

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1992

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΜΙΧΑΗΛ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ

ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ.— 'Ανεξάρτηση ένδειξη για διαφορετική προέλευση του πεδίου τάσεων σε περιοχές πέρα από τη μετωπική ζώνη κατάδύσεως της 'Αφρικανικής Πλάκας, υπό του 'Ακαδημαϊκού κ. 'Αγγέλου Γ. Γαλανοπούλου\*.

Σε προηγούμενη εργασία (Galanopoulos, 1986) εξετάζοντας την «Διαφορά στον τρόπο μεταβάσεως από την εϋθραυστο στην εϋήλατο παραμόρφωση στο βόρειο και νότιο ήμισυ του 'Ελληνικού Χώρου», είχε διαπιστωθεί ότι «Το σεισμικό δυναμικό, όπως φαίνεται από τα δεδομένα της περιόδου 1971-1983, είναι σχετικώς μεγαλύτερο στο βόρειο ήμισυ του 'Ελληνικού χώρου (56% σε σεισμούς μεγέθους  $4\frac{1}{2}$  και άνω, και 74% σε σεισμική ενέργεια που παρατηρείται στον ευρύτερο χώρο)»· είχε δε διατυπωθεί ή άποψη ότι «εάν το χρησιμοποιηθέν δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό του σεισμικού καθεστώτος που επικρατεί στον ευρύτερο 'Ελληνικό χώρο, το καθεστώς αυτό δεν συμβιβάζεται με την εικάζόμενη προέλευση του πεδίου των άσκουμένων τάσεων από την σύγκλιση και σύγκρουση των πλακών Ευκρασίας και 'Αφρικής».

Σε πρόσφατη εργασία (Γαλανόπουλος, 1991), υπολογίσαμε το σεισμικό δυναμικό από το εύρος του χρόνου άναμονής των καταστρεπτικών σεισμών μεγέθους 7 και επάνω, και από τον λόγο του μεγίστου προς τον μέσο χρόνο άναμονής των, σε περιοχές ίσης έκτάσεως ( $2^\circ \times 2^\circ$ ) 'Αττικής και Κω. Οι περιοχές αυτές είναι στα άκρα του 'Ελληνικού ήφαιστειακού τόξου, στα βορειότερα κράσπεδα της ζώνης Benioff, που διαγράφει τα όρια της βυθιζόμενης πλάκας και όπου παρατηρείται συγκέντρωση των σεισμών μεγαλύτερου βάθους στον 'Ελληνικό χώρο. Το δυναμικό

\* A. G. GALANOPOULOS, **Independent evidence for different origin of the stress field in areas beyond reach of the underthrusting forefront of the African Plate.**

των περιοχών αυτών (312/53 και 215/33) ευρέθηκε να είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογο προς την απόστασή των από την Έλληνική τάφρο (περίπου 250 km και 200 km, αντιστοίχως).

Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται με την ίδια μέθοδο για τρεις περιοχές ίσης εκτάσεως ( $2^\circ \times 2^\circ$ ), στο βόρειο ήμισυ του Έλληνικού χώρου, των οποίων τα κέντρα ( $39^\circ\text{N}27^\circ\text{E}$ ,  $40^\circ\text{N}25^\circ\text{E}$  και  $41^\circ\text{N}23^\circ\text{E}$ ) απέχουν περίπου το ίδιο από την Έλληνική τάφρο που θεωρείται ως ζώνη επαφής Εύρασιας και Αφρικής. Η πρώτη ανήκει στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης ( $40^\circ\text{N}42^\circ$ ,  $22^\circ\text{E}24^\circ$ ). Η δεύτερη επικεντρώνεται στην περιοχή της τάφρου του Βορείου Αιγαίου ( $39^\circ\text{N}41^\circ$ ,  $24^\circ\text{E}26^\circ$ ), προέκταση της τάφρου του Ξηροῦ (Saros Graben). Και η τρίτη περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή των ανατολικών Σποράδων ( $38^\circ\text{N}40^\circ$ ,  $26^\circ\text{E}28^\circ$ ).

Όπως και στην περίπτωση της Κρήτης, το σεισμικό δυναμικό υπολογίσθηκε από τους σεισμούς μεγέθους  $5^{1/2}$  και επάνω για την περίοδο 1958-1987 για την πρώτη και τρίτη περιοχή. Λόγω, όμως, του σεισμικού παρεξυσμού στην περιοχή της τάφρου του Βορείου Αιγαίου και της χρονικής συγκέντρωσης τεσσάρων σεισμών μεγέθους  $M_s \geq 7$  στην περίοδο 1968-1983, ως και των μεγάλων διαστημάτων σεισμικής ήρεμίας που φαίνεται να παρατηρούνται στην περιοχή αυτή, το σεισμικό δυναμικό υπολογίσθηκε για την δεύτερη περιοχή από τους σεισμούς μεγέθους  $5^{1/2}$  και επάνω σε ελαφρώς μεγαλύτερη περίοδο: 1954-1987. Οι παράμετροι των σεισμών που αναφέρονται στους πίνακες 1, 2 και 3 έχουν υπολογιστεί με τον τρόπο που αναφέρεται στην προηγούμενη εργασία (Γαλανόπουλος, 1991).

Η παρούσα εργασία σκοπὸν ἔχει νὰ ἐξετάσει ἐὰν τὸ πεδίο τῶν τάσεων πού δρᾷ στὸ βόρειο ἥμισυ τοῦ ευρύτερου Έλληνικού χώρου προέρχεται ἀπὸ τὴν σύγκρουση τῶν πλακῶν Εὐρασίας καὶ Ἀφρικής. Ἐὰν συμβαίνει αὐτό, πρέπει τὸ σεισμικὸ δυναμικὸν περιοχῶν περίπου ἴσων καὶ στὴν ἴδια περίπου ἀπόσταση ἀπὸ τὴν ζώνη επαφῆς τῶν συγκρουομένων πλακῶν νὰ εἶναι περίπου ἴσο καὶ αἰσθητῶς μικρότερο ἀπὸ αὐτὸ περιοχῶν ἴσης ἐκτάσεως κατὰ μῆκος τῆς Έλληνικῆς τάφρου.

Στὸν σεισμικὸν χάρτη πού παρατίθεται (βλ. Εἰκ. 1) σημειώνονται ὑπὸ μορφήν κλάσματος ὁ μέγιστος καὶ μέσος χρόνος ἀναμονῆς σεισμῶν μεγέθους  $M_s \geq 7$  στὶς περιοχές πού ἀναφέραμε, καὶ ἐπιπρόσθετα σὲ τέσσερες περιοχές κατὰ μῆκος τοῦ Τριτογενοῦς ἰζηματογενοῦς τόξου, ὡς καὶ δύο στὸ ἐσωτερικὸ αὐτοῦ. Στὴν κάτω ἀριστερῆ γωνιά κάθε σεισμικῆς πηγῆς σημειώνεται τὸ μέγιστο ἐτήσιο μέγεθος σεισμοῦ πού δύναται νὰ παράγεται σ' αὐτή, καὶ στὴν ἄνω δεξιὰ γωνιά ἡ ἐλαχίστη ἐτήσια συσσώρευση δυναμικῆς ἐνέργειας, ἐκπεφρασμένη σὲ ἰσοδύναμο ἐτήσιο μέγεθος σεισμοῦ.

Ἐὰν τὸ χρησιμοποιηθὲν δεῦγμα εἶναι ἀντιπροσωπευτικὸ τοῦ σεισμικοῦ καθεστῶτος πού ἐπικρατεῖ στὶς περιοχές πού εἶναι στὸ νότιο ἥμισυ τοῦ ευρύτερου Ἐλ-

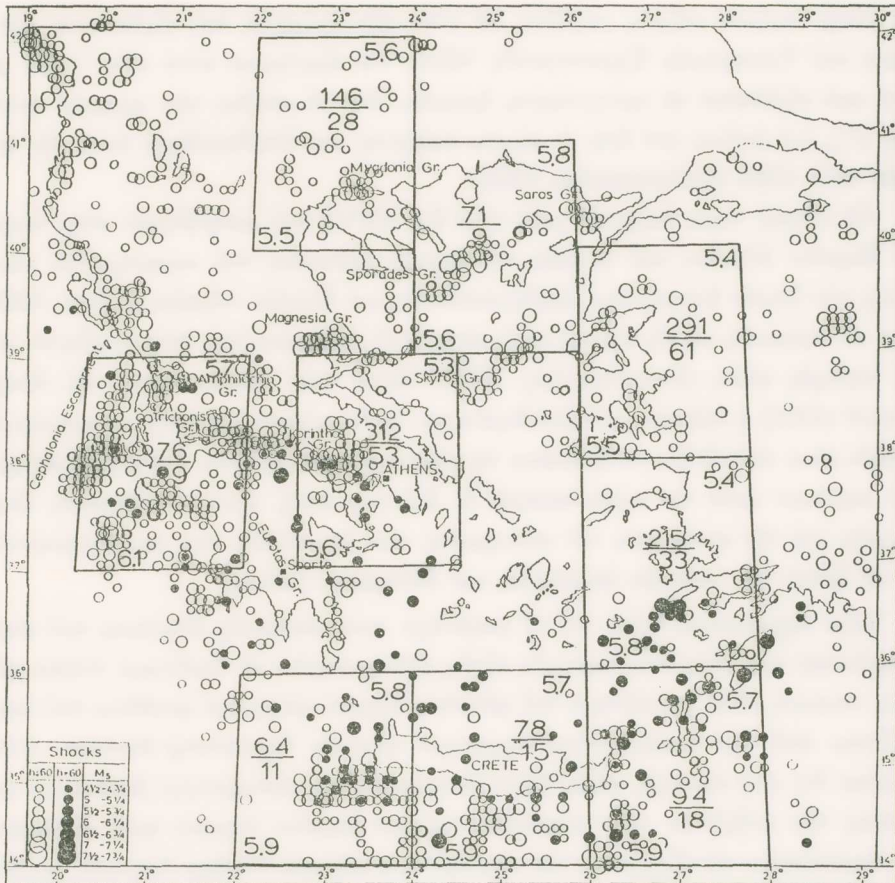


Fig. 1. 9 square source areas of 4-degrees marked on a seismic map of Greece with 4 numbers showing in a sort of fraction the return period range (the maximum over the average recurrence interval) of potentially destructive shocks ( $M_s \geq 7$ ), as well as the annual maximum earthquake magnitude (left down corner) and the minimum rate of annual strain energy accumulation expressed as unit rate the equivalent annual maximum earthquake magnitude (right up corner).

ληνικου χώρου, το σεισμικό δυναμικό, όπως φαίνεται από τις διδόμενες παραμέτρους, εκπεφρασμένο με τον μέσο και μέγιστο χρόνο αναμονής σεισμών μεγέθους 7 και επάνω, ως και με το ισodύναμο ετήσιο μέγεθος σεισμού, είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασέως των από την 'Ελληνική τάφρο. Όπως αντιθέτως, στις περιοχές που είναι στο βόρειο ήμισυ του ευρύτερου 'Ελληνικού χώρου, το σεισμικό δυναμικό, υπό την ίδια έκδοχή, φαίνεται να είναι τελείως άσχετο προς την απόστασή των από την ζώνη έπαφής των πλακών Εύρασιας και 'Αφρικής. Ειδικότερα στην περιοχή της τάφρου του Βορείου Αιγαίου, το σεισμικό δυναμικό της υπολογίζεται να είναι

τῆς αὐτῆς περίπου τάξεως μεγέθους μὲ αὐτὸ τῶν περιοχῶν ποὺ εὐρίσκονται κατὰ μῆκος τοῦ Τριτογενοῦς ἰζηματογενοῦς τόξου. Τὰ ἐξαγόμενα αὐτὰ εἶναι ὅμοια μὲ αὐτὰ ποὺ εὐρέθησαν σὲ προηγούμενη ἐργασία, ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν σεισμῶν μεγέθους  $4\frac{1}{2}$  καὶ ἐπάνω, καὶ ἀπὸ τὸ σύνολο ἐνέργειας ποὺ ἐλευθερώθηκε κατὰ τὴν περίοδο 1971-1983 (Galanopoulos, 1986).

Οἱ ὑψηλές τιμές θερμικῆς ροῆς (1,5-2,5 HFU) ποὺ μετρήθηκαν στὴν τάφρο τοῦ Βορείου Αἰγαίου, καὶ γενικῶς τὸ θερμικὸ καθεστῶς ποὺ παρατηρεῖται κατὰ μῆκος τῶν ζωνῶν διατμήσεως Σερβομακεδονίας καὶ Βορείου Αἰγαίου (Stiros, 1990) εἶναι σὲ συμφωνία μὲ τίς ὑψηλές τιμές σεισμικοῦ δυναμικοῦ ποὺ ὑπολογίσθηκαν γιὰ τίς περιοχές αὐτές (Γαλανόπουλος, 1971). Κατὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς τοῦ Hugo Benioff (1954) ἡ ἐνέργεια ποὺ ἐλευθερώνεται ὡς θερμότητα κατὰ τὴν μετασεισμικὴ περίοδο εἶναι τὸ  $1/2$  ἕως τὸ  $2/πλάσιο$  τῆς ἐνέργειας ποὺ ἐκλύεται ὑπὸ μορφὴ σεισμικῶν κυμάτων κατὰ τὸν κύριο σεισμό. Ἡ ἐνέργεια αὐτή, κατὰ τὸν Benioff, εἶναι ἐπαρκὴς γιὰ τὴν συντήρηση τοῦ συστήματος τῶν ἡφαιστειῶν ποὺ συμπαρομαρτοῦν μὲ τίς ζῶνες τῶν σεισμῶν ἐπιφανείας καὶ ἐνδιαμέσου βάθους.

Ἄξιο σημειώσεως εἶναι ὅτι τὸ μικρότερο ποσὸ σεισμικῆς ἐνέργειας ποὺ συγκεντρώνεται κατ' ἔτος στὶς περιοχές αὐτές, ἐκπεφρασμένο σὲ ἰσοδύναμο ἐτήσιο μέγεθος σειсмоῦ, εἶναι μεγαλύτερο τοῦ μέγιστου ἐτήσιου σεισμικοῦ μεγέθους ποὺ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν συσσωρευτικὴ συχνότητα σεισμῶν Gutenberg-Richter. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι στὶς περιοχές αὐτές λόγω διευρύνσεως καὶ ἀσύμμετρης βαθύνσεως καὶ κλίσεως τῶν πυθμένων τῶν τεκτονικῶν τάφρων Βορείου Αἰγαίου πρὸς τίς περιοχές προελεύσεως τῶν ἰζημάτων, καὶ σὲ μικρότερη κλίμακα Βόλβης-Λαγκαδᾶ, μεγάλο μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας διαχέεται κατὰ τὴν ἐκλύση τῆς μεταξὺ τῶν πετρωμάτων ὡς θερμότητα.

Ὅπως φαίνεται καὶ ἀπὸ τὸν μηχανισμό γενέσεως τῶν σεισμῶν, στὶς περιοχές αὐτές τὸ ὑψηλὸ σεισμικὸ δυναμικὸ τους ὀφείλεται σὲ τάσεις ἐφελκυσμοῦ, κατὰ τὸ πλεῖστον μεσημβρινῆς διευθύνσεως, ποὺ ἀναπτύσσονται κατὰ τὴν διεύρυνση τῶν τάφρων αὐτῶν, καὶ ἐπὶ πλέον —τουλάχιστο στὴν τάφρο τοῦ Βορείου Αἰγαίου— στὴν πρὸς Δυσμᾶς προώθηση τῆς Τουρκικῆς ὑποπλάκας κατὰ μῆκος τῆς προεκτάσεως τοῦ γνωστοῦ διαμήκους ρήγματος μετασχηματισμοῦ τῆς Βόρειας Μικρᾶς Ἀσίας (Ἀνατολίας). Στὴν δυτικὴ προέκταση τοῦ ρήγματος αὐτοῦ καὶ σὲ διάφορες διακλάδωσεις τῆς φιλοξενοῦνται σημαντικὲς ἐστίες, οἱ ὁποῖες στὰ ἔτη 1905, 1912, 1953, 1968 καὶ 1981-1983 ἔδωσαν ἑπτὰ σειμοὺς μεγέθους 7 καὶ ἐπάνω. Σὲ ἀντίθεση πρὸς τὴν συγκριτικῶς συνεχῆ σεισμικότητα τῶν περιοχῶν τοῦ Νοτίου Αἰγαίου, ἡ σεισμικότης τῶν περιοχῶν τοῦ Βορείου Αἰγαίου φαίνεται νὰ εἶναι ἐγγενῶς ἄριστος καὶ στὸν χρόνον καὶ στὸν χώρον.

## SUMMARY

**Independent evidence for different origin of the stress field in areas beyond reach of the underthrusting forefront of the African Plate.**

Considering that the sedimentary cover in the North Aegean Trough (about 5 km thick) is about 3-times, or more, thicker than in most basins in Southern Aegean (less than 1.5 km thin), and the fault-bounded Neogene-blocks are tilting towards the origin of the Neogene-Quaternary sediments, we are allowed to believe that the post-Miocene stretching and strain accumulation are directly related to the fault tectonics and the thickness of the Plio-Quaternary sedimentary cover in the submarine and intermountain Neogene grabens.

The lack of any relation of the earthquake potential distribution in the greater area of Greece to the distance from the Hellenic Trench, the contact zone of the converging plates of Eurasia and Africa, indicates that the stretching of the lithosphere, at least in the North Aegean, can not be ascribed to the post-Miocene subduction of the African plate.

Deepening, tilting and spreading controlled by the fault tectonics and the sedimentary cover in the North Aegean Trough combined with westwards driving by the Turkish subplate may account for the high earthquake potential in the graben area, that may well be compared to that observed in areas of about the same size along the Hellenic Trench. The seismicity along the complex shear-zone of the Saros Graben area is discontinuous with strong tendency to occur in clusters. This probably attests to the newly developing north segmented boundary of the Aegean subplate. The earthquake hazard potential in the North Aegean area seems to be inherently patchy in time and space.

## Acknowledgement

The author is much indebted to Miss Maria Ntailiana for the careful typing of the manuscript.

## REFERENCES

- Benioff Hugo, Orogenesis and Deep Crustal Structure – Additional Evidence from Seismology. *Bull. Geol. Soc. America*, Vol. 65, pp. 385-400, 1954.
- Γαλανοπούλου Γ. Α., Στοιχειά Σεισμολογίας και Φυσικής του Έσωτερικού της Γης. 'Αθήναι 1971.
- Galanopoulos G. A., Difference in the Transition Pattern from Brittle to Ductile Deformation in the Northern and Southern Half of the Greater Area of Greece. *Prakt. Acad. of Athens*, Vol. 61, 262-287, 1986.
- Galanopoulos G. A., Earthquake Potential Trend Along the Island of Crete. *Prakt. Acad. of Athens*, Vol. 66, pp. 63-92, 1991.
- Stiros C. S., Heat Flow and the Thermal Structure of the Aegean Sea and the Southern Balkans. *Terrestrial Heat Flow and the Lithosphere Structure*, by V. Cermak (ed.). Springer Verlag, Berlin, in Press.

TABLE 1  
LIST OF SHOCKS WITH  $M_s \geq 5 \frac{1}{2}$  IN THE SALONIKA AREA  
(40°N42' and 22°E24'). SAMPLE PERIOD 1958 - 1987

No	Date	Location		Depth km	Intensity I <sub>o</sub>	Magnitude M <sub>s</sub>	Interevent Time in Days	
		N°	E°					
1	1902, July 5	40 3/4	, 23 1/2	11	IX	6 1/2	-	-
2	1903, Nov. 25	42	, 23 1/4	6	VIII	6 1/2	-	-
3	1904, April 4*	41 3/4	, 23	15	IX-X	7	-	-
4	1904, April 4	41 3/4	, 23 1/4	18	X	7 1/2	-	-
5	1904, April 4*	42	, 23 1/2	25	VI-VII	5 1/2	-	-
6	1904, April 4*	42	, 23 1/2	30	VI	5 1/2	-	-
7	1904, April 19*	42	, 23	8	VII-VIII	6	-	-
8	1904, June 21*	42	, 23 1/2	30	VI	5 1/2	-	-
9	1904, Aug. 1*	42	, 23 1/4	45	VI	5 1/2	-	-
10	1905, Oct. 8*	41 3/4	, 23	19	VIII	6 1/2	-	-
11	1905, Oct. 23	41 1/2	, 24	65	VI	5 1/2	-	-
12	1905, Nov. 18	41	, 23	16	VII	5 1/2	-	-
13	1910, Febr. 23	41 3/4	, 23 1/2	12	VII-VIII	5 3/4	-	-
14	1911, March 11	42	, 23	50	V-VI	5 1/2	-	-
15	1931, March 7*	41.3	, 22.3	17	VIII	6	-	-
16	1931, March 8	41.3	, 22.5	4	X	6 3/4	-	-
17	1932, Sept. 26	40.5	, 23.9	6	IX-X	7	-	-
18	1932, Sept. 26*	40.5	, 23.8	8	VII-VIII	6	-	-
19	1932, Sept. 28*	40.5	, 23.8	9	VII-VIII	5 3/4	-	-
20	1932, Sept. 29*	40.9	, 23.3	13	VIII	6 1/4	-	-
21	1932, Nov. 1*	40.5	, 23.8	12	VII	5 3/4	-	-
22	1933, May 8*	40 1/2	, 23 3/4	20	VII	5 1/2	-	-
23	1933, May 11*	40 1/2	, 23 3/4	21	VIII	6 1/4	-	-
24	1935, Febr. 18*	40 1/2	, 23 3/4	8	VII	5 1/2	-	-
25	1936, April 8	41	, 23 1/2	16	VI	5 1/2	-	-
26	1940, Febr. 1	40 1/2	, 22 3/4	12	VII	5 1/2	-	-
27	1947, June 4	40	, 24	80	V	6	-	-
28	1955, July 9	40.9	, 22.1	6	VII-VIII	5 1/2	-	-
1	1958, July 17	40.7	, 23.3	9	VII	5 3/4	-	-
2	1960, July 13	40.5	, 23.3	3	VIII	5 3/4	727	727
3	1964, July 4	42.0	, 23.4	2	-	5 1/2	1452	1452
4	1966, Oct. 22	42.0	, 23.1	13	-	5 1/2	840	840
5	1970, April 16	40.7	, 23.4	20	VI-VII	6	1272	1272
6	1972, May 8	41.7	, 23.6	12	VI-VII	5 3/4	753	753
7	1972, Aug. 12	41.1	, 22.7	12	VII	5 1/2	96	96
8	1974, June 22	41.2	, 23.0	8	VI	5 1/2	679	679
9	1978, May 23	40.7	, 23.2	9	VII	6 1/2	1431	1431
10	1978, May 24*	40.7	, 23.3	8	-	5 3/4	1	-
11	1978, May 24*	40.7	, 23.3	19	-	5 1/2	0	-
12	1978, June 2*	40.8	, 23.2	19	VI	6	9	-
13	1978, June 19*	40.8	, 23.2	10	VI	6 1/4	17	-
14	1978, June 19*	40.7	, 23.2	8	-	5 3/4	0	-
15	1978, June 20	40.8	, 23.2	3	VIII-IX	6 1/2	1	28
16	1978, June 20*	40.7	, 23.2	11	-	5 1/2	0	-
17	1978, June 21*	40.8	, 23.1	1	-	5 3/4	1	-
18	1978, July 4*	40.7	, 23.1	18	VI-VII	6	13	-
19	1979, May 11	40.7	, 23.3	5	-	5 3/4	311	326
20	1979, Aug. 31*	40.7	, 23.4	11	V	5 1/2	112	-
21	1981, March 2	40.7	, 23.2	23	-	5 1/2	549	661
22	1981, Sept. 7	41.2	, 22.6	10	VI	5 1/2	189	189
23	1983, Aug. 26	40.5	, 23.9	3	V-VI	6	718	718
24	1984, Febr. 19	40.7	, 23.4	24	VI	6	177	177
25	1985, Sept. 28	41.6	, 22.3	4	VII	6 1/4	587	597
26	1985, Nov. 9	41.3	, 24.0	18	VII-VIII	6 1/2	42	42
27	1986, Febr. 18	40.8	, 22.1	20	-	6	101	101

Fore-and aftershocks denoted by\* in the date were discarded in the second sample as interdependent events

TABLE 1A  
CUMULATIVE FREQUENCY OF EARTHQUAKES IN MAGNITUDE INCREMENTS  
( $\Delta m = 1/2$ )

Frequency	Magnitude $M_m$		
	5 1/2	6	6 1/2
All data $\left\{ \begin{array}{l} N_1 \\ N_{c.1} \end{array} \right.$	16	8	3
	27	11	3
Data without inter- dependent events $N_2$	10	5	3
$N_{c.2}$	18	8	3

Gutenberg-Richter's Earthquake Recurrence Model (1954):

$$\text{Log}(N_{c.1}) = 6.707 - 0.954 M_m, \quad \sigma = \pm 0.050,$$

$$\text{Log}(N_{c.2}) = 5.546 - 0.778 M_m, \quad \sigma = \pm 0.021$$

TABLE 1B  
CUMULATIVE FREQUENCY OF EARTHQUAKE OCCURRENCES PER ACTUAL  
REPEAT TIME EXPRESSED AS UNIT TIME THE AVERAGE  
INTEROCCURRENCE TIME ( $m_1 = 406$ ,  $m_2 = 608$  Days)

Frequency	Repeat Times (t)			
	1	2	3	4
All data $\left\{ \begin{array}{l} N_1 \\ N_{c.1} \end{array} \right.$	16	6	1	3
	26	10	4	3
Data without inter- dependent events $N_2$	8	6	3	-
$N_{c.2}$	17	9	3	-

Galanopoulos Earthquake Recurrence Model (1988):

$$\text{Log}(N_{c.1}) = 1.6765 - 0.3212t, \quad \sigma = \pm 0.090$$

$$\text{Log}(N_{c.2}) = 1.64 - 0.3765t, \quad \sigma = \pm 0.058$$

TABLE 1C  
DISTRIBUTION OF PERCENTAGE OF EARTHQUAKE OCCURRENCES IN TERMS  
OF ACTUAL INTEROCCURRENCE TIME (t)

Percentage	Repeat Times (t)				
	1	2	3	4	Total
Sample 1	62	23	4	11	100
Sample 2	47	35	18	-	100



TABLE 2  
LIST OF EARTHQUAKES WITH  $M_s \geq 5 \frac{1}{2}$  IN THE SAROS GRABEN AREA  
(39°N41' , 24°E26') . SAMPLE PERIOD 1954 - 1987

No	Date	Location N° E°	Depth km	Intensity I <sub>o</sub>	Magnitude M <sub>s</sub>	Interevent Time in Days
1	1905. Nov. 8	40 1/4 , 24 1/2	14	X	7 1/2	- -
2	1917. Aug. 20	40.3 , 25.4	40	V-VI	5 3/4	- -
3	1918. Febr. 9	39.4 , 24.4	60	V	5 1/2	- -
4	1947. April 12	39.9 , 25.2	60	VIII	5 1/2	- -
5	1947. June 4	40.0 , 24.0	80	V	6	- -
1	1954. Aug. 3	40.5 , 25.0	35	-	6	- -
2	1955. June 2	40.3 , 25.7	10	VI	5 1/2	303 303
3	1958. Jan. 16	39.5 , 25.5	26	V	5 3/4	593 593
4	1962. Sept. 29	40.4 , 25.4	10	-	5 1/2	1717 1717
5	1964. April 11	40.3 , 24.8	33	V	5 1/2	560 560
6	1965. March 13	39.1 , 24.0	24	VI	5 1/2	336 336
7	1965. Nov. 2	39.5 , 25.3	5	-	5 1/2	234 234
8	1965. Dec. 30	40.2 , 24.8	32	V-VI	5 3/4	48 48
9	1967. March 4	39.2 , 24.6	60	-	6 1/2	439 439
10	1968. Febr. 19	39.4 , 24.9	7	IX	7 1/2	352 352
11	1968. Febr. 20*	39.7 , 25.4	37	-	5 1/2	1 -
12	1968. Febr. 20*	39.6 , 25.4	8	-	5 1/2	0 -
13	1968. Febr. 20*	39.4 , 24.9	33	-	5 1/2	0 -
14	1968. Febr. 20*	39.3 , 24.9	33	-	5 3/4	0 -
15	1968. March 10*	39.1 , 24.2	0	-	5 3/4	19 -
16	1968. March 16*	39.4 , 24.9	43	-	5 1/2	6 -
17	1968. March 23*	39.8 , 25.5	33	-	5 3/4	7 -
18	1968. April 24*	39.3 , 24.9	20	-	6 1/4	32 -
19	1969. April 21*	39.4 , 25.1	1	-	5 1/2	363 -
20	1971. Nov. 27	39.7 , 25.7	24	-	5 1/2	950 1378
21	1975. March 17*	40.5 , 26.0	2	-	5 1/2	1206 -
22	1975. March 17*	40.5 , 25.9	22	-	6	0 -
23	1975. March 17*	40.4 , 26.2	5	-	5 1/2	0 -
24	1975. March 17*	40.5 , 26.1	18	-	6 1/4	0 -
25	1975. March 27	40.4 , 26.2	15	VII-VIII	6 1/2	10 1216
26	1975. March 27*	40.4 , 26.2	22	VI	5 1/2	0 -
27	1979. April 12	39.1 , 24.2	10	-	5 1/2	1477 1477
28	1979. June 2	40.3 , 24.1	10	-	5 1/2	20 20
29	1980. Nov. 12	39.3 , 24.3	1	V	5 3/4	529 529
30	1981. May 23	39.1 , 24.4	10	-	5 1/2	192 192
31	1981. Oct. 24*	39.3 , 25.4	10	-	5 3/4	144 -
32	1981. Dec. 19	39.2 , 25.2	10	VIII	7 1/2	66 210
33	1981. Dec. 19*	39.3 , 25.4	3	-	5 1/2	0 -
34	1981. Dec. 19*	39.3 , 25.4	17	-	5 3/4	0 -
35	1981. Dec. 21*	39.1 , 25.3	25	-	5 3/4	2 -
36	1981. Dec. 21*	39.3 , 25.4	5	-	6	0 -
37	1982. Jan. 18	40.0 , 24.4	10	VI	7	28 30
38	1982. Jan. 18*	40.0 , 24.6	10	-	6 3/4	0 -
39	1982. Jan. 18*	39.7 , 24.1	12	-	5 1/2	0 -
40	1982. Jan. 19*	39.7 , 24.3	10	-	5 3/4	1 -
41	1982. Febr. 9*	39.7 , 24.3	6	-	5 1/2	21 -
42	1982. Apr. 10*	39.7 , 24.6	2	-	6	60 -
43	1982. April 10	39.4 , 25.5	12	-	6	0 82
44	1982. July 8	39.1 , 25.1	4	-	5 3/4	99 99
45	1982. July 18*	39.2 , 25.3	0	-	5 1/2	10 -
46	1982. July 22*	39.0 , 25.1	11	-	5 1/2	4 -
47	1982. July 23*	39.0 , 25.2	22	-	5 3/4	1 -
48	1983. Aug. 6	40.1 , 24.7	2	VI	7 1/4	379 394
49	1983. Aug. 8*	40.0 , 24.8	5	-	5 3/4	2 -
50	1983. Aug. 11*	40.1 , 24.8	9	-	5 1/2	3 -
51	1983. Oct. 10*	40.3 , 25.3	4	-	6 1/4	60 -
52	1983. Oct. 26*	40.0 , 24.8	17	-	6	16 -
53	1984. July 29	40.4 , 25.9	21	-	6	277 358
54	1984. July 29*	40.4 , 26.0	10	-	6	0 -
55	1984. July 29*	40.4 , 25.9	27	-	5 3/4	0 -
56	1984. Oct. 5	39.1 , 25.3	9	-	6	68 68
57	1985. June 13	39.0 , 25.9	29	-	5 3/4	251 251

TABLE 2A  
CUMULATIVE FREQUENCY OF EARTHQUAKES IN MAGNITUDE INCREMENTS  
( $\Delta m = 1/2$ )

Frequency	Magnitude $M_m$				
	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2
All data $\left\{ \begin{array}{l} N_1 \\ N_{c1} \end{array} \right.$	38	12	3	2	2
	57	19	7	4	2
Data without inter- dependent events $N_{c2}$	14	4	2	2	2
$N_{c2}$	24	10	6	4	2

Gutenberg-Richter's Earthquake Recurrence Model (1954):  
 $\text{Log}(N_{c1}) = 5.3197 - 0.6774 M_m$ ,  $\sigma = \pm 0.129$   
 $\text{Log}(N_{c2}) = 4.135 - 0.5112 M_m$ ,  $\sigma = \pm 0.046$

TABLE 2B  
CUMULATIVE FREQUENCY OF EARTHQUAKE OCCURRENCES PER ACTUAL  
REPEAT TIME EXPRESSED AS UNIT TIME THE AVERAGE  
INTEROCCURRENCE TIME ( $m_1 = 218$ ,  $m_2 = 517$  Days)

Frequency	Repeat Times (t)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
All data $\left\{ \begin{array}{l} N_1 \\ N_{c1} \end{array} \right.$	40	8	4	0	1	1	1	1
	56	16	8	4	4	3	2	1
Data without inter- dependent events $N_{c2}$	17	2	3	1	-	-	-	-
$N_{c2}$	23	6	4	1	-	-	-	-

Galanopoulos' Earthquake Recurrence Model (1988):  
 $\text{Log}(N_{c1}) = 1.6955 - 0.2146t$ ,  $\sigma = \pm 0.156$   
 $\text{Log}(N_{c2}) = 1.751 - 0.4262t$ ,  $\sigma = \pm 0.108$

TABLE 2C  
DISTRIBUTION OF PERCENTAGE OF EARTHQUAKE OCCURRENCES IN TERMS  
OF ACTUAL INTEROCCURRENCE TIME (t)

Percentage	Repeat Times (t)								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sample 1	71	14	7	0	2	2	2	2	100
Sample 2	74	9	13	4	-	-	-	-	100

TABLE 3

LIST OF EARTHQUAKES WITH  $M_s \geq 5 \frac{1}{2}$  IN EASTERN SPORADES AND ENVIRONS ( $38^{\circ}N40'$  and  $26^{\circ}E28'$ ). SAMPLE PERIOD 1958 - 1987

No	Date	Location N° E°	Depth km	Intensity I <sub>o</sub>	Magnitude M <sub>s</sub>	Interevent Time in Days
1	1912. Sept. 13	40 , 26 3/4	15	-	6 3/4	-- --
2	1919. Nov. 18	39.3 , 26.7	10	VIII	6 3/4	-- --
3	1926. March 24	38.2 , 27.1	10	-	5 1/2	-- --
4	1928. March 31	38.2 , 27.8	10	IX	6 3/4	-- --
5	1928. July 15*	38.1 , 27.3	10	VII-VIII	5 3/4	-- --
6	1931. July 12	39.2 , 26.3	10	-	5 1/2	-- --
7	1937. May 23	38.7 , 27.8	10	VII-VIII	5 3/4	-- --
8	1939. Jan. 2	39.8 , 27.9	100	-	5 1/2	-- --
9	1941. Jan. 9	38.0 , 27.4	70	VI	5 1/2	-- --
10	1942. Oct. 28	39.1 , 27.8	50	VIII	6	-- --
11	1942. Oct. 28*	39.5 , 27.8	10	VII	5 1/2	-- --
12	1944. June 25	38.8 , 27.3	40	VIII	6 1/4	-- --
13	1944. Oct. 6	39.5 , 26.6	40	-	6 3/4	-- --
14	1944. Oct. 7*	39.2 , 26.6	10	-	5 1/2	-- --
15	1949. July 23	38.6 , 26.3	10	IX	6 3/4	-- --
16	1949. Nov. 23*	38.3 , 26.4	60	VII	5 1/2	-- --
17	1953. March 18	40.0 , 27.4	10	IX	7 1/4	-- --
18	1953. March 18*	40.0 , 27.6	30	V	5 1/2	-- --
19	1953. April 1*	40.0 , 27.4	20	V	5 1/2	-- --
20	1953. May 2	38.5 , 26.5	60	VII	5 1/2	-- --
1	1959. Nov. 19	38.9 , 26.5	10	VI	5 1/2	-- --
2	1961. Nov. 28	40.0 , 26.1	80	-	5 1/2	740 740
3	1963. April 28	39.3 , 27.8	30	-	5 1/2	516 516
4	1965. Oct. 18	38.8 , 27.8	36	-	5 1/2	914 914
5	1966. May 22*	38.7 , 27.9	23	-	5 1/2	216 --
6	1966. June 19	38.5 , 27.3	9	-	5 1/2	28 244
7	1967. Febr. 14	38.8 , 27.7	1	-	5 1/2	240 240
8	1969. April 6	38.5 , 26.4	16	VIII	6 1/4	782 782
9	1969. Aug. 14	39.5 , 27.9	21	-	5 1/2	130 130
10	1970. March 29	38.7 , 27.8	56	-	5 1/2	229 229
11	1971. Febr. 23	39.6 , 27.3	10	VI	6 1/4	329 329
12	1972. April 26	39.4 , 26.4	18	VI	5 3/4	427 427
13	1972. April 26*	39.4 , 26.3	25	VI	5 3/4	0 --
14	1972. May 9*	39.5 , 26.4	10	-	5 3/4	13 --
15	1972. Sept. 3	39.2 , 28.0	30	-	5 3/4	117 130
16	1974. Febr. 1	38.5 , 27.2	24	-	5 3/4	516 516
17	1976. Nov. 12	38.5 , 26.7	6	V-VI	5 3/4	1015 1015
18	1976. Nov. 18	39.3 , 26.7	10	VIII	6 3/4	6 6
19	1977. Febr. 24	38.5 , 27.7	20	-	5 3/4	96 96
20	1977. Dec. 9*	38.3 , 27.7	27	VII	5 3/4	288 --
21	1977. Dec. 16	38.4 , 27.2	24	VI	6 1/4	7 295
22	1979. June 14	38.8 , 26.6	15	VI	6 1/2	545 545
23	1979. June 16*	38.7 , 26.6	11	-	6 1/4	2 --
24	1979. June 17*	38.7 , 26.6	6	-	5 3/4	1 --
25	1979. June 19*	38.6 , 26.6	21	-	5 3/4	2 --
26	1982. April 19	38.7 , 26.9	10	-	5 1/2	1035 1040
27	1983. June 13	38.2 , 26.6	9	V	5 1/2	450 450
28	1984. March 29	39.6 , 27.9	12	-	5 3/4	260 260
29	1985. Dec. 1	39.3 , 27.7	10	-	5 1/2	612 612
30	1985. Dec. 18	39.2 , 26.2	17	VI	6	17 17
31	1987. Aug. 6	39.2 , 26.3	19	-	5 1/2	576 576

TABLE 3A  
CUMULATIVE FREQUENCY OF EARTHQUAKES IN MAGNITUDE INCREMENTS  
( $\Delta m = 1/2$ )

Frequency	Magnitude $M_m$		
	5 1/2	6	6 1/2
All data $\left\{ \begin{array}{l} N_1 \\ N_{c:1} \end{array} \right.$	24	5	2
	31	7	2
Data without inter- dependent events $N_{c:2}$	18	4	2
$N_{c:2}$	24	6	2

Gutenberg-Richter's Earthquake Recurrence Model (1954):

$$\log(N_{c:1}) = 8.019 - 1.19 M_m, \quad \sigma = \pm 0.029$$

$$\log(N_{c:2}) = 7.294 - 1.079 M_m, \quad \sigma = \pm 0.036$$

TABLE 3B  
CUMULATIVE FREQUENCY OF EARTHQUAKE OCCURRENCES PER ACTUAL  
REPEAT TIME EXPRESSED AS UNIT TIME THE AVERAGE  
INTEROCCURRENCE TIME ( $m_1 = 353$ ,  $m_2 = 456$  Days)

Frequency	Repeat Times (t)			
	1	2	3	4
All data $\left\{ \begin{array}{l} N_1 \\ N_{c:1} \end{array} \right.$	19	6	5	-
	30	11	5	-
Data without inter- dependent events $N_{c:2}$	13	7	3	-
$N_{c:2}$	23	10	3	-

Galanopoulos Earthquake Recurrence Model (1988):

$$\log(N_{c:1}) = 1.85 - 0.389 t, \quad \sigma = \pm 0.027$$

$$\log(N_{c:2}) = 1.8313 - 0.4425t, \quad \sigma = \pm 0.046$$

TABLE 3C  
DISTRIBUTION OF PERCENTAGE OF EARTHQUAKE OCCURRENCES IN TERMS  
OF ACTUAL INTEROCCURRENCE TIME (t)

Percentage	Repeat Times (t)				
	1	2	3	4	Total
Sample 1	63	20	17	-	100
Sample 2	57	30	13	-	100