

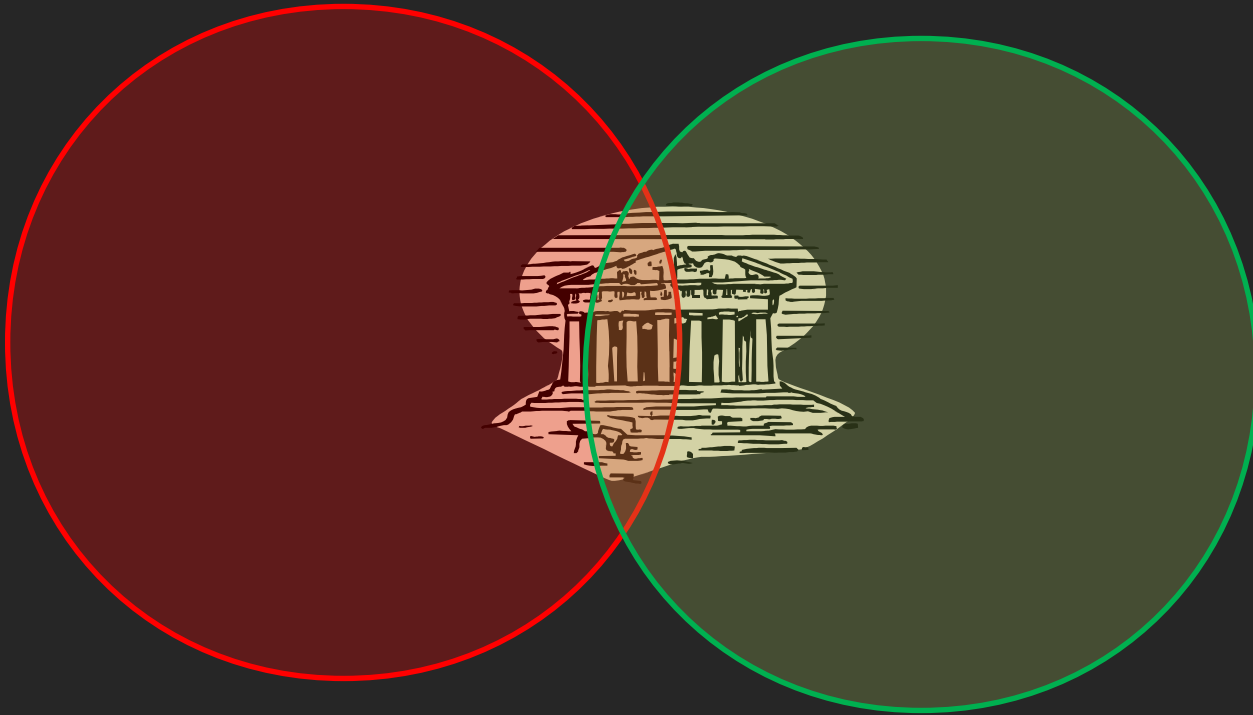
Εκτίμηση Σεισμικής Επικινδυνότητας Μνημείων

Estimation of Seismic Hazard for Monuments

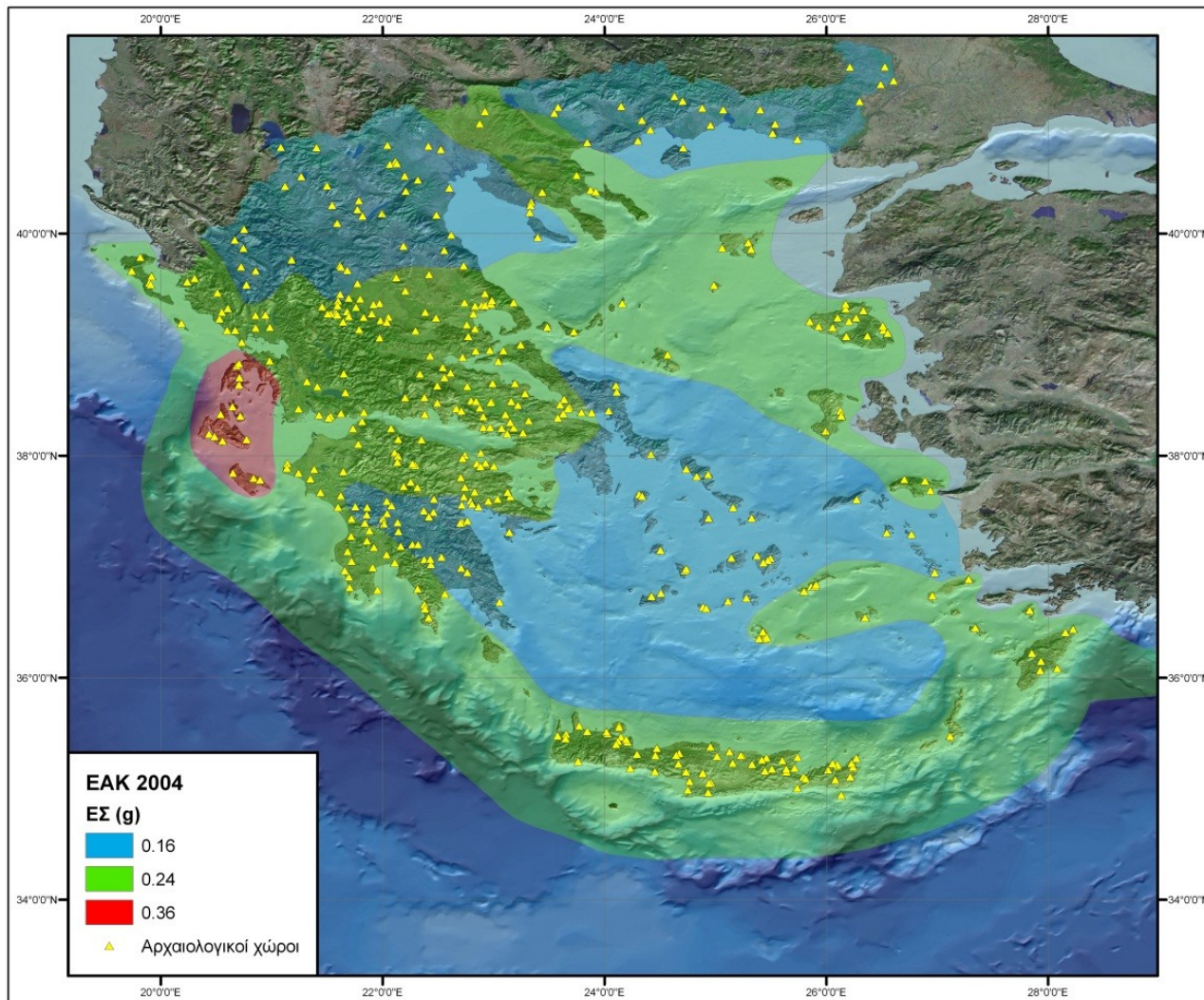
Νικόλαος Βούλγαρης
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Nicholas Voulgaris
University of Athens

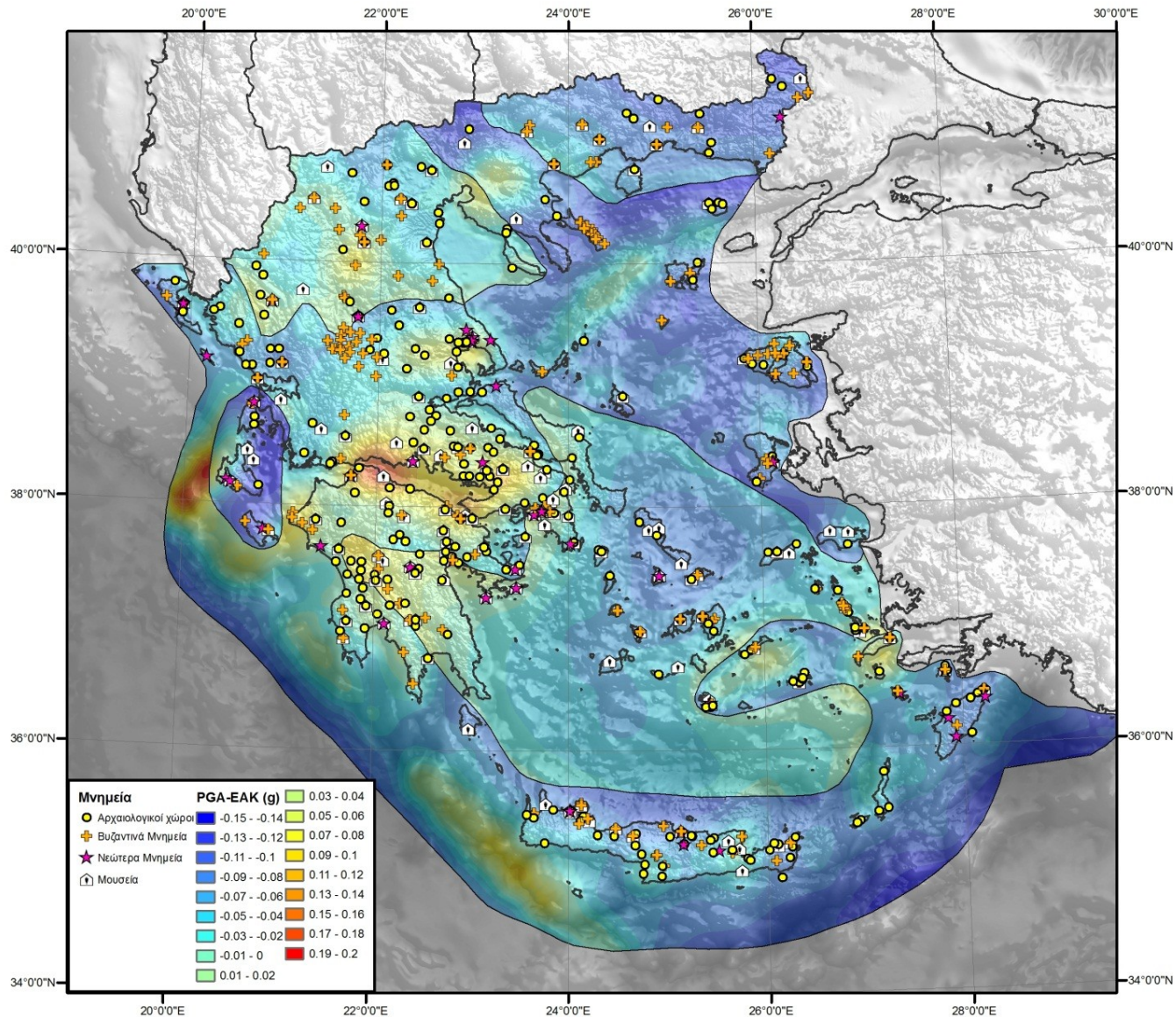
Σεισμικός Κίνδυνος = Σεισμική Επικινδυνότητα*Τρωτότητα

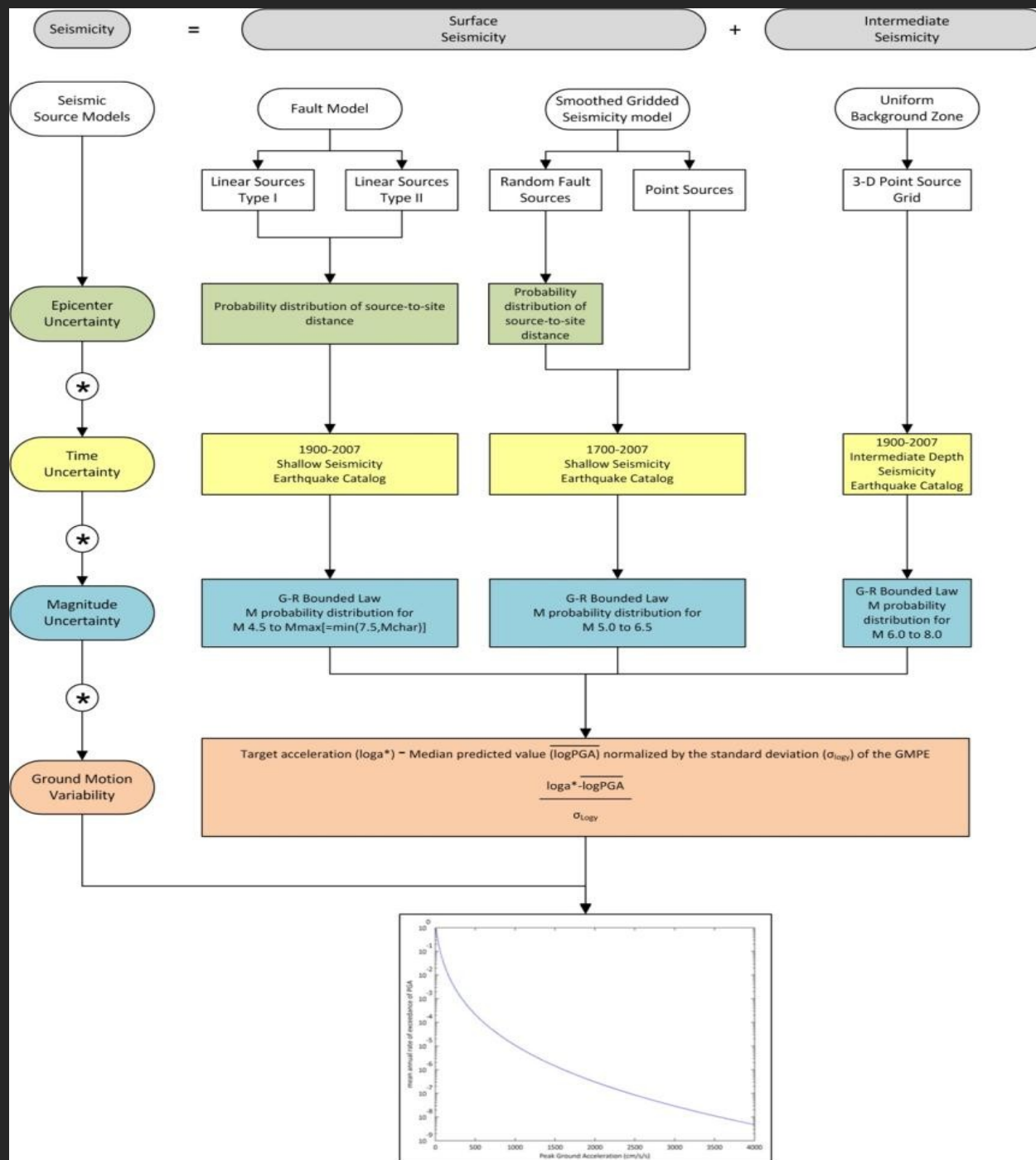


Μνημεία και Ζώνες κατά ΕΑΚ



Σύγκριση Τιμών Σχεδιασμού και PGA

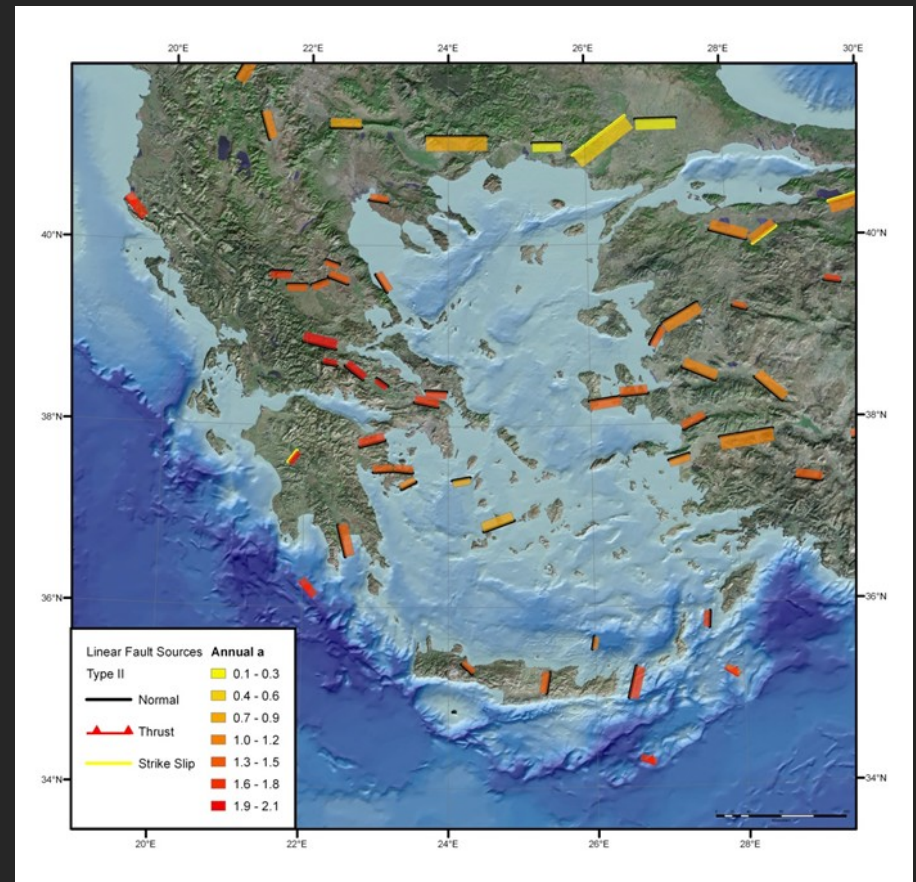
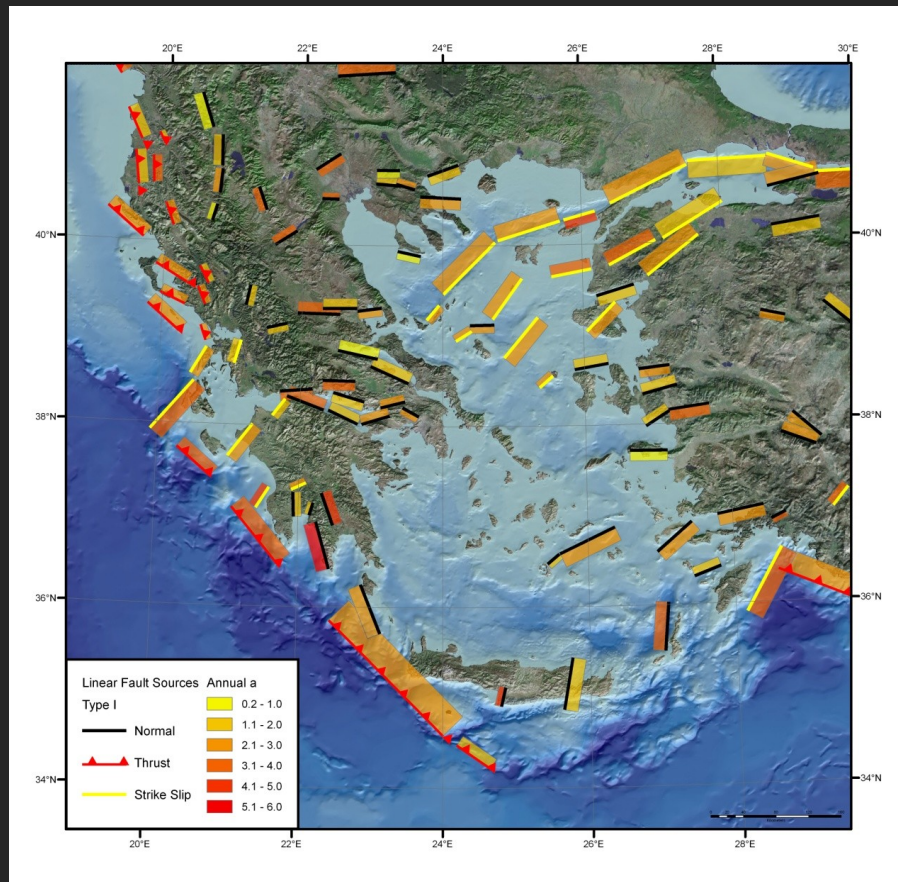




Εκτίμηση Σεισμικής Επικινδυνότητας



Επιφανειακή Σεισμικότητα Γραμμικές Πηγές



Οι γραμμικές πηγές τύπου I και II προσδιορίστηκαν με βάση σεισμολογικά, γεωφυσικά και γεωλογικά κριτήρια (Παπαζάχος κ.α., 2001). Καθορισμός επιφάνειας από (Leonard, 2008)

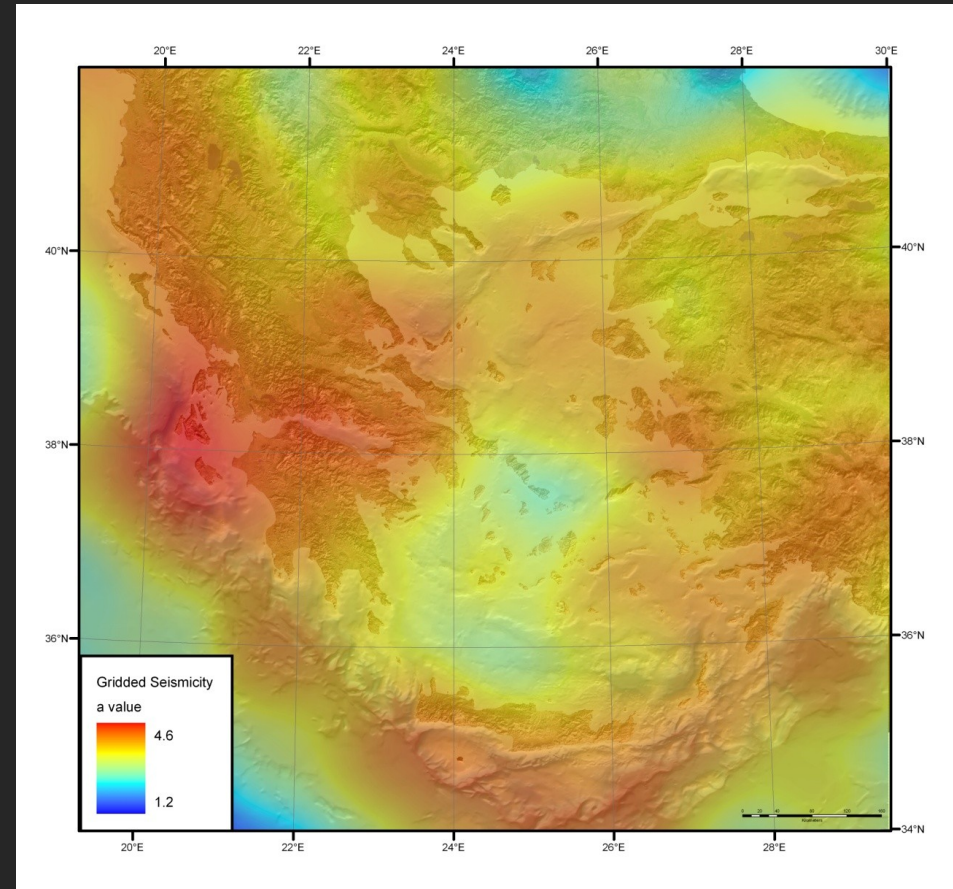
Surface Seismicity (+ Non Instrumental)/Smooth Gridded Seismicity model

Input: Instrumental
/Non-instrumental
seismicity catalog
consisting of **1730**
(M ref 5.0) shallow
events (**depth<30km**)
provided by the
AUTH/ISC for the 1700-
1964 and 1964-2007
time period,
respectively.

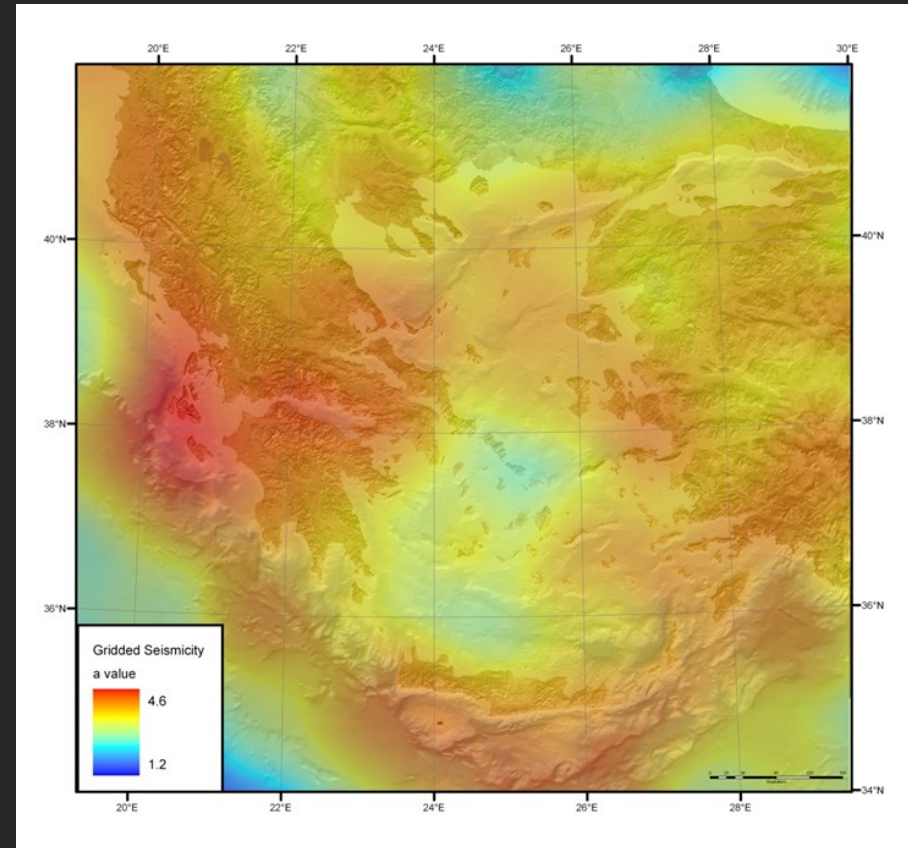
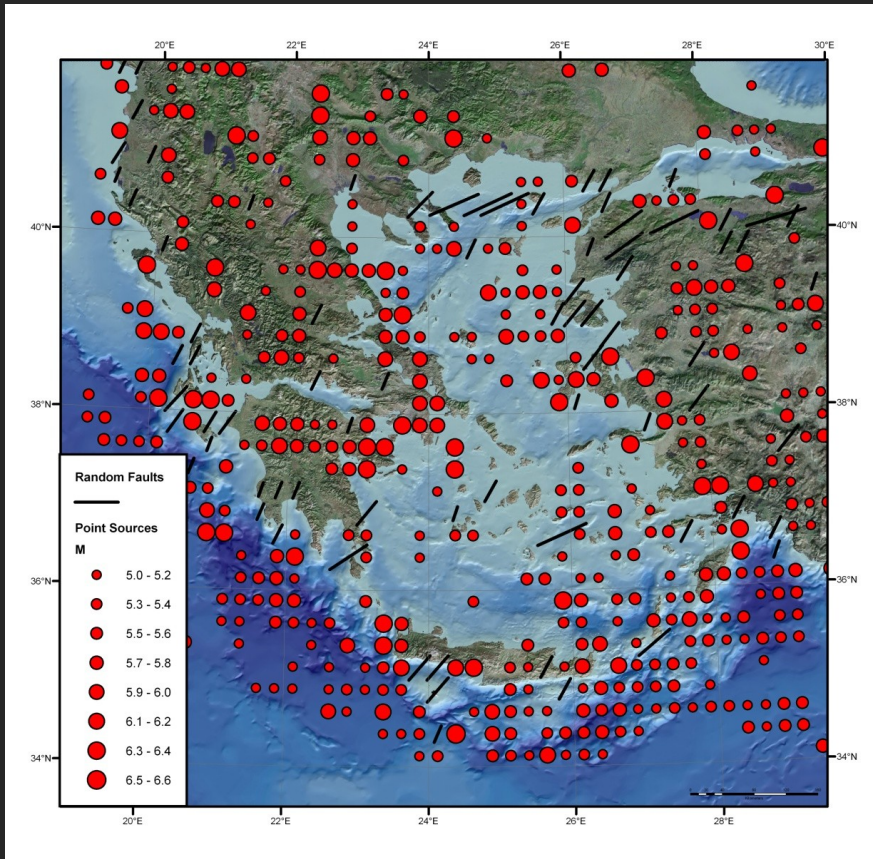
Output: a-value in a grid
spatially smoothed using
Gaussian operator

$$\overline{n_i} = \frac{\sum_j n_j e^{-\Delta_{ij}^2 / c^2}}{\sum_j e^{-\Delta_{ij}^2 / c^2}}$$

* c=50km (account for
epicenter uncertainty of the
non-instrumental era)



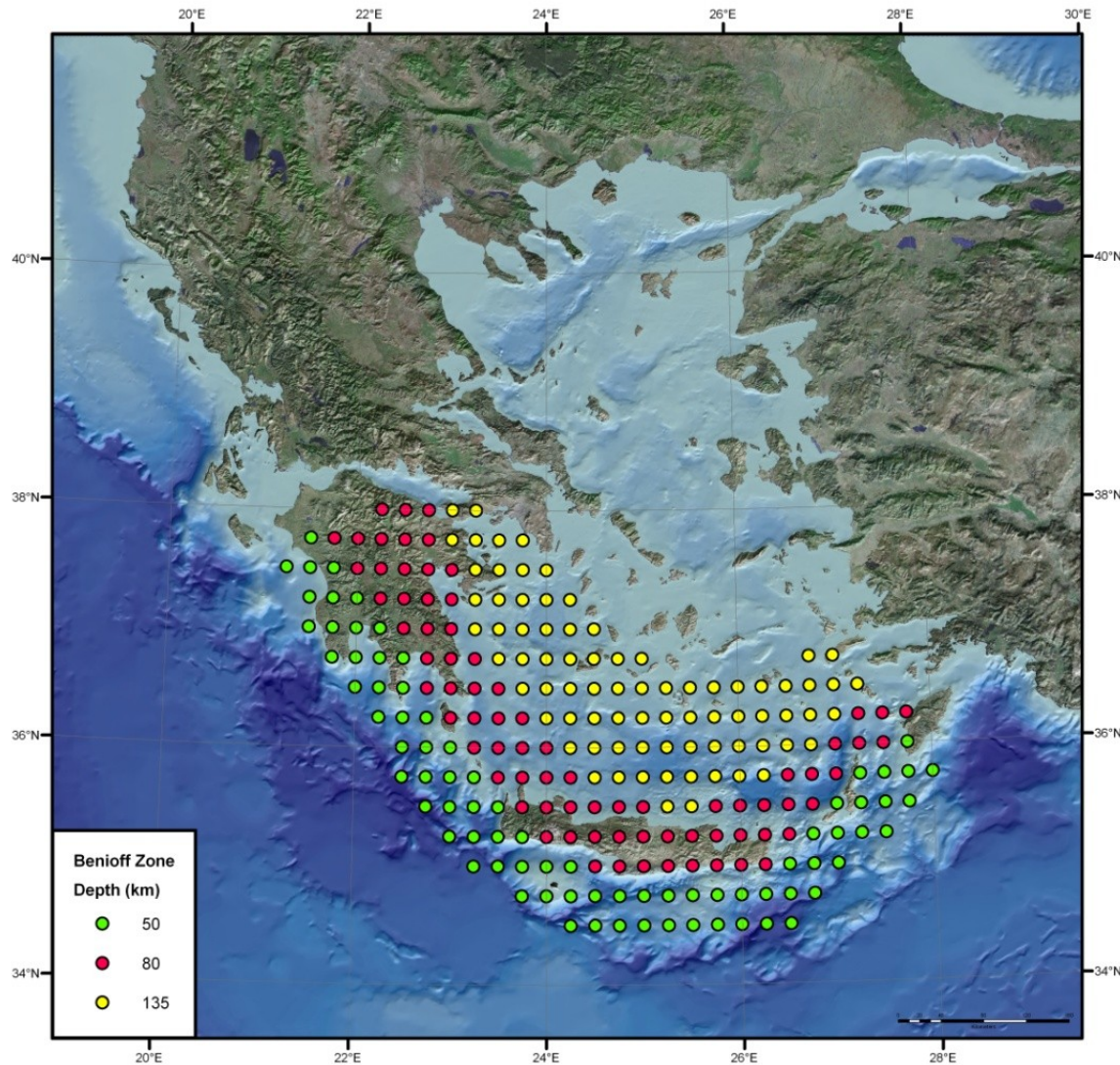
Επιφανειακή Σεισμικότητα Σημειακές πηγές (Μοντέλα εξομαλυμένης σεισμικότητας)



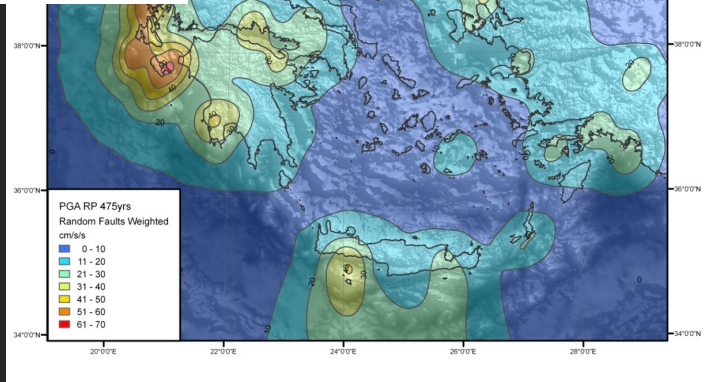
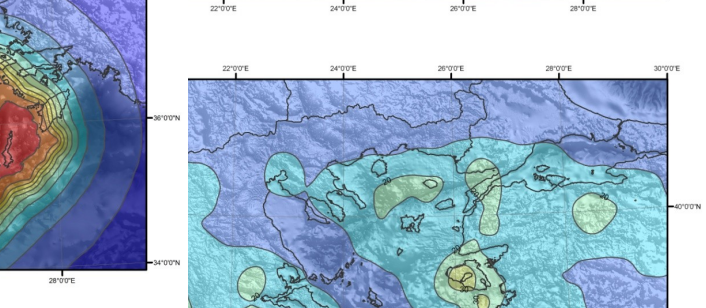
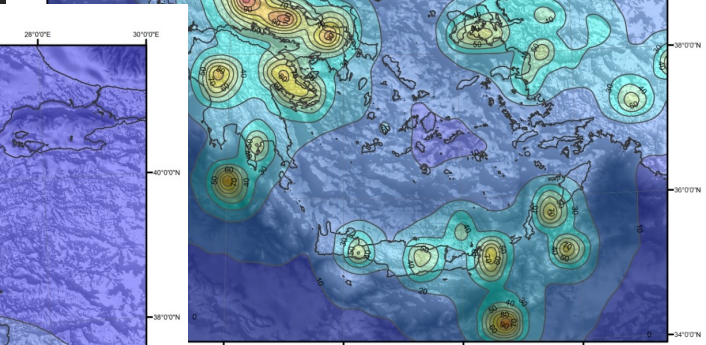
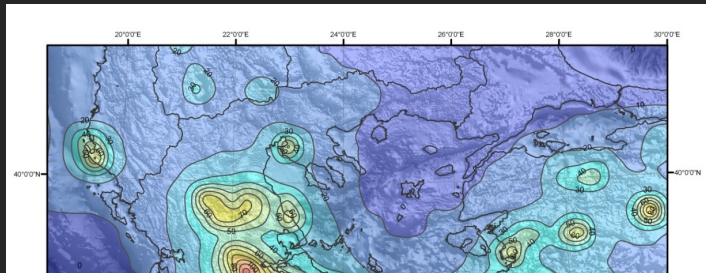
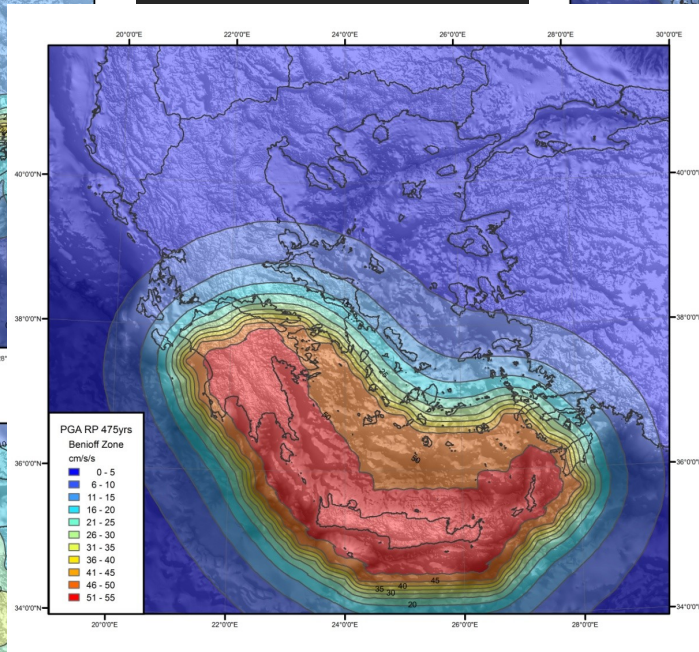
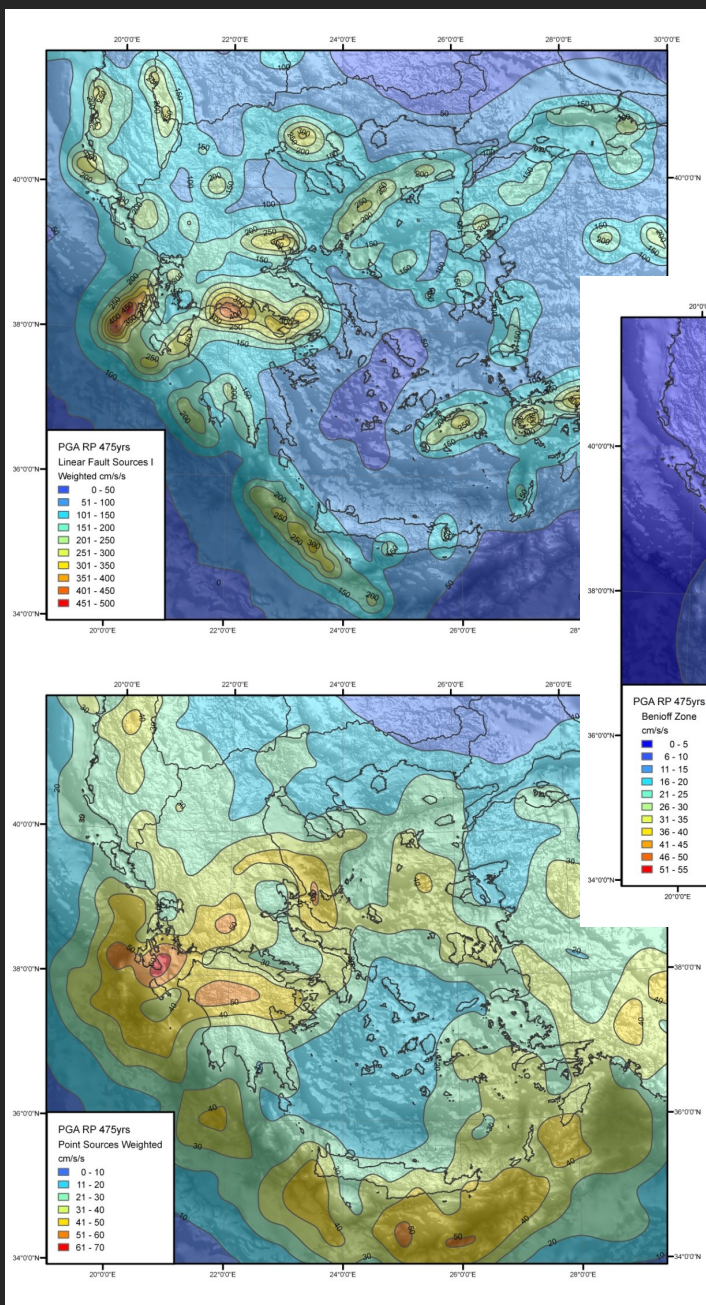
Random Faults (RF) $M \geq 6.5$ - Random
direction

Random Point Sources (PS) $M < 6.5$

Σεισμικότητα Ενδιαμέσου Βάθους



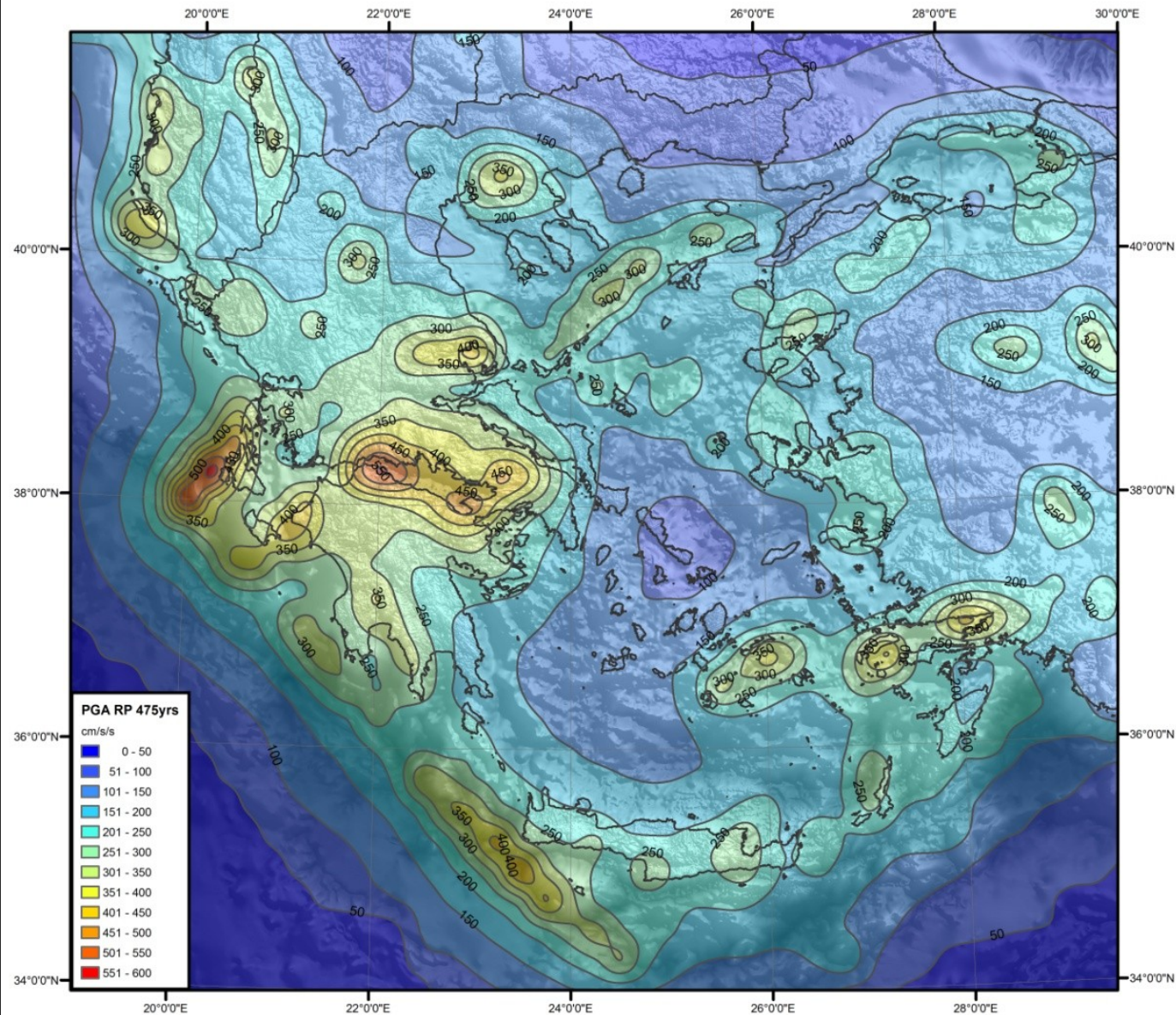
Κεκλιμένο επίπεδο που
καθορίζεται από ένα
σύνολο σημειακών πηγών
που οριοθετούνται από
τις ισοβαθείς των **40 km**,
80 km και **170 km**



45 25

%

15 15



West
Cephallonia

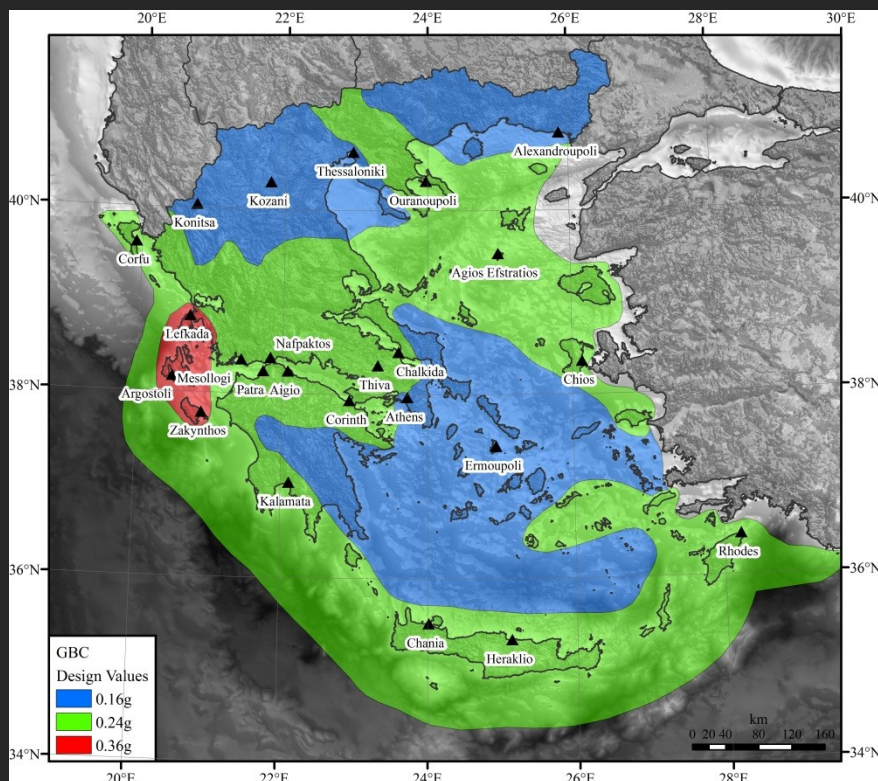
550-600cm/s²
(475 yrs)

300-325 cm/s²
(95 yrs)

West Corinth
Gulf

450-550cm/s²
(475 yrs)

275-300 cm/s²
(95 yrs)

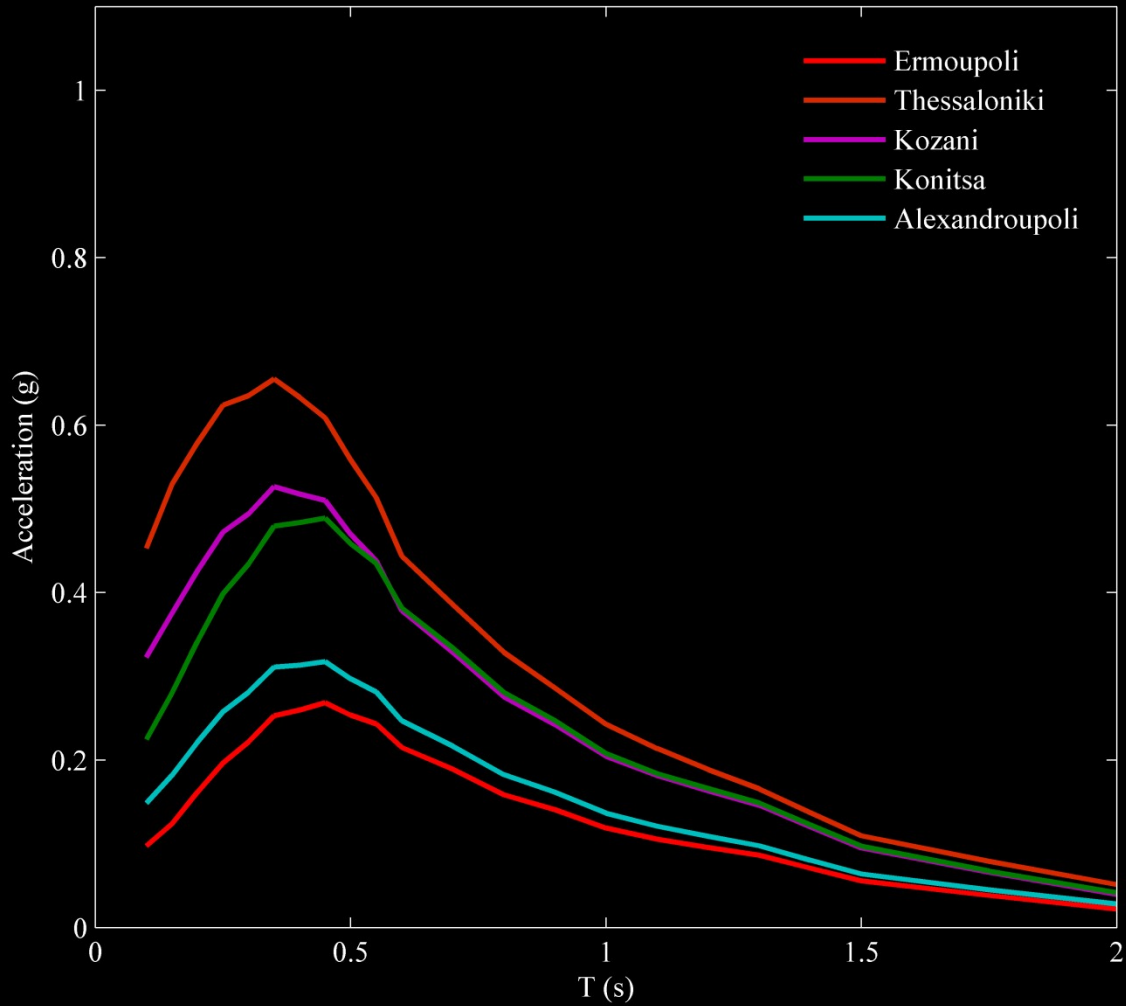


Οι υπάρχουσες ζώνες του ΕΑΚ είναι δυνατό να περιγράψουν την χωρική μεταβολή PGA?

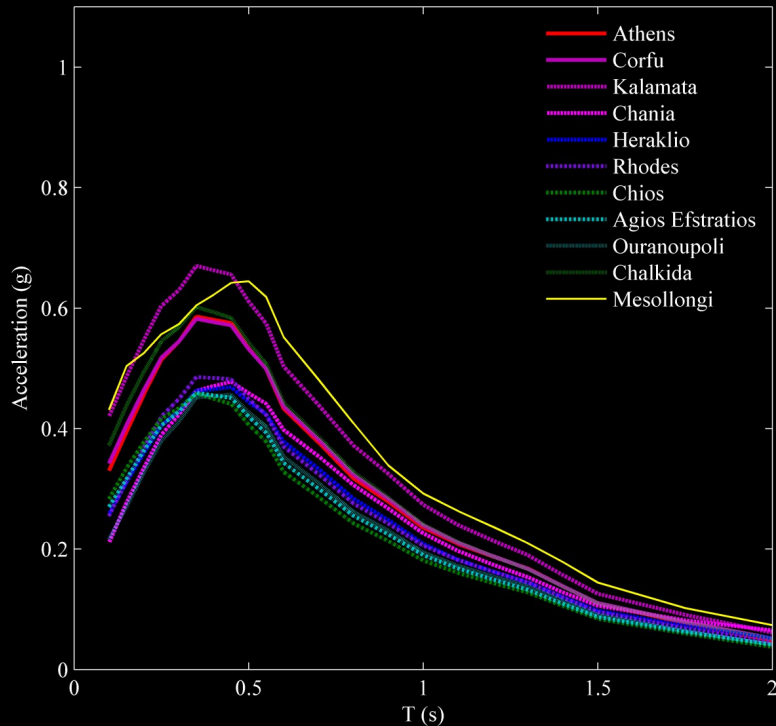
Οι σεισμικές δράσεις σε κάθε θέση αναπαριστώνται επαρκώς από τον ΕΑΚ?

CITY	Reference GBC PGA(g)	PSHA475vrs PGA(g)	DSHA PGA(g)	Observation PGA(g)
Seismic Zone I				
Alexandroupoli	0.16	0.075	0.187	
Ermoupoli	0.16	0.053	0.057	
Konitsa	0.16	0.115	0.094	
Kozani	0.16	0.157	0.187	0.2078
Thessaloniki	0.16	0.225	0.269	0.1458
Seismic Zone II				
Agios Efstratios	0.24	0.134	0.488	
Aigio	0.24	0.401	0.439	
Athens	0.24	0.164	0.164	0.3262
Chalkida	0.24	0.222	0.482	
Chania	0.24	0.114	0.109	
Chios	0.24	0.142	0.368	
Corfu	0.24	0.168	0.320	
Corinth	0.24	0.327	0.325	0.3095
Heraklio	0.24	0.129	0.216	0.1817
Kalamata	0.24	0.205	0.301	0.2965
Mesollogi	0.24	0.198	0.155	
Nafpaktos	0.24	0.263	0.239	
Ouranoupoli	0.24	0.112	0.137	0.1298
Patra	0.24	0.328	0.318	

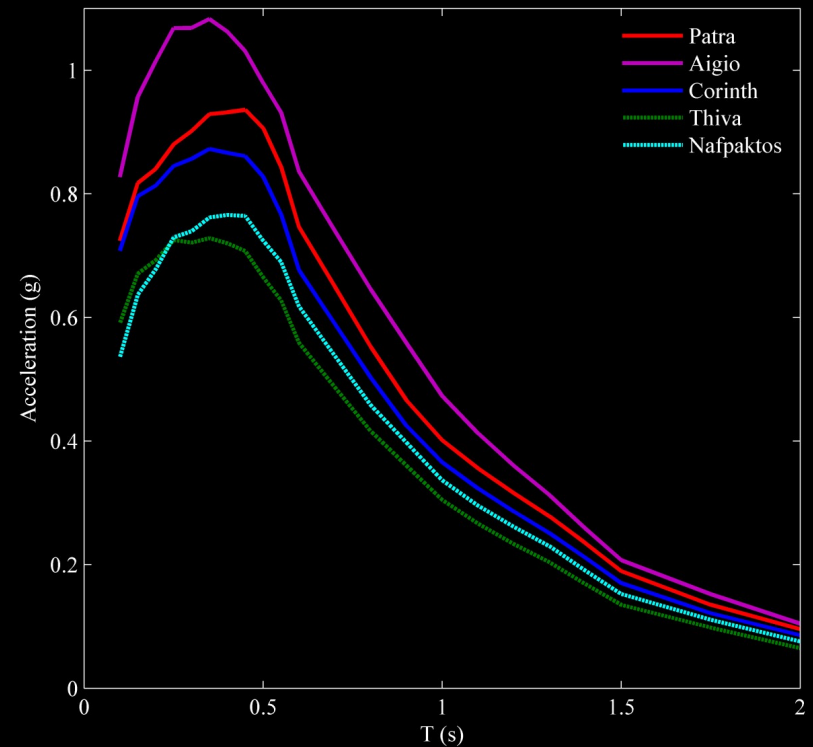
Ισοπιθανά φάσματα (UHS) - Σεισμική Ζώνη Ι



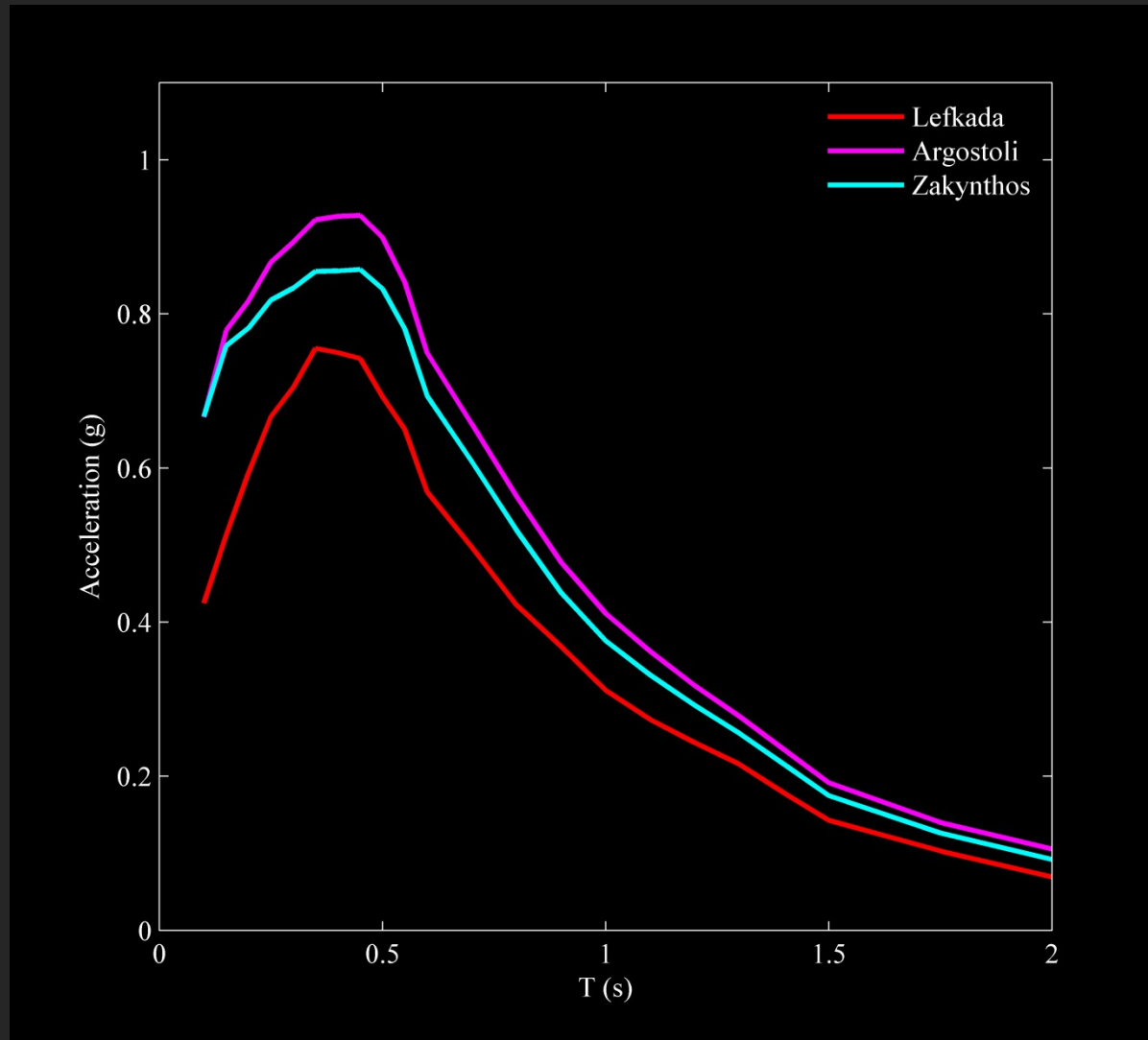
Ισοπιθανά φάσματα (UHS) - Σεισμική Ζώνη II



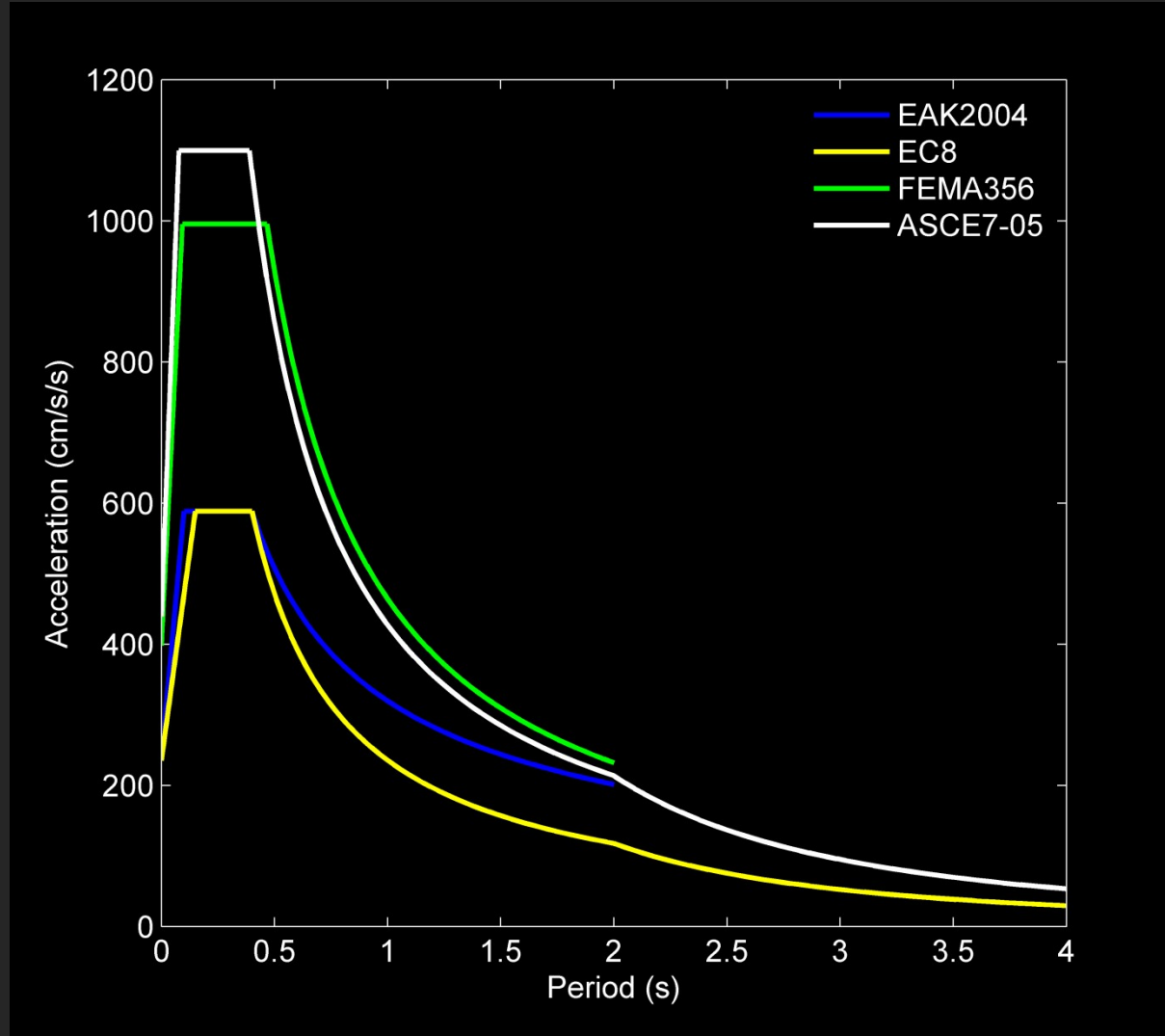
Ο διαχωρισμός των δύο ομάδων αντικατοπτρίζει την υπέρβαση ή μη της τιμής αναφοράς του ΕΑΚ



Ισοπιθανά φάσματα (UHS) - Σεισμική Ζώνη III



Σύγκριση Αντισεισμικών Κανονισμών..από την Ελληνικό, στον Ευρωπαϊκό, στον Διεθνή Αντισεισμικό Κανονισμό



Αντισεισμικοί κανονισμοί

Building Code	Input	T0(s)	TS(s)	TL(s)	Short Period Design Acceleration (SDS)	Long Period Design Acceleration (SD1)	Site Class Consideration	Seismic Param. Consideration
GBC	Zoning map	0.4	0.1	-	Reference PGA	-	Characteristic Periods	None
EC8	No	0.4	0.15	2	Reference PGA (provided by GBC)	-	Characteristic Periods, SDS	Ms
FEMA 356	UHRs475yr s	SD1/SDS	0.2T2	-	$\max\{SA_{0.2s}, 0.9 \cdot SA_{\max}\}$	$SD > SD1/T$	UHRs, Characteristic Periods, SDS, SD1	M,R
ASCE/SEI 7-05	UHRsMCE, DTRsMCE	SD1/SDS	0.2T2	map	$\max\{Sa_{M0.2s}, 0.9 \cdot Sa_{M\max}(T > 0.2s)\}$	$\max\{Sa_{M1s}, 2 \cdot Sa_{M2s}\}$	UHRs, Characteristic Periods, SDS, SD1	M,R

1. Καθορισμός επιτάχυνσης σχεδιασμού
2. Επίδραση αναμενόμενου μεγέθους και απόστασης
3. Μορφή του ΕΦΑ σε μεγαλύτερες περιόδους

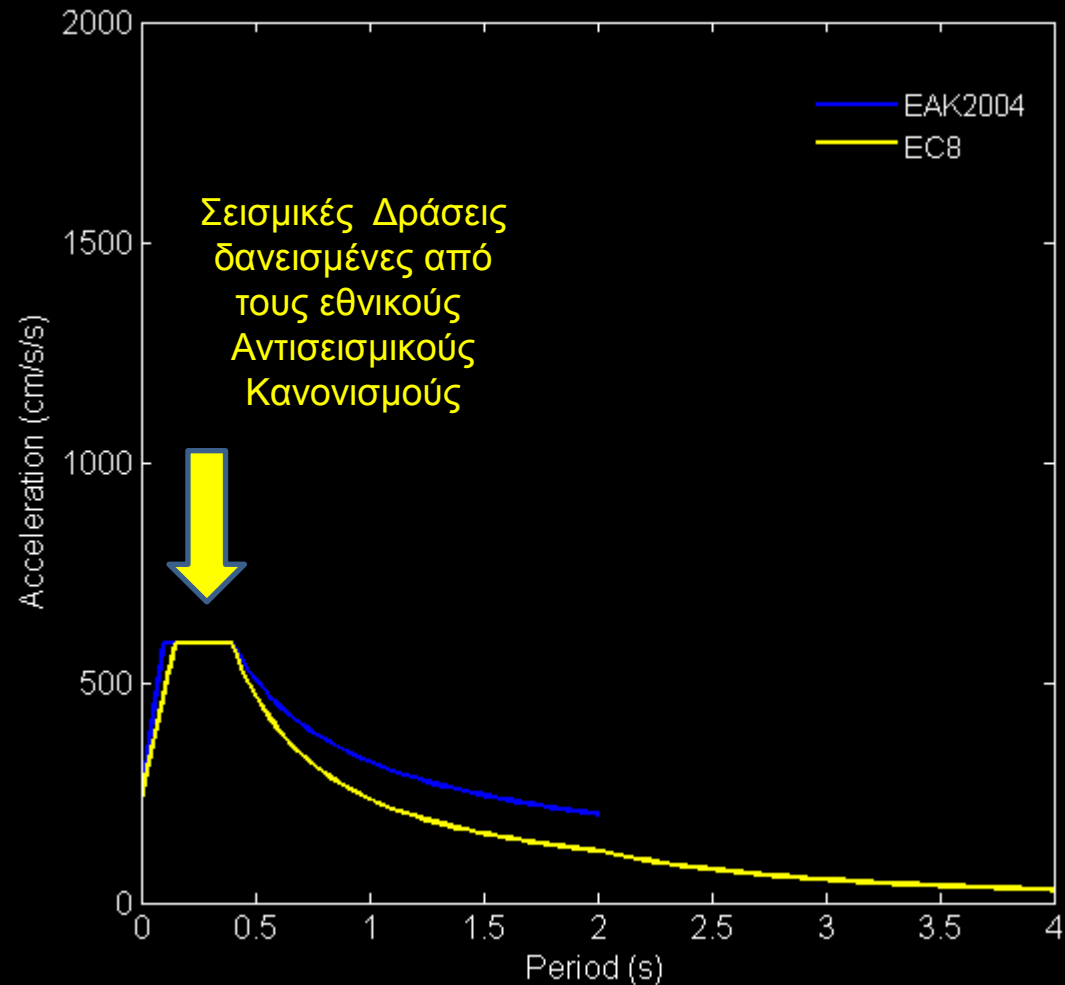
ΕΑΚ & Eurocode 8

ΕΑΚ 2000

- $A \cdot g$ ανα ζώνη
- T_1, T_2 ανα κατηγορία εδάφους
- δεν λαμβάνονται υπόψιν M, R

EC-8

- α από τον Εθνικό Α.Κ.
- T_B, T_c, T_D ανα κατηγορία εδάφους
- δεν λαμβάνονται υπόψιν M, R

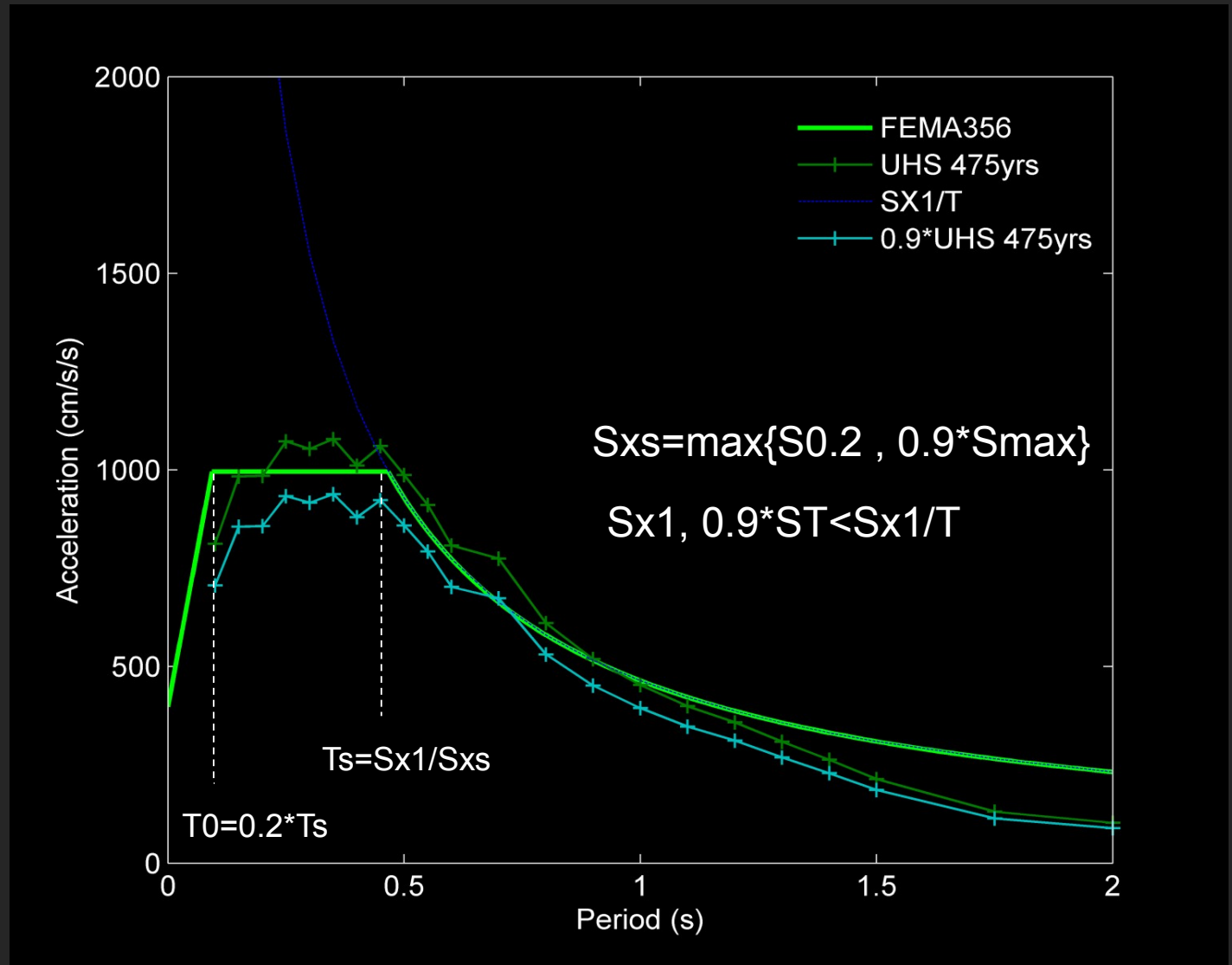


$$\begin{aligned}
 T < T_1, & \quad \Phi_d(T) = A \cdot [1 + (\eta \cdot \theta \cdot \beta_0 / q - 1) \cdot T / T_1] \\
 T_1 < T < T_2, & \quad \Phi_d(T) = A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0 / q \\
 T_2 < T, & \quad \Phi_d(T) = A \cdot \eta \cdot \theta \cdot \beta_0 / q \cdot (T_2 / T)^{2/3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T < T_B, \\
 T_B < T < T_C, \\
 T_C < T < T_D, \\
 T_D < T < 4s,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_e(T) &= \alpha \cdot [1 + (2.5 - 1) \cdot T / T_B] \\
 S_e(T) &= \alpha \cdot 2.5 \\
 S_e(T) &= \alpha \cdot 2.5 \cdot (T_c / T) \\
 S_e(T) &= \alpha \cdot 2.5 \cdot (T_C \cdot T_D / T_2)
 \end{aligned}$$

FEMA 356 (ASCE, 2000)

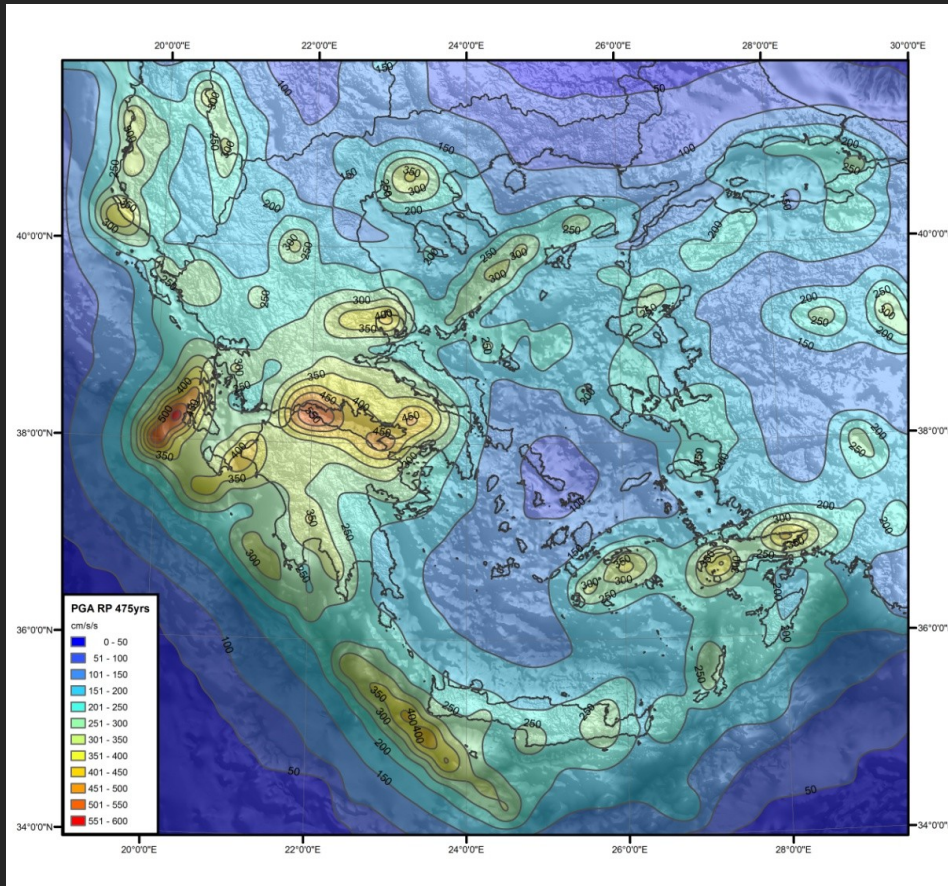


$T < T_0, \quad S_d = 0.4 + 0.6 \cdot T/T_0$

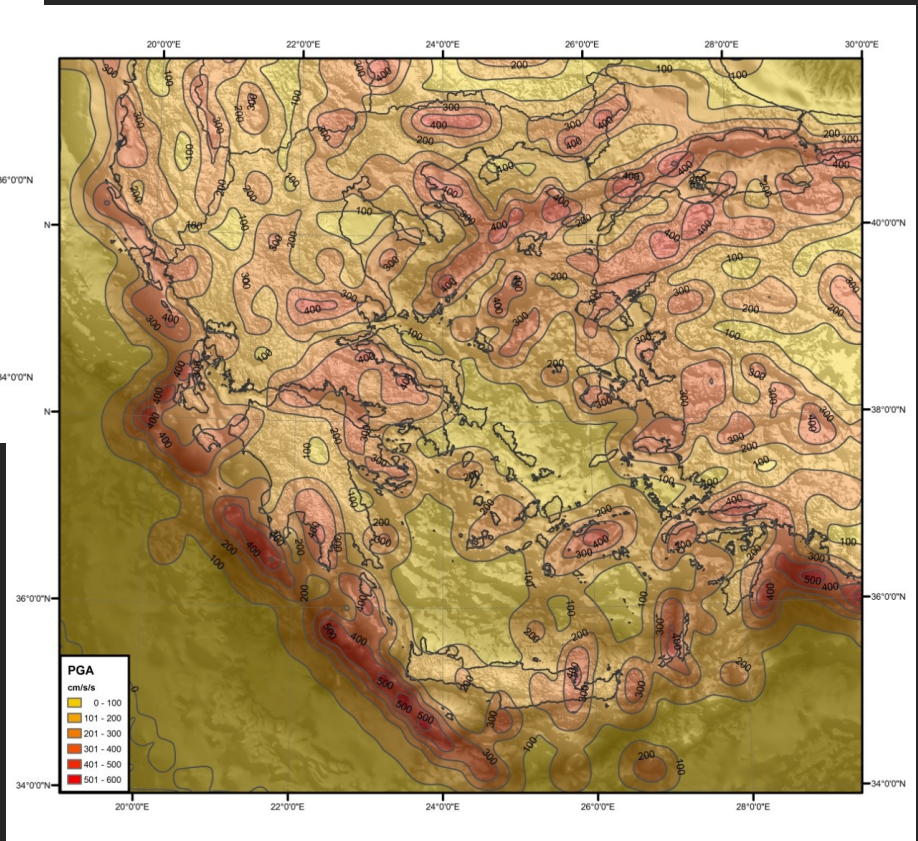
$T_0 < T < T_s, \quad S_d = S_{xs}$

$T_s < T, \quad S_d = S_{x1}/T$

PSHA 475 - 2475



DSHA

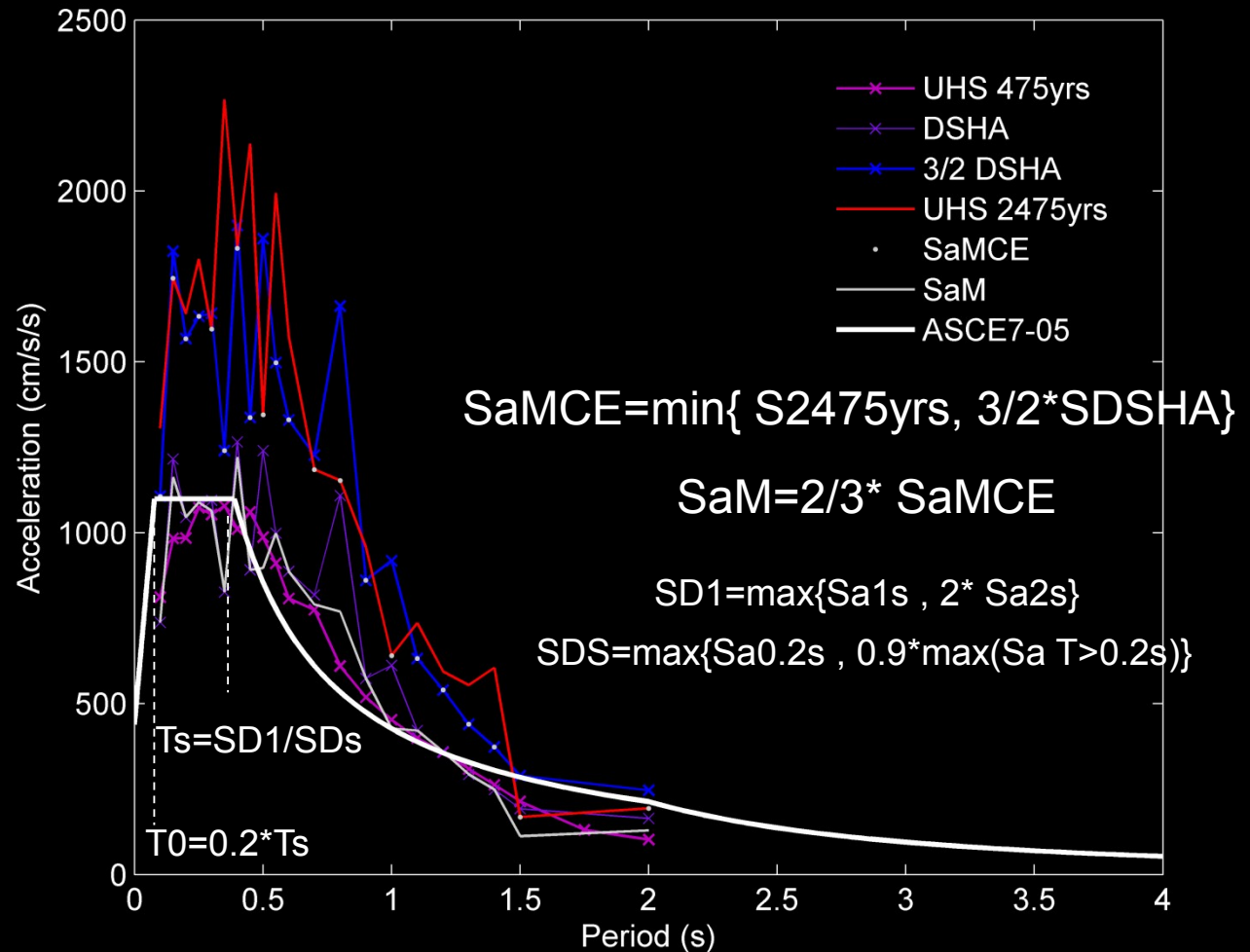


Εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας μέσω πιθανολογικής και αιτιοκρατικής ανάλυσης

ASCE 7-05

Μεθοδολογία

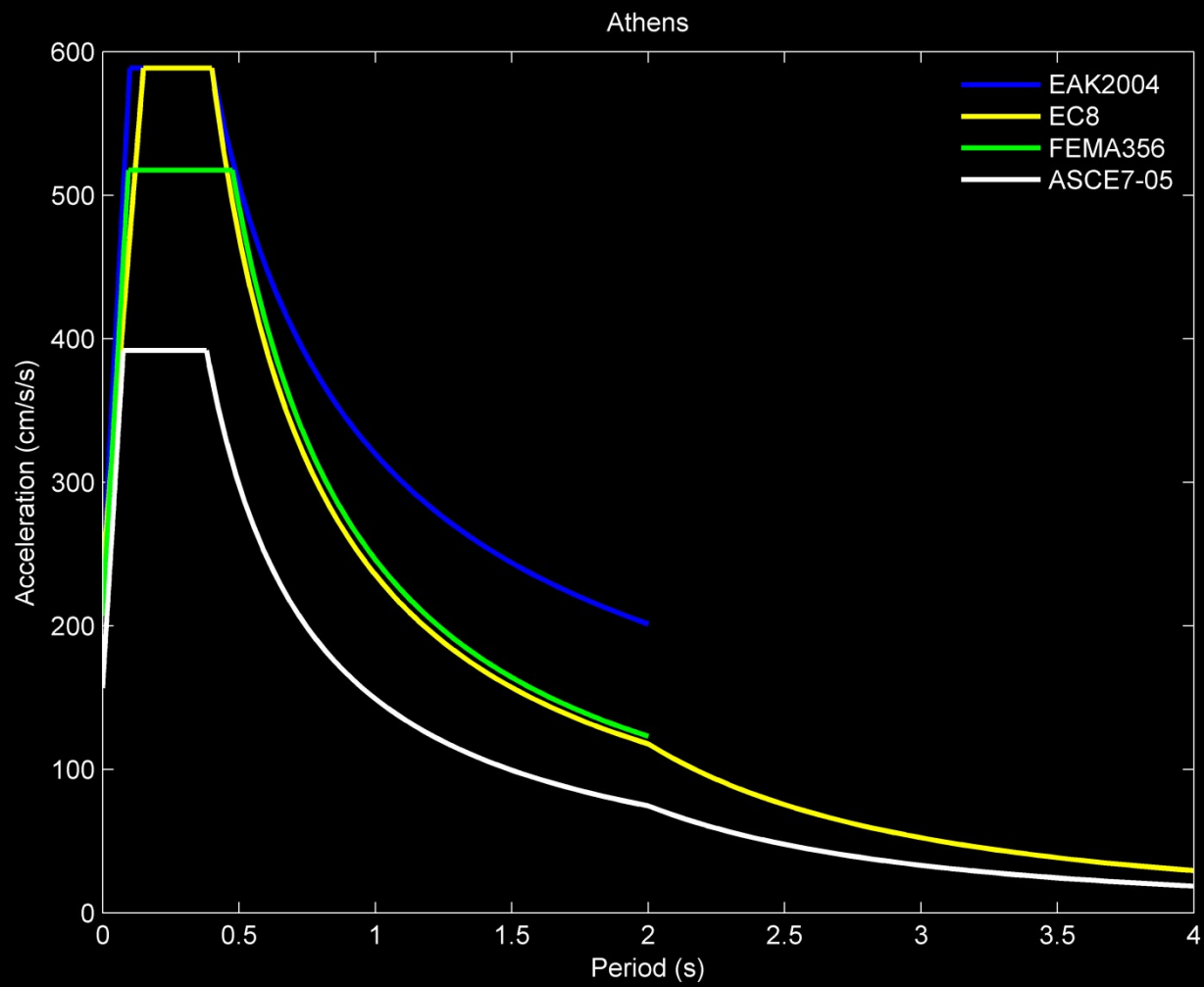
- Υπολογισμός PSHA 2475, PSHA 475, DSHA
- Καθορισμός SaMCE
- Καθορισμός SaM
- Καθορισμός τιμών σχεδιασμού SDS, SD1, T0, Ts

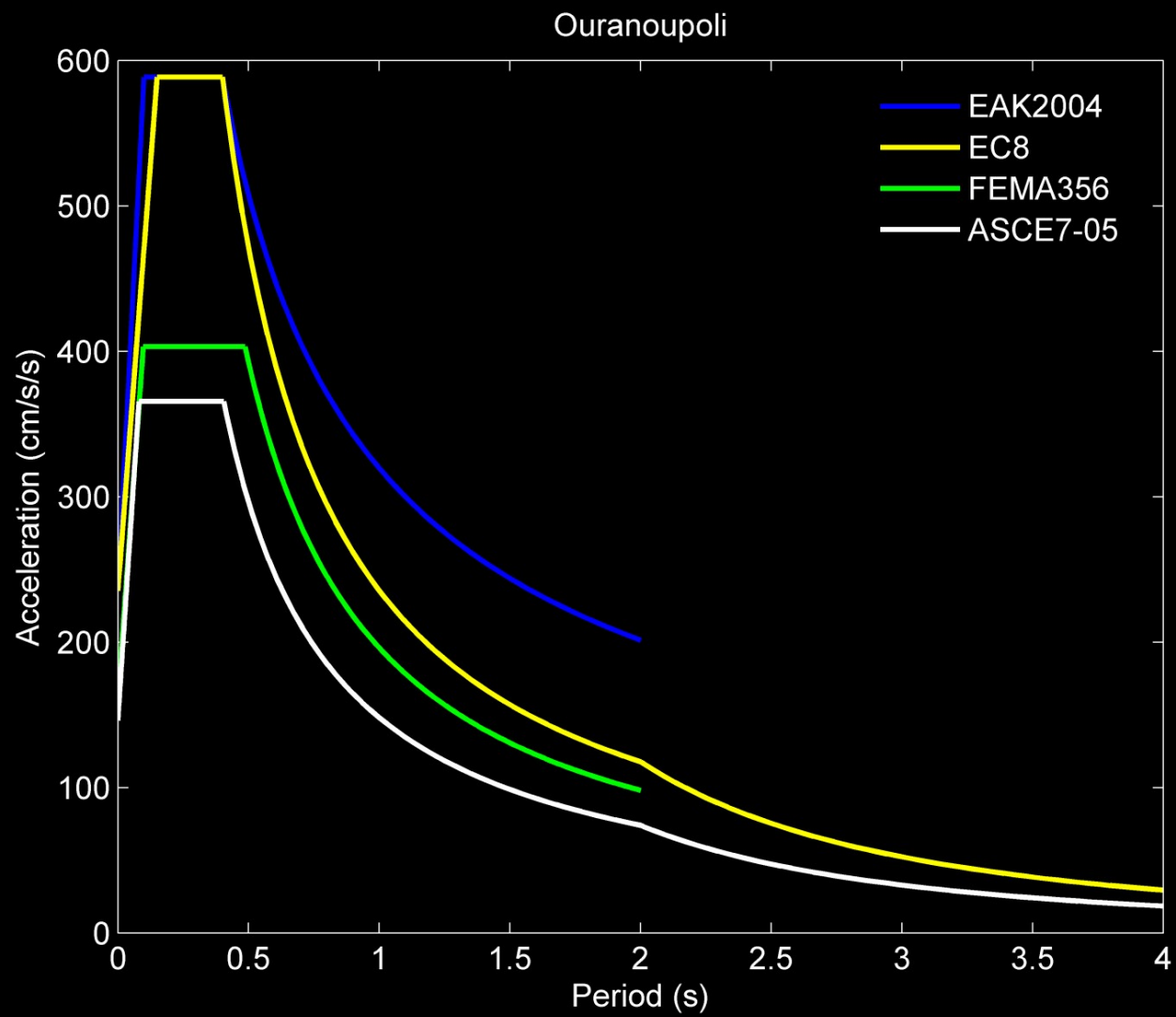


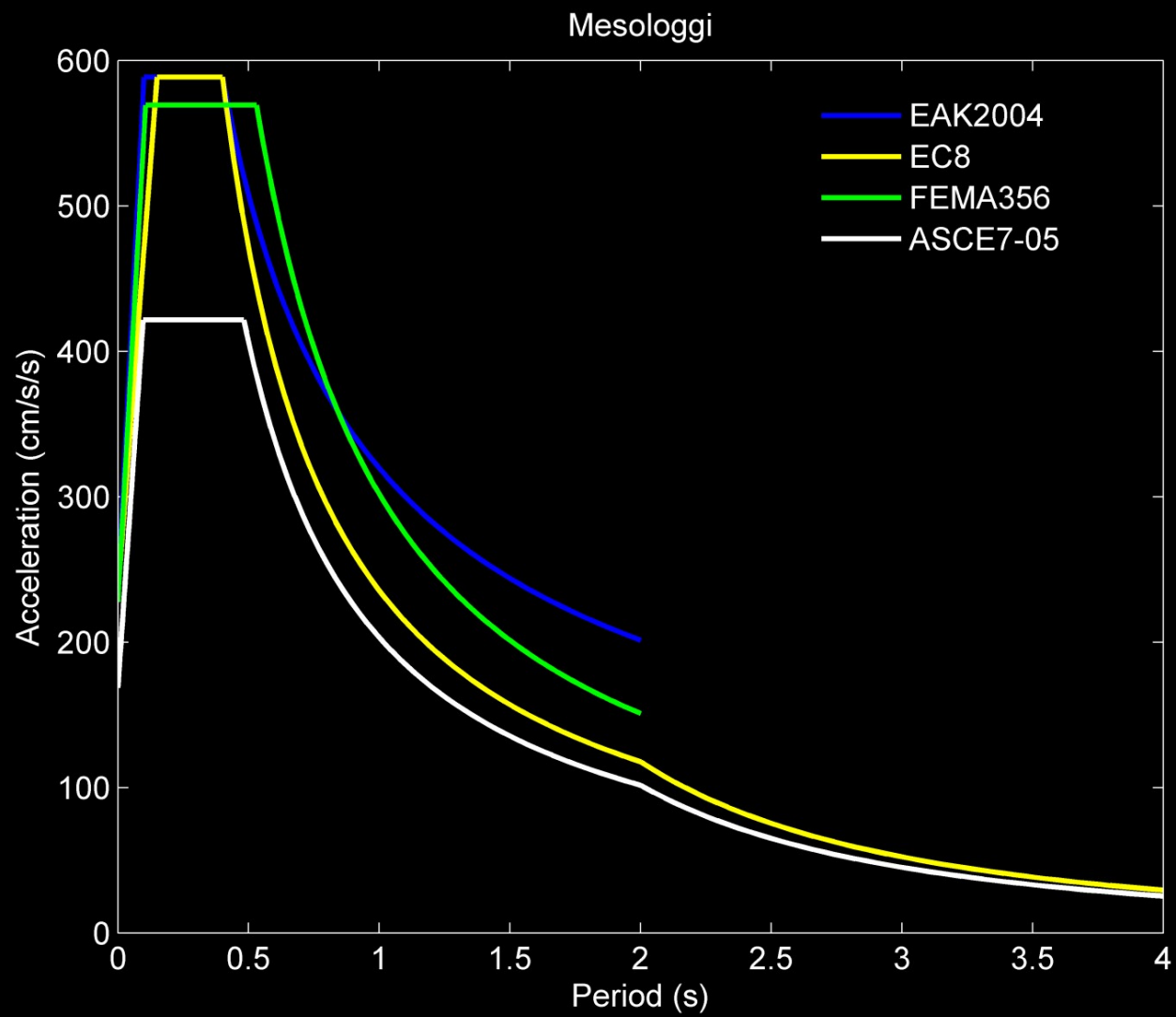
$$\begin{aligned}
 T < T0, & \quad S_d = 0.4 + 0.6 \cdot T/T0 \\
 T0 < T < Ts, & \quad S_d = SDS \\
 Ts < T < TL, & \quad S_d = SD1/T \\
 T > TL, & \quad S_d = SD1 \cdot TL/T2
 \end{aligned}$$

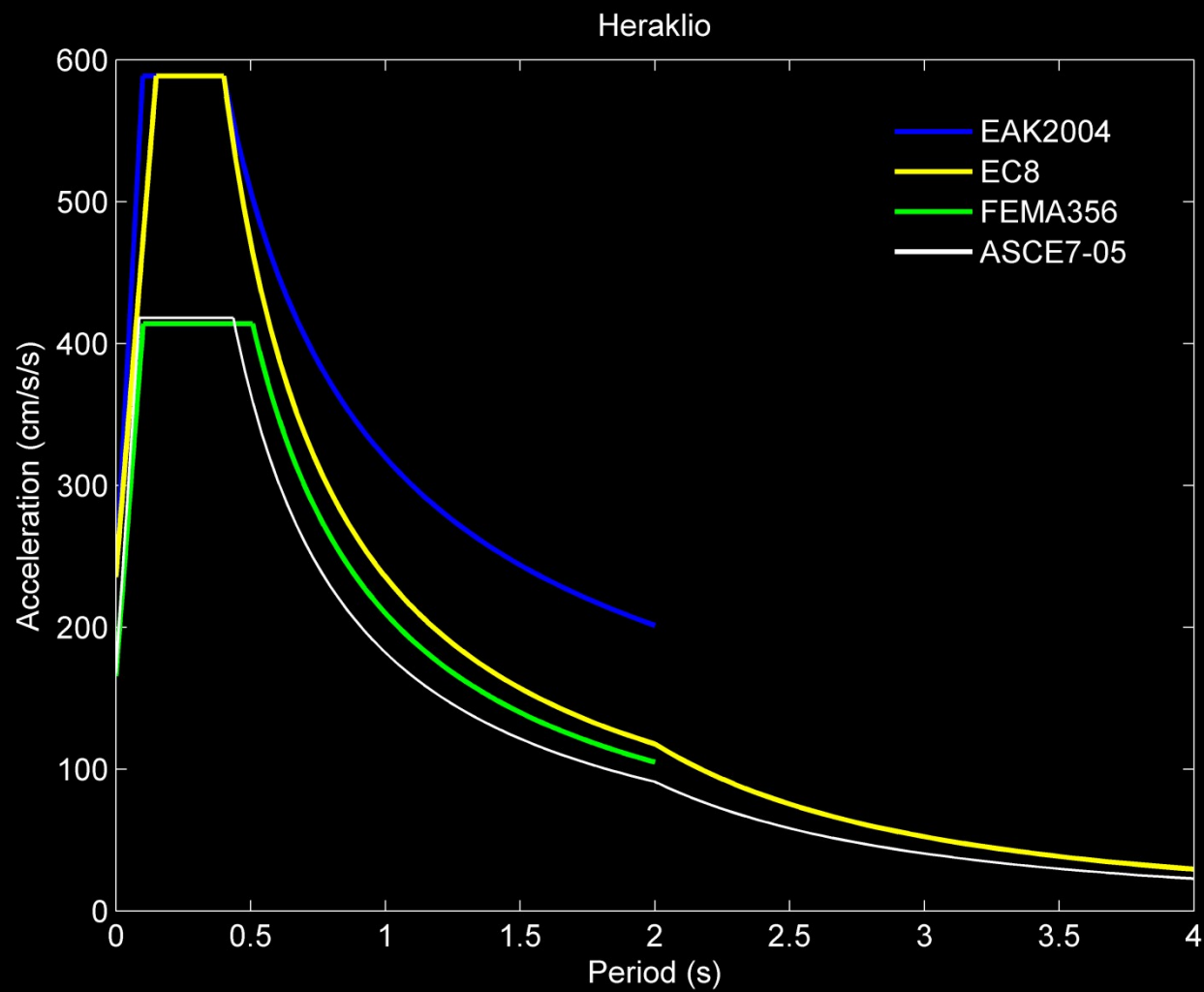
[illegible]

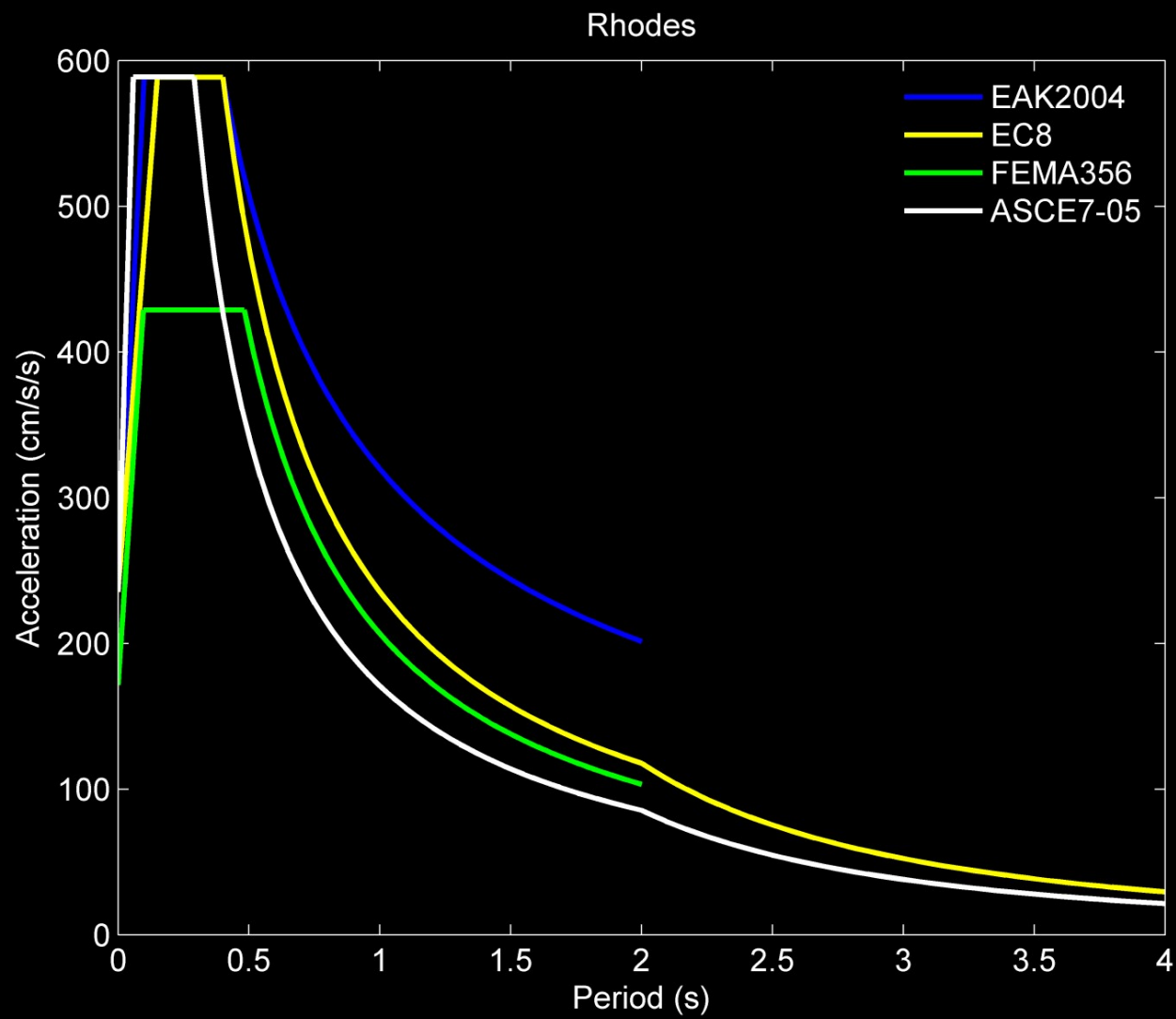


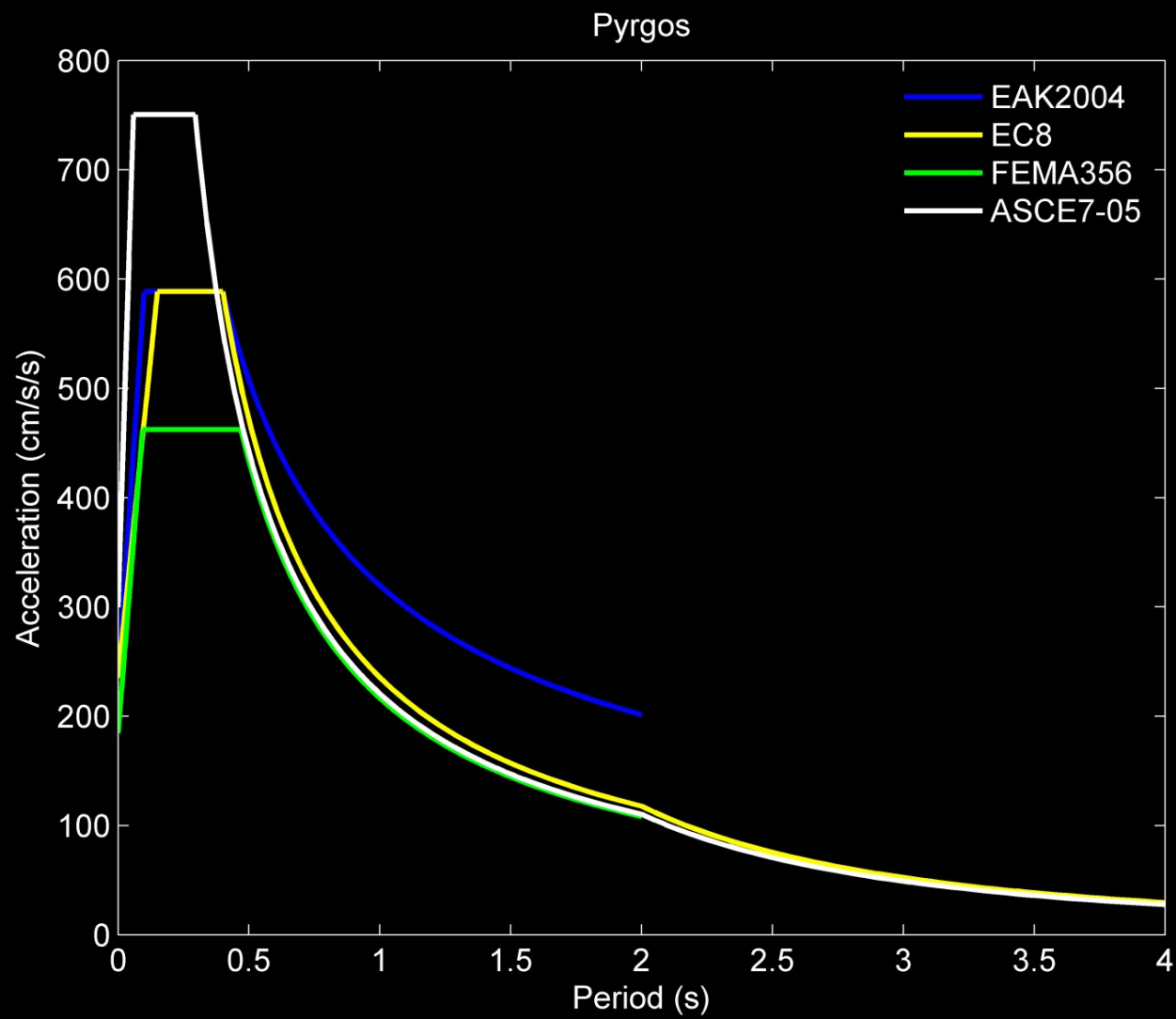


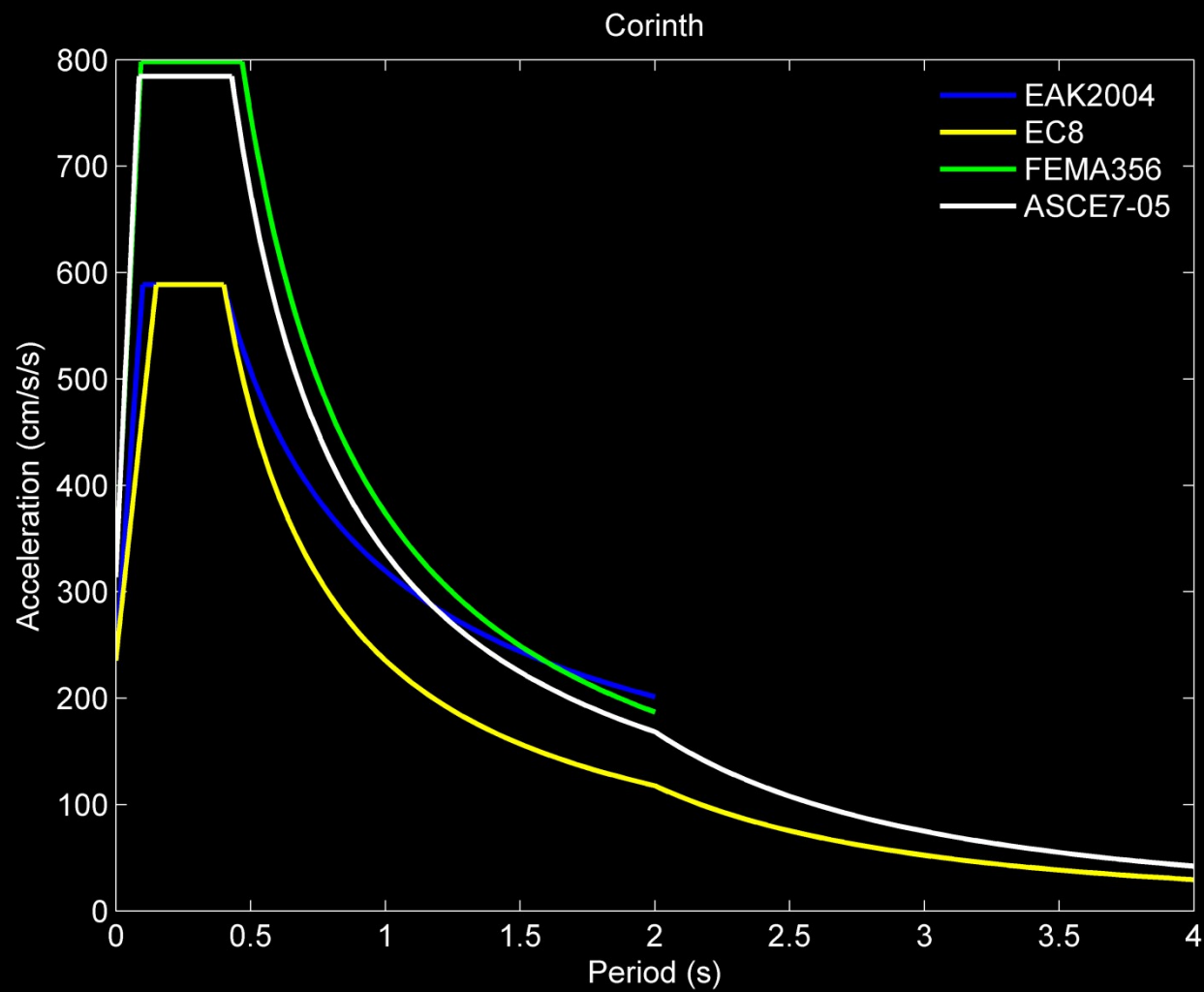


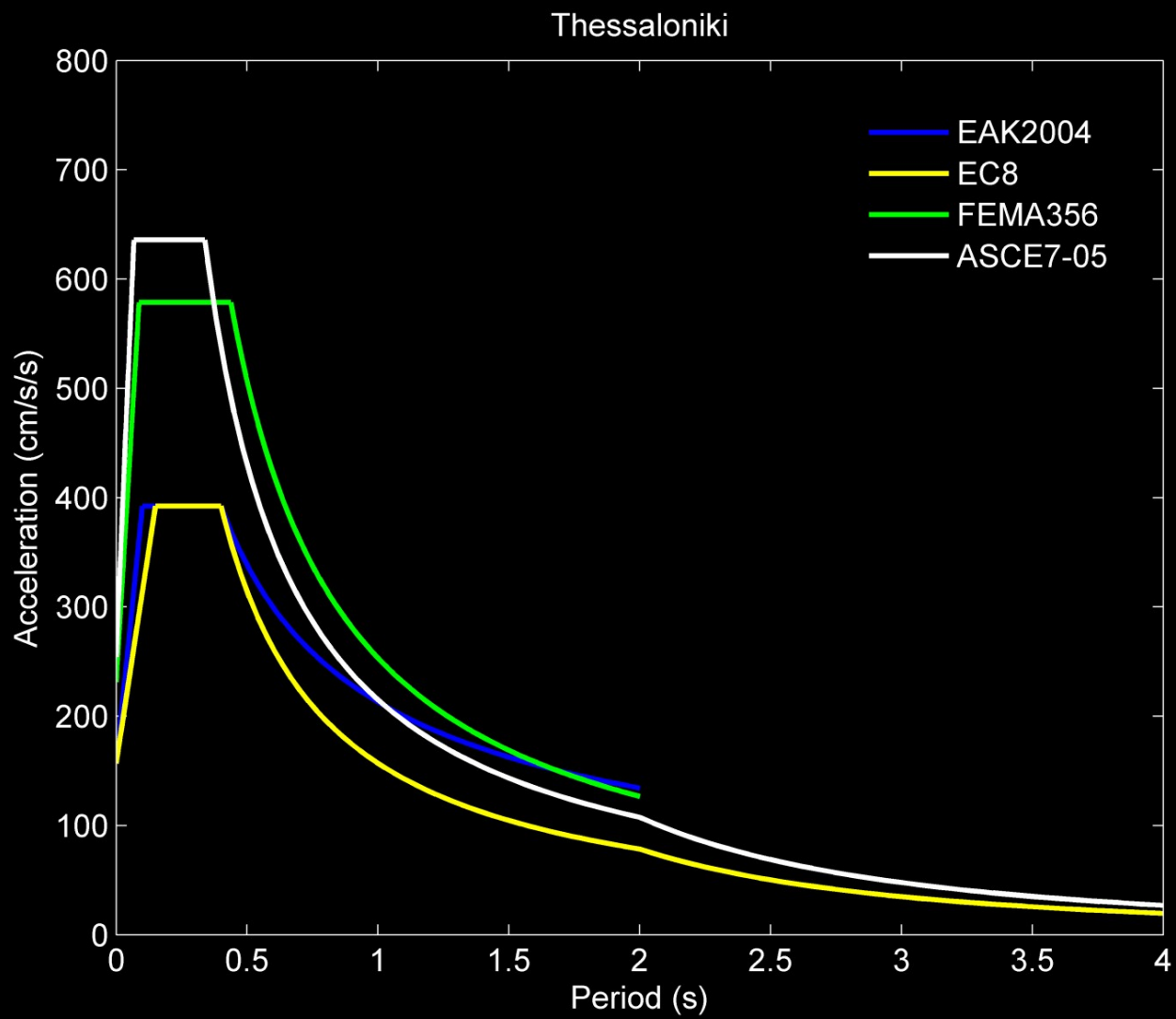


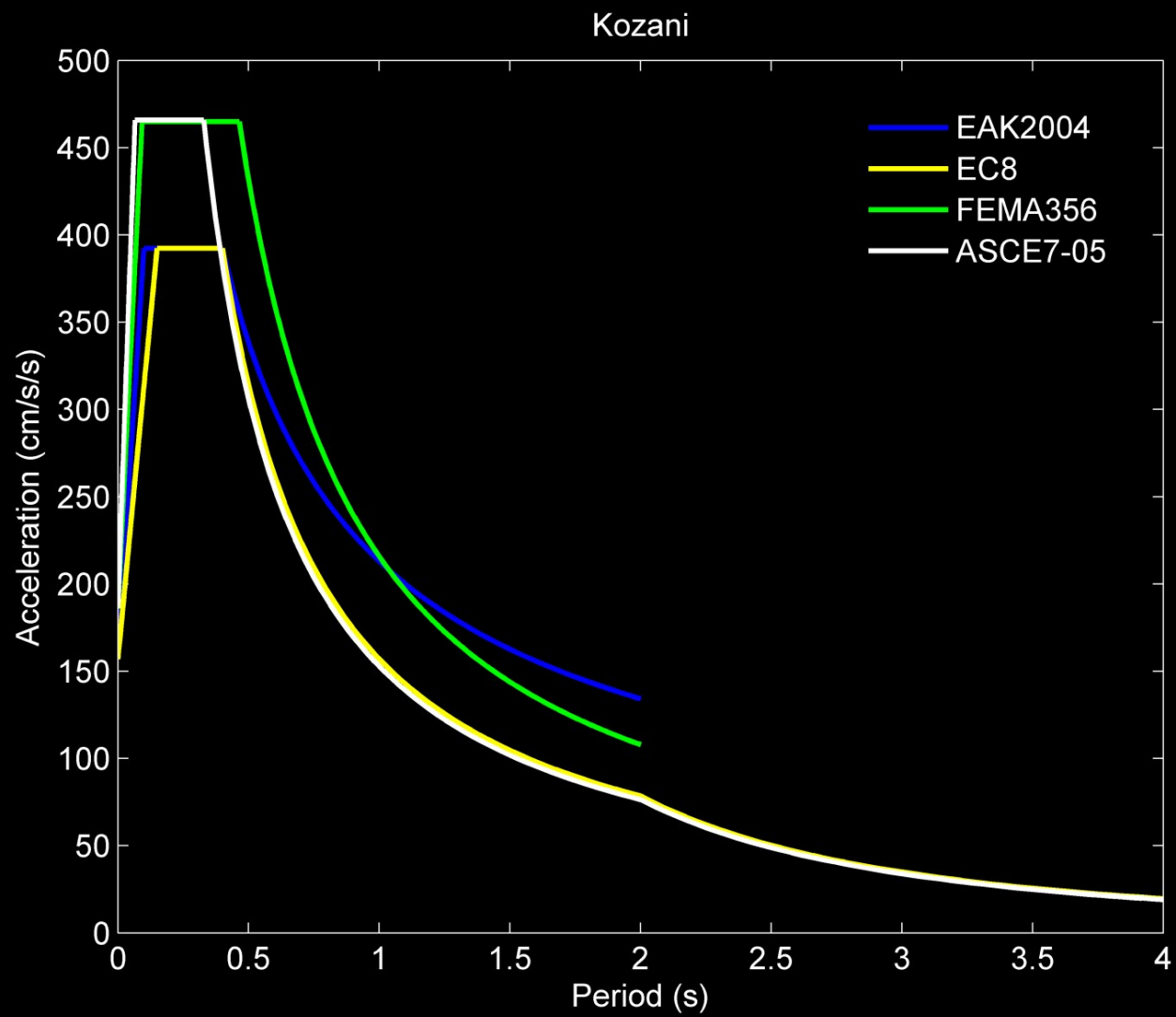






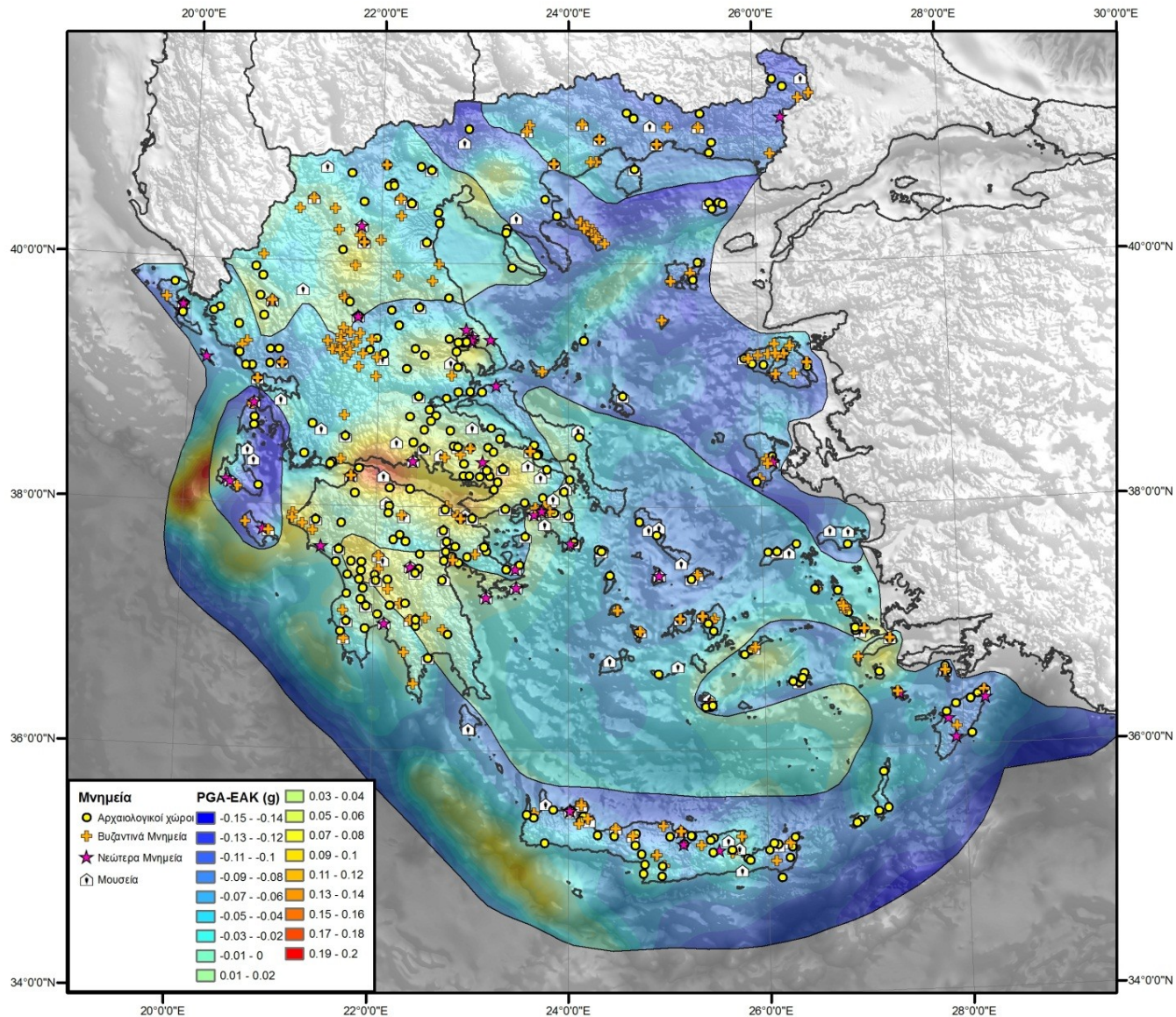




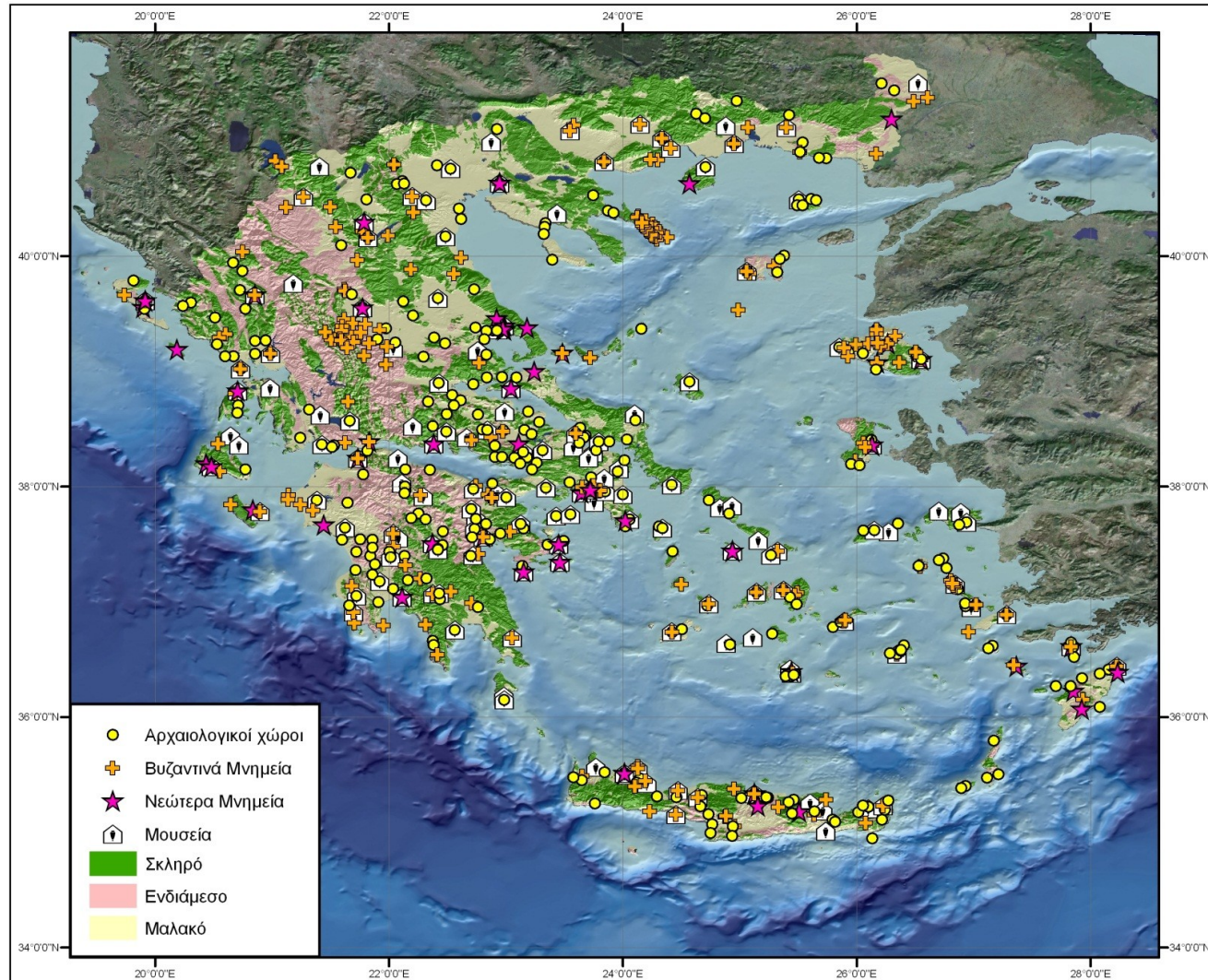


	EAK	EC8	FEMA	IBC	S_{DS}	
					$S_{A0.2}$	$0.9 \cdot S_{Amax}$ $T > 0.2$
Athens	590	590	520	390	X	
Pyrgos	750	590	590	470		X
Aigio	1100	1000	590	590		X
Corinth	800	780	590	590		X
Heraklio	590	590	420	420		X
Rhodes	590	590	590	430		X
Thessaloniki	630	580	390	390	X	
Kozani	470	470	390	390	X	
Ouranoupoli	590	590	400	370		X
Mesollogi	590	590	570	420		X

Σύγκριση Τιμών Σχεδιασμού και PGA

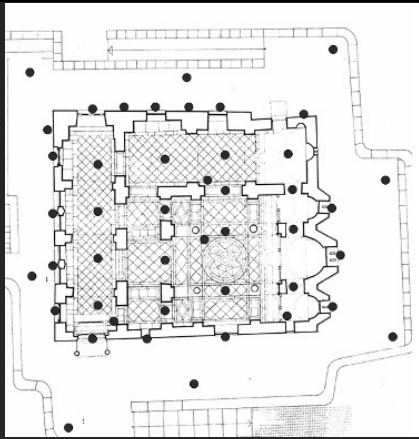
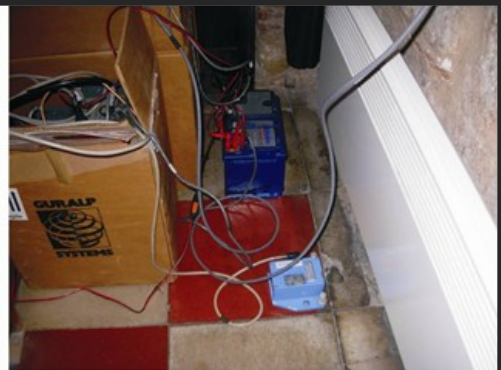


Μνημεία και εδαφικές συνθήκες

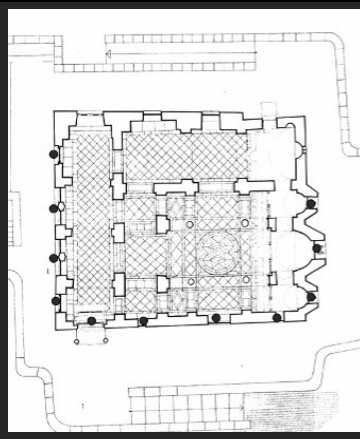


Προτεινόμενη Προσέγγιση

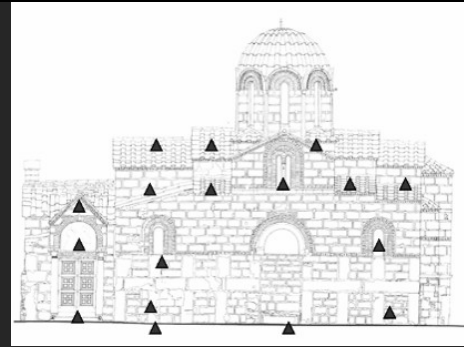
- Πιθανολογική και Αιτιοκρατική εκτίμηση σεισμικής επικινδυνότητας άρα συνεχής βελτίωση:
 - Μοντέλων σεισμικών πηγών
 - Σεισμολογικών καταλόγων
 - Σχέσεων απόσβεσης
- Υπολογισμός σεισμικών δράσεων σύμφωνα με τον Εθνικό αλλά και τους Διεθνείς Αντισεισμικούς Κανονισμούς
- Εκπόνηση εξειδικευμένων μελετών όπως μετρήσεις μικροθορύβου και γεωφυσικές



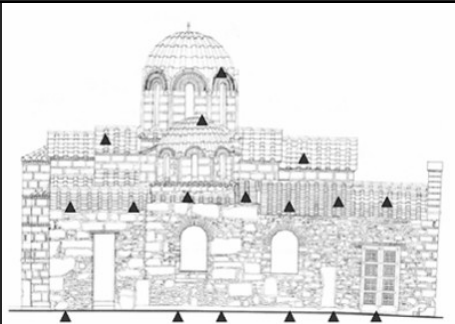
a



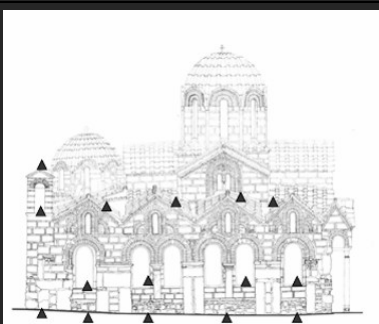
b



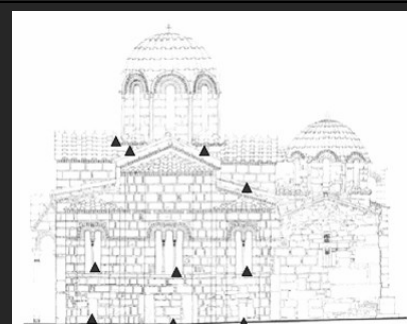
c



d



e



f