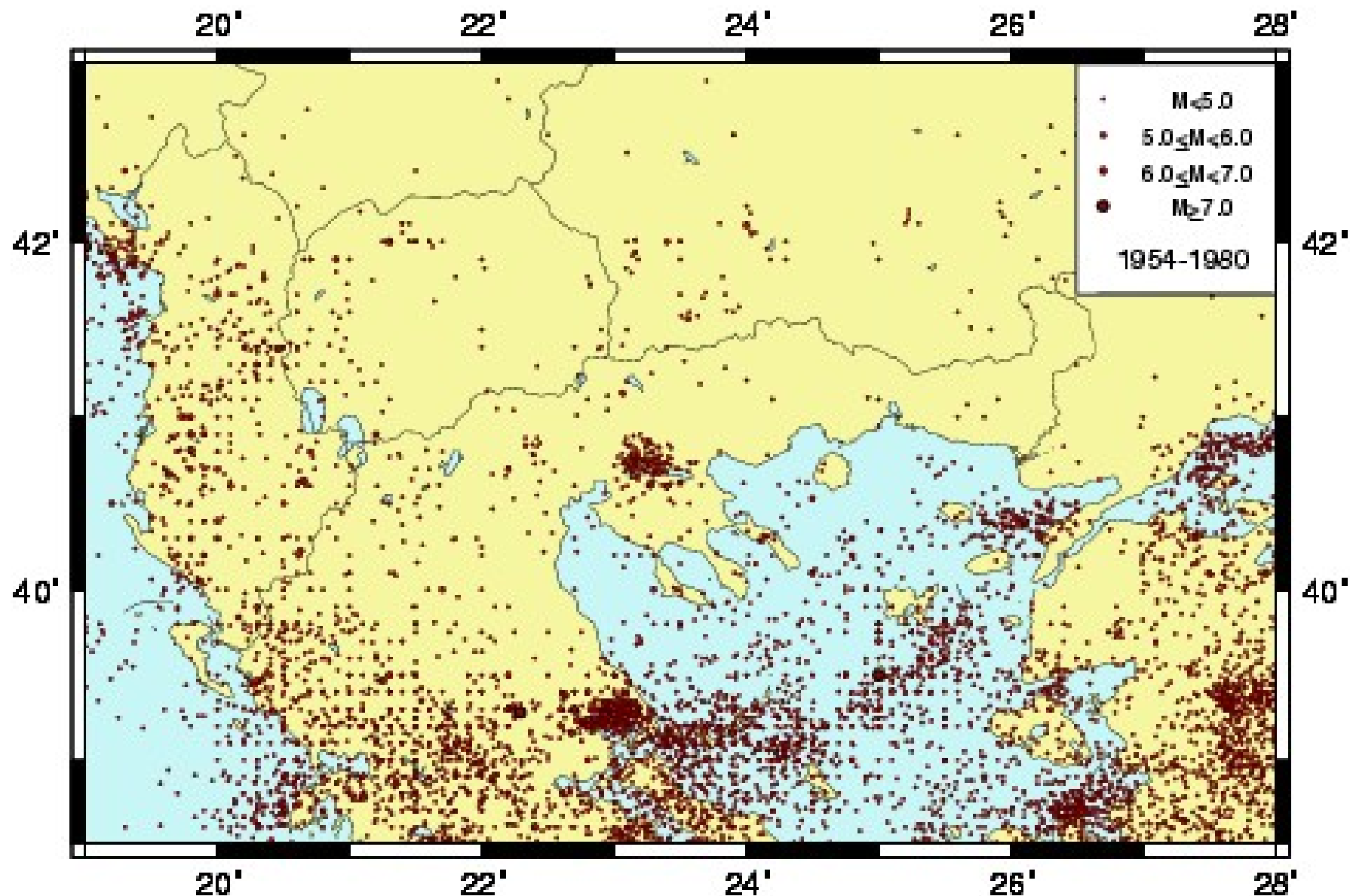
Δίκτυο σειсмоγράφων Γ.Ι.-Ε.Α.Α. (1980)



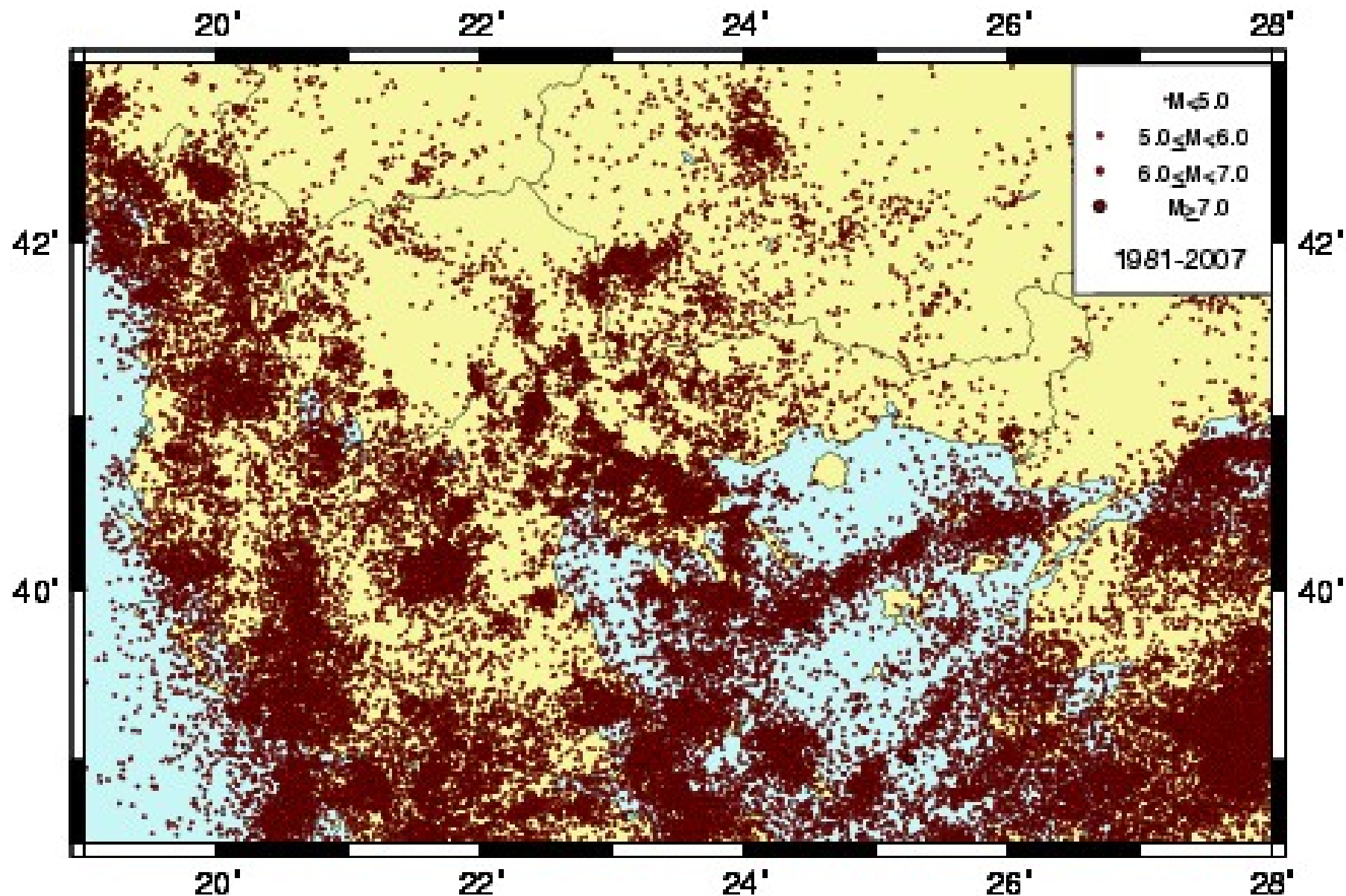
Δίκτυο σειсмоγράφων Εργ. Γεωφυσικής Α.Π.Θ.



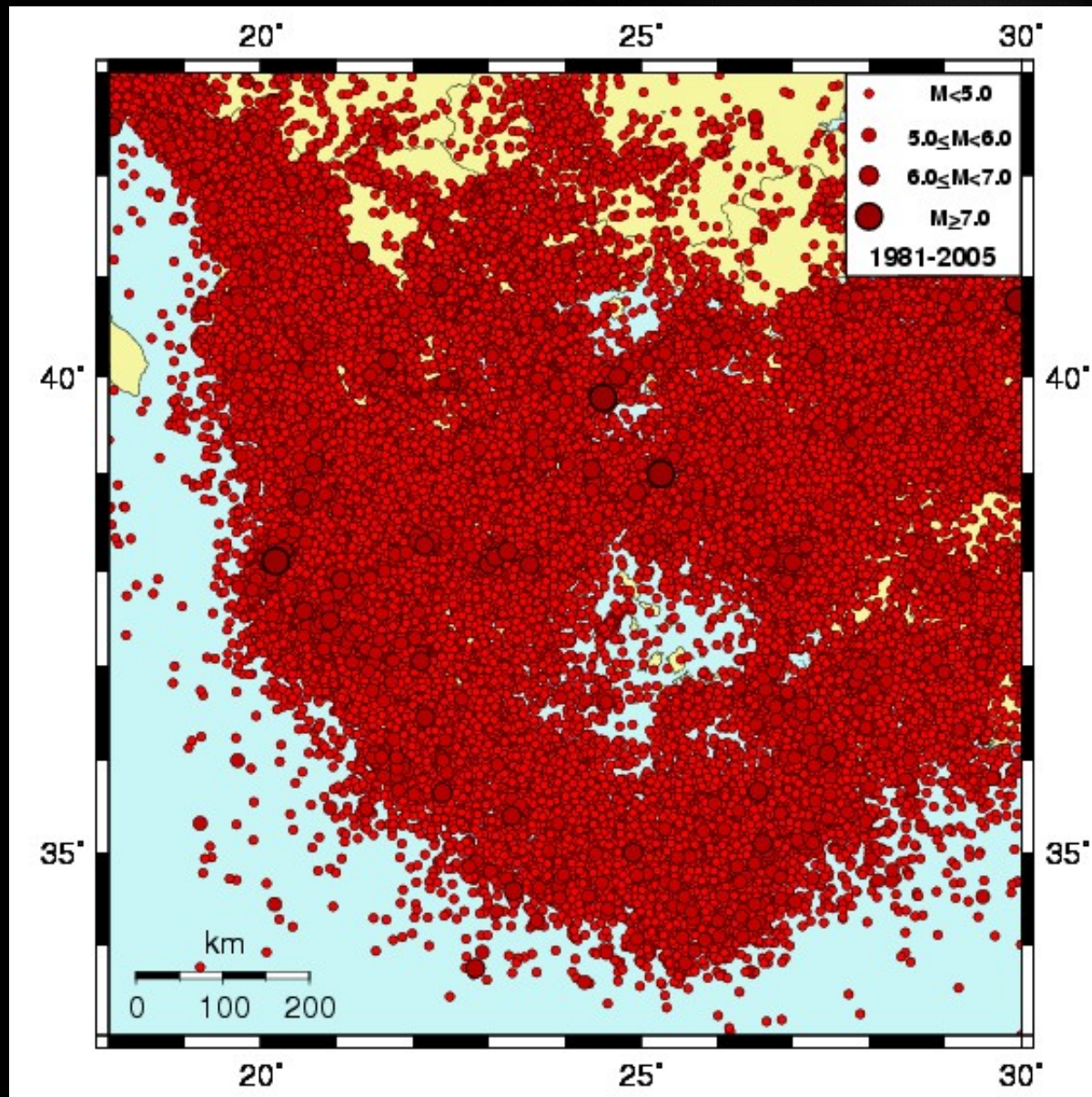
Δίκτυο σειсмоγράφων Εργ. Γεωφυσικής Α.Π.Θ. (συνέχεια)



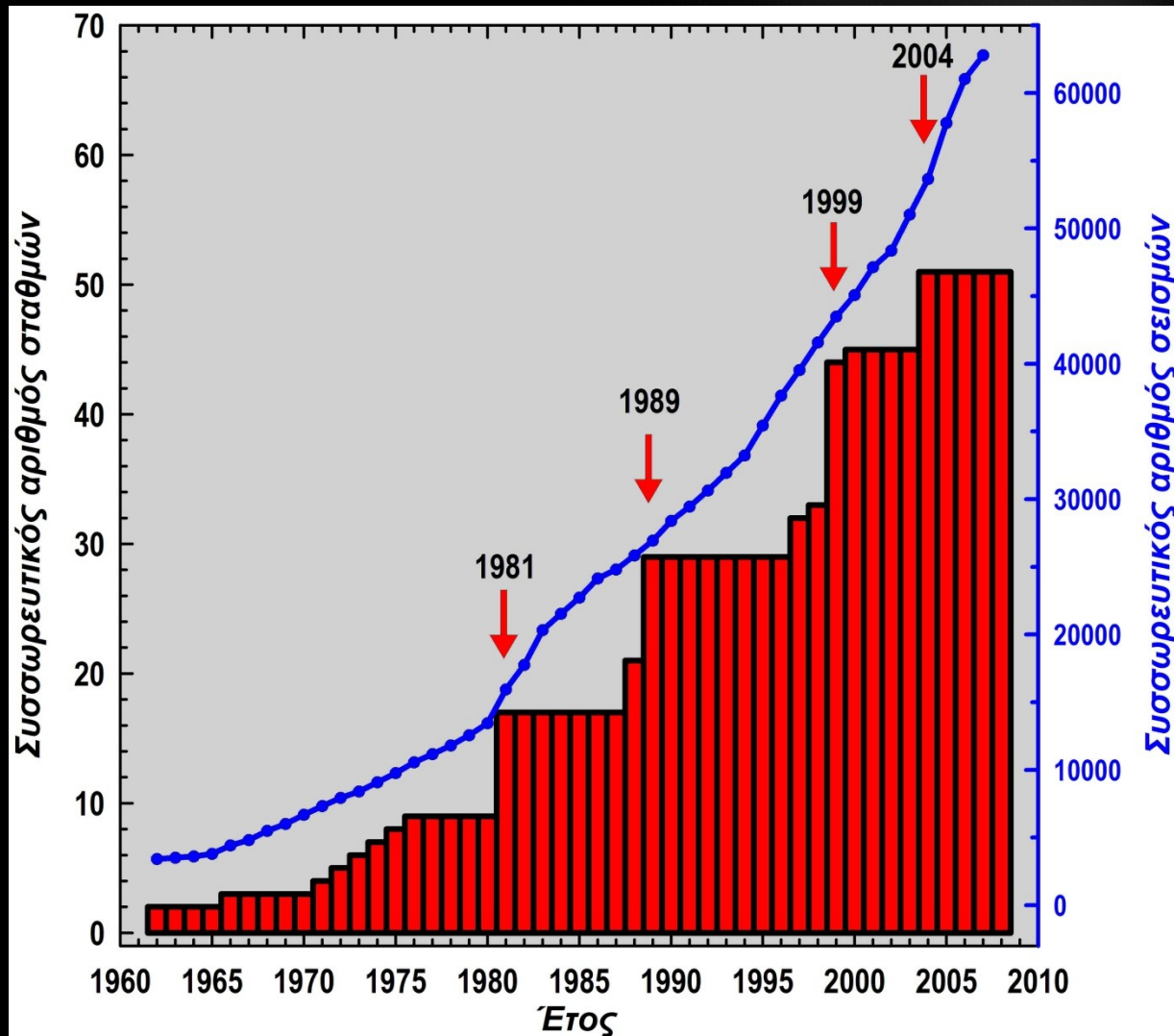
Δίκτυο σειсмоγράφων Εργ. Γεωφυσικής Α.Π.Θ. (συνέχεια)



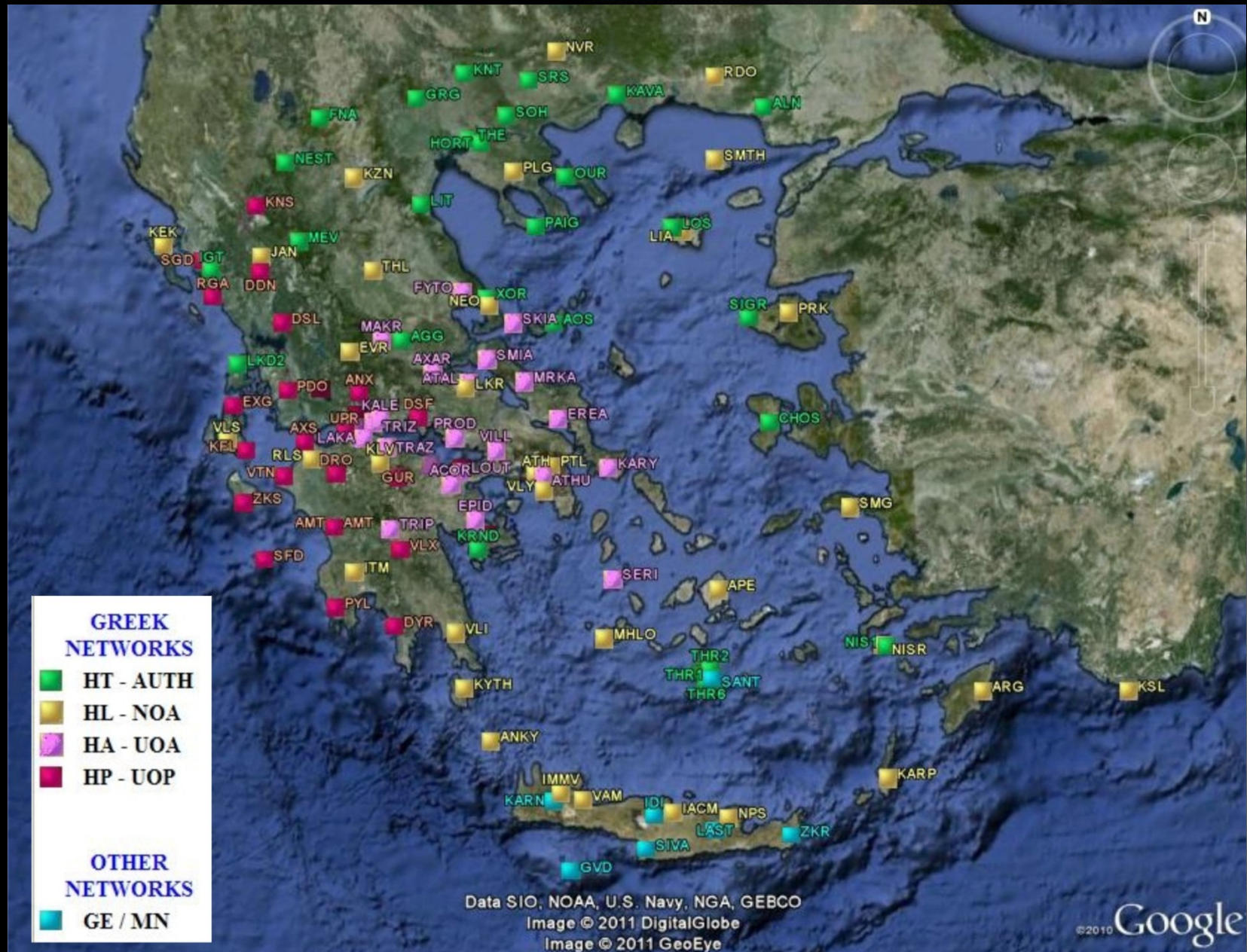
Δίκτυο σειсмоγράφων Εργ. Γεωφυσικής Α.Π.Θ. (συνέχεια)



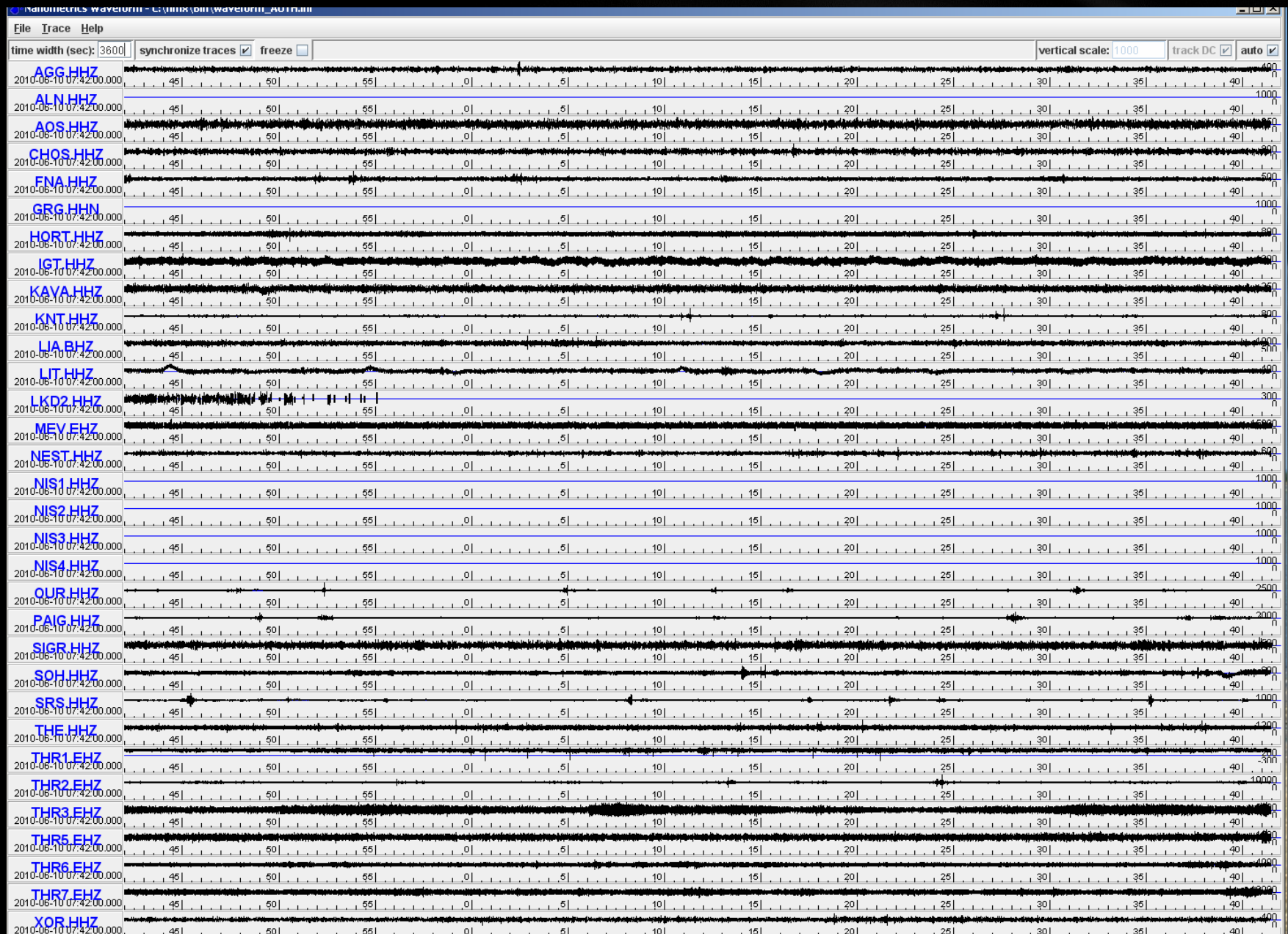
Επίκεντρα από ενόργανα στοιχεία στην περιοχή του Αιγαίου



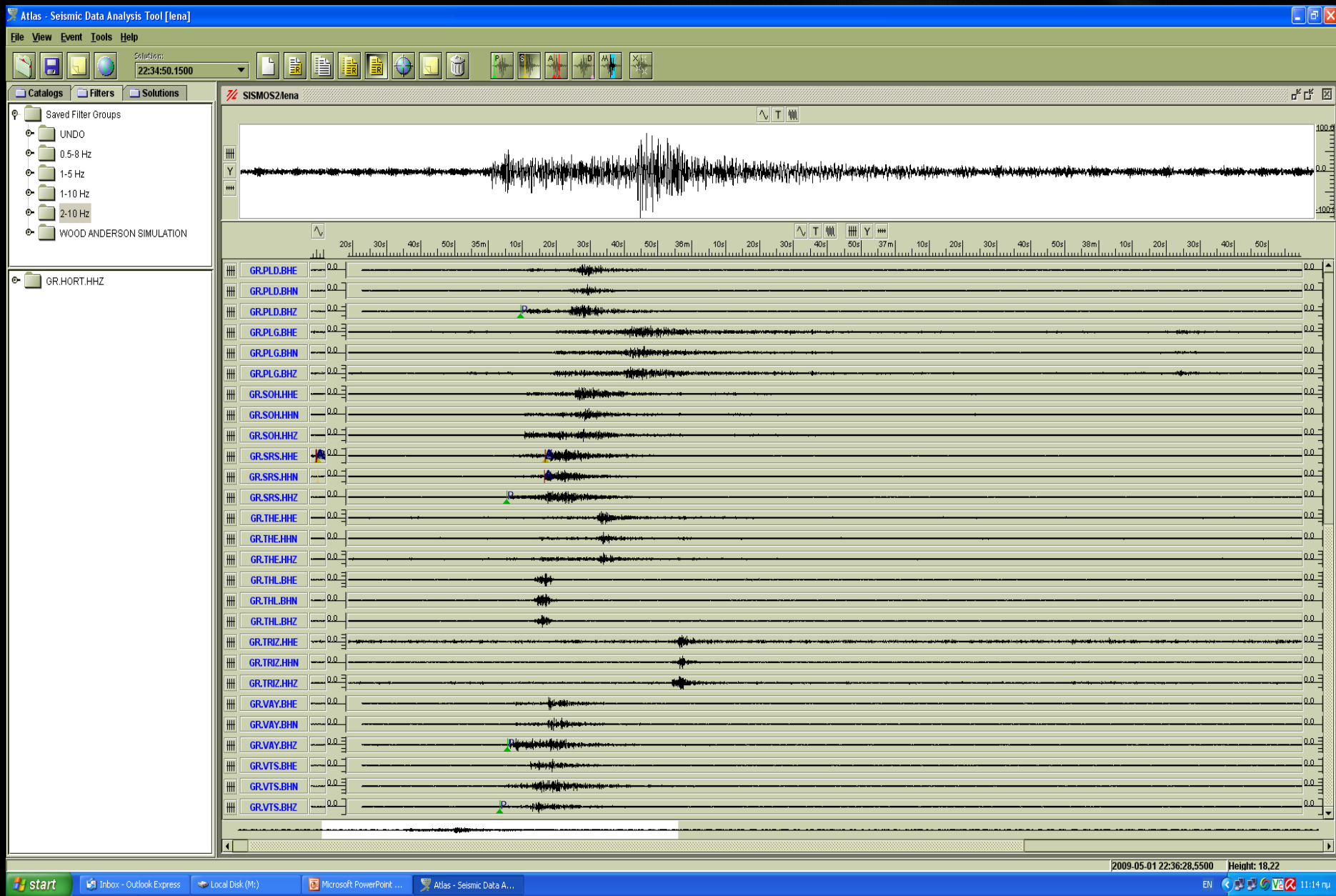
Εθνικό Δίκτυο Σεισμογράφων (παρούσα κατάσταση)



Εθνικό Δίκτυο Σεισμογράφων (παρούσα κατάσταση)



Εθνικό Δίκτυο Σεισμογράφων (παρούσα κατάσταση)



Εθνικό Δίκτυο Σεισμογράφων (παρούσα κατάσταση)



Σεισμολογικός σταθμός
στην Οία

**ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ-
ΑΝΑΛΥΣΗ
ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ
ΕΞΑΡΣΕΩΝ**

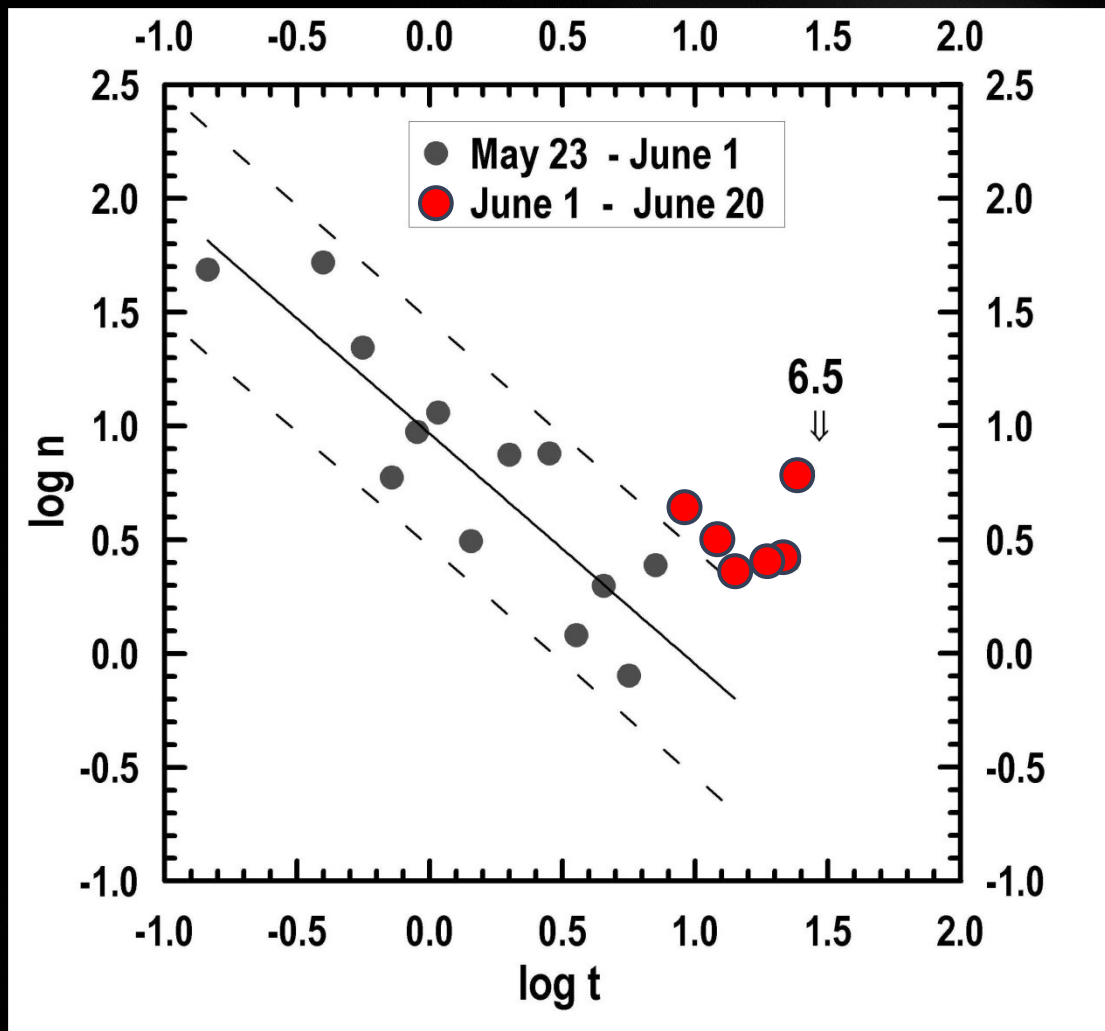
Εκτίμηση εξέλιξης σεισμικής έξαρσης

Σε μια σεισμική έξαρση εξετάζουμε :

1. Τη χωρική κατανομή των εστιών των σεισμών-μελών της.
2. Την κατά μέγεθος κατανομή τους.
3. Τη χωρο-χρονική τους κατανομή.
4. Τη χρονική τους κατανομή.
5. Το μέσο μέγεθος.

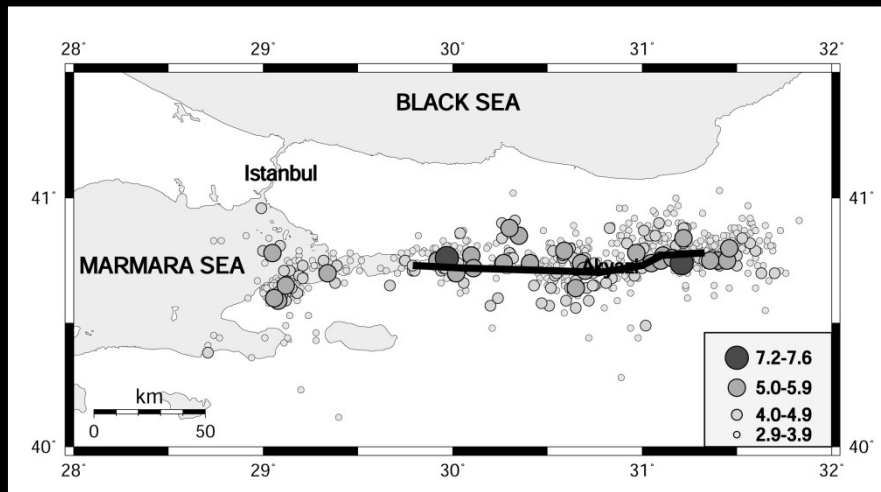
Σκοπός της έρευνας αυτής είναι να «αποκωδικοποιήσουμε» την σεισμική ακολουθία και να εκτιμήσουμε, αν αυτό είναι εφικτό, αν εξελίσσεται ομαλά ή όχι.

Εκτίμηση εξέλιξης σεισμικής έξαρσης (συνέχεια)

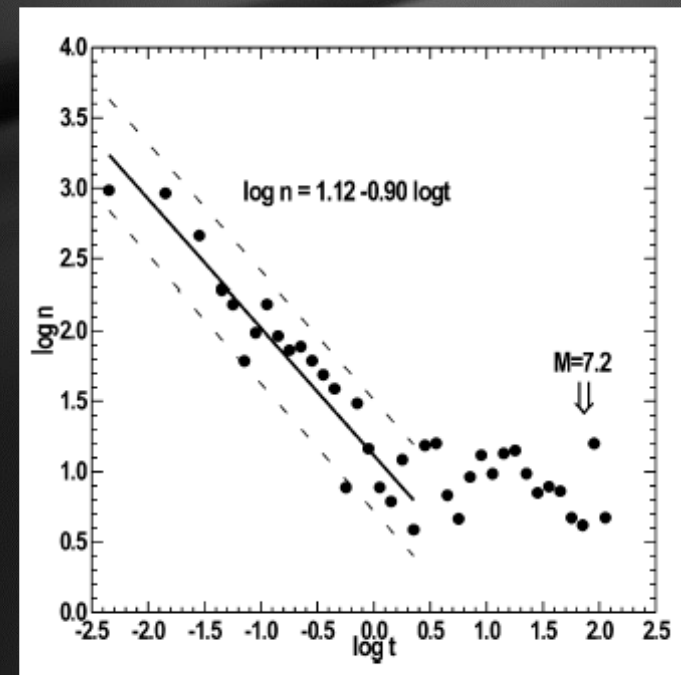
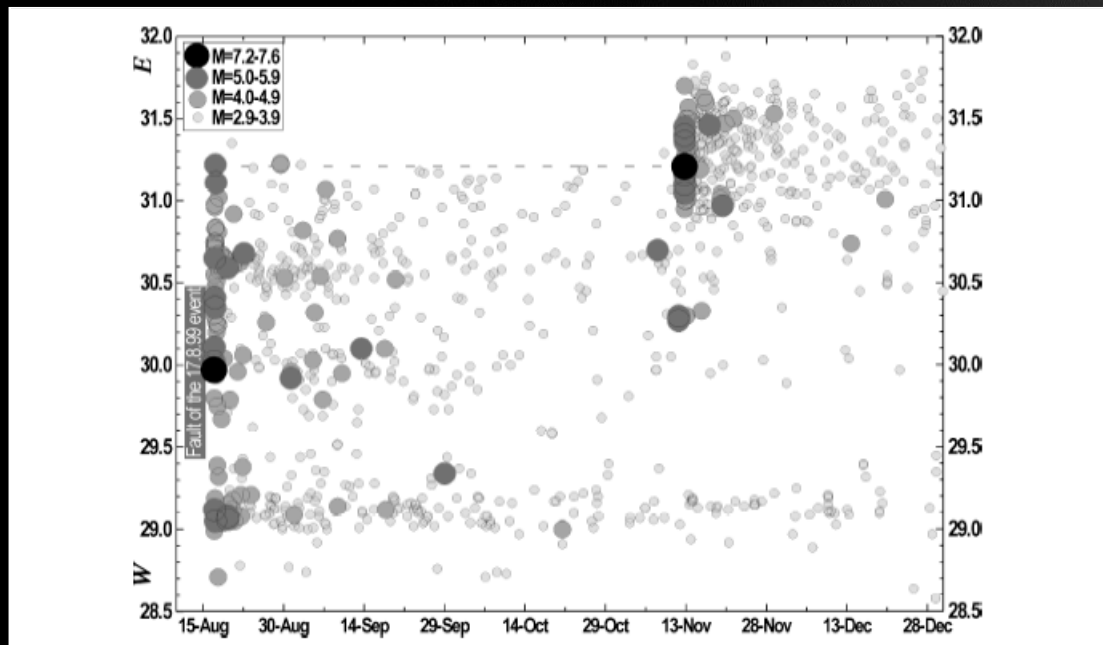


Χρονική κατανομή σεισμικής ακολουθίας Βόλβης (20 Ιουνίου 1978, $M=6.5$) (Parazachos et al., 1983).

Εκτίμηση εξέλιξης σεισμικής έξαρσης (συνέχεια)



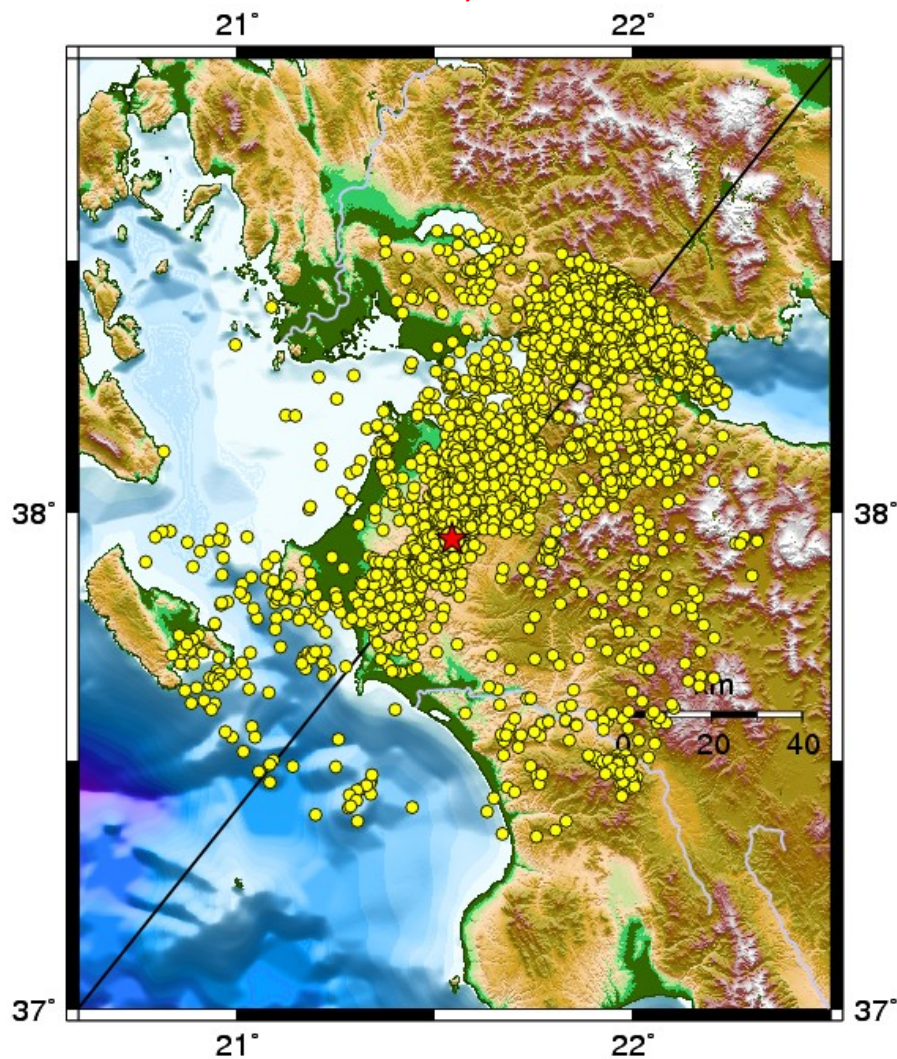
Σεισμός Izmit 17/8/1999, $M=7.6$
Σεισμός Duzce 12/11/1999, $M=7.2$
(Karakaisis, 2003)



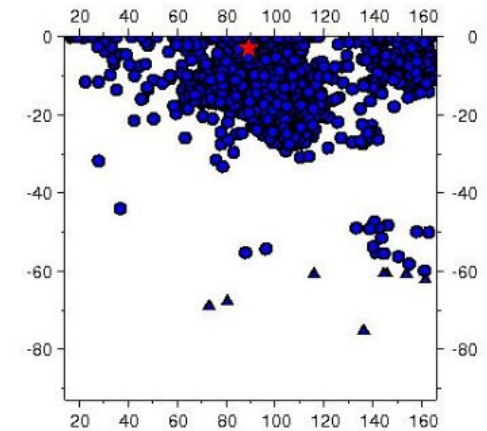
Εκτίμηση εξέλιξης σεισμικής έξαρσης (συνέχεια)

Seismicity map

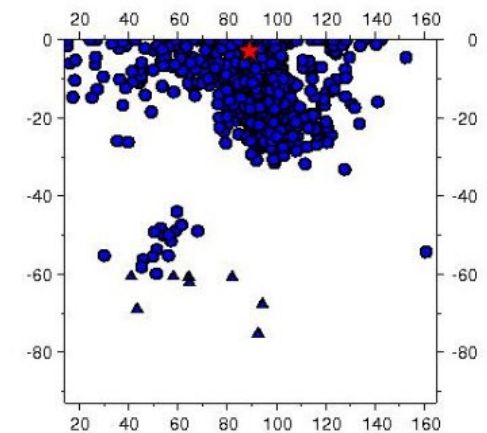
8-6-2008, M=6.5



Along-strike section

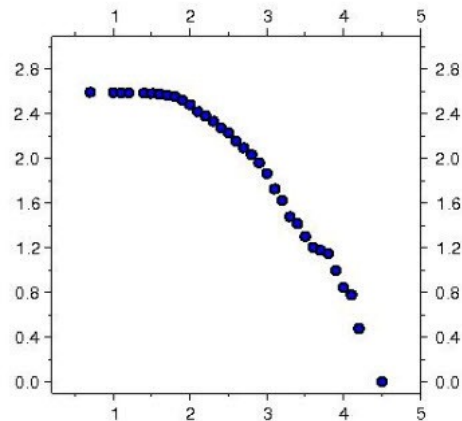


Cross-strike section

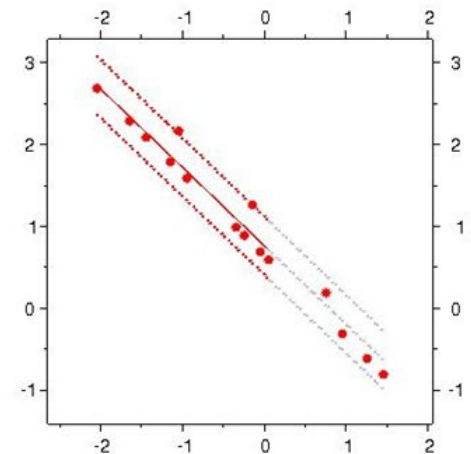


Εκτίμηση εξέλιξης σεισμικής έξαρσης (συνέχεια)

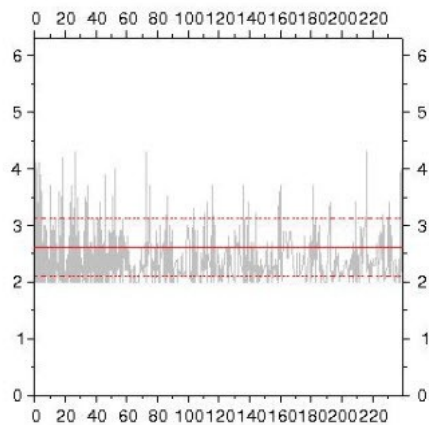
G-R distribution



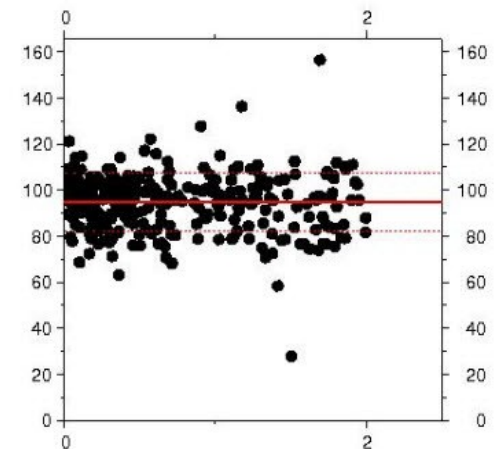
Time distribution



Mean magnitude



Space-time distribution



Τέζα (2011)

**ΜΕΣΟΠΡΟΘΕΣΜΗ
ΠΡΟΓΝΩΣΗ
ΣΕΙΣΜΩΝ**

Μεσοπρόθεσμη πρόγνωση των σεισμών

Πρόσφατες εργαστηριακές, θεωρητικές και παρατηρησιακές μελέτες, υπό το φως της θεωρίας του χάους, έδειξαν ότι:

- Οι μεγάλοι (κύριοι) σεισμοί δεν αποτελούν μέρος της διαδικασίας αυτο-οργάνωσης του φλοιού αλλά *κρίσιμα σημεία* (critical points, απότομη μεταβολή των ιδιοτήτων του συστήματος).
- Η γένεση ενός ισχυρού κύριου σεισμού *καταστρέφει την κατάσταση SOC*.
- Πριν το κρίσιμο σημείο (κύριο σεισμό) παρατηρούνται *πρόδρομα φαινόμενα* (αναγνωρίσιμες συμπεριφορές) που οδηγούν στον καθορισμό των χαρακτηριστικών του κρίσιμου σημείου (επερχόμενου κύριου σεισμού).

Το μοντέλο (D-AS) της **Επιβραδυνόμενης-Επιταχυνόμενης Σεισμικής Παραμόρφωσης** (*Parazachos et al., 2006*) που αναπτύχθηκε και εφαρμόζεται από το Εργαστήριό μας στοχεύει στη μεσοπρόθεσμη πρόγνωση των παραμέτρων πιθανά επερχόμενων ισχυρών κύριων σεισμών.

Μεσοπρόθεσμη πρόγνωση, D-AS model (συνέχεια)

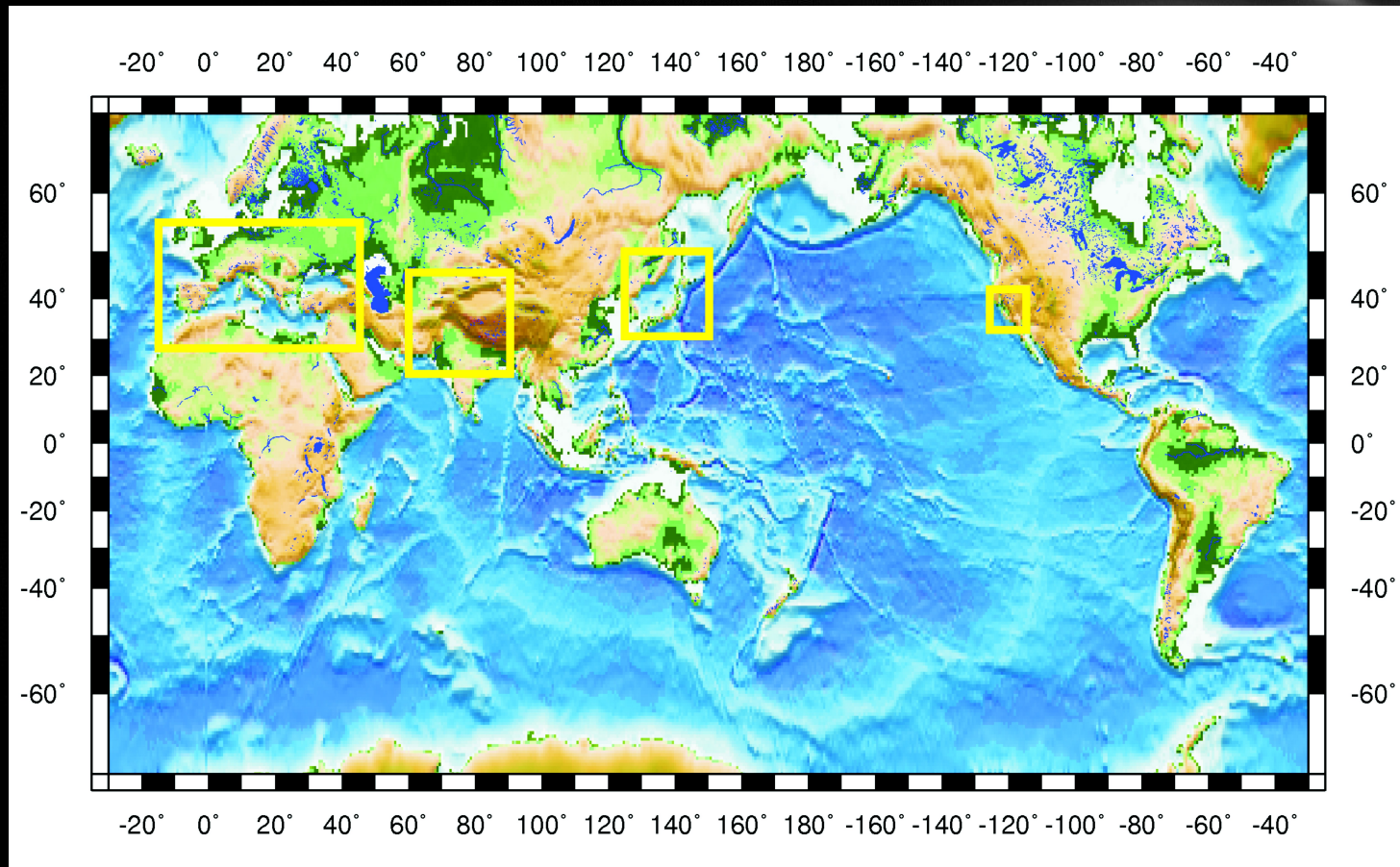
Αβεβαιότητες του Μοντέλου και False Alarms

Αναδρομικές προγνώσεις (postdictions) 43 ισχυρών ($M=6.4-8.3$) κύριων σεισμών ανέδειξαν ότι οι προβλεπόμενες παράμετροι, **με πιθανότητα 80%**, βρίσκονται εντός των παρακάτω ορίων:

$$(t_c - t_c^*) = \pm 2.5 \text{ years}$$

$$(M - M^*) = \pm 0.4$$

$$\delta(E - E^*) \leq 150 \text{ km}$$



ΣΚΥΡΟΣ, 26-Ιουνίου-2001

Πρόγνωση

$\phi=39.7^{\circ}\text{N}$
 $\lambda=23.7^{\circ}\text{E}$
 $M=6.0$ (± 0.5)
 $h \leq 100 \text{ km}$
 $t=2001.1$ (± 2.0 χρόνια)

Σεισμός

$\phi=39.1^{\circ}\text{N}$
 $\lambda=23.4^{\circ}\text{E}$
 $M=6.4$
 $h=15 \text{ km}$
 $t=2001.5$

ΣΦΑΛΜΑΤΑ:

~5 μήνες στο χρόνο
0.4 στο μέγεθος
~70 km στο επίκεντρο
Εστιακό βάθος εντός των ορίων

ΚΥΘΗΡΑ, 8-Ιανουαρίου-2006

Πρόγνωση

$\phi=36.5^{\circ}\text{N}$
 $\lambda=22.7^{\circ}\text{E}$
 $M=6.9$ (± 0.5)
 $h \leq 100 \text{ km}$
 $t=2006.4$ (± 2.0 χρόνια)

Σεισμός

$\phi=36.2^{\circ}\text{N}$
 $\lambda=23.4^{\circ}\text{E}$
 $M=6.9$
 $h=65 \text{ km}$
 $t=2006.0$

ΣΦΑΛΜΑΤΑ:

~4 μήνες στο χρόνο
0.0 στο μέγεθος
~40 km στο επίκεντρο
Εστιακό βάθος εντός των ορίων

ΡΟΔΟΣ, 15-Ιουλίου-2008

Πρόγνωση

$\phi=36.5^{\circ}\text{N}$
 $\lambda=27.0^{\circ}\text{E}$
 $M=6.5$ (± 0.4)
 $h \leq 100 \text{ km}$
 $t=2010.5$ (± 2.5 χρόνια)

Σεισμός

$\phi=36.0^{\circ}\text{N}$
 $\lambda=27.9^{\circ}\text{E}$
 $M=6.4$
 $h=60 \text{ km}$
 $t=2008.5$

ΣΦΑΛΜΑΤΑ:

~2 έτη στο χρόνο
0.1 στο μέγεθος
~98 km στο επίκεντρο
Εστιακό βάθος εντός των ορίων

**ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ
ΙΣΧΥΡΩΝ
ΣΕΙΣΜΩΝ**

Πώς ελαχιστοποιούμε τον κίνδυνο;

Ο σεισμικός κίνδυνος, R , εκφράζει το αναμενόμενο αποτέλεσμα της σεισμικής κίνησης σε μια κατασκευή:

$$R = H * V$$

Σεισμικότητα περιοχής

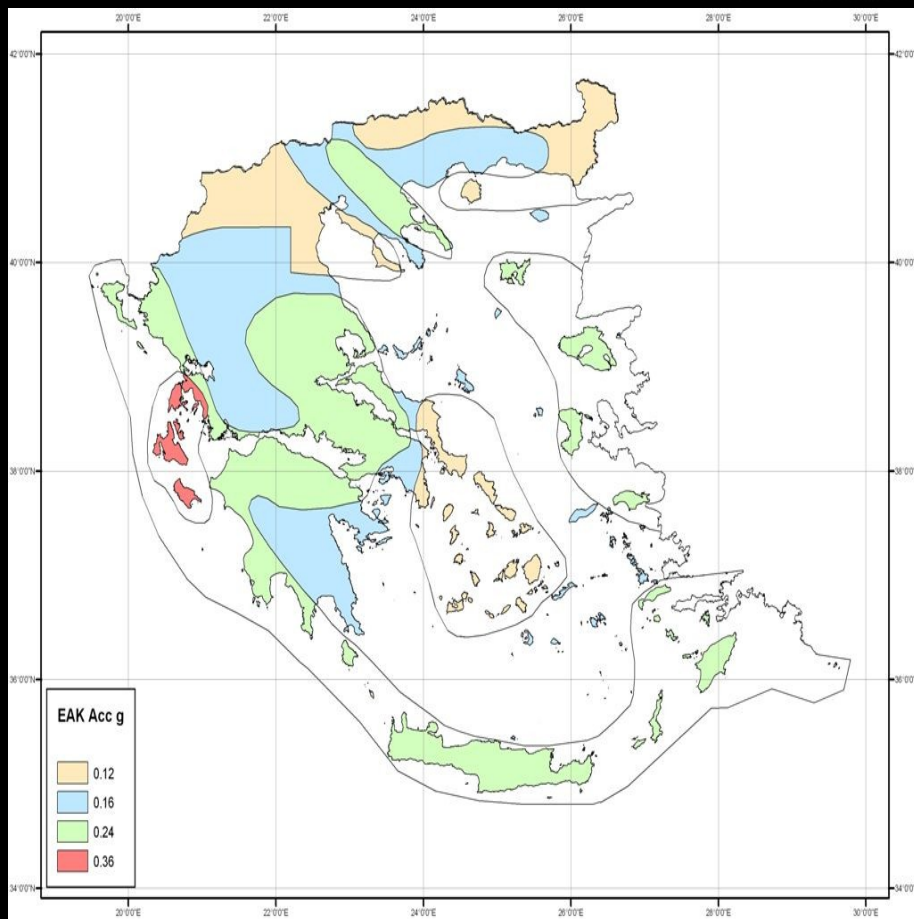
Ποιότητα κατασκευής

Ποιά ποσότητα μπορούμε να επηρεάσουμε;

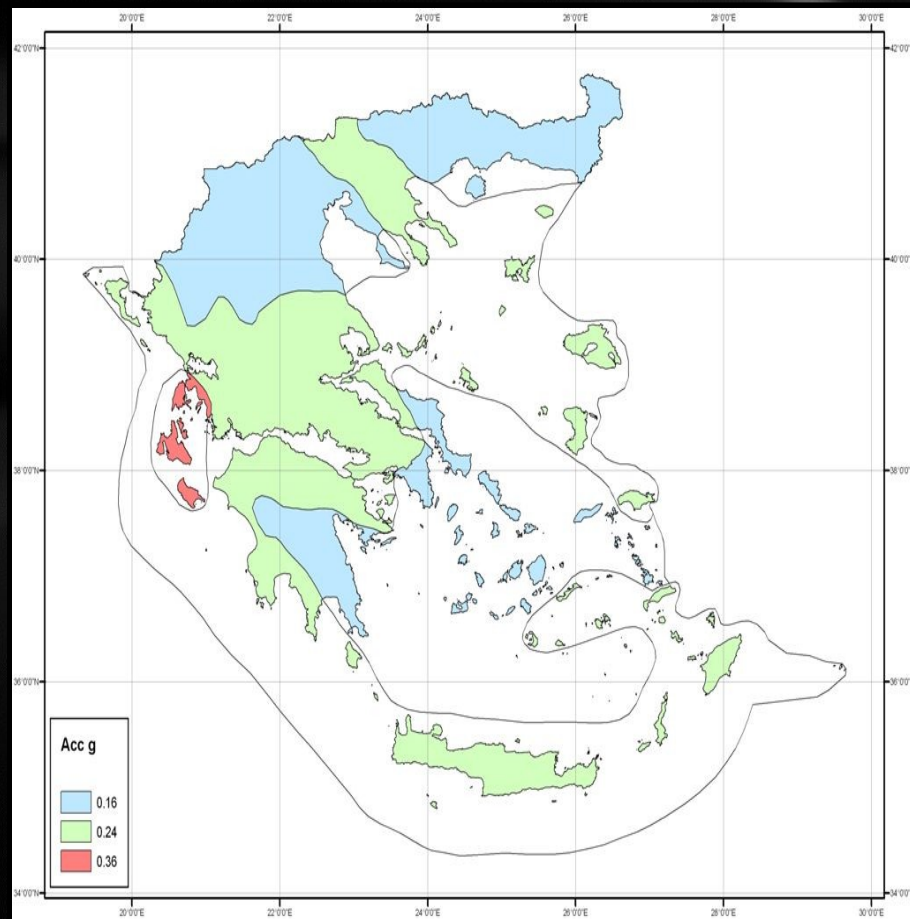
Πώς ελαχιστοποιούμε τον κίνδυνο; (συνέχεια)

Χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας

Προηγούμενος χάρτης



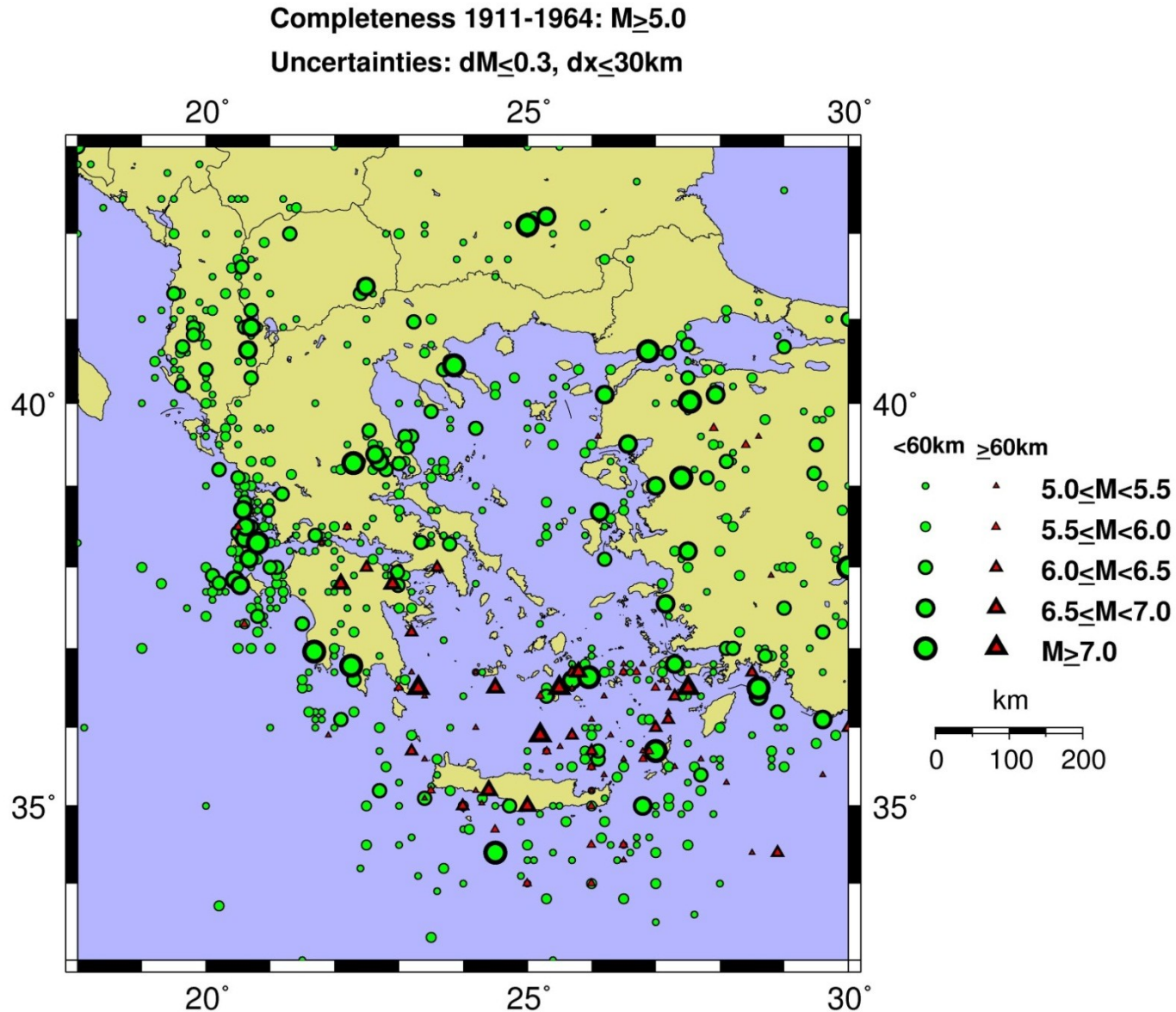
Νέος χάρτης



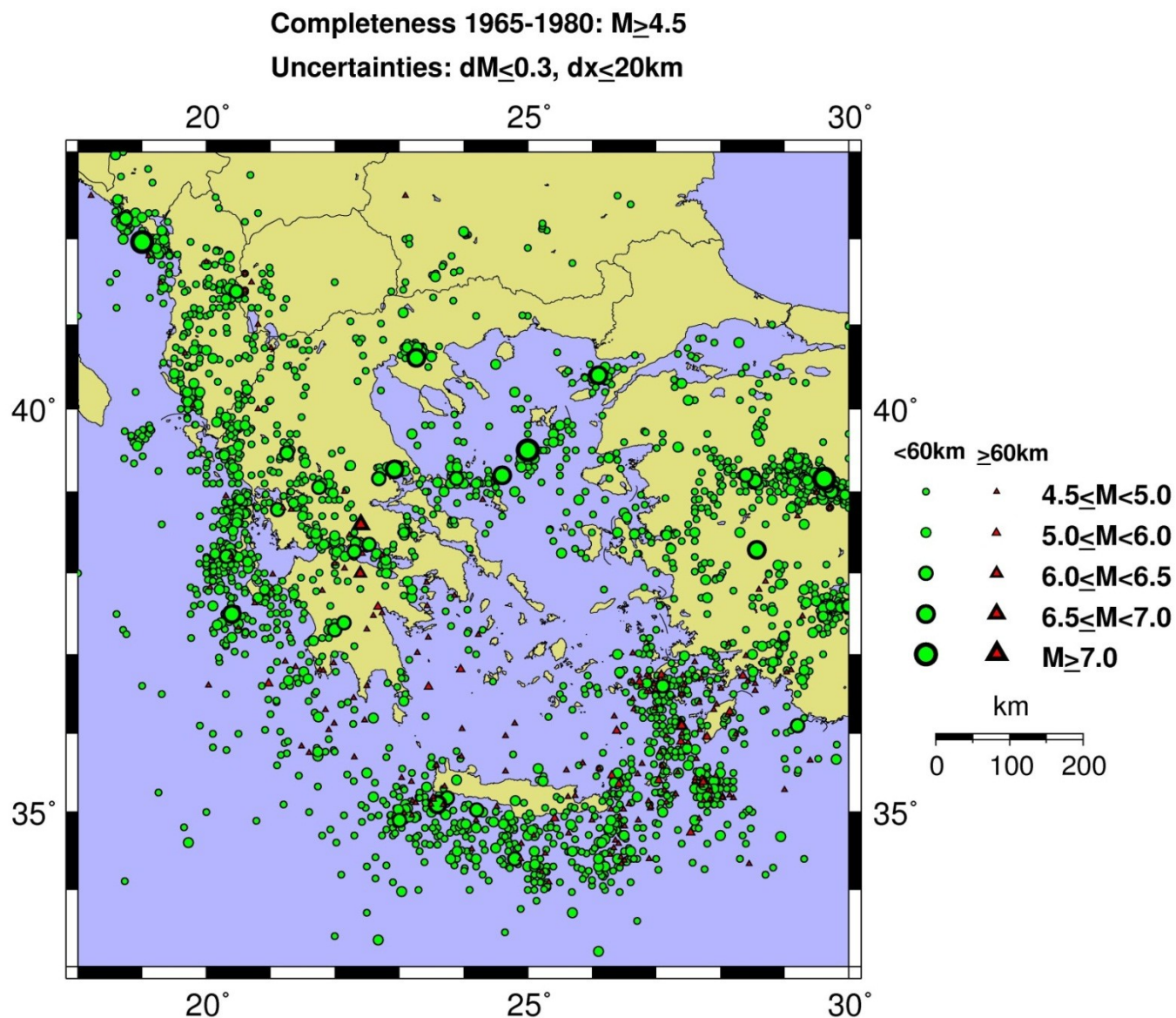
- ➡ Αξιοποίηση κτηθείσας γνώσης
- ➡ Οργάνωση-επικαιροποίηση σχεδίων ετοιμότητας
- ➡ Προσεισμικός έλεγχος κατασκευών και ενδεχόμενη ενίσχυσή τους. Έμφαση σε κτηριακές δομές με κοινωνική, διοικητική και πολιτιστική σημασία
- ➡ Προτεραιότητα σε συγκεκριμένες περιοχές, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα με τις λιγότερες δυνατές δαπάνες

Ευχαριστώ
για την προσοχή σας !

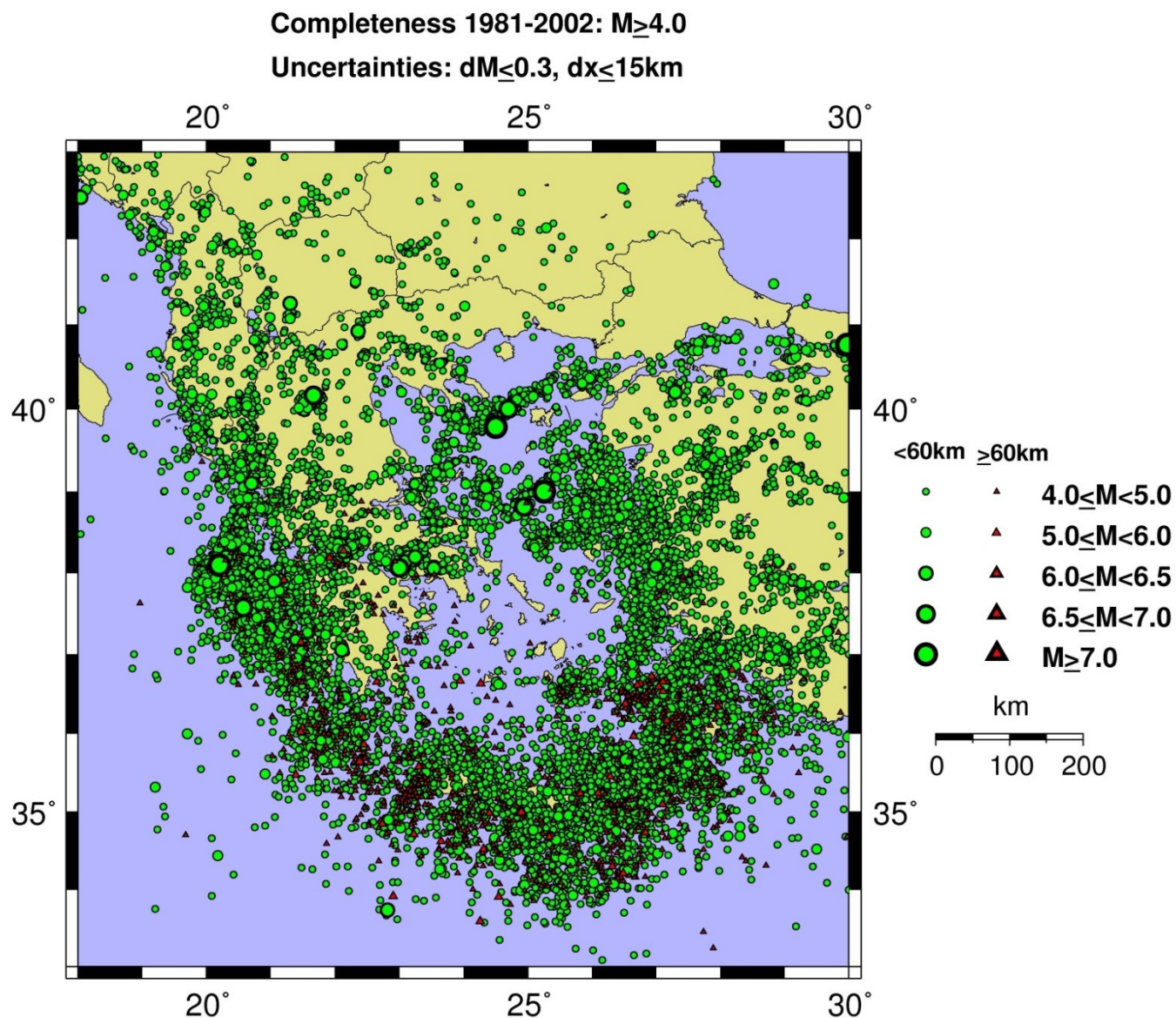
Χάρτης σεισμικότητας της Ελλάδας 1911-1964



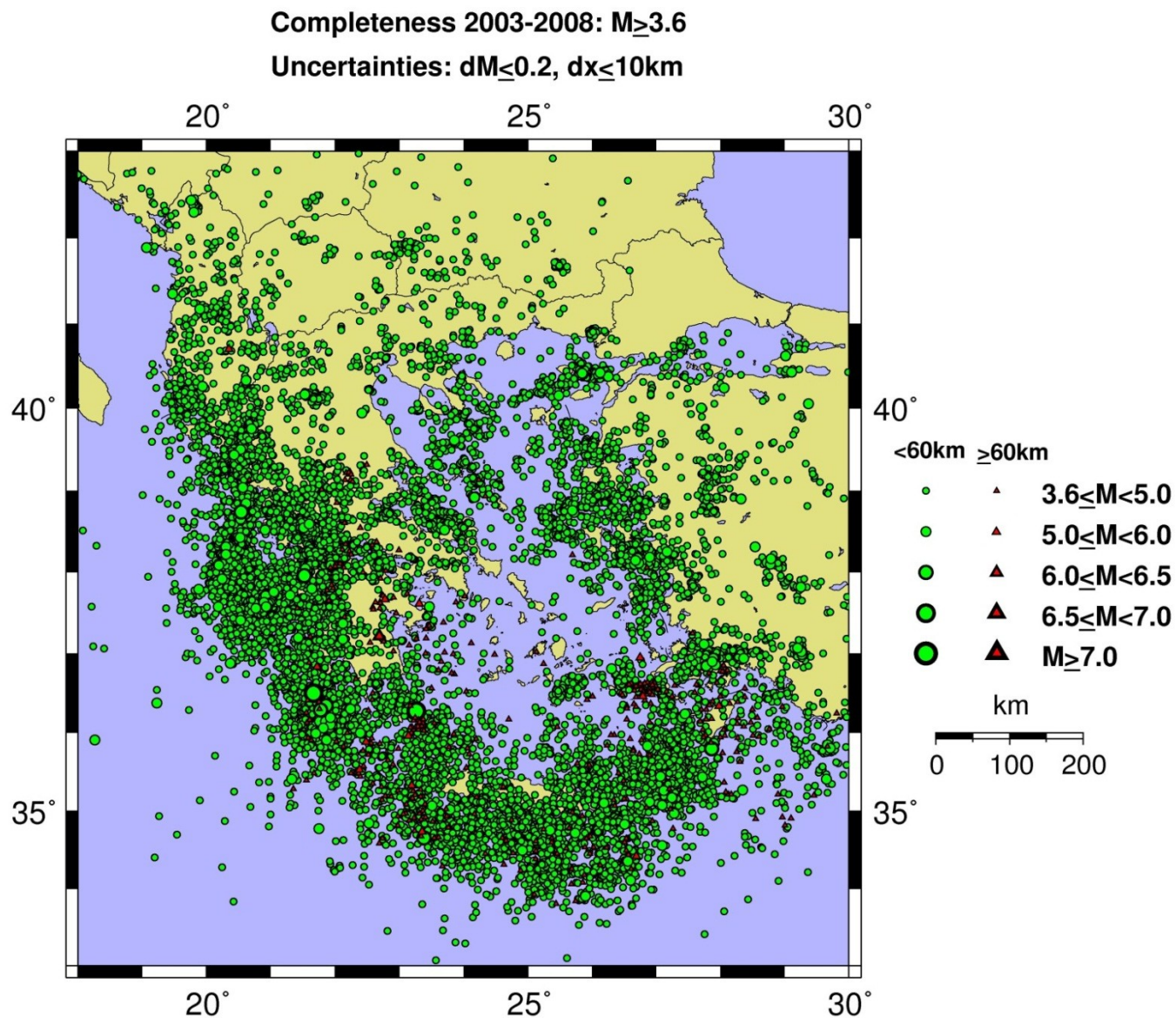
Επίκεντρα από ενόργανα στοιχεία στην περιοχή του Αιγαίου



Επίκεντρα από ενόργανα στοιχεία στην περιοχή του Αιγαίου

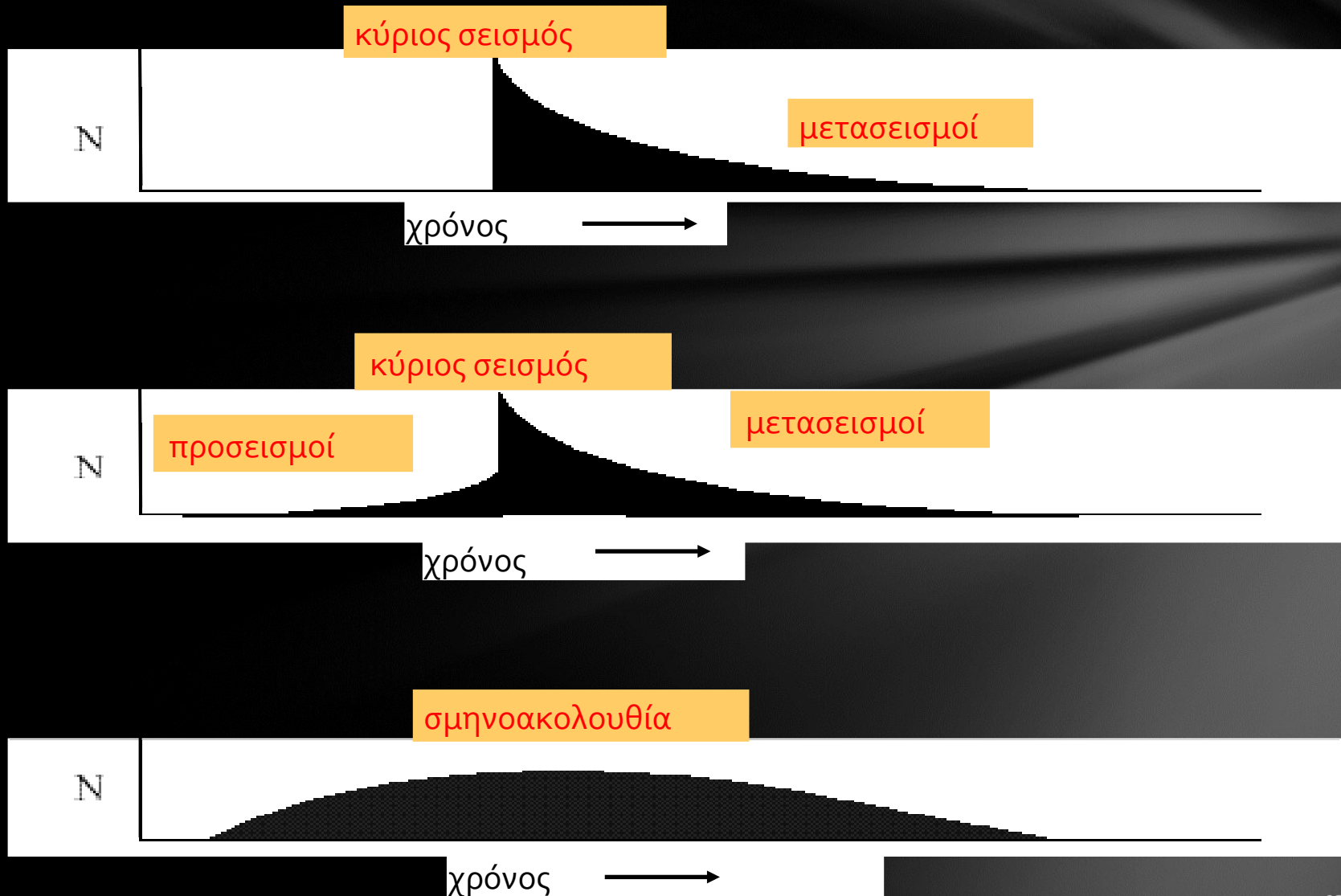


Επίκεντρα από ενόργανα στοιχεία στην περιοχή του Αιγαίου



Εκτίμηση εξέλιξης σεισμικής έξαρσης (συνέχεια)

Είδη Σεισμικών Ακολουθιών



- Εκτίμηση ομαλής ή μη εξέλιξης
- Τι διάρκεια θα έχει η σεισμική ακολουθία;
- Χώρος, χρόνος και μέγεθος ισχυρού μετασεισμού

Εθνικό Δίκτυο Σεισμογράφων (παρούσα κατάσταση)

