



3ο Επιστημονικό Forum για τη Μείωση της Διακινδύνευσης από Καταστροφές  
στην Ελλάδα - HDRRF

# Παρακολούθηση Σεισμικών Διεγέρσεων σε Σχεδόν Πραγματικό Χρόνο (NRT) & Εκτίμηση Πιθανής Εξέλιξής τους

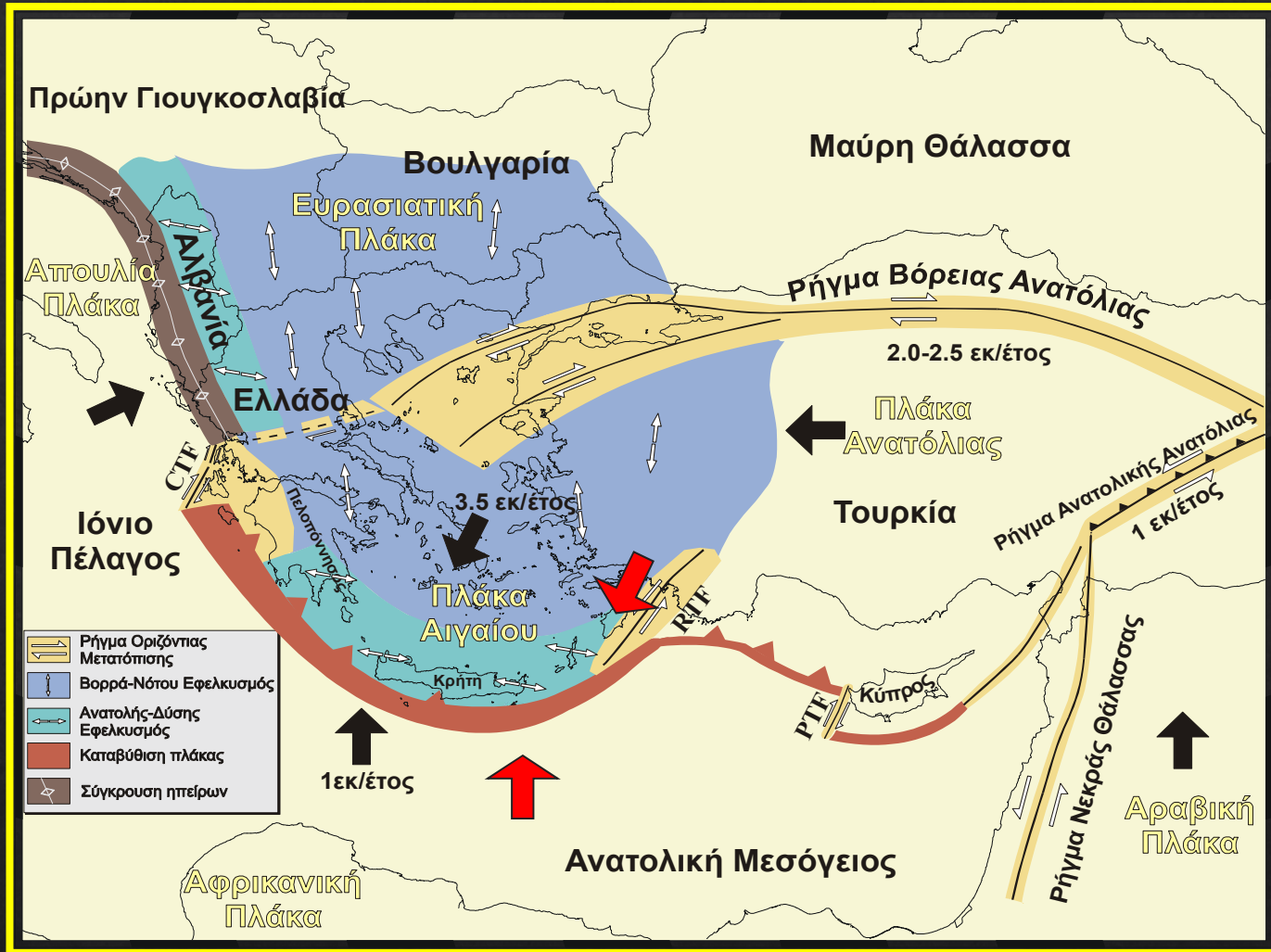
**Ε.Μ. ΣΚΟΡΔΥΛΗΣ**, Καθηγητής Σεισμολογίας, Τομέας Γεωφυσικής ΑΠΘ

**Π. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΗΣ**, PhD, ΕΔΙΠ, Τομέας Γεωφυσικής ΑΠΘ

**Ε. ΤΕΖΑ**, MSc, υποψήφια διδάκτορας, Τομέας Γεωφυσικής ΑΠΘ



# Σεισμικότητα της Ελλάδας

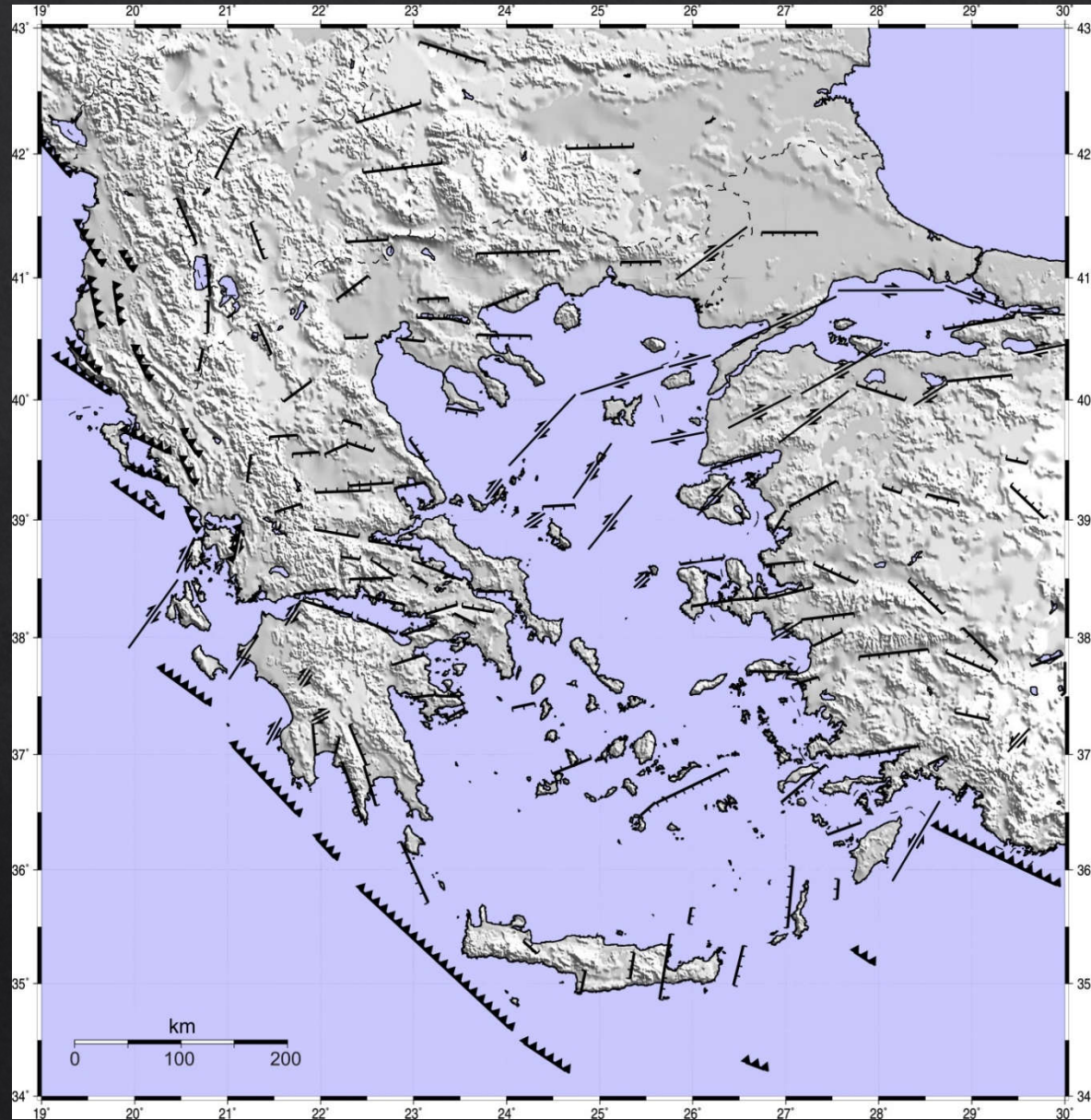


Κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών που καθορίζουν την ενεργό τεκτονική στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές (Parazachos et al., 1998)



# Σεισμικότητα της Ελλάδας

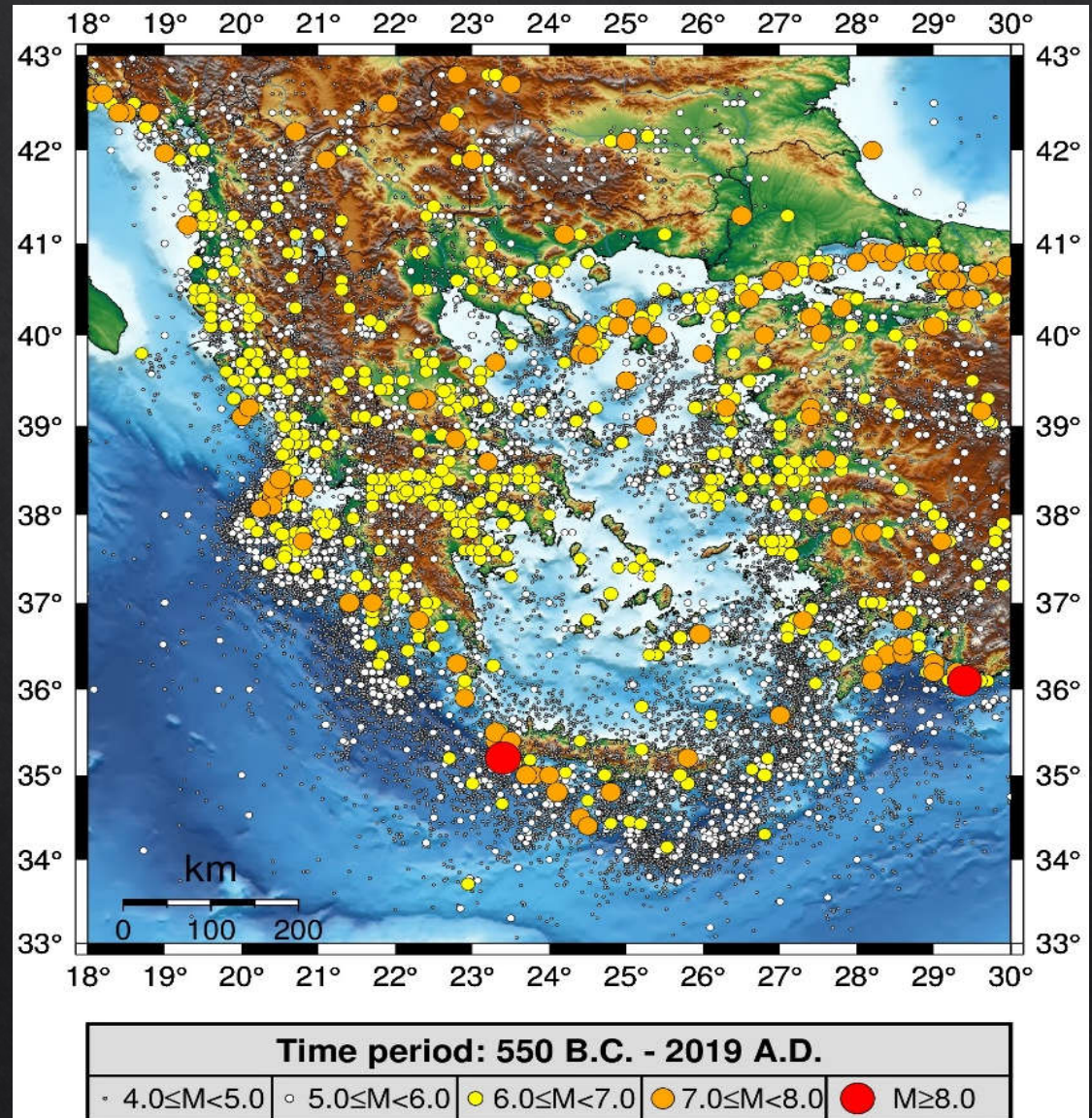
Σεισμικά ρήγματα του  
ελληνικού χώρου και  
των γύρω περιοχών  
(Παπαζάχος κ.α., 2001)





# Σεισμικότητα της Ελλάδας

Επιφανειακή  
Σεισμικότητα



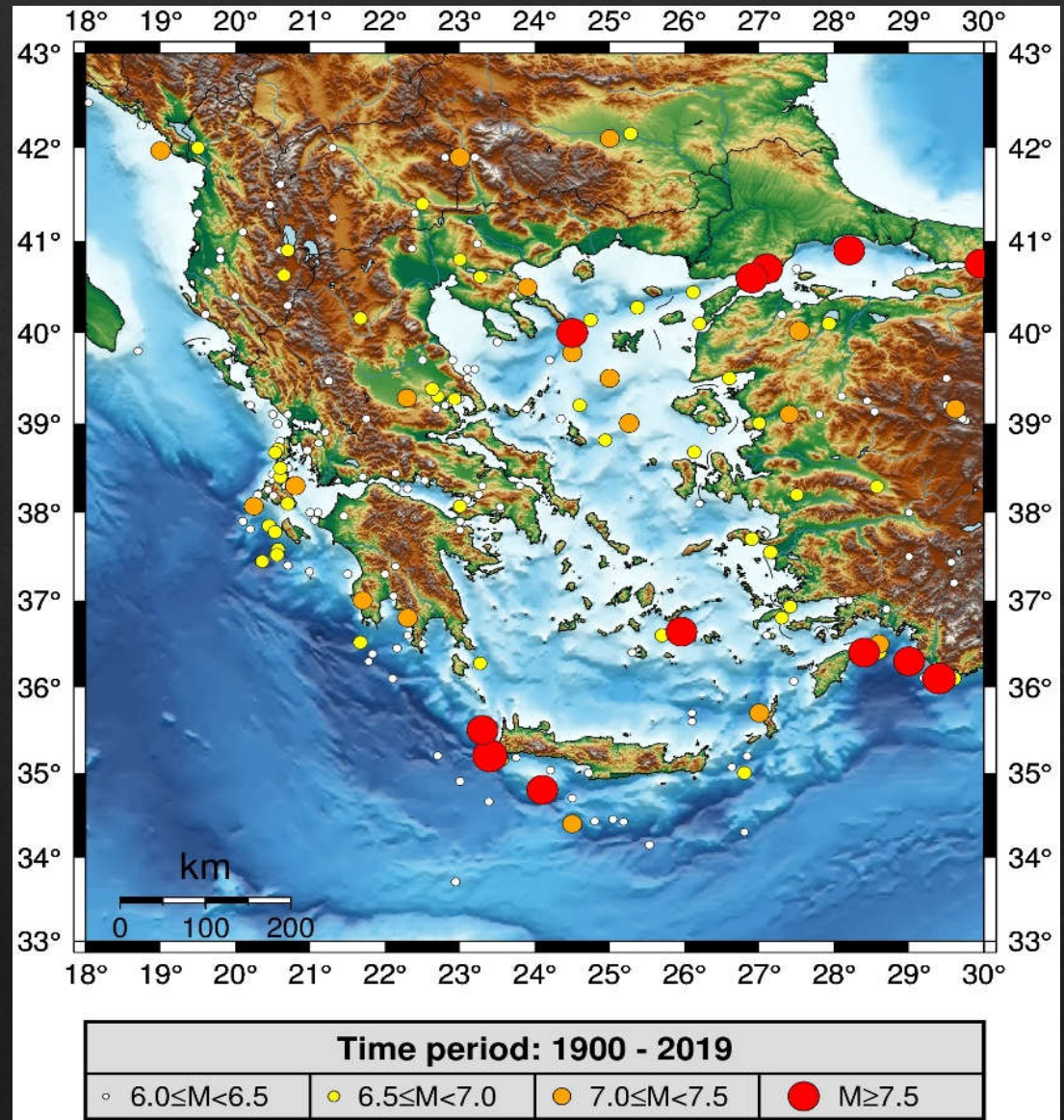


# Σεισμικότητα της Ελλάδας

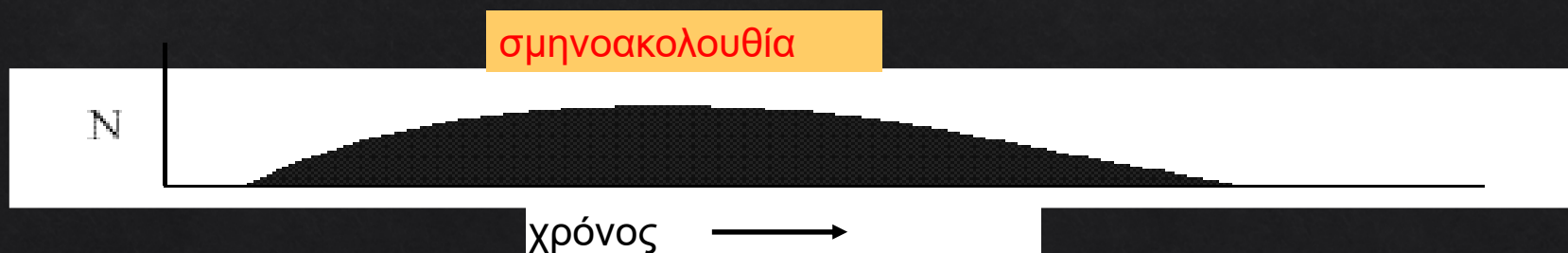
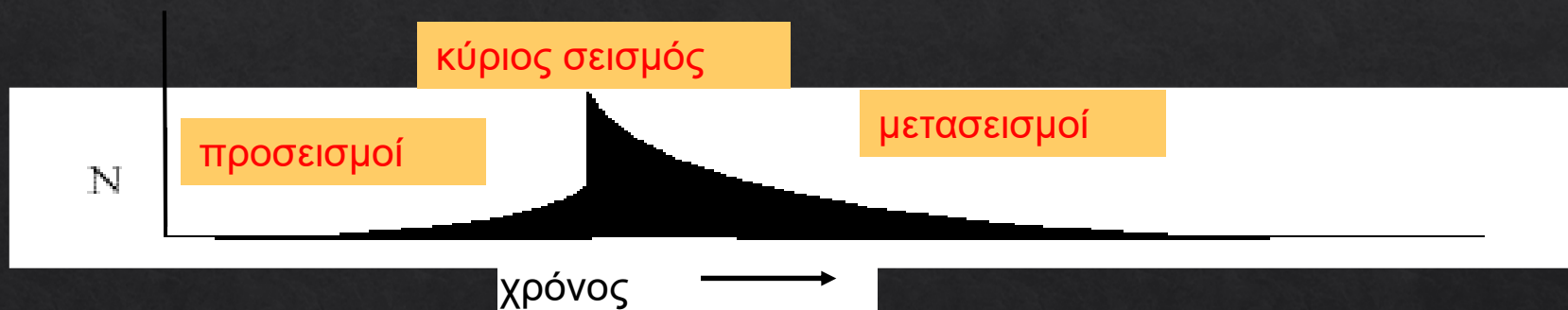
Ισχυροί ( $M > 6.0$ )  
επιφανειακοί σεισμοί του  
20<sup>ου</sup> και 21<sup>ου</sup> αιώνα

204 σεισμοί με  $M \geq 6.0$   
σε 120 χρόνια  
1.7 σεισμοί / έτος

69 σεισμοί με  $M \geq 6.5$   
σε 120 χρόνια  
~1 σεισμός / διετία



# Σεισμικές Ακολουθίες





# Σεισμικές Ακολουθίες

Θεσσαλονίκη 1978,  
M=6.5





## Σεισμικές Ακολουθίες



Καλαμάτα, 13/9/1986,  $M=6.0$   
(2 οικοδομές, 20 νεκροί)

15/9/1986, ,  $M=5.4$   
(2 οικοδομές, 2 νεκροί)



# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης

Σε μια σεισμική έξαρση εξετάζουμε :

- 1) Τη χωρική κατανομή των επικέντρων της ακολουθίας που οριοθετεί το σεισμογόνο χώρο της ακολουθίας.
- 2) Την κατά μέγεθος κατανομή των σεισμών-μελών της ακολουθίας που αναδεικνύει το μέγεθος πληρότητας και τις τιμές των παραμέτρων  $a$  και  $b$  της σχέσης G-R.
- 3) Τη μεταβολή του μέσου μεγέθους των σεισμών-μελών, προΐοισης της ακολουθίας.
- 4) Τη διαμήκη τομή του σεισμογόνου χώρου της ακολουθίας που δίνει με καλή προσέγγιση το μήκος και το πλάτος του σεισμογόνου ρήγματος.
- 5) Την εγκάρσια τομή του εστιακού χώρου που αναδεικνύει τη διεύθυνση και τη γωνία κλίσης του σεισμογόνου ρήγματος.
- 6) Τη χρονική κατανομή των σεισμών-μελών που δείχνει την ομαλή (ή μη) εξέλιξη της ακολουθίας, όπως αυτή προκύπτει από το ρυθμό εκδήλωσης των σεισμών που την απαρτίζουν.
- 7) Τη χωρο-χρονική κατανομή των επικέντρων των σεισμών της ακολουθίας που, σε συνδυασμό με τη χωρική κατανομή (χάρτης σεισμικότητας), οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον τρόπο διάδοσης της διάρρηξης στο σεισμικό ρήγμα.

# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης

Χωρική κατανομή

## STRIKE-SLIP FAULTS

### •Sub-surface

$$\text{Log}L(\text{km}) = 0.59M - 2.30, \quad \sigma = 0.14, \quad 5.8 \leq M \leq 8.1$$

## DIP-SLIP FAULTS

(continental faults)

### •Sub-surface

$$\text{Log}L(\text{km}) = 0.50M - 1.86, \quad \sigma = 0.13, \quad 5.8 \leq M \leq 7.8$$

## DIP-SLIP FAULTS

(subduction regions)

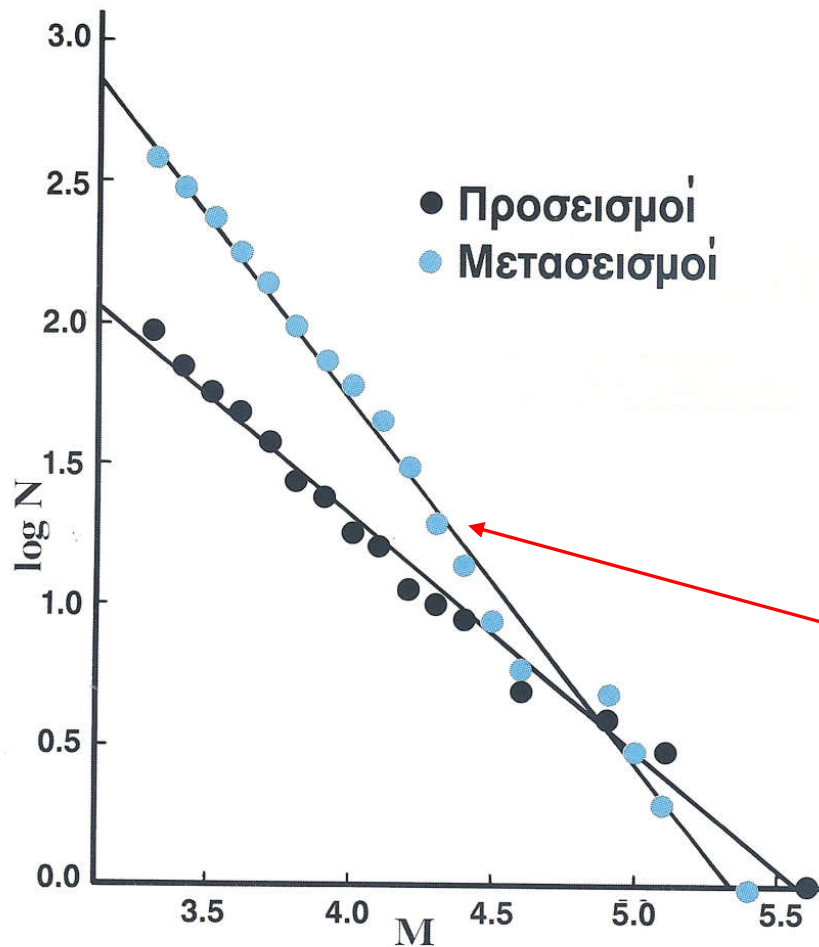
$$\text{Log}L(\text{km}) = 0.55M - 2.19, \quad \sigma = 0.18, \quad 6.7 \leq M \leq 9.3$$

*Parazachos et al. (2004, 2006)*



# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης

Κατά μέγεθος κατανομή



Κατά μέγεθος κατανομή των προσεισμών/μετασεισμών του κύριου σεισμού της Μαγνησίας (M=6.5, 9/7/1980)

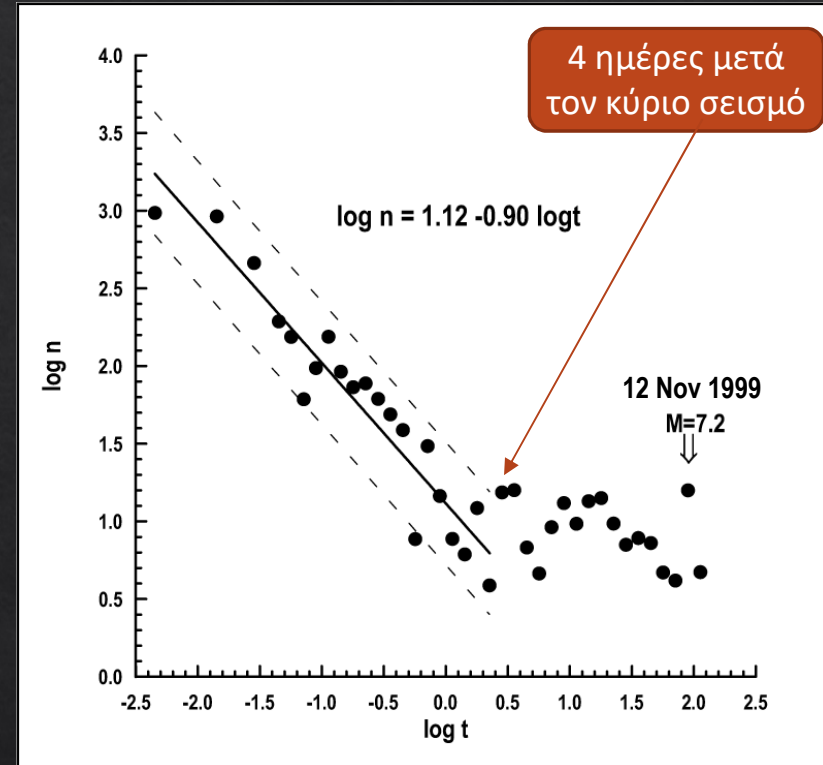
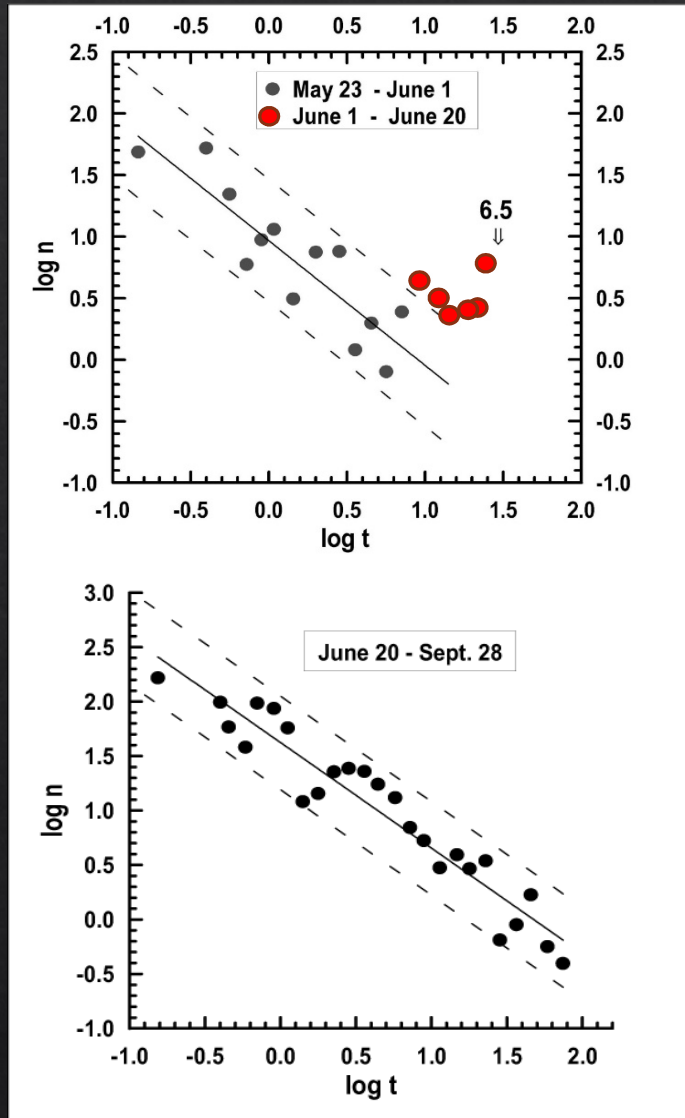
Η κλίση της ευθείας είναι η παράμετρος  $b$  της σχέσης των Gutenberg & Richter (1944)

(Parazachos et al., 1983)

# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης

## Χρονική κατανομή

Χρονική κατανομή των προ- & μετα-σεισμών του σεισμού της Θεσ/νίκης (20/6/1978,  $M=6.5$ ) (Parazachos et al., 1983)

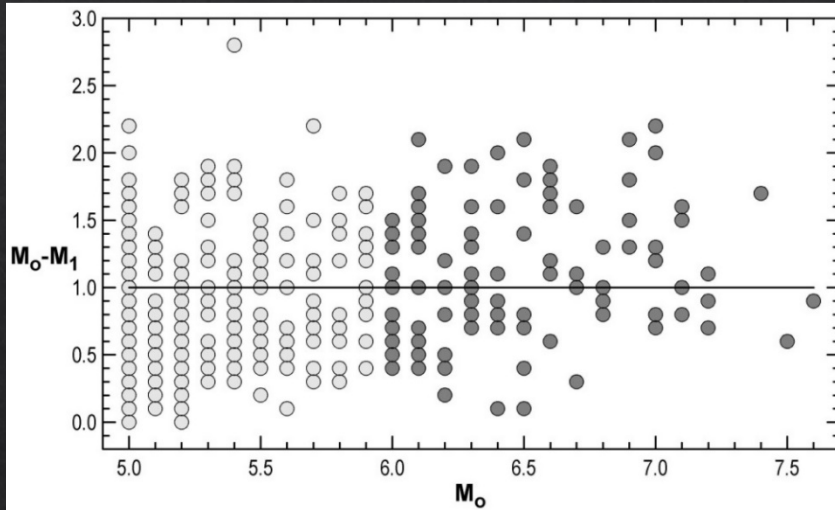


Χρονική κατανομή των μετασεισμών του σεισμού του Izmit (17/8/1999,  $M=7.6$ ) (Karakaisis 2003)

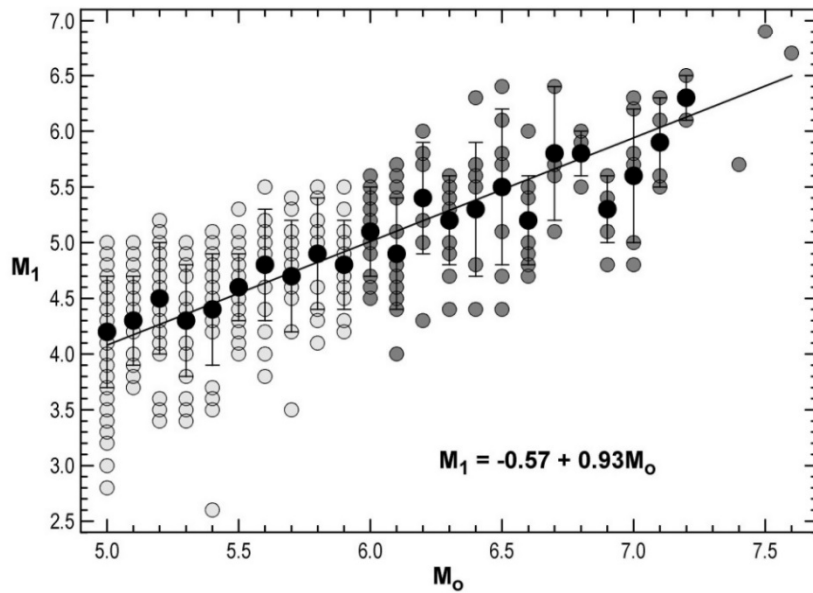


# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης

## Μέγεθος ισχυρότερου μετασεισμού



$M - M_1 = 1.0$  (Κουρουζίδης, 2003)

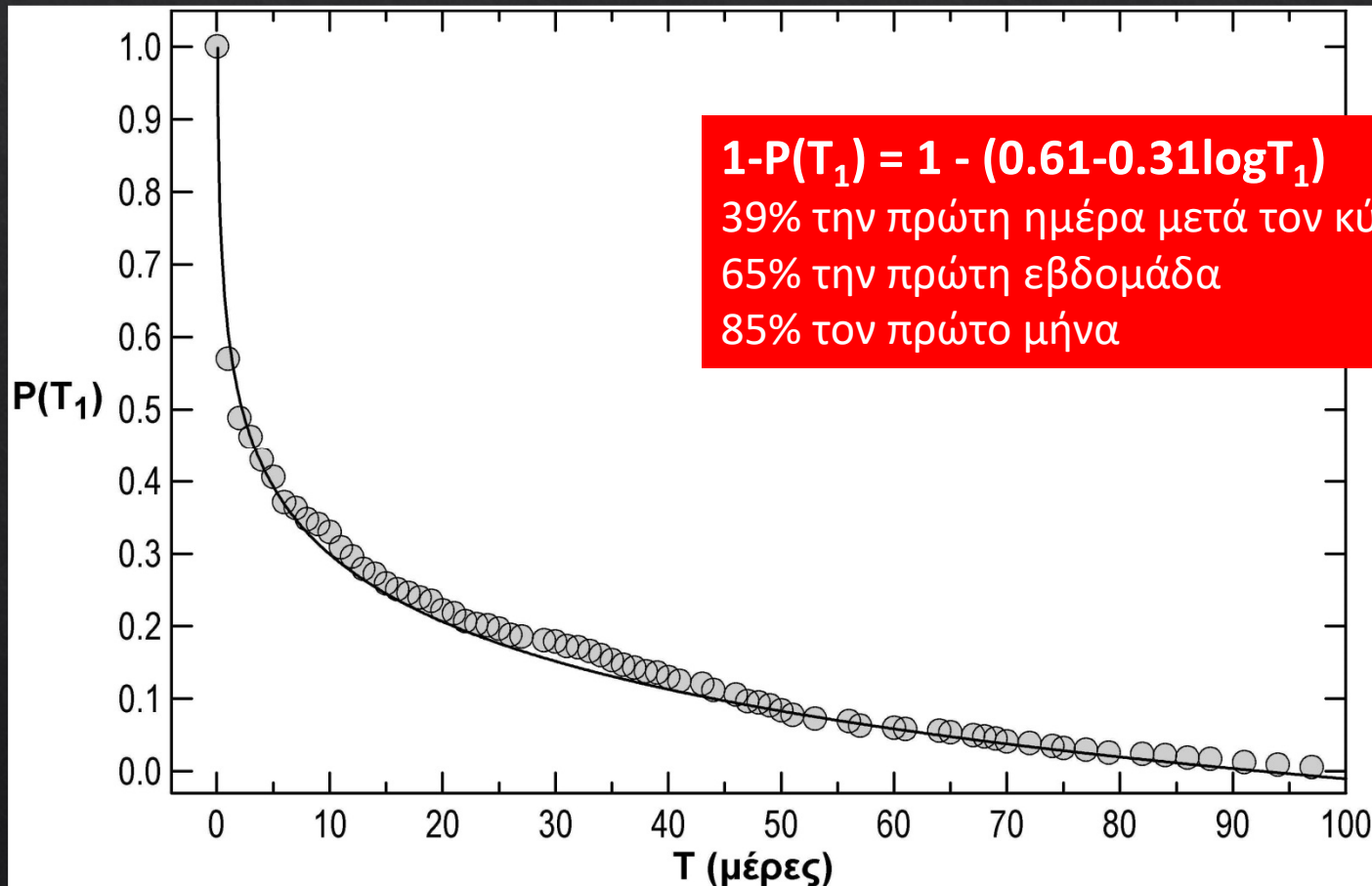


$M - M_1 = 1.2$  (Båth, 1965)

$M - M_1 = 1.1$  (Parazachos, 1974)

# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης

## Πιθανότητα εκδήλωσης ισχυρότερου μετασεισμού

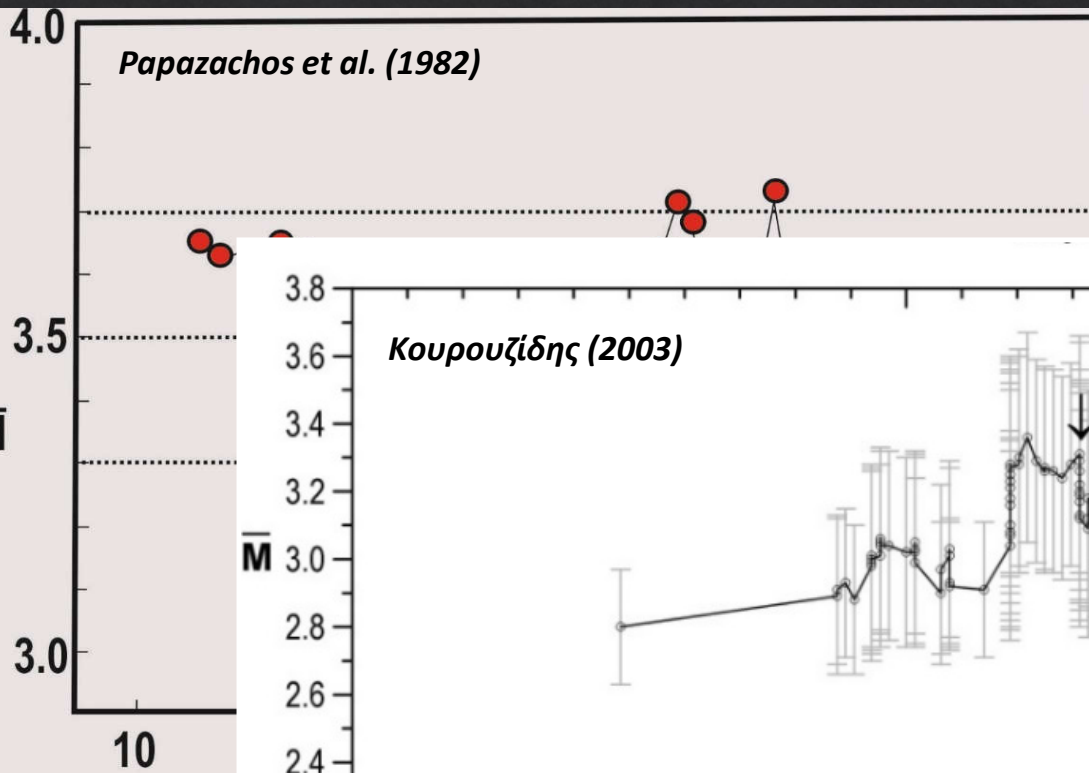


Πιθανότητα,  $P(T_1)$ , εκδήλωσης του μεγαλύτερου μετασεισμού **μετά από χρόνο  $T_1$**  (σε μέρες) από τον κύριο σεισμό.

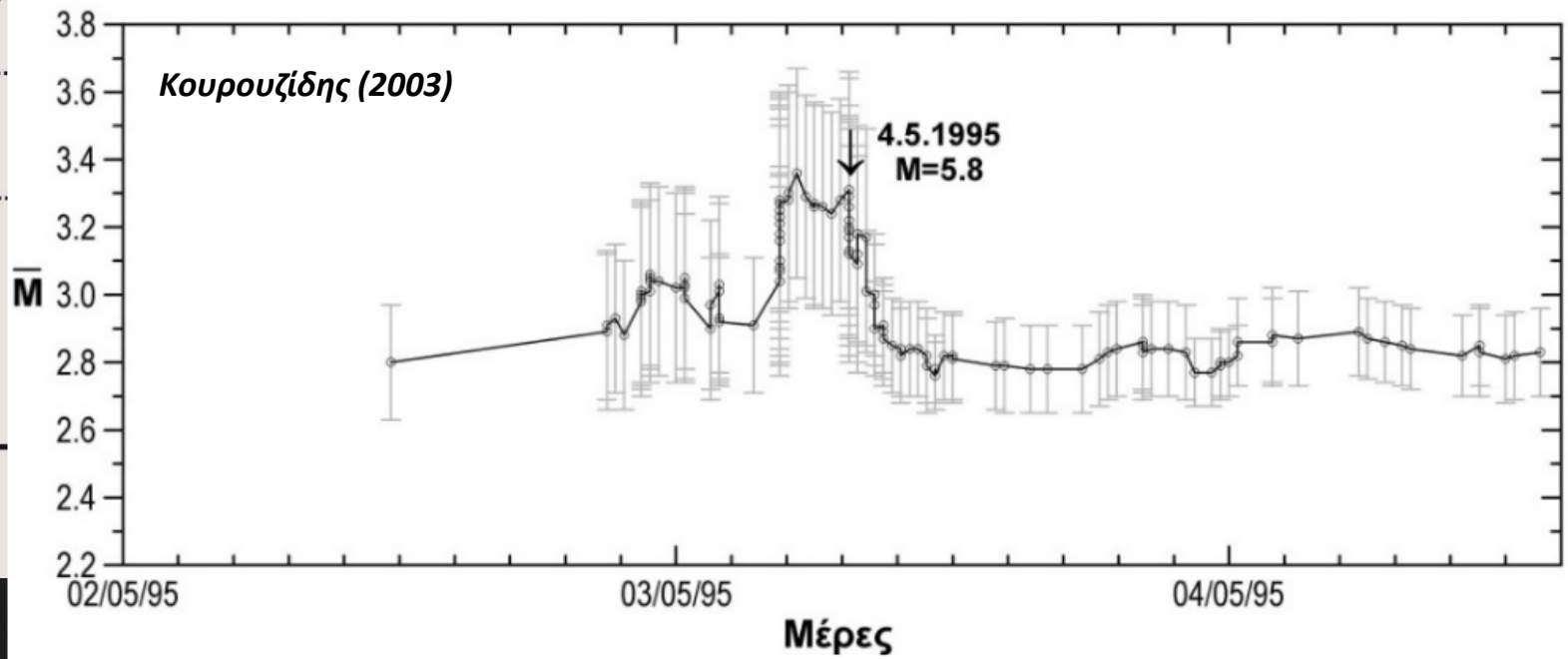


# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης

Μέσο μέγεθος

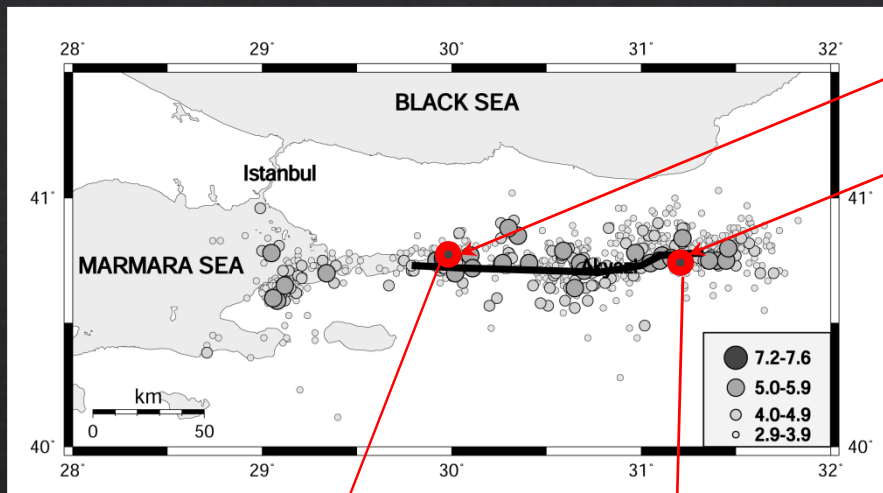


Βόλβη, 23/5/1978,  $M=5.8$   
20/6/1978,  $M=6.5$



Αρναία, 4/5/1995,  $M=5.8$

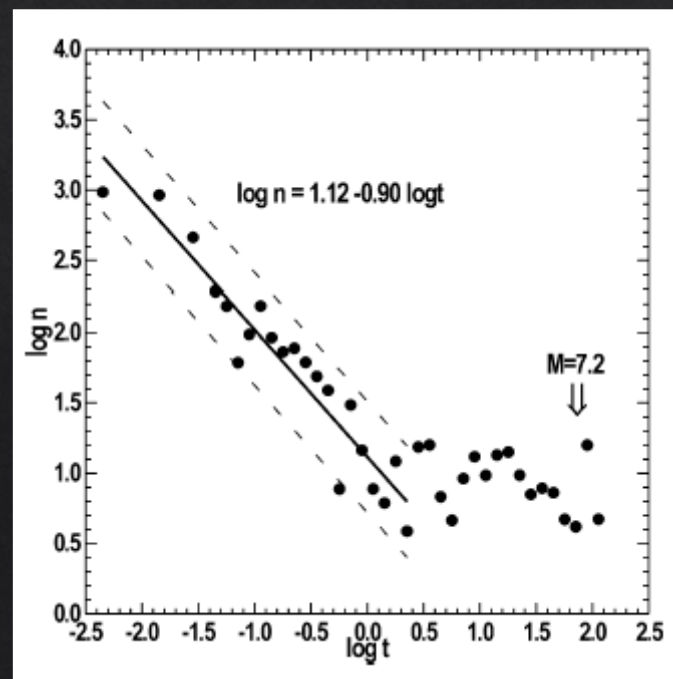
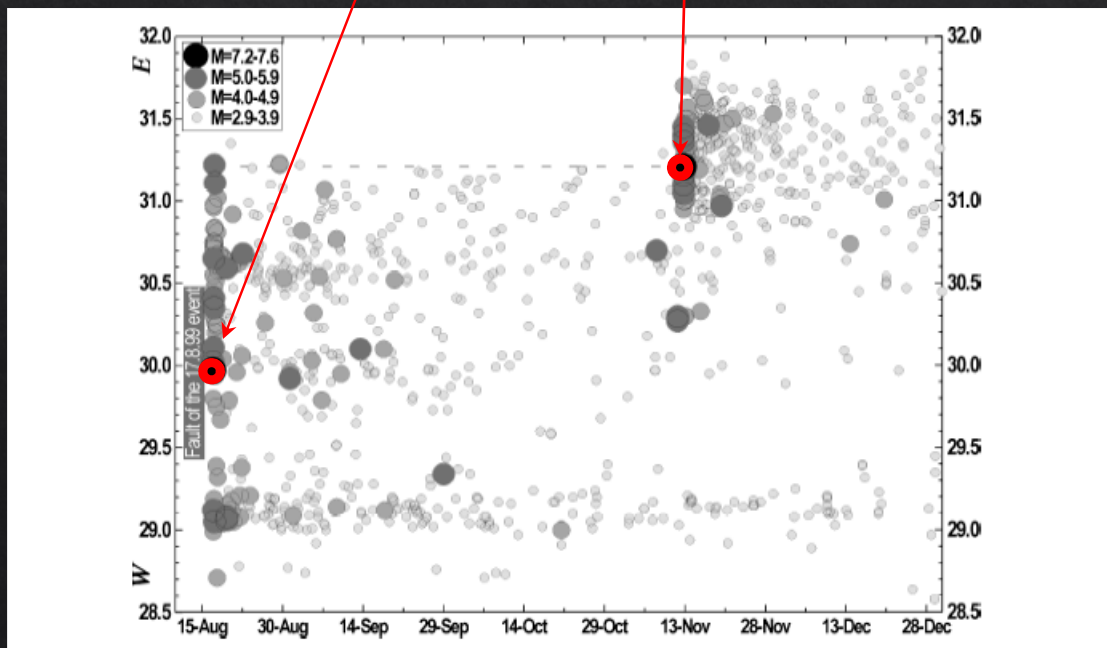
# Εκτίμηση Εξέλιξης Σεισμικής Έξαρσης (παράδειγμα)



Σεισμός Izmit,  $M=7.6$ , 17/08/1999

Σεισμός Duzce,  $M=7.2$ , 12/11/1999

(Karakaisis, 2003)





# ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ Α.Π.Θ.

**Near real time monitoring**

<http://geophysics.geo.auth.gr/ss/AKOLOYTHIES/akoloythies.htm>

# Ημι-αυτοματοποιημένη Διαδικασία Παρακολούθησης Εξέλιξης Σεισμικής Διέγερσης σε NRT



ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ  
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΤΟΡΑ !!!

ΤΡΕΧΟΥΣΑ  
ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Αρχική Σελίδα  
Σεισμολογικός Σταθμός  
Τομέας Γεωφυσικής  
Προσωπικό  
Πρόγραμμα υπηρεσιών

ΔΙΚΤΥΑ

Δίκτυο Σεισμογράφων ΑΠΘ  
Εθνικό Δίκτυο Σεισμίφων

ΤΕΧΝΙΚΕΣ

ΠΑΡΟΡΟΦΙΕΣ  
Σταθμοί ΑΠΘ  
Σταθμοί Εθνικού Δικτύου  
SCOLV notes

ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Πρόσφατες Ακολουθίες  
Κατάλογοι Σεισμών  
Μηνιαία Δελτία Σεισμών  
Αναζήτηση Δεδομένων  
Μηχανισμοί Γένεσης

ΔΙΑΦΟΡΑ

ΑΠΘ την Κυριακή  
Στοιχεία Επικοινωνίας  
Αναφορά (citation)  
Που βρισκόμαστε...

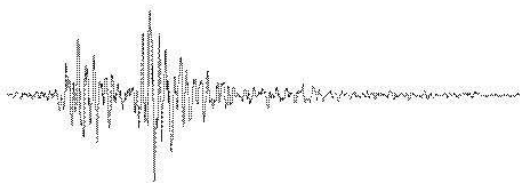
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Είσοδος (μόνο συντηρητή χρήση)

Σχόλια - παρατηρήσεις για την  
ισοσελίδα του Σεισμολογικού  
Σταθμού του Α.Π.Θ.

E-mail

View Stats



Σεισμολογικός Σταθμός Α.Π.Θ.

Πρόσφατες Σεισμικές Ακολουθίες

- [19/07/2019, M=5.1 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΒΑ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ\)](#)
- [26/10/2018, M=6.8 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΝΑ ΤΗΣ ΖΑΚΥΝΘΟΥ\)](#)
- [21/07/2017, M=6.6 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΒΑ ΤΗΣ ΚΩ\)](#)
- [12/06/2017, M=6.3 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ Ν. ΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ\)](#)
- [06/02/2017, M=5.2 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ Β. ΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ\)](#)
- [15/10/2016, M=5.3 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ\)](#)
- [17/11/2015, M=6.4 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΛΕΥΚΑΔΑΣ\)](#)
- [16/04/2015, M=6.1 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΚΑΣΟΥ\)](#)
- [17/11/2014, M=5.3 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΥΒΟΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ\)](#)
- [24/05/2014, M=6.3 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΔΗΜΝΟΥ-ΣΑΜΟΘΡΑΚΗΣ\)](#)
- [26/01/2014, M=6.1 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ\)](#)
- [11/01/2014, M=4.7 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ\)](#)
- [12/10/2013, M=6.2 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΧΑΝΙΩΝ\)](#)
- [11/10/2013, M=4.4 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΒΟΛΒΗΣ\)](#)
- [16/09/2013, M=4.9 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΑΜΦΙΚΛΕΙΑΣ\)](#)
- [08/01/2013, M=5.9 \(ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΔΗΜΝΟΥ\)](#)



# Ημι-αυτοματοποιημένη Διαδικασία Παρακολούθησης Εξέλιξης Σεισμικής Διέγερσης σε NRT



**ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ**  
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



**ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΤΟΡΑ !!!**

**ΤΡΕΧΟΥΣΑ  
ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ**

**ΓΕΝΙΚΑ**

Αρχική Σελίδα  
Σεισμολογικός Σταθμός  
Τομέας Γεωφυσικής  
Προσωπικό  
Πρόγραμμα υπηρεσιών

**ΔΙΚΤΥΑ**

Δίκτυο Σεισμογράφων ΑΠΘ  
Εθνικό Δίκτυο Σεισμιφών

**ΤΕΧΝΙΚΕΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ**

Σταθμοί ΑΠΘ  
Σταθμοί Εθνικού Δικτύου  
SCOLV notes

**ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ**

Πρόσφατες Ακολουθίες  
Κατάλογοι Σεισμών  
Μηνιαία Δελτία Σεισμών  
Αναζήτηση Δεδομένων  
Μηχανισμοί Γένεσης

**ΔΙΑΦΟΡΑ**

ΑΠΘ την Κυριακή  
Στοιχεία Επικοινωνίας  
Αναφορά (citation)  
Που βρισκόμαστε...

**ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ**

**Είσοδος** (μόνο εσωτερική χρήση)

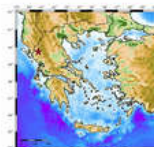
Σχόλια - παρατηρήσεις για την  
ισοσελίδα του Σεισμολογικού  
Σταθμού του Α.Π.Θ.

**E-mail**

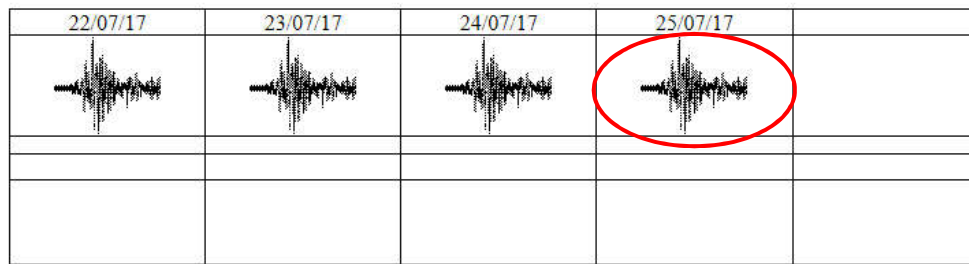
[View Stats](#)

## Εξέλιξη Σεισμικής Ακολουθίας ΒΑ της Κω

(21/07/2017, Mw=6.6)



Latitude **36.959N**  
Longitude **27.453E**  
Ωρα (GMT) **22:31:10.8 (20/07/2017 GMT)**  
Βάθος **~2 km**



# Ημι-αυτοματοποιημένη Διαδικασία Παρακολούθησης Εξέλιξης Σεισμικής Διέγερσης σε NRT

ΣΕΙΣΜΟΣ ΒΑ ΤΗΣ ΚΩ (M<sub>w</sub>=6.6, 21/07/2017)

Από τα έως τώρα δεδομένα προκύπτει ότι το σεισμογόνο ρήγμα έχει διεύθυνση ~92° ANA-ΔΒΔ και κλίνει προς τα N-ΝΔ. Αυτό βρίσκεται σε πολύ καλή συμφωνία με διαθέσιμους μηχανισμούς γένεσης του σεισμού που δημοσιεύονται από διάφορα σεισμολογικά κέντρα (GCMT, AUTH, NOA, INGV, KOERI, UOA, USGS). Οι μηχανισμοί γένεσης των κέντρων αυτών

Στις 07/07/2017

Συνεκτιμώντας τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η υπό μελέτη διέγερση (με βάση τα ως τώρα δεδομένα) ενέχει χαρακτηριστικά τυπικής μετασεισμικής ακολουθίας. Αυτό προκύπτει κυρίως από τη διάσταση του σεισμογόνου χώρου (~30 km, όπως αυτός διαμορφώνεται ως τώρα), από την κατά μέγεθος κατανομή των μετασεισμών (υψηλή τιμή της παραμέτρου  $b$ ), από την χρονική και χωρο-χρονική τους κατανομή αλλά και από το σεισμικό ιστορικό της περιοχής. Τονίζουμε ότι σε καμιά περίπτωση η παραπάνω εκτίμηση δεν ενέχει χαρακτηριστικά βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης.

6) Η χρονική κατανομή των σεισμών-μελών που δείχνει την ομαλή (ή μη) εξέλιξη της ακολουθίας, όπως αυτή προκύπτει από το ρυθμό εκδήλωσης των σεισμών που την απαρτίζουν.

7) Η χωρο-χρονική κατανομή των epicέντρων των σεισμών-μελών της ακολουθίας που, σε συνδυασμό με τη χωρική κατανομή (χάρτης σεισμικότητας), οδηγεί στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων αναφορικά με τον τρόπο διάδοσης της διάρρηξης στο σεισμογόνο ρήγμα.

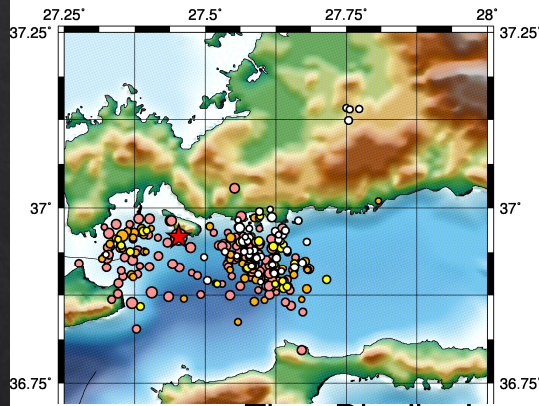
(υψηλή τιμή της παραμέτρου  $b$ ), από την χρονική και χωρο-χρονική τους κατανομή αλλά και από το σεισμικό ιστορικό της περιοχής. Τονίζουμε ότι σε καμιά περίπτωση η παραπάνω εκτίμηση δεν ενέχει χαρακτηριστικά βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης.

Συνεχίζεται η προσεκτική παρακολούθηση της εξέλιξης της μετασεισμικής ακολουθίας από τους επιστήμονες του Τομέα Γεωφυσικής του Α.Π.Θ. Νεότερη ανάρτηση αναμένεται μέσα στο προσεχές 24ωρο, εφ' όσον υπάρξουν επαρκή νέα δεδομένα που θα συμβάλουν στην καλύτερη αποτίμηση της κατάστασης.

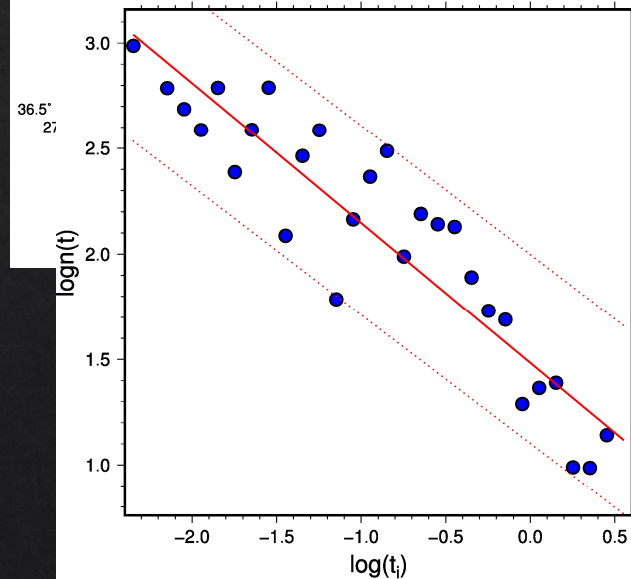


# Ημι-αυτοματοποιημένη Διαδικασία Παρακολούθησης Εξέλιξης Σεισμικής Διέγερσης σε NRT

Seismicity Map

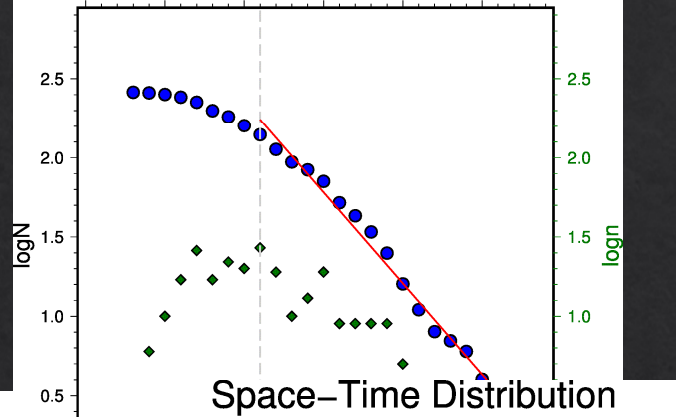


Time Distribution

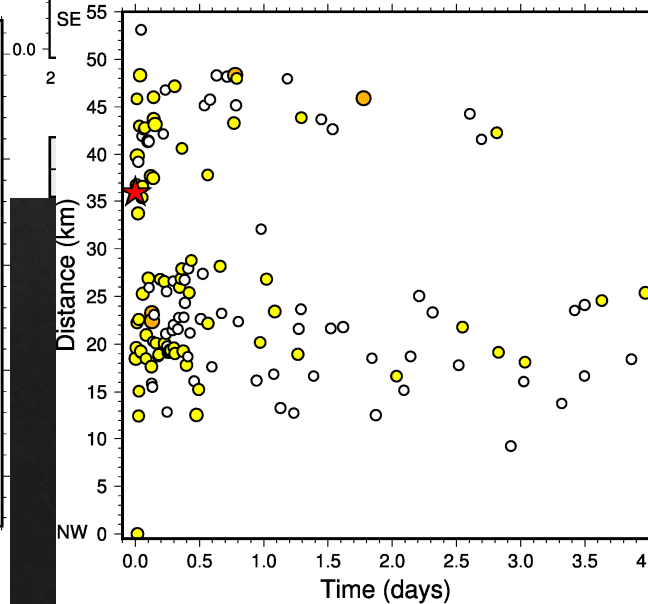


$\log n(t) = 1.55 - 0.61 \cdot \log(t)$				
first 96h	$\alpha = 1.55$	$p = 0.61$	$R^2 = 0.805$	$SD = 0.448$

Gutenberg–Richter Distribution

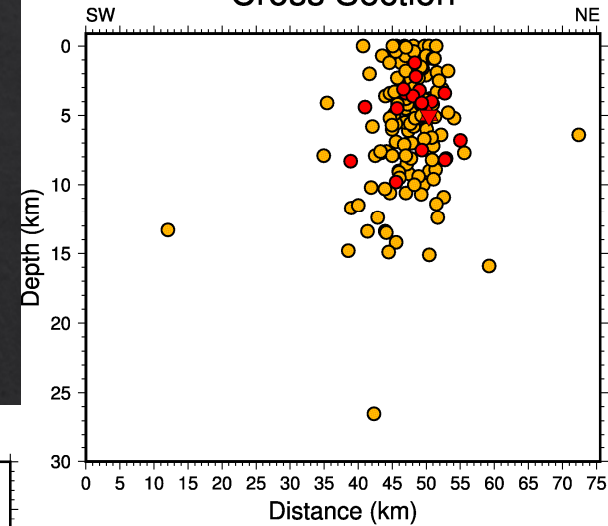


Space–Time Distribution



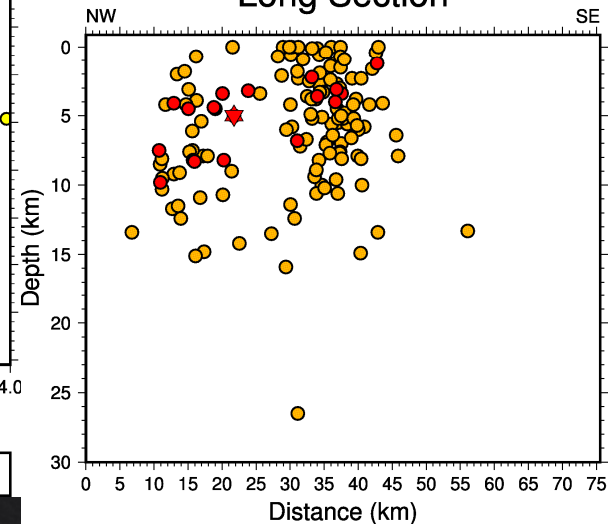
□ M<3.5	■ 3.5≤M<4.5	■ 4.5≤M<5.5	■ M≥5.5
---------	-------------	-------------	---------

Cross Section



■ M<3.0	■ 3.0≤M<4.0	■ M≥4.0
---------	-------------	---------

Long Section



# Συνοψίζοντας...

- Υπάρχει επιστημονική δυνατότητα να εκτιμήσουμε **τεκμηριωμένα** και όχι εμπειρικά την εξέλιξη μιας σεισμικής διέγερσης
- Αυτές οι πληροφορίες είναι χρήσιμες για την αντισεισμική προστασία, γιατί οι μεγάλοι μετασεισμοί προκαλούν, συνήθως, σημαντικές καταστροφές ή ακόμα και καταρρεύσεις κτιρίων που έχουν “πληγωθεί” από τον κύριο σεισμό
- Είναι πληροφορίες ζωτικής σημασίας τόσο για τα σωστικά συνεργεία που επιχειρούν όσο και για τους φορείς που συντονίζουν τις επιχειρήσεις
- Απαραίτητη προϋπόθεση ο γρήγορος και κατά το δυνατόν ακριβής προσδιορισμός των εστιακών παραμέτρων των σεισμών που απαρτίζουν τη σεισμική διέγερση





## 3ο Επιστημονικό Forum για τη Μείωση της Διακινδύνευσης από Καταστροφές στην Ελλάδα - HDRRF

Ευχαριστώ  
για την προσοχή σας!

**Ε.Μ. Σκορδύλης**  
Καθηγητής Σεισμολογίας  
Τομέας Γεωφυσικής Α.Π.Θ  
[manolis@geo.auth.gr](mailto:manolis@geo.auth.gr)

