

ΧΡΗΣΤΟΣ Α. ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ

Σεισμολόγος Ph.D., Διευθυντής Ερευνών
Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ & ΤΩΝ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.	ΓΕΝΙΚΑ	2
2.	ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2
3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	7
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΕΙΣΜΩΝ 1995-2009 ΜΕ ΜΕΓΕΘΟΣ $M \geq 3.5$ & $R \leq 75$ ΚΜ	

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έκθεση αυτή συντάχθηκε μετά από προφορικό αίτημα του Ομότιμου Καθηγητή ΕΜΠ Παναγιώτη Καρύδη στα πλαίσια φιλικής **ΑΜΙΣΘΙ** εξυπηρέτησης στα πλαίσια υπερ-εικοσαετούς φιλικής & επιστημονικής συνεργασίας.

Σκοπός είναι να δοθεί μία προκαταρκτική εκτίμηση για τη γένεση σεισμών στην ευρύτερη περιοχή και των αναμενόμενων επιπτώσεων τους στη Θεσσαλονίκη. Η έκθεση αυτή βασίστηκε σε βιβλιογραφικά δεδομένα και δεν αποτελεί έκθεση πρόγνωσης σεισμών ή έκθεση εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας του Πολεοδομικού Συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης.

Οι απόψεις, τα αποτελέσματα και οι προτάσεις αποτελούν ευθύνη και προσωπική γνώμη του συντάκτη και δεν φέρει καμία ευθύνη ο ΟΑΣΠ ή η Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019

1. ΓΕΝΙΚΑ

Η Θεσσαλονίκη είναι μία πόλη με μεγάλη ιστορία αλλά ταυτόχρονα και μεγάλη προοπτική ανάπτυξης αφού φιλοδοξεί να γίνει το σημαντικότερο οικονομικό και πολιτιστικό κέντρο των Βαλκανίων. Για το λόγο αυτό η γνώση και αποτελεσματική προστασία της από μελλοντικούς σεισμούς αποτελεί σημαντικό πρόβλημα που αφορά την πόλη αλλά και όλη τη χώρα. Η προστασία αυτή απαιτεί την αντιμετώπιση οργανωτικών (επιχειρησιακών) θεμάτων (προσεισμικά και μετασεισμικά μέτρα ετοιμότητας, κλπ), τεχνολογικών θεμάτων (ορθή εφαρμογή του αντισεισμικού κανονισμού, προσεισμικός έλεγχος των κτηρίων, κλπ) και επιστημονικών θεμάτων. Η έκθεση αυτή δεν αποσκοπεί να λύσει τα προβλήματα αυτά αλλά να θέσει τα προβλήματα σε προκαταρκτικό επίπεδο με βάση βιβλιογραφικές πληροφορίες.

2. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ο Πίνακας (1) δίνει τις παραμέτρους για τους δεκαεπτά γνωστούς κύριους σεισμούς που προκάλεσαν από μικρές βλάβες (έντασης VI) μέχρι μεγάλες καταστροφές (ένταση IX) στη Θεσσαλονίκη (Parazachos and Parazachou, 1997). Δίνεται το έτος γένεσης του αντίστοιχου σεισμού ή η ημερομηνία του όταν αυτή είναι γνωστή, το γεωγραφικό πλάτος, ϕ , και το γεωγραφικό μήκος, λ , του επικέντρου, το μέγεθος του σεισμού, M , ο τόπος όπου ο σεισμός είχε τη μέγιστη ένταση και η τιμή της έντασης αυτής (στην κλίμακα MM) όταν η ένταση αυτή είναι γνωστή, η τιμή της έντασης στη Θεσσαλονίκη και η απόσταση, Δ , του σεισμού από τη Θεσσαλονίκη. Από τον πίνακα αυτόν μπορεί να προκύψουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

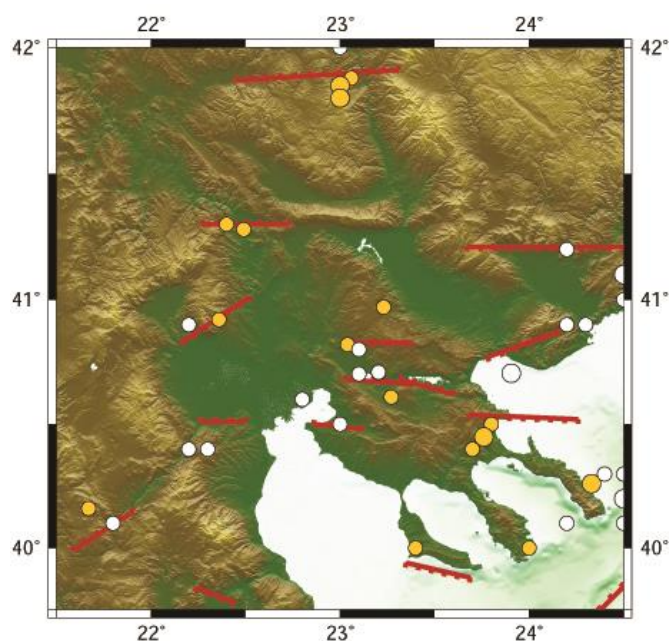
Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τα δεδομένα που δίνονται στον πίνακα (1) να μην είναι πλήρη, δηλαδή να μην είναι γνωστοί όλοι οι σεισμοί που έβλαψαν τη Θεσσαλονίκη ιδιαίτερα κατά την περίοδο 597 μ.Χ.-1677. Παρόλα αυτά παρατηρείται μία μάλλον σαφής τάση σώρευσης των σεισμών αυτών σε διαστήματα της τάξης αρκετών δεκαετιών (597-700, 1395-1430, 1677-1759, 1902-1978) που διακόπτονται από διαστήματα σεισμικής ησυχίας μεγαλύτερης διάρκειας. Το φαινόμενο αυτό της *μακροπρόθεσμης χρονικής σώρευσης* (long term time clustering) των ισχυρών σεισμών έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιοχές (Παπαζάχος και Παπαϊωάννου, 2002)

Πίνακας 1. Στοιχεία των γνωστών ισχυρών σεισμών ($M \geq 6.0$) που προκάλεσαν βλάβες έντασης $I_{MM} \geq VI$ στη Θεσσαλονίκη (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003)

No	Ημερομηνία	Επίκεντρο $\phi^{\circ}_B, \lambda^{\circ}_A$	M	Μέγιστη Ένταση	Ένταση στη Θεσσαλονίκη	Δ Km
1	597	40.9, 24.3	6.8	Φίλιπποι (VIII)	VI	120
2	620	40.7, 23.5	7.0	-	VIII	50
3	677	40.7, 23.2	6.5	-	VIII	25
4	700	40.7, 23.1	6.6	-	VIII	17
5	1395	40.9, 22.2	6.7	Έδεσσα (VIII)	VII	63

6	1430	40.7, 23.2	6.0	-	VI	25
7	1677	40.5, 23.0	6.2	Βασιλικά (VIII)	VII	24
8	1759, 6, 22	40.6, 22.8	6.5	Θεσσαλονίκη (IX)	IX	14
9	1829, 5, 5	41.1, 24.5	7.3	Δράμα (X)	VI	142
10	1864, 6, 14	40.3, 25.1	7.0	Γενισέα (VII)	VI	185
11	1902, 7, 5	40.8, 23.0	6.5	Ασσηρος (IX)	VII	18
12	1904, 4, 4	41.8, 23.0	7.7	Κρέσνα (X)	VII	123
13	1905, 11, 8	40.3, 24.4	7.5	Αθως (X)	VII	131
14	1931, 3, 8	41.3, 22.5	6.7	Βαλάντοβο (X)	VI	73
15	1932, 9, 26	40.5, 23.8	7.0	Ιερισσός (X)	VII	78
16	1932, 9, 29	41.0, 23.2	6.2	Σοχός (VII)	VI	46
17	1978, 6, 20	40.7, 23.3	6.5	Στίβος (VIII)	VII	34

Ο χάρτης του σχήματος (1) δίνει τα επίκεντρα όλων των γνωστών ισχυρών ($M \geq 6.0$) σεισμών, οι οποίοι έγιναν στην ευρύτερη περιοχή. Με χρωματιστούς κύκλους παριστάνονται τα επίκεντρα των σεισμών της περιόδου (1900-2003) ενώ οι άσπροι κύκλοι δίνουν τα επίκεντρα των ιστορικών σεισμών. Τα δύο μεγέθη κύκλων αντιστοιχούν σε κλάσεις μεγεθών $6.0 \leq M \leq 6.9$ και $7.0 \leq M \leq 7.3$.

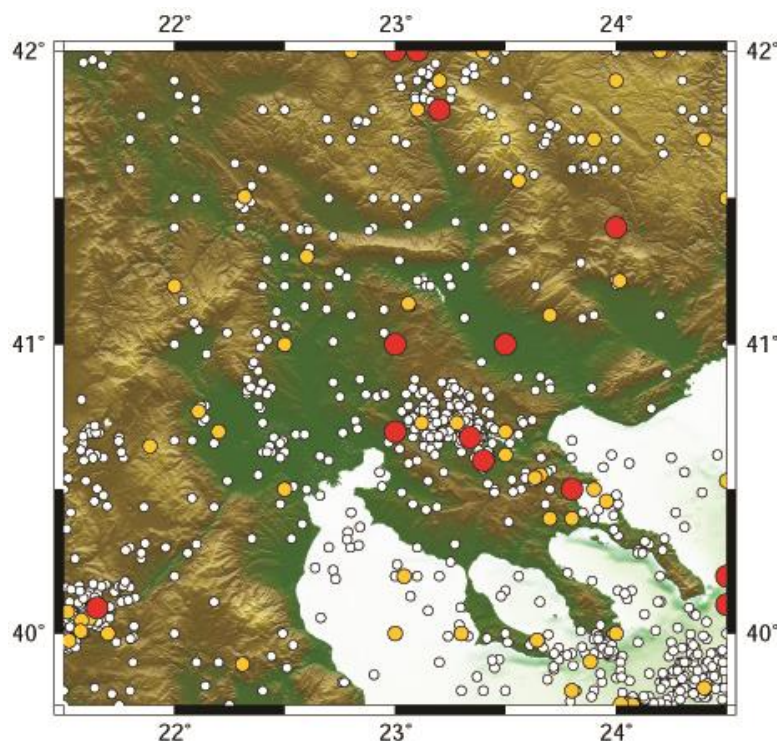


Σχήμα 1. Χαρτογράφηση των επικέντρων όλων των γνωστών ισχυρών ($M \geq 6.0$) σεισμών, οι οποίοι έγιναν στην ευρύτερη περιοχή. Οι σεισμοί της ενόργανης περιόδου παριστάνονται με χρωματιστούς κύκλους ενώ οι ιστορικοί σεισμοί σημειώνονται με άσπρους κύκλους. Τα ρήγματα των ισχυρών σεισμών (Παπαζάχος και συνεργ., 2001) φαίνονται επίσης.

Σύμφωνα με τους Παπαζάχο & Παπαϊωάννου (2002) προκύπτει ότι τόσο τα μεγέθη των σεισμών οι οποίοι έβλαψαν στο παρελθόν τη Θεσσαλονίκη όσο και οι αποστάσεις των επικέντρων

τους από την πόλη ποικίλουν. Τα μεγέθη καλύπτουν το διάστημα από 6.0 μέχρι 7.7 και οι αποστάσεις από 14 μέχρι 185 Km. Επειδή οι δύο αυτοί παράγοντες επηρεάζουν έντονα τόσο το πλάτος όσο και το φάσμα της σεισμικής κίνησης απαιτείται ειδική μελέτη για τον καθορισμό του περιβάλλοντος φάσματος ώστε όλες οι τεχνικές κατασκευές της πόλης (χαμηλές, ψηλές, κλπ) να μπορεί να προστατευτούν από σεισμούς διαφόρων μεγεθών και αποστάσεων από την πόλη (σχετικά μικρούς με κοντινό επίκεντρο, μεγάλους με μακρινό επίκεντρο), γεγονός το οποίο είναι πέρα από τους στόχους της έκθεσης αυτής.

Από τον πίνακα (1) προκύπτει ότι ο καταστρεπτικότερος γνωστός σεισμός στη Θεσσαλονίκη ήταν αυτός που έγινε στις 22 Ιουνίου 1759 με ένταση IX. Το επίκεντρο του σεισμού φάνηκε ότι ήταν πολύ κοντά στην πόλη. Αυτό προκύπτει από το ότι οι ιστορικές πηγές περιγράφουν πρωτογενή σεισμικά φαινόμενα μέσα στην πόλη (εδαφικές διαρρήξεις, κλπ) που παρατηρούνται συνήθως στην επικεντρική περιοχή (ζώνη διάρρηξης) και δεν αναφέρουν οι πηγές αυτές καταστροφές εκτός Θεσσαλονίκης. Θεωρούμε εξαιρετικά πιθανό ότι το ρήγμα που προκάλεσε το σεισμό αυτό σχετίζεται άμεσα με τον κόλπο της Θεσσαλονίκης, έχει μία διεύθυνση ανατολική-νοτιοανατολική και κλίνει προς τον κόλπο. Δηλαδή η πόλη βρίσκεται στο πάνω (βυθιζόμενο) τμήμα του ρήγματος αυτού. Ο ακριβής εντοπισμός μικρών σεισμών έδειξε την ύπαρξη τέτοιου ενεργού ρήγματος (Hatzidimitriou et al., 1990; Papazachos et al., 2000).

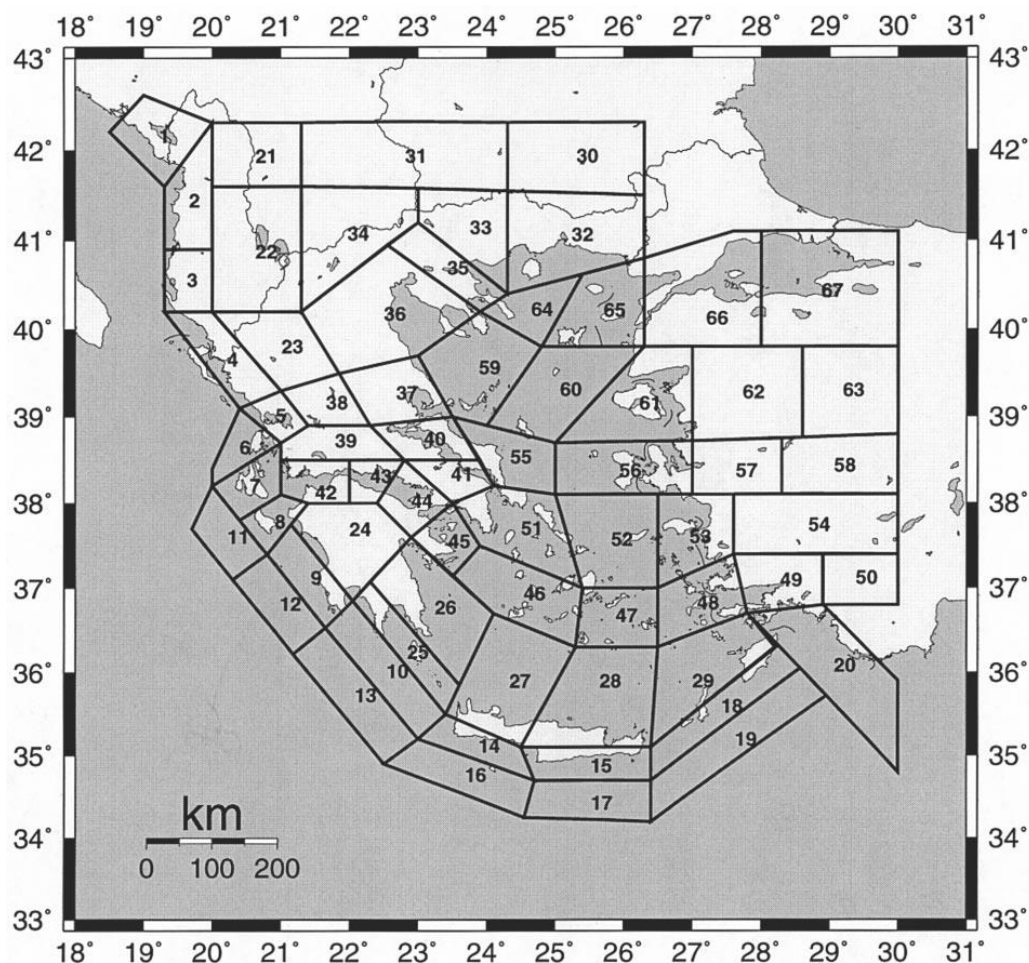


Σχήμα 2. Χαρτογράφηση των επικέντρων των σεισμών ($4.0 \leq M \leq 5.9$), οι οποίοι έγιναν στην ευρύτερη περιοχή κατά τη χρονική περίοδο 1900-2018.

Ο χάρτης του σχήματος (2) δίνει τους σεισμούς οι οποίοι έγιναν στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης μετά το 1900 με μεγέθη $M \leq 5.9$. Οι εστιακές παράμετροι των σεισμών (μεγέθη και επίκεντρα) που χαρτογραφούνται στο σχήμα (2) έχουν ληφθεί από τον κατάλογο ο οποίος είναι διαθέσιμος μέσω της ιστοσελίδας του Σεισμολογικού Σταθμού του ΑΠΘ.

Τρία διαφορετικά χρώματα και μεγέθη κύκλων έχουν χρησιμοποιηθεί για τρεις τάξεις μεγεθών. Με άσπρο χρώμα φαίνονται τα επίκεντρα των σεισμών με μεγέθη $4.0 \leq M \leq 4.9$, τα επίκεντρα των σεισμών με μεγέθη $5.0 \leq M \leq 5.4$ παριστάνονται με κίτρινους κύκλους ενώ οι σεισμοί με μεγέθη $5.0 \leq M \leq 5.9$ παριστάνονται με κόκκινους κύκλους.

Ο χάρτης του σχήματος (3) δίνει τη χωροθέτηση των σεισμικών πηγών στο Νότιο Βαλκανικό χώρο. Φαίνεται ότι η Θεσσαλονίκη είναι εντός της Σεισμικής Πηγής του Θερμαϊκού κόλπου (#36) και στην άμεση γειτονία της Σερβομακεδονικής Ζώνης (#35).



Σχήμα 3. Σεισμικές πηγές στο Νότιο Βαλκανικό χώρο (Παραϊοαννου and Παραζαχος, 2000).

Οι Παραϊοαννου and Παραζαχος (2000) υπολόγισαν τις σταθερές a και b της σχέσης των Gutenberg and Richter (1944) και βρήκαν τις παρακάτω τιμές των παραμέτρων a , b

35: **Σερβομακεδονική** $b=0.84$ $a=4.04$

36: **Θερμαϊκός Κόλπος** $b=0.87$ $a=3.84$

Με βάση τις ανωτέρω τιμές το αναμενόμενο μέγεθος σεισμού για χρονικό διάστημα 1 10 20 και 50 έτη δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Σεισμική Πηγή	T=1 έτος	T=5 έτη	T=10 έτη
35	4.8	5.6	6.0
36	4.4	5.2	5.6

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα προκύπτει ότι η πιθανότητα γένεσης ισχυρού σεισμού τα προσεχή χρόνια είναι στατιστικά σημαντική, παρατήρηση η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη.

Ο συντάξας



Δρ. Χρήστος Α. Παπαϊωάννου
Διευθυντής Ερευνών -
Σεισμολόγος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Hatzidimitriou, P. M., D. Hatzfeld, E.M. Scordilis, E.E. Papadimitriou and A.A. Christodoulou (1990): Seismotectonic evidence of an active normal fault beneath Thessaloniki, *Terra Nova*, 3, 648-645.
- Παπαζάχος, Β.Κ. και Χρ. Α. Παπαϊωάννου (2002): Νέες επιστημονικές πληροφορίες για τη σεισμική επικινδυνότητα στη Θεσσαλονίκη. *Πρακτ. Ημερίδας «Θωράκιση της Θεσσαλονίκης από φυσικές καταστροφές»*, ΣΕΓ-Τ.Γ.-ΑΠΘ-ΓΕΩΤΕΕ-ΙΓΜΕ, 24 Φεβρ. 2000, 29-35
- Παπαζάχος, Β.Κ. και Κ.Β. Παπαζάχου (2003): Σεισμοί της Ελλάδας, *Εκδόσεις Ζήτη*, Θεσσαλονίκη σελ. 286.
- Papaioannou, Ch. A. and B.C. Papazachos (2000): Time independent and time dependent seismic hazard in Greece based on seismogenic sources. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, 22-33.
- Papazachos, B.C., P.E. Comninakis, G.F. Karakaisis, B.G. Karakostas, Ch.A. Papaioannou, C.B. Papazachos and E. M. Scordilis (2000): A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999. *Publ. Geophys. Lab., Univ. Thessaloniki also In press Handbook of Earthquake Engineering Seismology*, IASPEI P. Jennings, H. Kanamori, and W. Lee, (Editors) <http://geohazards.cr.usgs.gov/iaspei/europe/greece/the/catalog.htm>.
- Παπαζάχος, Β. Κ., Δ. Μ. Μουντράκης, Κ.Β. Παπαζάχος, Μ. Δ. Τρανός, Γ. Φ, Καρακαϊσης, και Α. Σ. Σαββαΐδης (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, Α, 17-26.