

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XIX	σελ. 477-497	Αθήνα 1987
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΛΛΟΥΡΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΥΣ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΟΥΣ ΤΟΥΤΩΝ

Γ. ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ* & ΓΙΑΝ. ΛΑΤΟΥΣΑΚΗΣ**

Περίληψη

Από πολύ παλιά έχουν συνδεθεί οι σεισμοί με ηλεκτρικές μεταβολές. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές αναφορές για ηλεκτρικές μεταβολές πριν, κατά και μετά τους σεισμούς. Οι μεταβολές αυτές δεν παρατηρούνται συστηματικά αλλά σε πολύ λίγες σχετικά περιπτώσεις. Το 1981 η ερευνητική ομάδα Βαρώτσου, Αλεξόπουλου και Νομικού γνωστή ως BAN ανακοίνωσε ότι κατέγραψε ηλεκτρικό σήμα που προηγείται των σεισμών. Αργότερα η ερευνητική ομάδα έκανε γνωστό ότι είναι σε θέση να καθορίζει το επίκεντρο, το μέγεθος και το χρόνο γένεσης του σεισμού μέσα σε ωρισμένα περιθώρια. Την "πρόγνωση" την κατοχυρώνει με τηλεγραφήματα στα οποία αναφέρονται τα στοιχεία της πρόγνωσης. Τα πιο αξιόπιστα απ' αυτά κατατέθηκαν από την ερευνητική ομάδα στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων απόπου τα πήραμε.

Σ' αυτή την εργασία ερευνήθηκε η περίπτωση τα σήματα αυτά να είναι μετασεισμικά, δηλαδή να δημιουργούνται μετά την εκδήλωση του σεισμού. Μετά συγκρίθηκε η ακρίβεια των δύο, δηλ. τα σήματα να αντιστοιχούν σε σεισμούς που προηγήθηκαν ή σε σεισμούς που χρονικά ακολούθησαν τα σήματα.

Διαπιστώθηκε ότι: 1) η συσχέτιση των σεισμών με προγενέστερους σεισμούς είναι στατιστικά πιθανώτερη γιατί έχει το ίδιο περίπου παράθυρο χρόνου και συγκριτικά πολύ μικρότερες αποκλίσεις στο επίκεντρο και το μέγεθος 2) Σε καμιά από τις δύο περιπτώσεις δεν παρατηρείται συστηματική τάση βελτίωσης των προσεγγίσεων για τους μεγαλύτερους

* Καθηγ. στο Παν/μιο της Αθήνας, Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

** Σεισμολ. στο Γεωδυν. Ινστ. Αστεροσκοπείου Αθήνας

σεισμούς αν και θεωρητικά αναμένεται τούτο. 3) Ο αριθμός των σημάτων είναι πολύ μικρός σε σχέση με το αριθμό των σεισμών της ίδιας χρονικής περιόδου ώστε να θεμελιώσει τη συσχέτισή τους.

Μεθοδολογία

Ως γνωστό η ερευνητική ομάδα BAN θεωρεί ότι η ομώνυμη συσκευή της καταγράφει ορισμένα σήματα που προηγούνται των σεισμών και από τα οποία είναι δυνατό να προσδιοριστεί το επίκεντρο και το μέγεθος ενός επικείμενου σεισμού μέσα σ'ένα παράθυρο χρόνου. Ως απόδειξη της "πρόγνωσης", η ομάδα BAN, παρουσιάζει ορισμένα τηλεγραφήματα που έχουν σταλεί πριν από κάποιο συγκεκριμένο σεισμό που αντιστοιχείται εκ των υστέρων από την ίδια την ομάδα.

Σημειώνεται ότι από τα 69 τηλεγραφήματα τα 61 ανταλλάγησαν μεταξύ των μελών της ερευνητικής ομάδας και κατατέθηκαν εκ των υστέρων στο Υπ. Δημ. Έργων ενώ τα 8 εστάλησαν κατ'ευθείαν σε κρατικό φορέα.

Εδώ ερευνάται η περίπτωση τα σήματα αυτά να αντιστοιχούν σε σεισμούς προγενέστερους τούτων δηλαδή τα σήματα να δημιουργούνται μετά την εκδήλωση του σεισμού. Υπάρχουν παραδείγματα στη διεθνή βιβλιογραφία που αναφέρουν την καταγραφή ηλεκτρικών σημάτων μετά από σεισμούς. Γίνεται λοιπόν στην εργασία αυτή αντιστοίχιση των σημάτων με σεισμούς που προηγήθηκαν και συγκρίνονται οι δύο αντιστοιχίσεις για την ακρίβειά τους. Στην εργασία αυτή η περίπτωση τα σήματα να συσχετίζονται με προγενέστερους σεισμούς θα αναφέρεται σαν προ (Π), και η περίπτωση να συσχετίζονται με μεταγενέστερους σεισμούς θα αναφέρεται σαν μετά (Μ). Σημειώνεται ότι η αντιστοίχιση στη δεύτερη περίπτωση (Μ) έγινε αποκλειστικά από την ίδια την ερευνητική ομάδα, είτε πάνω στα αντίγραφα των τηλεγραφημάτων, είτε και σε καταστάσεις και εργασίες τους. Δηλ. η ερευνητική ομάδα BAN από ένα αριθμό σεισμών επέλεξε σε κάθε περίπτωση αυτόν που συσχετίζεται καλύτερα με κάποιο συγκεκριμένο σήμα.

Η συσχέτιση των σημάτων με προγενέστερους σεισμούς έγινε από τους συγγραφείς της εργασίας αυτής.

Τα στοιχεία των σεισμών και στις δύο περιπτώσεις πάρθηκαν από τα Δελτία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου. Η σύγκριση όπως προαναφέρθηκε αφορά 69 τηλεγραφήματα, από 26/9/1982 μέχρι 20/10/1983. Όλα τα στοιχεία, τηλεγραφημάτων και σεισμών που αντιστοιχούν φαίνονται στον Πίνακα Ι.

Ένα τυπικό κείμενο τηλεγραφήματος είναι το παρακάτω (υπ'αριθμ. 944217, 15/1/83). Άφιξη 10:20 της 15/1/83 Απο Δ 200 - 4". Η ημερομηνία και η ώρα αφορούν το ηλεκτρικό σήμα, δηλαδή η συσκευή BAN κατέγραψε σήμα στις 10:20 της 15/1/83. "ΑΠΟ Δ - 200 - 4" σημαίνει ότι το επίκεντρο του σεισμού προσδιορίζεται σε απόσταση 200 km δυτικά της Αθήνας και το μέγεθος του 4 Richter. Δεν είναι όμως έτσι όλα τα κείμενα των τηλεγραφημάτων. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι διάφορες περιπτώσεις.

Συνολικός αριθμός τηλεγραφημάτων σε φωτοαντίγραφα: 69 (1-69). Η αρίθμηση αυτή ακολουθείται και στο πίνακα Ι. Στα με αριθ.: 10- Δεν διακρίνεται το κείμενο του τηλεγραφήματος.

13- Αναφέρει μόνο ώρα σήματος.

17- Το κείμενο λέει μόνο: "συνέχεια του 944217/15.1.83".

Κατά συνέπεια μένουν προς σύγκριση 66 συνολικά τηλεγραφήματα.

Διευκρινίζεται ότι ο συνολικός αριθμός σημάτων είναι 73 επειδή ορισμένα τηλεγραφήματα αναφέρουν δύο σήματα. Από τις περιπτώσεις αυτές:

Δεν υπάρχει μέρα σήματος σε δύο περιπτώσεις.

Δεν υπάρχει ώρα σήματος σε έξι περιπτώσεις.

Δεν υπάρχει ούτε μέρα, ούτε ώρα σήματος σε μια περίπτωση.

Για τη σύγκριση μεταξύ προσδιορισμού συγκεκριμένου σεισμού που αναφέρεται σε συγκεκριμένο τηλεγράφημα και σεισμού που αντιστοιχείται, είτε πριν, είτε μετά το σήμα, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω σύμβολα:

ΤΗΛ.	ΣΕΙΣΜΟΣ ΙΤΣΙΝ						ΣΗΜΑ						ΣΕΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑ							
	Α/Α ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	φ ^Ν	λ ^Ε	M _s	DP km	DM R	Dc h	ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	ΕΠΙΚΕΝ.	ΜΕΤΩΘ.	ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	φ ^Ν	λ ^Ε	M _s	DR km	DM R	Dc h
35	24/03/83	02:05	38,5	20,0	4,8	-	0	6	24/03/83	08:30	WNW	4,8	24/03/83	19:35	38,0	20,1	5,2	-	-0,4	11
36	23/03/83	19:03	38,8	20,6	5,3	90	0	18	24/03/83	13:20	W 300	5,3	25/04/83	18:56	37,9	19,8	5,5	40	-0,2	30
37	24/03/83	04:17	37,9	20,1	5,6	15	0,1	35	25/03/83	15:30	W 300 NNW250-300	5,7	26/03/83	17:17	38,0	20,0	5,0	20	-0,7	26
38	24/03/83	01:12	38,1	20,1	4,9	15	0,1	61	26/03/83	14:35	W 300	5	29/03/83	03:33	38,0	20,3	4,2	5	0,8	61
39	23/03/83	23:51	37,9	19,8	6,4	40	-0,4	155	30/03/83	10:50	D300	6	29/03/83	06:26	38,1	19,9	4,6	30	0,7	63
40	31/03/83	07:20	38,1	20,2	4,6	10	-	23	01/04/83	06:10	W 300	4,5	01/04/83	13:42	38,8	20,7	4,6	100	1,4	50
41	01/04/83	12:42	38,8	20,7	4,6	120	-0,1	90	05/04/83	07:30	BA 200	4,5	07/04/83	01:51	38,7	22,4	4,0	70	-0,5	43
42	11/04/83	17:23	37,9	21,9	4,7	25	-	86	15/04/83	07:15	D160-200	4,2	15/04/83	15:53	38,2	20,3	4,2	120	-	9
43	10/04/83	01:38	38,7	22,4	3,9	;	0,1	174	17/04/83	06:00	NNW170-N300	4	19/04/83	02:49	40,7	23,2	;	;	;	45
44	11/04/83	00:50	38,0	20,1	4,2	130	0	156	17/04/83	13:00	VSW 230	4-4,5	19/04/83	10:23	38,0	20,1	4,4	135	-0,2	45
45	17/04/83	09:24	38,8	22,4	3,6	220	0,6	42	19/04/83	03:07	NNW 330 NNW 490	5	21/04/83	00:32	39,4	25,3	4,1	285	0,1	45
46	19/04/83	22:34	39,6	23,4	3,6	105	0,4	83	23/04/83	08:45	NNW250-320	4	25/04/83	06:52	40,9	24,0	Emilia (3,8)	125	0,2	45
47	26/04/83	10:58	39,1	24,2	3,6	55	0,6	122	30/04/83	13:27	NE 120	4,2	01/05/83	09:18	38,4	23,6	3,7	105	0,5	20
48	04/05/83	12:49	38,1	20,9	3,8	85	0,4	28	05/05/83	16:50	D 160	4,2	08/05/83	22:44	38,0	22,0	4,7	10	-0,5	78
49	09/05/83	09:03	38,3	20,1	4,4	95	0,1	26	10/05/83	11:20	NNW200-250	4,5	13/05/83	23:50	38,4	20,3	5,4	80	-0,9	84
50	14/05/83	01:19	38,4	20,4	4,8	35	0,2	6	14/05/83	07:05	NNW240-290	5	14/05/83	23:26	38,4	20,3	5,3	80	-0,3	16

ΤΗΛ.	ΣΕΙΣΜΟΣ ΙΤΣΙΝ						ΣΗΜΑ						ΣΕΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑ							
	Α/Α ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	φ ^Ν	λ ^Ε	M _s	DP km	DM R	Dc h	ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	ΕΠΙΚΕΝ.	ΜΕΤΩΘ.	ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	φ ^Ν	λ ^Ε	M _s	DR km	DM R	Dc h
51	24/05/83	05:35	37,9	23,0	3,6	0	0,4	101	28/05/83	11:15	50-70 E 200 SE 120-200	4 5,3 5	01/06/83	14:44	38,1	27,1	5,0	100	0,3	100
52	28/05/83	18:54	38,7	23,7	3,9	20	0,1	120	02/06/83	20:12	B 50-70 BA 100-150	4 4,3	03/06/83	19:16	38,2	23,2	4,1	60	0,1	23
53	06/07/83	21:39	39,2	21,7	3,8	80	-	112	11/07/83	13:50	BA 300	SEQ	14/07/83	02:54	35,6	21,9	5,8	470	-	61
54	01/08/83	03:40	39,4	23,1	3,6	110	0,4	127	06/08/83	11:03	NW 200-250 NW 340-400	4 4,8	06/08/83	15:43	39,9	24,8	6,6	260	-2,6	5
55	06/08/83	15:44	39,9	24,8	6,6	5	-0,1	-	06/08/83	11:07	NW 200-250 NW 340-400	4 4,8	06/08/83	16:46	39,9	24,8	5,0	260	-1,0	6
56	18/08/83	13:10	40,2	24,9	4,3	110	0,1	-	19/08/83		B 300	4,4	26/08/83	12:52	40,3	24,0	5,2	30	-1,3	-
57	21/08/83	07:56	40,2	24,7	4,2	110	0	130	26/08/83	18:00	300-350 B	4,2	28/8/83	08:10	;	στο Δελτίο	4,8	50	-0,4	-
58	22/08/83	11:00	40,0	24,7	4,0	0	0	124	27/08/83	15:04	Στοιβακός Κάλατος	4	27/08/83	22:40	;	στο Δελτίο				
59	03/09/83	03:28	38,9	25,6	4,7	50	-	-	03/09/83		INE 200	SEQ	09/09/83	17:59	35,6	27,2	5,6	360	-	-
60	01/09/83	03:31	38,4	23,3	3,3	70	0,7	80	04/09/83	12:20	10 A 200D, 90-130B	4 5,5	08/09/83	22:04	38,0	21,2	5,3	115	0,2	106
61	15/09/83	00:05	38,8	22,4	4,1	30	0,2	35	16/09/83	15:30	NW 150-100	4,3	19/09/83	01:18	38,7	22,4	5,0	40	-0,7	58
62	22/09/83	21:45	37,9	19,9	4,3	0	0	186			D200-300 ΔΕΔΑ-ΔΝΔ 200-250	3,8-4,9 4,9	01/10/83	22:28	37,7	21,0	3,9	0	0,4	31
63	30/09/83	06:57	38,8	22,4	3,7	5	0,3	149	06/10/83	11:40	ΛΥΟ ΓΟΥΡΤ. ΛΥΟ ΓΟΥΡΤ.	4 4,8	09/10/83	21:27	39,1	21,9	4,2	45	0,2	82

ΤΗΛ.	ΣΕΙΣΜΟΣ ΠΡΤΗΝ							ΣΕΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑ								
	ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	φ ^ο N	λ ^ο E	M _r	DR km	DM R	Dt h	ΗΜΕΡΟΜ.	ΩΡΑ	φ ^ο N	λ ^ο E	M _s	DR km	DM R	Dt h
64	07/10/83	02:06	39,9	24,1	4,0	130	0	2	10/10/83	10:16	40,3	25,5	5,7	160	-1,1	78
65	09/10/83	21:27	39,1	21,9	4,2	50	-0,2	18	11/10/83	04:43	40,3	25,4	4,7	125	0	13
66	10/10/83	14:44	38,9	24,5	3,7	65	0,3	22	11/10/83	22:27	40,1	24,3	3,9	125	0,1	8
67	11/10/83	05:14	40,5	25,5	4,4	0	-0,1	17	13/10/83	06:52	39,9	24,3	4,9	0	-0,6	33
68	13/10/83	10:27	37,7	21,4	4,2	30	-0,2	31	15/10/83	20:43	39,0	23,7	3,9	220	0,1	28
69	13/10/83	06:57	39,9	24,3	4,9	125	-0,2	168	21/10/83	20:34	40,0	29,2	5,8	310	-1,1	37

Δt: Διαφορά χρόνου σε ώρες του σεισμού από το σήμα είτε πριν είτε μετά

ΔR: Απόκλιση του επικέντρου σε km.

ΔM: Απόκλιση του μεγέθους του σεισμού από το μέγεθος που αναφέρεται στο τηλεγράφημα σε μονάδες κλίμακας Richter.

Τονίζεται ότι σε μερικές περιπτώσεις τηλεγραφημάτων έχουμε εναλλακτικούς προσδιορισμούς και συγκεκριμένα :

α) i) Τριπλοί εναλλακτικοί προσδιορισμοί ένας (π.χ. 50-70,4 ή E200 5,3, ή SE120 - 200, 5).

ii) Διπλοί εναλλακτικοί προσδιορισμοί 19 (π.χ. NNW 330, 4,2, ή NNW 490, 4,8).

Σ' αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε η καλύτερη λύση τόσο για την περίπτωση προγενέστερων όσο και μεταγενέστερων σεισμών.

β) Επίκεντρο

i) Ευθεία γραμμή σε 32 περιπτώσεις (π.χ. Δ 200-300). Στην περίπτωση αυτή για σημείο αναφοράς πάρθηκε η μέση απόσταση, δηλ. το Δ 250.

ii) Κύκλος σε 6 περιπτώσεις (π.χ. ΑΠ 100). Σ' αυτή την περίπτωση για να βρεθεί ΔR πάρθηκε το κοντινότερο σημείο του κύκλου.

iii) Περιοχή σε 4 περιπτώσεις (π.χ. WNW - WSW 200 - 250). Σ' αυτή την περίπτωση αν το επίκεντρο του σεισμού ήταν μέσα στην περιοχή το ΔR πάρθηκε ίσο με 0.

iv) Διεύθυνση σε μια περίπτωση (π.χ. WNW, δηλαδή δυτικά - βορειοδυτικά χωρίς απόσταση). Σ' αυτή την περίπτωση δεν ήταν δυνατό να βρεθεί ΔR.

v) Δεν υπάρχει επίκεντρο σε δύο περιπτώσεις.

γ) Ως προς το μέγεθος:

i) Δεν υπάρχει μέγεθος σε 5 περιπτώσεις. Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις δεν ήταν δυνατόν να βρεθεί ΔM.

ii) Εύρος μεγεθών σε 9 περιπτώσεις (π.χ. 6-7R). Στις περιπτώσεις αυτές για να βρεθεί το ΔM πάρθηκε σαν μέγεθος του τηλεγραφήματος ο μέσος όρος του εύρους μεγεθών, δηλ. στο συγκεκριμένο παράδειγμα το 6,5 R.

iii) SEQ (Strong Earthquake: ισχυρός σεισμός) σε δύο περιπτώσεις. Στις περιπτώσεις αυτές δεν ήταν δυνατό να βρεθεί ΔM.

Όλα τα παραπάνω αφορούν τα κείμενα των τηλεγραφημάτων.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Τα σήματα έρχονται μετά τους σεισμούς (προγενέστεροι σεισμοί) Τα σήματα έρχονται πριν απο τους σεισμούς (μεταγενέστεροι)

Π

Μ

Σε δύο περιπτώσεις, τις υπ'αρ. 18 και 26β δεν βρέθηκε σεισμός κατάλληλος για αντιστοιχίση.

Σε μια περίπτωση, την με αριθ. 11, δεν υπάρχει μέγεθος στο σεισμό που αντιστοιχείται.

Σε τέσσερις περιπτώσεις, τις με αύξ.αριθ. 3α, 9, 57, 58, δεν βρέθηκαν στο Σεισμολογικό Δελτίο οι σεισμοί που αντιστοιχούνται απο την ερευνητική ομάδα ΒΑΝ.

Σε μια περίπτωση, την με αρ. 43, δεν βρέθηκε μέγεθος για το σεισμό που αντιστοιχείται απο την ομάδα ΒΑΝ.

Παράθυρο χρόνου Δt

Π

Μ

Το Δt κυμαίνεται μεταξύ

Το Δt κυμαίνεται μεταξύ

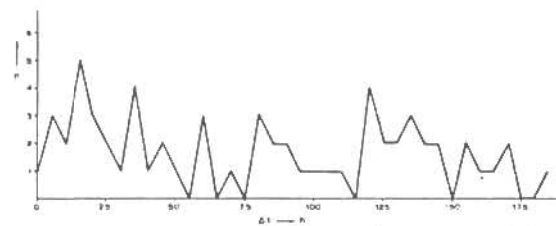
2h - 186h

5h - 174h

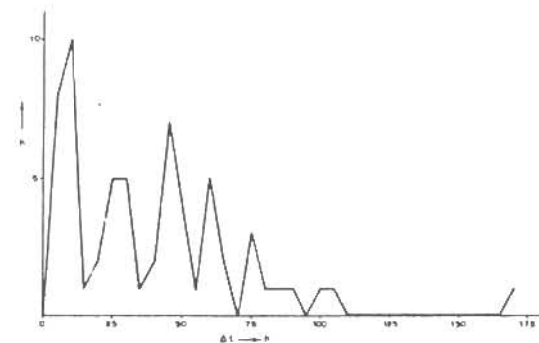
Τα σχήματα 1 μέχρι και 4 παρουσιάζουν τον αριθμό των σεισμών σε συνάρτηση με το Δt με ταξινόμηση ανά 5km. Αναλυτικά :

- Σχ. 1 : Περίπτωση Π (προγενέστεροι σεισμοί) για όλους τους σεισμούς
Σχ. 2 : Περίπτωση Μ (μεταγενέστεροι σεισμοί) για όλους τους σεισμούς
Σχ. 3 : Περίπτωση Π (προγενέστεροι σεισμοί) για τους σεισμούς Κεφαλονιάς - Ζακύνθου.
Σχ. 4 : Περίπτωση Μ (μεταγενέστεροι σεισμοί) για τους σεισμούς Κεφαλονιάς -- Ζακύνθου

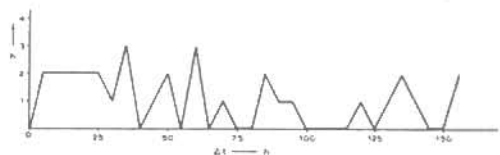
Παρατηρείται περίπου ίδια διασπορά και για τις δύο περιπτώσεις ακόμα και για σεισμούς της ίδιας περιοχής και συγκεκριμένα της Κεφαλονιάς-Ζακύνθου.



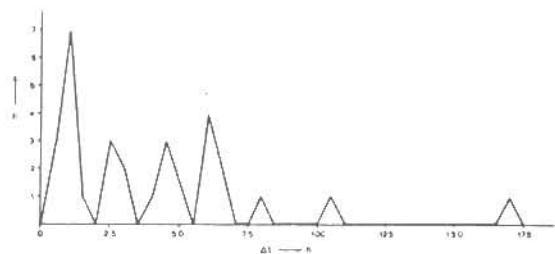
Σχ.1. Ο αριθμός σεισμών σε σχέση με το Δt ανά 5h. Περίπτωση Π. (Οι σεισμοί προγενέστεροι). Όλες οι αντιστοιχίσεις.



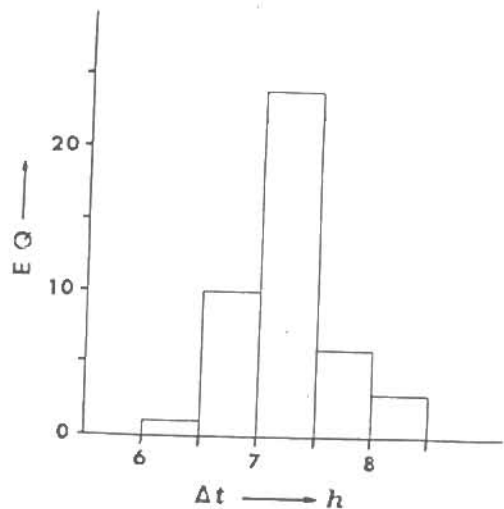
Σχ.2. Ο αριθμός σεισμών σε σχέση με το Δt ανά 5h. Περίπτωση Μ (οι σεισμοί μεταγενέστεροι). Όλες οι αντιστοιχίσεις.



Σχ.3. Ο αριθμός σεισμών σε σχέση με το Δt ανά 5h. Περιοχή Κεφαλονιάς. Περίπτωση Π. (Οι σεισμοί προγενέστεροι).



Σχ.4. Ο αριθμός σεισμών σε σχέση με το Δt ανά 5h. Περιοχή Κεφαλονιάς. Περίπτωση Μ. (Οι σεισμοί μεταγενέστεροι).



Σχ.5. Ιστόγραμμα χρονικών διαφορών (Varotsos et al 1981).

Τονίζεται ότι η ερευνητική ομάδα ΒΑΝ με έμφαση υπεστήριξε ότι η διαφορά Δt μεταξύ ηλεκτρικού σήματος και του επικείμενου σεισμού ήταν συστηματικά για όλους τους σεισμούς κατά μέσο όρο 7 ώρες ή ακριβέστερα μεταξύ 6 και 9 ωρών (βλ. σχ. 5 από τη μελέτη 7). Το σχ. (5) βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση με το σχ. (2).

Απόκλιση ως προς το επίκεντρο ΔR

Π (Προγενέστεροι σεισμοί)
Μεγίστη απόκλιση επικέντρου

(Μεταγενέστεροι σεισμοί)
Μεγίστη απόκλιση επικέντρου

$$\Delta R_{\max} = 220 \text{ km}$$

$$\Delta R_{\max} = 470 \text{ km}$$

Μέσος όρος αποκλίσεων

Μέσος όρος αποκλίσεων

$$\overline{\Delta R} = 53 \text{ km}$$

$$\overline{\Delta R} = 106 \text{ km}$$

$n = 67$ αριθμός περιπτώσεων)

$n = 65$ αριθμός περιπτώσεων)

ΔR_{\max} (Π) λιγότερο από το μισό του ΔR_{\max} (Μ) (220 km, 470 km αντίστοιχα ΔR (Π) το μισό του ΔR (Μ) (53 km, 106 km αντίστοιχα).

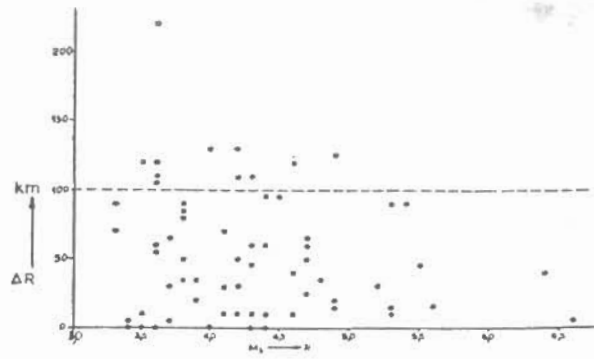
Τα σχήματα 6 και 7 παριστάνουν το ΔR σε συνάρτηση με το μέγεθος του σεισμού που αντιστοιχείται. Αναλυτικά:
Σχ. 6: Περίπτωση Π (προγενέστεροι σεισμοί). Το 83% των περιπτώσεων έχει $\Delta R < 100$ km.
Σχ. 7: Περίπτωση Μ (μεταγενέστεροι σεισμοί). Το 55% των περιπτώσεων έχει $\Delta R < 100$ km.

Και στις δύο περιπτώσεις δεν διακρίνεται καμιά τάση μείωσης του ΔR σε συνάρτηση με το μέγεθος. Δηλαδή, η ακρίβεια του επικέντρου δεν αυξάνεται με τους μεγαλύτερους σεισμούς, όπως θα αναμενόταν από τη μεθοδολογία που έχει περιγραφεί από την ερευνητική ομάδα.

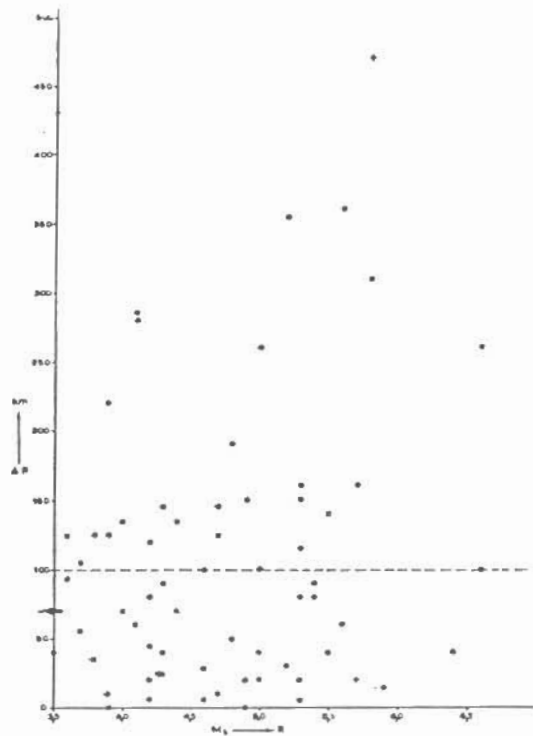
Απόκλιση ως προς το μέγεθος ΔM

Τα σχήματα 8 και 9 παριστάνουν τη σχέση μεταξύ του μεγέθους του σήματος ($M_{\text{σημ}}$) και του μεγέθους του σεισμού (M_s) που αντιστοιχείται. Στην ιδανική περίπτωση θα έπρεπε όλα τα σημεία να είναι στη διχοτόμο ($M_{\text{σημ}} = M_s$). Αναλυτικά:

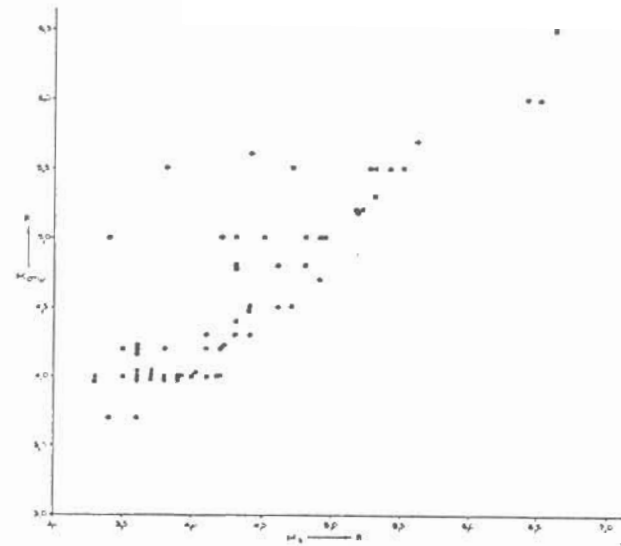
Σχ. 8: Περίπτωση Π (προγενέστεροι σεισμοί) Παρατηρείται σχετικά καλή συσώρευση των σημείων στη διχοτόμο.



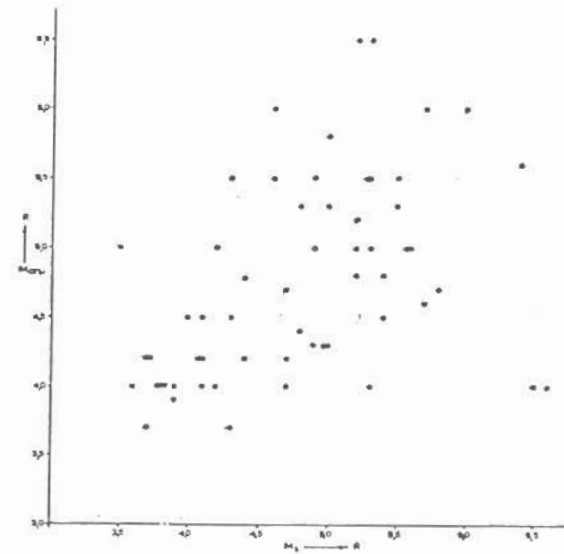
Σχ.6. Το ΔR σε σχέση με το μέγεθος του σεισμού M_s . Περίπτωση II. (Οι σεισμοί προγενέστεροι).



Σχ.7. Το ΔR σε σχέση με το μέγεθος του σεισμού M_s . Περίπτωση M. (Οι σεισμοί μεταγενέστεροι).



Σχ.8. Το μέγεθος του σήματος $M_{σημ}$ σε σχέση με το μέγεθος του σεισμού. Περίπτωση II. (Οι σεισμοί προγενέστεροι).



Σχ.9. Το μέγεθος του σήματος $M_{σημ}$ σε σχέση με το μέγεθος του σεισμού. Περίπτωση M. (Οι σεισμοί προγενέστεροι).

Επίσης παρατηρείται κάποια τάση το $M_{\text{σημ}}$ να είναι λίγο μεγαλύτερο του M_S .

Σχ. 9. Περίπτωση M (μεταγενέστεροι σεισμοί) Παρατηρείται μεγάλη διασπορά με τυχαία κατανομή των σημείων. Δεν παρουσιάζεται τάση καλύτερευσης στους μεγάλους σεισμούς.

Π (Προγενέστεροι σεισμοί)
Μέγιστη απόκλιση μεγέθους

M (Μεταγενέστεροι σεισμοί)
Μέγιστη απόκλιση μεγέθους

$$\Delta M_{\text{max}} = 1,7 R$$

$$\Delta M_{\text{max}} = 2,6 R$$

Μέσος όρος απόκλιση μεγέθους
 $\overline{\Delta M} = 0,32$

Μέσος όρος απόκλιση μεγέθους
 $\overline{\Delta M} = 0,56$

n = 63 (αριθμός περιπτώσεων)

n = 61 (αριθμός περιπτώσεων)

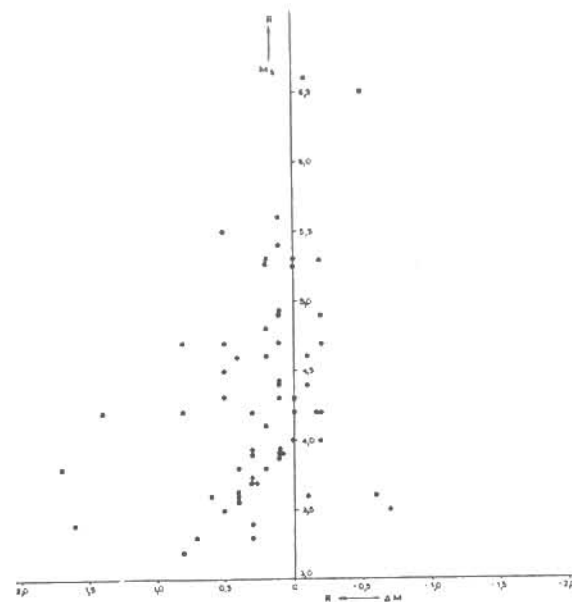
Είναι φανερό ότι οι αποκλίσεις στο μέγεθος είναι μεγαλύτερες στη δεύτερη περίπτωση (M).

Τα σχήματα 10 και 11 παριστάνουν την απόκλιση μεγέθους ΔM σε σχέση με το μέγεθος του σεισμού M_S . Θετικά ΔM σημαίνουν ότι το μέγεθος που αναφέρεται στο τηλεγράφημα ήταν μεγαλύτερο από το μέγεθος του σεισμού που αντιστοιχείται ενώ αρνητικά ΔM σημαίνουν το αντίθετο. Π.χ. $\Delta M = -2,6$ σημαίνει ότι ενώ το κείμενο του τηλεγραφήματος έλεγε $4 R$ ο σεισμός που αντιστοιχείται ήταν $6,6 R$. Αναλυτικά :

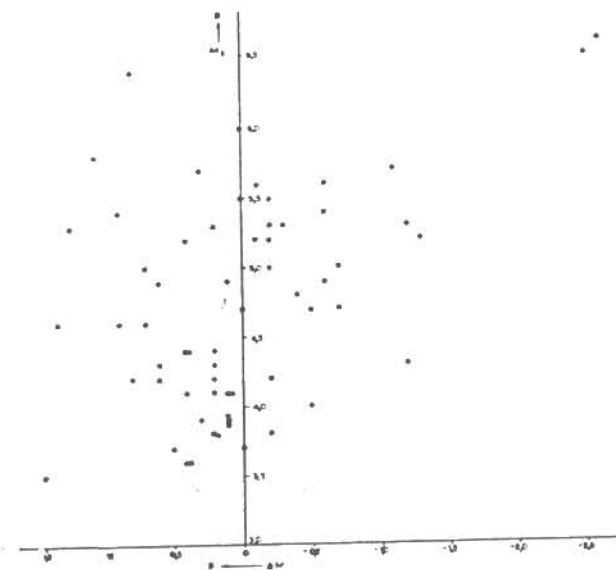
Σχ.10. Περίπτωση Π (προγενέστεροι σεισμοί). Τα 65% των σημείων βρίσκεται μεταξύ $0,3$ και $-0,3$.

Σχ.11. Περίπτωση M (μεταγενέστεροι σεισμοί). Το 46% των σημείων κυμαίνεται μεταξύ $0,3R$ και $-0,3R$. Τονίζεται ότι δεν παρατηρείται τάση βελτίωσης στους μεγαλύτερους σεισμούς.

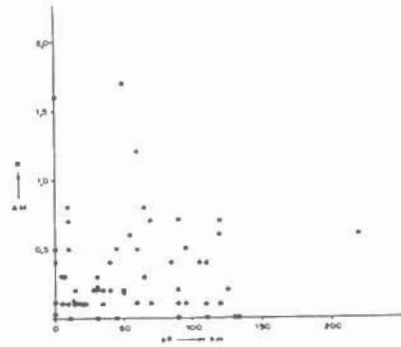
Τα σχήματα 12 και 13 παριστάνουν τις συναρτήσεις $\Delta M = f(\Delta R)$ και για τις δύο περιπτώσεις Π και M. Αφού με τη μέθοδο BAN από το πλάτος του ρεύματος σε διάφορους σταθμούς καθορίζεται το επίκεντρο πρώτα και μετά από την ένταση του ρεύματος, ανηγμένη κατά την επικεντρική απόσταση, υπολογίζεται το μέγεθος θα έπρεπε μικρά ΔR (ακριβής προσδιορισμός επίκεντρων) να δίνει μικρά ΔM (ακριβής υπολογισμός μεγέθους).



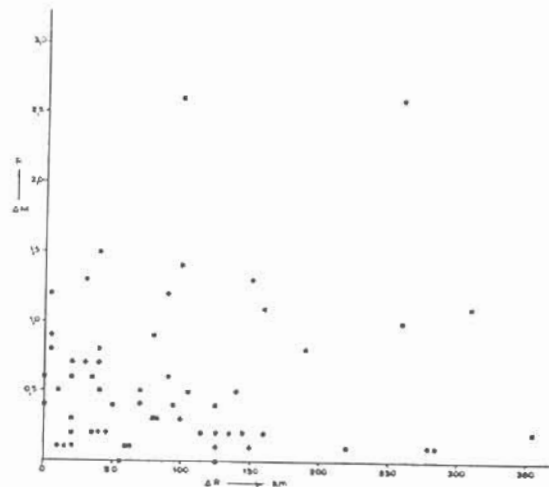
Σχ.9. Η απόκλιση στο μέγεθος ΔM σε σχέση με το μέγεθος M_S του σεισμού. Περίπτωση Π. (Οι σεισμοί προγενέστεροι).



Σχ.10. Η απόκλιση στο μέγεθος ΔM σε σχέση με το μέγεθος M_S του σεισμού. Περίπτωση M. (Οι σεισμοί μεταγενέστεροι).



Σχ.12. Η απόκλιση στο μέγεθος ΔM σε σχέση με την απόκλιση στο επίκεντρο ΔR. Περίπτωση Π. (Οι σεισμοί προγενέστεροι).



Σχ.13. Η απόκλιση στο μέγεθος ΔM σε σχέση με την απόκλιση στο επίκεντρο ΔR. Περίπτωση Μ. (Οι σεισμοί μεταγενέστεροι).

Σε κανένα όμως από τα διαγράμματα 11 και 12 δεν φαίνεται κατι τέτοιο δηλαδή, για μικρά ΔR να έχουμε μικρά ΔM.

Στην περίπτωση Π (προγενέστεροι σεισμοί) έχουμε 28 αντιστοιχίες που καλύπτουν συγχρόνως τις προϋποθέσεις $\Delta R \leq 60 \text{ km}$ και $\Delta M \leq 0,4$, ενώ μόνο 13 περιπτώσεις της δεύτερης Μ (μεταγενέστεροι σεισμοί πληρούν τις ίδιες προϋποθέσεις. Σημειώνεται τέλος ότι για την πρώτη περίπτωση Π, σε πολλές αντιστοιχίες η επιλογή στην παρούσα εργασία έγινε από πολλούς σεισμούς που ταίριαζαν με το κείμενο του τηλεγραφήματος. Τονίζεται επίσης ότι στη δεύτερη περίπτωση Μ η ερευνητική ομάδα BAN επέλεξε από ένα αριθμό σεισμών εκείνον που συσχετίζεται καλύτερα με κάποιο συγκεκριμένο σήμα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1.- Είναι φανερό από αυτά που εκτέθηκαν παραπάνω ότι η συσχέτιση των σημάτων με προγενέστερους σεισμούς είναι στατιστικά πιθανότερη, γιατί έχει την ίδια περίπου διασπορά του χρονικού παραθύρου Δt με τη δεύτερη (μεταγενέστεροι σεισμοί και συγκριτικά πολύ μικρότερες αποκλίσεις τόσο στο επίκεντρο, ΔR όσο και στο μέγεθος ΔM.
- 2.- Σε καμιά από τις δύο περιπτώσεις Π ή Μ δεν παρατηρείται συστηματική τάση βελτίωσης των προσεγγίσεων ΔR και ΔM για τους μεγαλύτερους σεισμούς, όπως θεωρητικά αναμένεται. Επίσης για μικρά ΔR (καλύτερη προσέγγιση επίκεντρου) δεν προκύπτουν μικρά ΔM (καλύτερη προσέγγιση μεγέθους), ενώ αυτό αναμένεται θεωρητικά διότι και τα δύο υπολογίζονται από τα πλάτη στις εγγραφές BAN.
- 3.- Αν ληφθεί υπόψη ότι από 1/1/83 - 20/10/83 στον Ελλαδικό χώρο σημειώθηκαν περίπου 700 σεισμοί, με μέγεθος $M \geq 4,0R$, και πολλοί περισσότεροι (περίπου 1700) με μέγεθος $M_s \geq 3,5 R$, που αποτελεί το μικρότερο μέγεθος στα τηλεγραφήματα, στο διάστημα 26/9/82 έως 20/10/83, είναι επεκίνδυνον, μόνο με βάση αυτές τις αντιστοιχίες, να συμπερά-

νουμε οιαδήποτε σχέση μεταξύ των σημάτων αυτών με σεισμούς είτε προγενέστερους είτε μεταγενέστερους τούτων.

- 4.- Απο τα παραπάνω είναι φανερό ότι και για τις δύο περιπτώσεις Π ή Μ υπάρχει δυνατότητα επιλογής αντιστοιχίας ενός σήματος με πολλούς σεισμούς. Κατά συνέπεια η μέθοδος BAN δεν φαίνεται στο παρόν τουλάχιστον στάδιο ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση συγκεκριμένου σεισμού.

REFERENCES

1. Honkura Y, 1978 On Relation Between Anomalies in the Geomagnetic and Telluric Fields Observed at Nakaizu and the Izu - Oshima - kinka Earthquake of 1978 "Bull. Earthq. Res. Inst." 53 , pp. 931 - 937.
2. Fedotov, S.A. et. al., 1970 Investigation on Earthquake Prediction in Kamchatka ;"Tectonophysics" 9 , 249 - 259.
3. Koyama S, and Honkura Y. ,1978 Observation of electric self - Potential at Nakaizu ,"Bull. Earthq. Res. Inst.", 53 , pp. 939 - 942.
4. Rikitake T. 1976 Earthquake Predictions pp 212 - 290, El - sevier.
5. Sobolev G. A. 1973 ' Earthquake Precursors ed. M.A.Sadovsky, I.C. Nersersov and L.A. Latynina ."Acad.Sci. USSR; Moscow", pp. 216.
6. Varotsos P, Alexopoulos K, Nomikos K. 1981 Seismic Electric currents " Praktika of the Athens Academy", 56, pp.277-286.
7. Varotsos P., Alexopoulos K., Nomikos K., 1981 Seven Hour precursors to earthquakes determined from telluric currents "Practika of the Athens Academy", 56, pp. 417-433.
8. Varotsos P. et al. 1981 Determination of the Epicenter of Impending Earthquakes from Precursors Changes of Telluric Current " Praktika of the Athens Academy", 56, pp.434-446.
9. Varotsos P. Alexopoulos K, Nomikos K. 1982 Electrotelluric Precursors to Earthquakes" Praktika of the Athens Academy", 57, 341-368.
10. Varotsos P, et.al.1983 Parameters of Electrotelluric precursors to Earthquakes of Kefallonia"Praktika of the Athens Academy",58, pp.250-257.