



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**Π.Μ.Σ. “ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ &
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ”**

**Κατεύθυνση “Διαχείριση Φυσικών & Ανθρωπογενών
Καταστροφών”**

**Εξισώσεις Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης
με την αξιοποίηση των Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων
του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών
την περίοδο 1953-2013**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία του
Σπυρίδωνος Χρ. Λιακόπουλου**



Αθήνα, Σεπτέμβριος 2014

Εικόνα Εξώφυλλου: Λιθογραφική αναπαράσταση των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων του Σεισμού στο Visp της Ελβετίας το 1855 (**Kozak, et al.**).



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**Π.Μ.Σ. “ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ &
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ”**

**Κατεύθυνση “Διαχείριση Φυσικών & Ανθρωπογενών
Καταστροφών”**

**Εξισώσεις Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης
με την αξιοποίηση των Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων
του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών
την χρονική περίοδο 1953-2013**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία του
Σπυρίδωνος Χρ. Λιακόπουλου**

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ευθύμιος Καρύμπαλης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2014

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

“...Στους Γονείς μου
και ιδιαίτερα στην Μητέρα μου
που με διδάσκει πως να αγωνίζομαι με θάρρος
στη ζωή...”

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	vii
Πίνακας Εικόνων	xv
Πίνακας Πινάκων	xvii
Πίνακας Γραφημάτων	xxi
Πίνακας Αρκτικόλεξων	xxxiii
Ευχαριστίες	1
Πρόλογος	3
Περίληψη.....	5
Abstract	9
Κεφάλαιο Πρώτο.....	11
1. Μακροσεισμολογία.....	11
Α. Εισαγωγή.....	11
Β. Μακροσεισμικά Αποτελέσματα	11
I. Αποτελέσματα των σεισμών στη Γη	11
a. στο έδαφος.....	12
i. Φαινόμενα Κατολίσθησης, Καθίζησης και Κατάπτωσης εδαφών και βράχων .	12
ii. Ρευστοποιήσεις και ροές εδαφών.....	14
iii. Μεταθέσεις ακτογραμμών	16
iv. Εδαφικές διαρρήξεις	17
b. στις τεχνικές κατασκευές.....	17
i. Κτιριακές κατασκευές.....	18
ii. Ξύλινες κατασκευές	19
iii. Κτίρια με ατσάλινο σκελετό.....	19
iv. Κατασκευές με σκυρόδεμα και με ενισχυμένο ατσάλινο οπλισμό	20
v. Μη δομικά στοιχεία.....	20
vi. Συγκοινωνιακό Δίκτυο	21
vii. Ιδιαίτερες κατασκευές.....	21
viii. Πυρκαγιές.....	22

c.	στο νερό της ξηράς	23
d.	στο νερό της θάλασσας	24
i.	Κύματα βαρύτητας κλειστού λιμένα	24
ii.	Θαλάσσιοι σεισμοί	26
II.	Επίδραση των σεισμών στα έμβια όντα	26
a.	Στους ανθρώπους	28
i.	Ανθρώπινα Θύματα	29
ii.	Τραυματίες	29
b.	Στα ζώα	30
III.	Επίδραση των σεισμών στην ατμόσφαιρα	30
IV.	Επίδραση των σεισμών στην υπόγεια υδρόσφαιρα	31
Κεφάλαιο Δεύτερο		33
2. Μακροσεισμική Ένταση		33
A.	Εισαγωγή	33
B.	Μακροσεισμική Ένταση	33
C.	Μακροσεισμικές Κλίμακες	34
D.	Η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (E.M.S.)	38
E.	Ισόσειστες καμπύλες	41
F.	Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η Μακροσεισμική Ένταση	42
I.	Από τα χαρακτηριστικά της σεισμικής εστίας	43
II.	Από το μέσο διάδοσης	43
III.	Από τις τοπικές γεωλογικές συνθήκες	44
G.	Συσχέτιση της Μακροσεισμικής Έντασης με άλλες παραμέτρους	45
I.	Με το Σεισμικό Μέγεθος	45
II.	Με τη Σεισμική Επιτάχυνση	46
III.	Νόμοι εξασθένησης των Μακροσεισμικών Έντάσεων	47
Κεφάλαιο Τρίτο		51
3. Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών την περίοδο 1953-2013		51
A.	Εισαγωγή	51
B.	Συλλογή Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων	52
I.	Μακροσεισμικά Ερωτηματολόγια	53
II.	Μακροσεισμικές Έρευνες Υπαίθρου	55

C.	Σεισμοί που κατεγράφησαν μακροσεισμικές παρατηρήσεις την περίοδο 1953-2013	56
I.	Σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.....	58
II.	Σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ.....	74
D.	Τοποθεσίες συλλογής των παρατηρήσεων.....	81
I.	Νομοί της Ελληνικής Επικράτειας	82
II.	Οι τοποθεσίες με την Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση	85
III.	Γεωγραφική κατανομή σε πλέγμα $1^{\circ}1'$ μοίρας.....	88
E.	Στοιχεία από τα δεδομένα	88
I.	Η Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση που έχει παρατηρηθεί σε κάθε Νομό.....	89
II.	Ανάλυση αριθμού Παρατηρήσεων ανά ζώνη	89
III.	Μακροσεισμική ιστορία ευπαθών πόλεων.....	108
IV.	Μέγιστη τιμή Έντασης για κάθε θέση παρατήρησης	114
V.	Ημερήσια και μηνιαία συχνότητα των γεγονότων	114
VI.	Ετήσιος αριθμός των παρατηρήσεων.....	117
	Κεφάλαιο Τέταρτο	119
	4. Συσχετίσεις Σεισμικών Παραμέτρων.....	119
A.	Εισαγωγή.....	119
B.	Σεισμικό Μέγεθος με Επικεντρική Ένταση	119
C.	Σεισμικό Μέγεθος με την υποκεντρική απόσταση	121
D.	Κατανομή της συχνότητας της Μέγιστης Μακροσεισμικής Έντασης.....	127
E.	Μακροσεισμικό Επίκεντρο	128
I.	Υπολογισμός απόστασης μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου.....	129
	Κεφάλαιο Πέμπτο.....	135
	5. Εξισώσεις Εξασθένησης για κάθε Σεισμικό Γεγονός	135
A.	Εισαγωγή.....	135
B.	Κατασκευή Εξισώσεων Εξασθένησης	135
C.	Εξισώσεις Εξασθένησης 1953-2013.....	136
I.	1953.....	136
II.	1954.....	137
III.	1955.....	137
IV.	1956.....	138
V.	1957.....	138
VI.	1959.....	138

VII.	1964.....	139
VIII.	1965.....	140
IX.	1966.....	142
X.	1967.....	143
XI.	1968.....	144
XII.	1969.....	145
XIII.	1970.....	146
XIV.	1972.....	146
XV.	1973.....	149
XVI.	1974.....	151
XVII.	1975.....	152
XVIII.	1976.....	154
XIX.	1977.....	154
XX.	1978.....	156
XXI.	1979.....	157
XXII.	1980.....	160
XXIII.	1981.....	161
XXIV.	1982.....	163
XXV.	1983.....	163
XXVI.	1984.....	166
XXVII.	1985.....	166
XXVIII.	1986.....	168
XXIX.	1987.....	169
XXX.	1988.....	170
XXXI.	1989.....	170
XXXII.	1990.....	171
XXXIII.	1992.....	172
XXXIV.	1993.....	173
XXXV.	1994.....	175
XXXVI.	1995.....	176
XXXVII.	1996.....	177
XXXVIII.	1997.....	178
XXXIX.	1999.....	180
XL.	2001.....	180

XLI. 2003	180
XLII. 2005	181
XLIII. 2008.....	182
D. Συμπεράσματα.....	182
Κεφάλαιο Έκτο	187
6. Εξισώσεις Εξασθένησης για Σεισμικές Ακολουθίες	187
A. Εισαγωγή.....	187
B. Μεταβολή της τρωτότητας.....	187
C. Μετασεισμικές Ακολουθίες	188
I. Νομός Θεσσαλονίκης 1978	188
II. Νομός Μαγνησίας 1980	190
III. Ιόνιο Πέλαγος 1983	193
D. Συμπεράσματα.....	195
Κεφάλαιο Έβδομο	197
7. Εξισώσεις Εξασθένησης για διαφορετικό βάθος υποκέντρου	197
A. Εισαγωγή.....	197
B. Επιφανείας-Βάθους.....	197
I. Σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.	197
II. Σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ.	199
III. Συνολικά.....	200
C. Μεταβολή του βάθους για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.	202
I. 0-10	204
II. 11-20	207
III. 21-30.....	209
IV. 31-40.....	211
D. Συνολικά για την μεταβολή του βάθους ανά 10 χλμ. μέχρι τα 40 χλμ.	213
Κεφάλαιο Όγδοο.....	217
8. Εξισώσεις Εξασθένησης για Σεισμικές Ζώνες του Ελληνικού Χώρου	217
A. Εισαγωγή.....	217
B. Δημιουργία ζωνών.....	218
C. Ζώνωση με κριτήριο τα σεισμικά επίκεντρα.....	219
I. Ιόνια Νησιά	219
II. Κορινθιακός Κόλπος.....	222
III. Νότια Ελλάδα.....	224

IV.	Κεντρική Ελλάδα.....	227
V.	Βόρεια Ελλάδα	229
VI.	Κρήτη.....	231
VII.	Δωδεκάνησα.....	233
VIII.	Κυκλάδες Νήσοι.....	236
IX.	Αιγαίο Πέλαγος	238
X.	Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας	240
XI.	Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M.....	243
XII.	Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας.....	245
XIII.	Δυτική Τουρκία	247
XIV.	Αλβανία	249
XV.	Μεσόγειος Θάλασσα.....	251
XVI.	Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα	251
D.	Ζώνωση με κριτήριο τις τοποθεσίες παρατήρησης	252
I.	Ιόνια Νησιά	253
II.	Κορινθιακός Κόλπος.....	255
III.	Νότια Ελλάδα.....	256
IV.	Κεντρική Ελλάδα.....	258
V.	Βόρεια Ελλάδα	259
VI.	Κρήτη.....	261
VII.	Δωδεκάνησα.....	262
VIII.	Κυκλάδες Νήσοι.....	264
IX.	Αιγαίο Πέλαγος	265
X.	Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας	267
XI.	Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M.....	268
XII.	Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας.....	270
XIII.	Δυτική Τουρκία	271
XIV.	Αλβανία	273
XV.	Μεσόγειος Θάλασσα.....	273
XVI.	Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα	273
E.	Συμπεράσματα.....	273
Κεφάλαιο Ένατο.....		279
9. Εξισώσεις Εξασθένησης για διαφορετικό εύρος Μεγέθους.....		279
A.	Εισαγωγή.....	279

B.	Ομαδοποίηση Μεγέθους	279
I.	Εύρος Μεγέθους 3,8-4,2 της Κλίμακας Richter	280
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	280
b.	Εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	281
II.	Εύρος Μεγέθους 4,3-4,7 της Κλίμακας Richter	281
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	281
c.	Εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	283
III.	Εύρος Μεγέθους 4,8-5,2 της Κλίμακας Richter	285
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	285
b.	Εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	287
IV.	Εύρος Μεγέθους 5,3-5,7 της Κλίμακας Richter.....	289
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	289
b.	Εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	291
V.	Εύρος Μεγέθους 5,8-6,2 της Κλίμακας Richter	293
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	293
b.	Εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	295
VI.	Εύρος Μεγέθους 6,3-6,7 της Κλίμακας Richter	296
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	296
b.	Εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	298
VII.	Εύρος Μεγέθους 6,8-7,1 της Κλίμακας Richter.....	299
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	299
VIII.	Εύρος Μεγέθους 3,8-7,1 της Κλίμακας Richter	301
a.	Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.	301
b.	Εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	302
C.	Σύγκριση αποτελεσμάτων	303
Κεφάλαιο Δέκατο		307
10.	Εξισώσεις Εξασθένησης για σεισμούς ίδιας Μέγιστης Μακροσεισμικής Έντασης	307
A.	Εισαγωγή.....	307
B.	Μεταβολή Επικεντρικής Έντασης.....	307
I.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli	307
II.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli	309
III.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli	311
IV.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli	312

V.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli	314
VI.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli.....	315
VII.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli	317
VIII.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli	319
IX.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli	320
X.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli.....	322
XI.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli	324
XII.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli	326
XIII.	Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli	328
C.	Σύγκριση αποτελεσμάτων	329
Συμπεράσματα		333
Βιβλιογραφία		337
Παράρτημα.....		345

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1-1: Δορυφορική εικόνα από τον Quickbird II σε φυσικά χρώματα της 27 ^{ης} Οκτωβρίου 2005 της κατολίσθησης Hattian Bala (USGS).	24
Εικόνα 2-1: Ο χάρτης με την γεωγραφική αντίληψη των βλαβών του σεισμού της 25 ^{ης} Ιουλίου 1855 στο Visr από τον A. Peterman μετά από συλλογή δεδομένων από τον Volger. Οι ζώνες διαφορετικού επιπέδου σεισμικών βλαβών έχουν σχεδιασθεί με 5 τόνους του χρώματος καφέ, από τον εντονότερο τόνο στην επικεντρική περιοχή προς απαλότερους τόνους (Kozak, et al.).	35
Εικόνα 2-2: Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις διαφόρων επιπέδων έντασης σε συνάρτηση με το Μέγεθος (ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, και συν., 1987).	46
Εικόνα 2-3: Σύγκριση καμπυλών μεταβολής της Μακροσεισμικής Έντασης για Ελλάδα, τις δυτικές Η.Π.Α., την ΒΔ Ευρώπη και τις ανατολικές Η.Π.Α. (Papazachos, et al., 1997).....	48
Εικόνα 2-4: Σύγκριση καμπυλών μεταβολής της Μακροσεισμικής Έντασης για διαφορετικά εστιακά βάθη (Παπαζάχος 1972).	48
Εικόνα 3-1: Χάρτης του ευρύτερου Ελληνικού χώρου με τα επίκεντρα των 151 σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013. Με κόκκινο συμβολισμό εντοπίζονται οι σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και με πράσινου χρώματος συμβολισμό οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ. Ο χρωματισμός της ημερομηνίας γένεσης δηλώνει την σφοδρότητα της Μακροσεισμικής Έντασης στην πλειόσειστο περιοχή (Google Earth).....	57
Εικόνα 3-2: Γεωγραφική κατανομή ανά πλέγμα 1*1 μοίρας των 130 επιφανειακών σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013 που θα μελετηθούν.....	59
Εικόνα 3-3: Χάρτης της Ελληνικής Επικράτειας με τη γεωγραφική κατανομή των 3.361 οικισμών /κωμοπόλεων/πόλεων για τις οποίες υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις την περίοδο 1953-2013.....	83
Εικόνα 3-4: Γεωγραφική κατανομή ανά πλέγμα 1*1 μοίρας των 3361 τοποθεσιών καταγραφής παρατηρήσεων του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. της περιόδου 1953-2013.	88
Εικόνα 3-5: Χάρτης της Ελληνικής Επικράτειας με τις μέγιστες παρατηρηθείσες τιμές Μακροσεισμικής Έντασης για κάθε μια από τις 3.361 θέσεις παρατήρησης του Γ.Ι.-Ε.Α.Α.....	115
Εικόνα 6-1: Η σεισμική ακολουθία του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.....	189
Εικόνα 6-2: Η σεισμική ακολουθία του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.....	191

Εικόνα 6-3: Η σεισμική ακολουθία του 1983 στα Ιόνια Νησιά.	194
Εικόνα 7-1: Χάρτης του ευρύτερου Ελληνικού χώρου με τον εντοπισμό των 130 σεισμών του καταλόγου του Ε.Α.Α.-Γ.Ι. της περιόδου 1953-2013 για τους οποίους υπάρχουν Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις ανά μεταβολή 10 χλμ. εστιακού βάθους.	203
Εικόνα 8-1: Η ζώνη των Ιονίων Νήσων.....	219
Εικόνα 8-2: Η ζώνη του Κορινθιακού Κόλπου.....	222
Εικόνα 8-3: Η ζώνη της Νότιας Ελλάδας.	224
Εικόνα 8-4: Η ζώνη Κεντρικής Ελλάδας.	227
Εικόνα 8-5: Η ζώνη Βόρειας Ελλάδας.	229
Εικόνα 8-6: Η ζώνη της Κρήτης.....	231
Εικόνα 8-7: Η ζώνη Δωδεκανήσων.	234
Εικόνα 8-8: Η ζώνη των Κυκλάδων Νήσων.....	236
Εικόνα 8-9: Η ζώνη του Αιγαίου Πελάγους.	238
Εικόνα 8-10: Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.....	240
Εικόνα 8-11: Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..	243
Εικόνα 8-12: Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.	245
Εικόνα 8-13: Η ζώνη Δυτικής Τουρκίας.....	247
Εικόνα 8-14: Η ζώνη Αλβανίας.	249
Εικόνα 8-15: Ο χάρτης ισοσειστών καμπυλών για το σεισμό της 17 ^{ης} Ιουλίου 1964 με μικροσεισμικό επίκεντρο στην περιοχή της Αττικής και μακροσεισμικό επίκεντρο στη Μεσσηνία.....	252

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1-1: Κατολισθήσεις και Καταπτώσεις βράχων που έχουν εκδηλωθεί στον Ελληνικό χώρο την περίοδο 1953-2013 από τους 130 σεισμούς που θα αναλυθούν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις τους. (Κουκουβέλας, και συν., 2010).	14
Πίνακας 1-2: Ρευστοποιήσεις που έχουν εκδηλωθεί στον Ελληνικό χώρο την περίοδο 1953-2013 από τους 130 σεισμούς που θα αναλυθούν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις τους (Κουκουβέλας, και συν., 2010).	16
Πίνακας 1-3: Γεγονότα tsunامي που έχουν εκδηλωθεί στον Ελληνικό χώρο την περίοδο 1953-2013 από τους 130 σεισμούς που θα αναλυθούν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις τους (Papadopoulos, και συν., 2007), (Papadopoulos, 2000) .	27
Πίνακας 2-1: Συσχέτιση των Κλιμάκων Μακροσεισμικής Έντασης M.S.K.-64/M.M./R.F./J.M.A.. (Τσελέντης, 1997).	37
Πίνακας 2-2: Η περιγραφή των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων του ορισμού της Ευρωπαϊκής Μακροσεισμικής Κλίμακα E.M.S. (Τσελέντης, 1997).	38
Πίνακας 2-3: Πίνακας μετατροπής προηγούμενων μακροσεισμικών κλιμάκων με την Κλίμακα E.M.S.-98 (Musson, et al., 2009).	41
Πίνακας 2-4: Εμπειρικές εξισώσεις εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης Modified Mercalli σε συνάρτηση της επικεντρικής ή της υποκεντρικής απόστασης. (Τσελέντης, 1997) .	49
Πίνακας 3-1: Εστιακές παράμετροι και αριθμός παρατηρήσεων για κάθε τιμή II-X Μακροσεισμικής Έντασης για τους 130 σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ..	60
Πίνακας 3-2: Οι τιμές της Επικεντρικής Έντασης I_0 και της μέγιστης παρατηρηθείσας στον Ελληνικό χώρο I_{max} για σεισμούς με επίκεντρα εκτός Ελληνικού χώρου.	66
Πίνακας 3-3: Εστιακές παράμετροι και αριθμός παρατηρήσεων για κάθε τιμή II-VIII+ Μακροσεισμικής Έντασης για τους 21 σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ..	76
Πίνακας 3-4: Οι τοποθεσίες που έχει παρατηρηθεί η Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση από τους σεισμούς εστιακού βάθους ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.	85
Πίνακας 4-1: Σεισμοί που παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά απόστασης μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου.	133
Πίνακας 5-1: Συντελεστές a και b και συντελεστής συσχέτισης R^2 για όλες τις εμπειρικές εξισώσεις εξασθένησης των 130 σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013.	183
Πίνακας 6-1: Οι σεισμοί της σεισμικής ακολουθίας του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.	188
Πίνακας 6-2: Οι σεισμοί της σεισμικής ακολουθίας του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.	191
Πίνακας 6-3: Οι σεισμοί της σεισμικής ακολουθίας 1983 στα Ιόνια Νησιά.	193
Πίνακας 6-4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα τιμών των παραμέτρων των Συντελεστών a, b, P ₁ , P ₂ , P ₃ και των συντελεστών συσχέτισης R^2 για τις εμπειρικές εξισώσεις εξασθένησης των μετασεισμικών ακολουθιών Θεσσαλονίκης 1978, Μαγνησίας 1980 και Ιονίου Πελάγους 1983.	195
Πίνακας 6-5: Παράμετροι των μεμονωμένων σεισμών των σεισμικών ακολουθιών.	196

Πίνακας 7-1: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για μεταβολή του εστιακού βάθους άνω ή κάτω από τα 40 χλμ.....	200
Πίνακας 7-2: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος ≤ 10 χλμ.....	204
Πίνακας 7-3: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $11 < d \leq 20$ χλμ..	207
Πίνακας 7-4: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $21 < d \leq 30$ χλμ..	209
Πίνακας 7-5: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $31 < d \leq 40$ χλμ..	211
Πίνακας 7-6: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για μεταβολή του εστιακού βάθους ανά 10 χλμ. μέχρι τα 40 χλμ.	213
Πίνακας 8-1: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Ιονίων Νήσων.....	220
Πίνακας 8-2: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.	222
Πίνακας 8-3: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Νότιας Ελλάδας.	225
Πίνακας 8-4: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.	227
Πίνακας 8-5: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Βόρειας Ελλάδας.....	230
Πίνακας 8-6: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Κρήτης.....	232
Πίνακας 8-7: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Δωδεκανήσων.....	234
Πίνακας 8-8: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Κυκλάδων Νήσων.	236
Πίνακας 8-9: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Αιγαίου Πελάγους.	238
Πίνακας 8-10: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.....	241
Πίνακας 8-11: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M.....	243
Πίνακας 8-12: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.....	245
Πίνακας 8-13: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Δυτικής Τουρκίας.....	247
Πίνακας 8-14: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Αλβανίας.....	249
Πίνακας 8-15: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Ιονίων Νήσων.	253
Πίνακας 8-16: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.....	255
Πίνακας 8-17: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Νότιας Ελλάδας.	256
Πίνακας 8-18: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.....	258
Πίνακας 8-19: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Βόρειας Ελλάδας....	259

Πίνακας 8-20: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Κρήτης.	261
Πίνακας 8-21: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Δωδεκανήσων.....	262
Πίνακας 8-22: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Κυκλάδων Νήσων. .	264
Πίνακας 8-23: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Αιγαίου Πελάγους. .	265
Πίνακας 8-24: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.....	267
Πίνακας 8-25: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. .	268
Πίνακας 8-26: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.	270
Πίνακας 8-27: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Δυτικής Τουρκίας. ..	271
Πίνακας 8-28: Αριθμός τοποθεσιών παρατηρήσεων σε κάθε ζώνη.....	273
Πίνακας 8-29: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για ζώνες με κριτήριο τους σεισμούς.	274
Πίνακας 8-30: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για ζώνες με κριτήριο τις τοποθεσίες συλλογής παρατηρήσεων.	275
Πίνακας 9-1: Οι σεισμοί με εύρος 3,8-4,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ.....	280
Πίνακας 9-2: Οι σεισμοί με εύρος 4,3-4,7 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..	281
Πίνακας 9-3: Οι σεισμοί με εύρος 4,3-4,7 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ..	283
Πίνακας 9-4: Οι σεισμοί με εύρος 4,8-5,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..	285
Πίνακας 9-5: Οι σεισμοί με εύρος 4,8-5,2 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ..	287
Πίνακας 9-6: Οι σεισμοί με εύρος 5,3-5,7 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..	289
Πίνακας 9-7: Οι σεισμοί με εύρος 5,3-5,7 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ.....	291
Πίνακας 9-8: Οι σεισμοί με εύρος 5,8-6,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..	293
Πίνακας 9-9: Οι σεισμοί με εύρος 5,8-6,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..	295
Πίνακας 9-10: Οι σεισμοί με εύρος 6,3-6,7 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ.....	296
Πίνακας 9-11: Οι σεισμοί με εύρος 6,3-6,7 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ..	298
Πίνακας 9-12: Οι σεισμοί με εύρος 3,8-4,R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ.....	299
Πίνακας 9-13: Συγκεντρωτικά όλες οι τιμές των παραμέτρων για σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..	305
Πίνακας 9-14: Συγκεντρωτικά όλες οι τιμές των παραμέτρων για σεισμούς με εστιακό βάθος > 20 χλμ..	306
Πίνακας 10-1: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli.....	308
Πίνακας 10-2: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli.....	309
Πίνακας 10-3: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli.....	311
Πίνακας 10-4: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli.....	312
Πίνακας 10-5: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli.....	314
Πίνακας 10-6: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli.....	315

Πίνακας 10-7: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli.....	317
Πίνακας 10-8: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli.....	319
Πίνακας 10-9: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli.....	320
Πίνακας 10-10: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli.....	322
Πίνακας 10-11: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli.....	324
Πίνακας 10-12: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli.....	326
Πίνακας 10-13: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli.....	328
Πίνακας 10-14: Συγκεντρωτικά όλες οι τιμές των παραμέτρων για σεισμούς με την ίδια επικεντρική ένταση.	332
Πίνακας 0-1: Η Κλίμακα Σεισμικής Έντασης των Rosi-Forel.....	345
Πίνακας 0-2: Η τροποποιημένη Κλίμακα Modified Mercalli (M.M., 1931).	346
Πίνακας 0-3: Η ρωσική Κλίμακα G.E.O.F.I.A.N..	347
Πίνακας 0-4: Η Κλίμακα J.M.A. των Μακροσεισμικών Εντάσεων σε μονάδες shindo των βαθμών του τραντάγματος της δόνησης που χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία (Wikipedia, 2014).	348
Πίνακας 0-5: Περιγραφή των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων της Ιαπωνικής Κλίμακας Σεισμικής Έντασης J.M.A. (Τσελέντης, 1997).	351
Πίνακας 0-6: Κατάταξη αστοχιών σε οικοδομές με φέρουσα τοιχοποιία (Τσελέντης, 1997).....	352
Πίνακας 0-7: Κατάταξη αστοχιών σε οικοδομές με οπλισμένο σκυρόδεμα (Τσελέντης, 1997).....	353
Πίνακας 0-8: Διαδικτυακό Ερωτηματολόγιο για την συλλογή μακροσεισμικών δεδομένων από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών....	354

Πίνακας Γραφημάτων

Γράφημα 3-1: Πίτα του ποσοστού % κάθε τιμής έντασης των μακροσεισμικών παρατηρήσεων των 151 σεισμικών γεγονότων.	58
Γράφημα 3-2: Μέγεθος και Μακροσεισμική Ένταση για τους 130 σεισμούς της περιόδου 1953-2013 με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.	67
Γράφημα 3-3: Αριθμός Παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους 130 σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.	69
Γράφημα 3-4: Ανάλυση αριθμού παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.	71
Γράφημα 3-5: Η τιμή και το ποσοστό % των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί στον Ελληνικό χώρο για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.	73
Γράφημα 3-6: Μεταβολή αριθμού των μακροσεισμικών παρατηρήσεων των γεγονότων με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. σε σχέση με την επικεντρική απόσταση.	74
Γράφημα 3-7: Μέγεθος και Μακροσεισμική Ένταση για τους σεισμούς της περιόδου 1953-2013 με εστιακό βάθος > 40 χλμ.	77
Γράφημα 3-8: Αριθμός Παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.	78
Γράφημα 3-9: Ανάλυση αριθμού παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.	79
Γράφημα 3-10: Η τιμή και το ποσοστό % των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί στον Ελληνικό χώρο για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.	80
Γράφημα 3-11: Μεταβολή αριθμού των μακροσεισμικών παρατηρήσεων των γεγονότων με εστιακό βάθος > 40 χλμ. σε σχέση με την επικεντρική απόσταση.	81
Γράφημα 3-12: Αριθμός τοποθεσιών συλλογής παρατηρήσεων ανά Νομό της Ελληνικής Επικράτειας.	84
Γράφημα 3-13: Η Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση που έχει παρατηρηθεί στους Νομούς της Ελληνικής Επικράτειας την περίοδο 1953-2013.	93
Γράφημα 3-14: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Ιόνιων Νήσων την περίοδο 1953-2013.	94
Γράφημα 3-15: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη του Κορινθιακού Κόλπου την περίοδο 1953-2013.	95
Γράφημα 3-16: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Νότιας Ελλάδας την περίοδο 1953-2013.	96
Γράφημα 3-17: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Κεντρικής Ελλάδας την περίοδο 1953-2013.	97
Γράφημα 3-18: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Βόρειας Ελλάδας την περίοδο 1953-2013.	98
Γράφημα 3-19: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη του Αιγαίου Πελάγους την περίοδο 1953-2013.	99

Γράφημα 3-20: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Κρήτης την περίοδο 1953-2013.	100
Γράφημα 3-21: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Δωδεκανήσων την περίοδο 1953-2013.	101
Γράφημα 3-22: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Κυκλάδων Νήσων την περίοδο 1953-2013.	102
Γράφημα 3-23: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας την περίοδο 1953-2013.	103
Γράφημα 3-24: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Αλβανίας την περίοδο 1953-2013.	104
Γράφημα 3-25: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. την περίοδο 1953-2013.	105
Γράφημα 3-26: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας την περίοδο 1953-2013.	106
Γράφημα 3-27: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Δυτικής Τουρκίας την περίοδο 1953-2013.	107
Γράφημα 3-28: Μακροσεισμική ιστορία της Αθήνας την περίοδο 1953-2013.	109
Γράφημα 3-29: Μακροσεισμική ιστορία της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1953-2013.	110
Γράφημα 3-30: Μακροσεισμική ιστορία της Κορίνθου την περίοδο 1953-2013.	111
Γράφημα 3-31: Μακροσεισμική ιστορία της Λευκάδας την περίοδο 1953-2013.	112
Γράφημα 3-32: Μακροσεισμική ιστορία της Κεφαλονιάς την περίοδο 1953-2013.	113
Γράφημα 3-33: Ημερήσια εμφάνιση των 130 σεισμικών γεγονότων την περίοδο 1953-2013.	116
Γράφημα 3-34: Μηνιαία εμφάνιση των 130 σεισμικών γεγονότων την περίοδο 1953-2013.	116
Γράφημα 3-35: Ετήσιος αριθμός μακροσεισμικών παρατηρήσεων την περίοδο 1953-2013.	117
Γράφημα 4-1: Μεταβολή του Μεγέθους με την Επικεντρική Ένταση 130 σεισμών της ευρύτερης περιοχής του Ελληνικού χώρου.	120
Γράφημα 4-2: Μεταβολή του Μεγέθους με την Επικεντρική Ένταση για 122 σεισμούς του Ελληνικού χώρου.	120
Γράφημα 4-3: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ X.	121
Γράφημα 4-4: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ IX+.	122
Γράφημα 4-5: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ IX.	122
Γράφημα 4-6: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ VIII+.	122
Γράφημα 4-7: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ VIII.	122
Γράφημα 4-8: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ VII+.	123
Γράφημα 4-9: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ VII.	123
Γράφημα 4-10: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ VI+.	123
Γράφημα 4-11: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ VI.	123
Γράφημα 4-12: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ V+.	124
Γράφημα 4-13: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ V.	124
Γράφημα 4-14: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ IV+.	124
Γράφημα 4-15: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ IV.	124
Γράφημα 4-16: για $I_{\max}$ III+.	125

Γράφημα 4-17: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ III.....	125
Γράφημα 4-18: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ II+.....	125
Γράφημα 4-19: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ II.....	125
Γράφημα 4-20: Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες παρατηρούνται διαφορετικές τιμές μακροσεισμικών εντάσεων σε συνάρτηση με το Μέγεθος.	126
Γράφημα 4-21: Η κατανομή της αθροιστικής συχνότητας σε σχέση με την Επικεντρική Ένταση στο εύρος IV-X Mercalli για 122 σεισμούς του Ελληνικού χώρου την περίοδο 1953-2013.	127
Γράφημα 4-22: Η κατανομή της αθροιστικής συχνότητας σε σχέση με την Επικεντρική Ένταση στο εύρος VII-X Mercalli για 122 σεισμούς του Ελληνικού χώρου την περίοδο 1953-2013.	128
Γράφημα 4-23: Αποστάσεις μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου με την χρήση διαφόρων μεθοδολογιών και των μακροσεισμικών παρατηρήσεων.	131
Γράφημα 5-1: 18 Μαρτίου 1953, Δυτική Τουρκία, 115 παρατηρήσεις.	136
Γράφημα 5-2: 12 Αυγούστου 1953, Ιόνιοι Νήσοι, 62 παρατηρήσεις.	137
Γράφημα 5-3: 30 Απριλίου 1954, Κεντρική Ελλάδα, 119 παρατηρήσεις.	137
Γράφημα 5-4: 19 Απριλίου 1955, Κεντρική Ελλάδα, 64 παρατηρήσεις.	137
Γράφημα 5-5: 9 Ιουλίου 1956, Κυκλάδες Νήσοι, 70 παρατηρήσεις.	138
Γράφημα 5-6: 8 Μαρτίου 1957, Κεντρική Ελλάδα, 163 παρατηρήσεις.	138
Γράφημα 5-7: 14 Μαΐου 1959, Κρήτη, 74 παρατηρήσεις.	139
Γράφημα 5-8: 15 Νοεμβρίου 1959, Ιόνιοι Νήσοι, 166 παρατηρήσεις.	139
Γράφημα 5-9: 6 Οκτωβρίου 1964, Δυτική Τουρκία, 131 παρατηρήσεις.	139
Γράφημα 5-10: 9 Μαρτίου 1965, Αιγαίο Πέλαγος, 345 παρατηρήσεις.	140
Γράφημα 5-11: 31 Μαρτίου 1965, Κορινθιακός Κόλπος, 571 παρατηρήσεις.	140
Γράφημα 5-12: 5 Απριλίου 1965, Νότια Ελλάδα, 322 παρατηρήσεις.	140
Γράφημα 5-13: 6 Ιουλίου 1965, Κορινθιακός Κόλπος, 293 παρατηρήσεις.	141
Γράφημα 5-14: 23 Αυγούστου 1965, Αιγαίο Πέλαγος, 127 παρατηρήσεις.	141
Γράφημα 5-15: 20 Δεκεμβρίου 1965, Αιγαίο Πέλαγος, 192 παρατηρήσεις.	141
Γράφημα 5-16: 2 Ιανουαρίου 1966, Νότια Ελλάδα, 101 παρατηρήσεις.	142
Γράφημα 5-17: 5 Φεβρουαρίου 1966, Κεντρική Ελλάδα, 328 παρατηρήσεις.	142
Γράφημα 5-18: 1 Σεπτεμβρίου 1966, Νότια Ελλάδα, 220 παρατηρήσεις.	142
Γράφημα 5-19: 29 Οκτωβρίου 1966, Κεντρική Ελλάδα, 242 παρατηρήσεις.	143
Γράφημα 5-20: 4 Ιανουαρίου 1967, Κορινθιακός Κόλπος, 84 παρατηρήσεις.	143
Γράφημα 5-21: 9 Φεβρουαρίου 1967, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 62 παρατηρήσεις.	143
Γράφημα 5-22: 4 Μαρτίου 1967, Αιγαίο Πέλαγος, 371 παρατηρήσεις.	144
Γράφημα 5-23: 1 Μαΐου 1967, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 282 παρατηρήσεις.	144
Γράφημα 5-24: 19 Φεβρουαρίου 1968, Αιγαίο Πέλαγος, 482 παρατηρήσεις.	144
Γράφημα 5-25: 28 Μαρτίου 1968, Ιόνια Νησιά, 169 παρατηρήσεις.	145
Γράφημα 5-26: 4 Ιουλίου 1968, Νότια Ελλάδα, 212 παρατηρήσεις.	145
Γράφημα 5-27: 13 Οκτωβρίου 1969, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 238 παρατηρήσεις.	145
Γράφημα 5-28: 28 Μαρτίου 1970, Δυτική Τουρκία, 141 παρατηρήσεις.	146
Γράφημα 5-29: 8 Απριλίου 1970, Κορινθιακός Κόλπος, 399 παρατηρήσεις.	146
Γράφημα 5-30: 8 Μαΐου 1972, Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας, 145 παρατηρήσεις.	147
Γράφημα 5-31: 12 Αυγούστου 1972, Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M., 156 παρατηρήσεις.	147
Γράφημα 5-32: 13 Σεπτεμβρίου 1972, Νότια Ελλάδα, 584 παρατηρήσεις.	147

Γράφημα 5-33: 17 Σεπτεμβρίου 1972, Ιόνια Νησιά, 306 παρατηρήσεις.	148
Γράφημα 5-34: 30 Οκτωβρίου 1972, Ιόνια Νησιά, 88 παρατηρήσεις.	148
Γράφημα 5-35: 24 Νοεμβρίου 1972, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας 109 παρατηρήσεις. ..	148
Γράφημα 5-36: 5 Δεκεμβρίου 1972, Αιγαίο Πέλαγος, 55 παρατηρήσεις.	149
Γράφημα 5-37: 10 Ιανουαρίου 1973, Νότια Ελλάδα, 88 παρατηρήσεις.	149
Γράφημα 5-38: 6 Μαρτίου 1973, Κεντρική Ελλάδα, 41 παρατηρήσεις.	149
Γράφημα 5-39: 14 Ιουλίου 1973, Ιόνια Νησιά, 101 παρατηρήσεις.	150
Γράφημα 5-40: 4 Νοεμβρίου 1973, Ιόνια Νησιά, 263 παρατηρήσεις.	150
Γράφημα 5-41: 29 Νοεμβρίου 1973, Κρήτη, 154 παρατηρήσεις.	150
Γράφημα 5-42: 22 Ιουνίου 1974, Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας, 159 παρατηρήσεις.	151
Γράφημα 5-43: 9 Ιουλίου 1974, Δωδεκάνησα, 30 παρατηρήσεις.	151
Γράφημα 5-44: 14 Νοεμβρίου 1974, Κορινθιακός Κόλπος, 219 παρατηρήσεις.	151
Γράφημα 5-45: 8 Ιανουαρίου 1975, Κορινθιακός Κόλπος, 264 παρατηρήσεις.	152
Γράφημα 5-46: 17 Μαρτίου 1975, Αιγαίο Πέλαγος, 128 παρατηρήσεις.	152
Γράφημα 5-47: 27 Μαρτίου 1975, Αιγαίο Πέλαγος, 166 παρατηρήσεις.	152
Γράφημα 5-48: 4 Απριλίου 1975, Κορινθιακός Κόλπος, 238 παρατηρήσεις.	153
Γράφημα 5-49: 30 Ιουνίου 1975, Κορινθιακός Κόλπος, 230 παρατηρήσεις.	153
Γράφημα 5-50: 31 Δεκεμβρίου 1975, Κεντρική Ελλάδα, 290 παρατηρήσεις.	153
Γράφημα 5-51: 22 Φεβρουαρίου 1976, Κεντρική Ελλάδα, 259 παρατηρήσεις.	154
Γράφημα 5-52: 11 Μαΐου 1976, Ιόνια Νησιά, 249 παρατηρήσεις.	154
Γράφημα 5-53: 24 Φεβρουαρίου 1977, Δυτική Τουρκία, 30 παρατηρήσεις.	155
Γράφημα 5-54: 13 Μαΐου 1977, Αιγαίο Πέλαγος, 80 παρατηρήσεις.	155
Γράφημα 5-55: 11 Σεπτεμβρίου 1977, Κρήτη, 21 παρατηρήσεις.	155
Γράφημα 5-56: 29 Ιανουαρίου 1978, Κρήτη, 57 παρατηρήσεις.	156
Γράφημα 5-57: 27 Απριλίου 1978, Κεντρική Ελλάδα, 93 παρατηρήσεις.	156
Γράφημα 5-58: 23 Μαΐου 1978, Βόρεια Ελλάδα, 257 παρατηρήσεις.	156
Γράφημα 5-59: 20 Ιουνίου 1978, Βόρεια Ελλάδα, 634 παρατηρήσεις.	157
Γράφημα 5-60: 4 Ιουλίου 1978, Βόρεια Ελλάδα, 204 παρατηρήσεις.	157
Γράφημα 5-61: 16 Φεβρουαρίου 1979, Κυκλάδες Νήσοι, 25 παρατηρήσεις.	157
Γράφημα 5-62: 15 Απριλίου 1979, Αλβανία, 253 παρατηρήσεις.	158
Γράφημα 5-63: 14 Ιουνίου 1979, Αιγαίο Πέλαγος, 84 παρατηρήσεις.	158
Γράφημα 5-64: 15 Ιουνίου 1979, Κρήτη, 53 παρατηρήσεις.	158
Γράφημα 5-65: 23 Ιουλίου 1979, Δωδεκάνησα, 96 παρατηρήσεις.	159
Γράφημα 5-66: 31 Αυγούστου 1979, Βόρεια Ελλάδα, 221 παρατηρήσεις.	159
Γράφημα 5-67: 6 Νοεμβρίου 1979, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 156 παρατηρήσεις.	159
Γράφημα 5-68: 11 Νοεμβρίου 1979, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 121 παρατηρήσεις. ...	160
Γράφημα 5-69: 28 Φεβρουαρίου 1980, Κορινθιακός Κόλπος, 249 παρατηρήσεις.	160
Γράφημα 5-70: 9 Ιουλίου 1980, Κεντρική Ελλάδα, 538 παρατηρήσεις.	160
Γράφημα 5-71: 10 Ιουλίου 1980, Κεντρική Ελλάδα, 306 παρατηρήσεις.	161
Γράφημα 5-72: 11 Αυγούστου 1980, Κεντρική Ελλάδα, 183 παρατηρήσεις.	161
Γράφημα 5-73: 24 Φεβρουαρίου 1981, Κορινθιακός Κόλπος, 925 παρατηρήσεις.	161
Γράφημα 5-74: 4 Μαρτίου 1981, Κορινθιακός Κόλπος, 484 παρατηρήσεις.	162
Γράφημα 5-75: 10 Μαρτίου 1981, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 234 παρατηρήσεις.	162
Γράφημα 5-76: 27 Δεκεμβρίου 1981, Αιγαίο Πέλαγος, 347 παρατηρήσεις.	162
Γράφημα 5-77: 18 Ιανουαρίου 1982, Αιγαίο Πέλαγος, 538 παρατηρήσεις.	163

Γράφημα 5-78: 17 Ιανουαρίου 1983, Ιόνια Νησιά, 485 παρατηρήσεις.	163
Γράφημα 5-79: 16 Μαρτίου 1983, Ιόνια Νησιά, 149 παρατηρήσεις.	164
Γράφημα 5-80: 19 Μαρτίου 1983, Κρήτη, 73 παρατηρήσεις.	164
Γράφημα 5-81: 23 Μαρτίου 1983 19:03:59,8 sec, Ιόνια Νησιά, 191 παρατηρήσεις.	164
Γράφημα 5-82: 23 Μαρτίου 1983 23:51:07,6 sec, Ιόνια Νησιά, 278 παρατηρήσεις.	165
Γράφημα 5-83: 5 Ιουλίου 1983, Δυτική Τουρκία, 99 παρατηρήσεις.	165
Γράφημα 5-84: 6 Αυγούστου 1983, Αιγαίο Πέλαγος, 451 παρατηρήσεις.	165
Γράφημα 5-85: 9 Ιουλίου 1984, Βόρεια Ελλάδα, 256 παρατηρήσεις.	166
Γράφημα 5-86: 25 Οκτωβρίου 1984, Βόρεια Ελλάδα, 75 παρατηρήσεις.	166
Γράφημα 5-87: 30 Απριλίου 1985, Κεντρική Ελλάδα, 353 παρατηρήσεις.	167
Γράφημα 5-88: 31 Αυγούστου 1985, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 150 παρατηρήσεις.	167
Γράφημα 5-89: 7 Σεπτεμβρίου 1985, Νότια Ελλάδα, 252 παρατηρήσεις.	167
Γράφημα 5-90: 9 Νοεμβρίου 1985, Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας, 396 παρατηρήσεις.	168
Γράφημα 5-91: 18 Φεβρουαρίου 1986, Βόρεια Ελλάδα, 174 παρατηρήσεις.	168
Γράφημα 5-92: 25 Μαρτίου 1986, Αιγαίο Πέλαγος, 88 παρατηρήσεις.	168
Γράφημα 5-93: 13 Σεπτεμβρίου 1986, Νότια Ελλάδα, 359 παρατηρήσεις.	169
Γράφημα 5-94: 17 Δεκεμβρίου 1986, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 100 παρατηρήσεις.	169
Γράφημα 5-95: 29 Μαΐου 1987, Νότια Ελλάδα, 133 παρατηρήσεις.	169
Γράφημα 5-96: 18 Μαΐου 1988, Ιόνια Νησιά, 173 παρατηρήσεις.	170
Γράφημα 5-97: 16 Οκτωβρίου 1988, Ιόνια Νησιά, 248 παρατηρήσεις.	170
Γράφημα 5-98: 19 Μαρτίου 1989, Αιγαίο Πέλαγος, 137 παρατηρήσεις.	171
Γράφημα 5-99: 19 Σεπτεμβρίου 1989, Κεντρική Ελλάδα, 123 παρατηρήσεις.	171
Γράφημα 5-100: 21 Δεκεμβρίου 1990, Βόρεια Ελλάδα, 253 παρατηρήσεις.	171
Γράφημα 5-101: 23 Ιανουαρίου 1992, Ιόνια Νησιά, 73 παρατηρήσεις.	172
Γράφημα 5-102: 23 Ιουλίου 1992, Αιγαίο Πέλαγος, 111 παρατηρήσεις.	172
Γράφημα 5-103: 6 Νοεμβρίου 1992, Δυτική Τουρκία, 64 παρατηρήσεις.	172
Γράφημα 5-104: 18 Νοεμβρίου 1992, Κορινθιακός Κόλπος, 413 παρατηρήσεις.	173
Γράφημα 5-105: 5 Μαρτίου 1993, Νότια Ελλάδα, 57 παρατηρήσεις.	173
Γράφημα 5-106: 26 Μαρτίου 1993, Νότια Ελλάδα, 169 παρατηρήσεις.	173
Γράφημα 5-107: 13 Ιουνίου 1993, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 131 παρατηρήσεις.	174
Γράφημα 5-108: 14 Ιουλίου 1993, Κορινθιακός Κόλπος, 243 παρατηρήσεις.	174
Γράφημα 5-109: 26 Αυγούστου 1993, Δωδεκάνησα, 17 παρατηρήσεις.	174
Γράφημα 5-110: 25 Φεβρουαρίου 1994, Ιόνια Νησιά, 143 παρατηρήσεις.	175
Γράφημα 5-111: 16 Απριλίου 1994, Ιόνια Νησιά, 59 παρατηρήσεις.	175
Γράφημα 5-112: 24 Μαΐου 1994, Αιγαίο Πέλαγος, 47 παρατηρήσεις.	175
Γράφημα 5-113: 1 Σεπτεμβρίου 1994, Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M., 98 παρατηρήσεις.	176
Γράφημα 5-114: 4 Μαΐου 1995, Βόρεια Ελλάδα, 189 παρατηρήσεις.	176
Γράφημα 5-115: 13 Μαΐου 1995, Βόρεια Ελλάδα, 191 παρατηρήσεις.	176
Γράφημα 5-116: 15 Ιουνίου 1995, Κορινθιακός Κόλπος, 393 παρατηρήσεις.	177
Γράφημα 5-117: 26 Ιουλίου 1996, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 88 παρατηρήσεις.	177
Γράφημα 5-118: 5 Αυγούστου 1996, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 73 παρατηρήσεις.	177
Γράφημα 5-119: 13 Οκτωβρίου 1997, Νότια Ελλάδα, 147 παρατηρήσεις.	178
Γράφημα 5-120: 21 Οκτωβρίου 1997, Κεντρική Ελλάδα, 62 παρατηρήσεις.	178
Γράφημα 5-121: 5 Νοεμβρίου 1997, Κορινθιακός Κόλπος, 277 παρατηρήσεις.	178

Γράφημα 5-122: 12 Νοεμβρίου 1997, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 99 παρατηρήσεις.....	179
Γράφημα 5-123: 14 Νοεμβρίου 1997, Αιγαίο Πέλαγος παρατηρήσεις.	179
Γράφημα 5-124: 18 Νοεμβρίου 1997, Ιόνια Νησιά, 157 παρατηρήσεις.....	179
Γράφημα 5-125: 7 Σεπτεμβρίου 1999, Κεντρική Ελλάδα, 267 παρατηρήσεις.	180
Γράφημα 5-126: 26 Ιουλίου 2001, Αιγαίο Πέλαγος, 209 παρατηρήσεις.	180
Γράφημα 5-127: 9 Ιουνίου 2003, Κεντρική Ελλάδα, 208 παρατηρήσεις.	181
Γράφημα 5-128: 14 Αυγούστου 2003, Ιόνια Νησιά, 181 παρατηρήσεις.....	181
Γράφημα 5-129: 20 Οκτωβρίου 2005, Αιγαίο Πέλαγος, 42 παρατηρήσεις.	181
Γράφημα 5-130: 8 Ιουνίου 2008, Νότια Ελλάδα, 197 παρατηρήσεις.....	182
Γράφημα 6-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.....	189
Γράφημα 6-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.	190
Γράφημα 6-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.	192
Γράφημα 6-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.....	192
Γράφημα 6-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας 1983 στα Ιόνια Νησιά.....	194
Γράφημα 6-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας 1983 στα Ιόνια Νησιά.....	195
Γράφημα 7-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $0 < d \leq 40$ χλμ..	198
Γράφημα 7-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $0 < d \leq 40$ χλμ.....	198
Γράφημα 7-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $d > 40$ χλμ..	199
Γράφημα 7-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $d > 40$ χλμ.....	199
Γράφημα 7-5: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών διαφορετικού εστιακού βάθους άνω ή κάτω από τα 40 χλμ..	200
Γράφημα 7-6: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος ≤ 10 χλμ..	206
Γράφημα 7-7: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος ≤ 10 χλμ.....	207
Γράφημα 7-8: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $11 < d \leq 20$ χλμ..	208
Γράφημα 7-9: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $11 < d \leq 20$ χλμ..	209
Γράφημα 7-10: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $21 < d \leq 30$ χλμ.....	210
Γράφημα 7-11: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $21 < d \leq 30$ χλμ.....	211
Γράφημα 7-12: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $31 < d \leq 40$ χλμ.....	212

Γράφημα 7-13: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $31 < d \leq 40$ χλμ.....	212
Γράφημα 7-14: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών διαφορετικού εστιακού βάθους ανά 10 χλμ. μέχρι τα 40 χλμ.....	214
Γράφημα 8-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Ιονίων Νήσων.....	221
Γράφημα 8-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Ιονίων Νήσων.....	221
Γράφημα 8-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.....	223
Γράφημα 8-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου....	224
Γράφημα 8-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Νότιας Ελλάδας.....	226
Γράφημα 8-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Νότιας Ελλάδας.	226
Γράφημα 8-7: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κεντρικής Ελλάδας.....	228
Γράφημα 8-8: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κεντρικής Ελλάδας.	229
Γράφημα 8-9: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Βόρειας Ελλάδας.....	230
Γράφημα 8-10: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Βόρειας Ελλάδας.....	231
Γράφημα 8-11: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κρήτης.....	232
Γράφημα 8-12: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κρήτης.....	233
Γράφημα 8-13: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Δωδεκανήσων.....	235
Γράφημα 8-14: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Δωδεκανήσων.....	235
Γράφημα 8-15: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Κυκλάδων Νήσων.....	237
Γράφημα 8-16: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Κυκλάδων Νήσων.....	237

Γράφημα 8-17: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Αιγαίου Πελάγους.	239
Γράφημα 8-18: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Αιγαίου Πελάγους.	240
Γράφημα 8-19: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.	242
Γράφημα 8-20: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.	242
Γράφημα 8-21: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..	244
Γράφημα 8-22: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..	244
Γράφημα 8-23: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.	246
Γράφημα 8-24: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.	246
Γράφημα 8-25: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Δυτικής Τουρκίας.	248
Γράφημα 8-26: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Δυτικής Τουρκίας.	248
Γράφημα 8-27: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Αλβανίας.	250
Γράφημα 8-28: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Αλβανίας.	250
Γράφημα 8-29: Η ζώνη της Μεσογείου Θάλασσας.	251
Γράφημα 8-30: Η ζώνη ανατολικής Μεσογείου Θάλασσας.	251
Γράφημα 8-31: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Ιονίων Νήσων.	254
Γράφημα 8-32: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Ιονίων Νήσων.	254
Γράφημα 8-33: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.	255
Γράφημα 8-34: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.	256
Γράφημα 8-35: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Νότιας Ελλάδας.	257

Γράφημα 8-36: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Νότιας Ελλάδας.	257
Γράφημα 8-37: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.	258
Γράφημα 8-38: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.	259
Γράφημα 8-39: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Βόρειας Ελλάδας.	260
Γράφημα 8-40: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Βόρειας Ελλάδας.	260
Γράφημα 8-41: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κρήτης.	261
Γράφημα 8-42: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κρήτης.	262
Γράφημα 8-43: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δωδεκανήσων.	263
Γράφημα 8-44: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δωδεκανήσων.	263
Γράφημα 8-45: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κυκλάδων Νήσων.	264
Γράφημα 8-46: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κυκλάδων Νήσων.	265
Γράφημα 8-47: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Αιγαίου Πελάγους.	266
Γράφημα 8-48: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Αιγαίου Πελάγους.	266
Γράφημα 8-49: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.	267
Γράφημα 8-50: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.	268
Γράφημα 8-51: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M.	269
Γράφημα 8-52: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας- F.Y.R.O.M.	269
Γράφημα 8-53: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.	270
Γράφημα 8-54: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.	271
Γράφημα 8-55: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δυτικής Τουρκίας.	272
Γράφημα 8-56: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δυτικής Τουρκίας.	272
Γράφημα 8-57: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών εντοπισμένοι σε ζώνες με κριτήριο τους σεισμούς εντός της ζώνης.	276

Γράφημα 8-58: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης παρατηρήσεων εντοπισμένων σε ζώνες με κριτήριο την τοποθεσία συλλογής παρατηρήσεων.....	277
Γράφημα 9-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-4,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	280
Γράφημα 9-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-4,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	281
Γράφημα 9-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	282
Γράφημα 9-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	283
Γράφημα 9-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	284
Γράφημα 9-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	284
Γράφημα 9-7: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	286
Γράφημα 9-8: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	287
Γράφημα 9-9: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	288
Γράφημα 9-10: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	288
Γράφημα 9-11: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	290
Γράφημα 9-12: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	291
Γράφημα 9-13: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	292
Γράφημα 9-14: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	292
Γράφημα 9-15: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	294
Γράφημα 9-16: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	294
Γράφημα 9-17: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	295
Γράφημα 9-18: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	296
Γράφημα 9-19: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	297
Γράφημα 9-20: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	297
Γράφημα 9-21: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	298

Γράφημα 9-22: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	299
Γράφημα 9-23: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.	300
Γράφημα 9-24: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	300
Γράφημα 9-25: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	301
Γράφημα 9-26: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ.....	301
Γράφημα 9-27: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	302
Γράφημα 9-28: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους > 20 χλμ.....	302
Γράφημα 9-29: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R διαφορετικού εστιακού βάθους.	304
Γράφημα 10-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli.	308
Γράφημα 10-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli.	309
Γράφημα 10-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli.....	310
Γράφημα 10-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli.	310
Γράφημα 10-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli.....	311
Γράφημα 10-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli.	312
Γράφημα 10-7: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli.....	313
Γράφημα 10-8: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli.	313
Γράφημα 10-9: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli.....	314
Γράφημα 10-10: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli.	315
Γράφημα 10-11: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli.	316
Γράφημα 10-12: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli.....	316
Γράφημα 10-13: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli.....	318
Γράφημα 10-14: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli.	318

Γράφημα 10-15: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli.....	319
Γράφημα 10-16: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli.	320
Γράφημα 10-17: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli.....	321
Γράφημα 10-18: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli.	322
Γράφημα 10-19: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli.	323
Γράφημα 10-20: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli.....	324
Γράφημα 10-21: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli.....	325
Γράφημα 10-22: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli.	326
Γράφημα 10-23: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli.....	327
Γράφημα 10-24: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli.	327
Γράφημα 10-25: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli.....	328
Γράφημα 10-26: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli.	329
Γράφημα 10-27: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών με συγκεκριμένη τιμή Επικεντρικής Έντασης I_0	331

Πίνακας Αρκτικόλεξων

<i>G.I. :</i>	Γεωδυναμικό Ινστιτούτο
<i>E.A.A. :</i>	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
<i>E.M.S. :</i>	European Macroseismic Scale
<i>G.E.O.F.I.A.N. :</i>	Geophysical Institute of the Academy of Sciences
<i>I.S.C. :</i>	International Seismological Centre
<i>J.M.A. :</i>	Κλίμακα Japan Meteorological Agency
<i>M.C.S. :</i>	Κλίμακα Mercali-Cancani-Sieberg
<i>M.M.-56 :</i>	Κλίμακα Mercalli 1956
<i>M.M. :</i>	Κλίμακα Modified Mercalli
<i>M.S.K. :</i>	Κλίμακα Medvedev-Sponheuer-Karnik
<i>R.F. :</i>	Κλίμακα Rosi-Forel

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Ευχαριστίες

“Κάθε ταξίδι έχει μυστικούς προορισμούς που ο ταξιδιώτης δεν γνωρίζει.”

Martin Buber, 1878-1965, Αυστροεβραίος φιλόσοφος

Με την ανάθεση της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας με θέμα “**Εξισώσεις Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης με την αξιοποίηση των Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών την περίοδο 1953-2013**” πριν από λίγα χρόνια από τον Επιβλέποντα τότε Επίκουρο Καθηγητή κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη, ξεκίνησα ένα ταξίδι αξιοποίησης και επεξεργασίας της πληθώρας Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων του Ε.Α.Α.-Γ.Ι. Σκοπός του ταξιδιού μου ήταν η εύρεση Εξισώσεων Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης, υπό το πρίσμα διαφορετικών γωνιών αξιολόγησης, ομαδοποίησης και επεξεργασίας των δεδομένων. Η πρότερη αρμονική συνεργασία μου με τον κ. Καρύμπαλη στα πλαίσια των μαθημάτων του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών μου παρείχαν την εγγύηση για την ορθή καθοδήγηση, τις σημαντικές συμβουλές και την αέναη ενέργεια για την εκπόνηση της.

Το ταξίδι ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο 2014 στα πλαίσια της παρούσας Μ.Δ.Ε.. Ο ταξιδιώτης έμαθε πολλούς μυστικούς προορισμούς που πριν δεν γνώριζε. Υπάρχουν σίγουρα και άλλοι προορισμοί για επόμενα ταξίδια. Θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου τους ανθρώπους που με την πνευματική και την αέναη ηθική υποστήριξη τους με βοήθησαν στην ολοκλήρωση αυτού του ταξιδιού.

Τον Επιβλέποντα Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου **Δρ. Ευθύμιο Καρύμπαλη** που με την υπομονή και την στήριξη του με βοήθησε στο να ξεπεράσω όσα προβλήματα μου παρουσιάστηκαν.

Τον Διευθυντή Ερευνών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, **Δρ. Δημήτριο Παπαναστασίου** που με την διαρκή και ουσιαστική καθοδήγηση του, τις αμέτρητες επιστημονικές συμβουλές του, την

ανθρώπινη στάση του απέναντι σε ένα νέο άνθρωπο και επιστήμονα, μου έδινε συνεχώς δύναμη παρακινώντας με να διευρύνω τις γνώσεις μου, να βελτιώνω τις ικανότητές μου, να επιλύω τις απορίες μου.

Τους *Γονείς μου* που με την ηθική τους συμπαράσταση και την αμέριστη αρωγή τους με υποστήριξαν να συμμετάσχω και να ολοκληρώσω το Π.Μ.Σ. του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.

Τέλος, την αγαπημένη μου σύζυγο *Καλλιόπη*, που με την κατανόηση της, παρά τις ατελείωτες ώρες μελέτης, με ξεκούραζε με τις καλοσυνάτες κουβέντες της και μου έδινε επιπλέον ώθηση για να συνεχίσω.

Σας Ευχαριστώ Πολύ...

Πρόλογος

Δυστυχώς, είμαστε ανήμποροι ακόμα στο να προβλέψουμε την φυσική εκδήλωση ενός σεισμού, αλλά δεν είμαστε ανήμποροι στο να περιορίσουμε τις συνέπειες του, σε ανθρώπινα θύματα και σε κατασκευαστικές βλάβες. Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα, η δομική τρωτότητα των κατασκευών επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τα συνοδά γεωδυναμικά φαινόμενα που φθείρουν κατασκευαστικά τον δομικό πλούτο μιας αναπτυγμένης ή λιγότερο αναπτυγμένης περιοχής.

Όσο η άκρατη αστικοποίηση δημιουργεί ανεξέλεγκτα μεγαλουπόλεις χωρίς να λαμβάνει υπόψη της την καταλληλότητα των χώρων απέναντι σε φυσικές καταστροφές, που αναπόφευκτα θα συμβούν κάποια στιγμή στο μέλλον, τόσο οι επιπτώσεις σε ανθρώπινα θύματα, σε καταστροφή του δομικού πλούτου, σε διάλυση των κοινωνικοοικονομικών ροών μιας κοινωνίας θα αυξάνεται συνεχώς στο μέλλον. Η τροποποίηση της τρωτότητας με τον επαναπροσδιορισμό των χρήσεων γης μπορεί να οδηγήσει προς την ορθή κατεύθυνση. Η αστική εξάπλωση εμφανίζεται να είναι έμμεσα μια καταστροφική απειλή, και μάλιστα όσο πιο εκσυγχρονισμένη και αυτοματοποιημένη είναι μια κοινωνία, τόσο πιο ευάλωτη είναι στις γραμμές ζωής που την τροφοδοτούν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την όλο και πιο δύσκολη διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης μετά από μια φυσική καταστροφή.

Ακόμα και στις πιο αναπτυγμένες τεχνολογικά και κοινωνικά κοινωνίες, οι επιπτώσεις των σεισμών προκαλούν πολλές φορές δραματικά καταστροφικά αποτελέσματα. Το κόστος της αποκατάστασης και της ανασυγκρότησης των υλικών βλαβών και της ομαλοποίησης της κοινωνικής ζωής στην πληγείσα περιοχή αποκτά υπέρογκες χρηματοοικονομικές διαστάσεις. Όσο πιο εξελιγμένη και αυτοματοποιημένη είναι η λειτουργία μιας κοινωνίας με τα δεκάδες συστήματα γραμμών ζωής που την υποστηρίζουν, τόσο μεγαλύτερη προσπάθεια θα απαιτηθεί από τους κρατικούς μηχανισμούς για την διασφάλιση της ακεραιότητας των ανθρώπων και των υποδομών από την πιθανή μελλοντική προσβολή τους από μια φυσική καταστροφή. Η τρωτότητα των υποδομών σε διαφορετικές κλίμακες

θεώρησης, του δομικού και του μη δομικού πλούτου, αυξάνεται με συνέπεια να μεγεθύνεται άμεσα και η διακινδύνευση του ανθρώπινου πολιτισμού.

Απαιτείται πολύ μεγάλη προσοχή στην δόμηση πλησίον γεωλογικών, σεισμικών ή μη, ρηγμάτων γιατί υπάρχει μια άμεση σύνδεση της γεωλογίας και της τεκτονικής με τις καταστροφές, δηλαδή του κινδύνου που υπόκεινται οι κατασκευές. Θα πρέπει να υπάρχει μια ενσυνείδητη επέκταση του πολεοδομικού ιστού μιας πόλης σε περιοχές που έχουν μικρή σεισμική επικινδυνότητα και γενικότερα επικινδυνότητα σε κάθε φυσική καταστροφή. Θα πρέπει να συνεχίσουν να γίνονται πολλές μελέτες με σκοπό την μείωση του σεισμικού κινδύνου όπου έχουν εντοπισθεί καταστρεπτικά γεωδυναμικά φαινόμενα στο παρελθόν ή όπου οι σύγχρονες μελέτες το επιβάλλουν. Θα πρέπει να διδασκόμαστε από το παρελθόν για να μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα την φύση. Θα πρέπει η πολιτεία να μην εφησυχάζει και αδρανεί σε περιόδους ηρεμίας, αλλά να είναι πρωτοπόρος στην προσπάθεια.

Για όλους αυτούς τους λόγους θα πρέπει να θωρακίζόμαστε απέναντι στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα ενός σεισμού σε όλα τα επίπεδα, πριν αυτός συμβεί, πριν ο Εγκέλαδος ξυπνήσει. Σε αυτήν την κατεύθυνση προσπαθεί να συνεισφέρει η παρούσα Μ.Δ.Ε. καθώς η γνώση Εξισώσεων Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για την γρήγορη εκτίμηση των βλαβών σε μια πληγείσα περιοχή.

Είναι βέβαιο ότι κάποια στιγμή στο μέλλον ο Εγκέλαδος θα ξυπνήσει...

Το ερώτημα όμως είναι, θα είμαστε εμείς προετοιμασμένοι;;;

Περίληψη

Στο **Πρώτο Κεφάλαιο** πραγματευόμαστε βασικές έννοιες της **Μακροσεισμολογίας**. Διερευνούμε τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα, πρωταρχικά ή επακόλουθα, μόνιμα ή παροδικά. Περιγράφουμε τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα των σεισμών στη Γη που μπορούμε να τα κατατάξουμε στο έδαφος, στις τεχνικές κατασκευές, στο νερό της ξηράς, και στο νερό της θάλασσας. Στο έδαφος παρατηρούμε φαινόμενα κατολίσθησης, καθίζησης, κατάπτωσης εδαφών και βράχων, ρευστοποιήσεις και ροές εδαφών, μεταθέσεις ακτογραμμών, εδαφικές διαρρήξεις. Οι τεχνικές κατασκευές περιλαμβάνουν τις κτιριακές κατασκευές, τις ξύλινες κατασκευές, τα κτίρια με ατσάλινο σκελετό, τις κατασκευές με σκυρόδεμα και ενισχυμένο ατσάλινο οπλισμό, τα μη δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, το συγκοινωνιακό δίκτυο, αλλά και ιδιαίτερης φύσης κατασκευές όπως τα νοσοκομεία, τα δημόσια κτίρια, τα σχολικά κτίρια, οι Ιεροί Ναοί, οι βιομηχανικές κατασκευές, οι λιμενικές κατασκευές, τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς, τα αεροδρόμια, τα φράγματα, οι πυρκαγιές και οι κατασκευές που υποστηρίζουν τις γραμμές ζωής, όπως είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, το πόσιμο νερό, το αποχετευτικό δίκτυο, οι τηλεπικοινωνίες και το φυσικό αέριο. Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα στο νερό της θάλασσας μπορούν να διακριθούν στα κύματα βαρύτητας κλειστού λιμένα και στους θαλάσσιους σεισμούς.

Διερευνούμε τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα των σεισμών στα έμβια όντα, στους ανθρώπους με τα ανθρώπινα θύματα, τους τραυματίες και τους εγκαυματίες, αλλά και τα ζώα. Πραγματευόμαστε την επίδραση των σεισμών στην ατμόσφαιρα και στην υπόγεια υδρόσφαιρα.

Το **Δεύτερο Κεφάλαιο** μας εισάγει στην έννοια της **Μακροσεισμικής Έντασης**. Περιγράφουμε τις Μακροσεισμικές Κλίμακες κάνοντας μια μικρή αναδρομή στο παρελθόν. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνουμε στην Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα καθώς χρησιμοποιείται σήμερα στην Πατρίδα μας και σε αυτή αναφέρονται οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις της βάσης δεδομένων του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Περιγράφουμε την έννοια των ισοσειστών καμπυλών και ερμηνεύουμε τις παραμέτρους που τις επηρεάζουν. Αναλύουμε τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η Μακροσεισμική Ένταση, δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στα χαρακτηριστικά της

σεισμικής εστίας, στο μέσο διάδοσης των σεισμικών κυμάτων και στις τοπικές εδαφογεωλογικές συνθήκες. Συσχετίζουμε την Μακροσεισμική Ένταση με το Σεισμικό Μέγεθος, με την Σεισμική Επιτάχυνση. Τέλος, περιγράφουμε τις προσπάθειες για την κατασκευή εμπειρικών σχέσεων εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης.

Οι Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. την περίοδο 1953-2013 αποτελεί το πεδίο που πραγματευόμαστε στο **Τρίτο Κεφάλαιο**. Περιγράφουμε τη συλλογή των μακροσεισμικών δεδομένων από την πρώτη περίοδο ίδρυσης του Γ.Ι.. Αναφερόμαστε στα μακροσεισμικά ερωτηματολόγια που αποτελούσαν τη βασική πηγή πληροφοριών πριν την έλευση του διαδικτύου. Περιγράφουμε βασικές αρχές για τις μακροσεισμικές έρευνες πεδίου μετά από καταστροφικούς σεισμούς. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι σεισμοί για τους οποίους έχουμε μακροσεισμικές παρατηρήσεις την περίοδο 1953-2013. Διακρίνουμε τους σεισμούς που έχουν εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και αυτούς που έχουν εστιακό βάθος > 40 χλμ.. Παραθέτουμε μια πληθώρα από γραφήματα με στοιχεία που πηγάζουν από τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις, όπως το μέγεθος και η μακροσεισμική ένταση, οι αναλύσεις του αριθμού των παρατηρήσεων, η μεταβολή των παρατηρήσεων με την επικεντρική απόσταση, οι τοποθεσίες συλλογής πληροφοριών, οι τοποθεσίες με την μέγιστη παρατηρηθείσα ένταση για κάθε σεισμό, η μέγιστη μακροσεισμική ένταση που έχει παρατηρηθεί σε κάθε νομό, η ανάλυση του αριθμού των παρατηρήσεων σε κάθε σεισμοτεκτονική-γεωλογική-γεωγραφική ζώνη, την μακροσεισμική ιστορία ορισμένων ευπαθών πόλεων, τις μέγιστες παρατηρηθείσες εντάσεις για κάθε θέση παρατήρησης, και τέλος την ημερήσια και μηνιαία συχνότητα των γεγονότων.

Στο **Τέταρτο Κεφάλαιο** δίνονται **Συσχετίσεις Σεισμικών Παραμέτρων**. Αρχικά συσχετίζουμε το Σεισμικό Μέγεθος με την Επικεντρική Ένταση, που μπορεί να μας βοηθήσει στο να εκτιμήσουμε ποιο είναι το ελάχιστο Μέγεθος σεισμού για να εκδηλωθούν Μακροσεισμικά Αποτελέσματα συγκεκριμένης τιμής έντασης. Στη συνέχεια συσχετίζουμε το Σεισμικό Μέγεθος με την υποκεντρική απόσταση για κάθε μια μακροσεισμική ένταση. Αυτό μας επιτρέπει να μπορούμε να υπολογίζουμε το ελάχιστο και το μέγιστο όριο των υποκεντρικών αποστάσεων που η κάθε τιμή Μακροσεισμικής Έντασης μπορεί να εμφανίζεται. Η κατανομή της αθροιστικής συχνότητας της Μέγιστης Μακροσεισμικής Έντασης δύναται να μας δώσει εκτίμηση για τον ετήσιο αριθμό των σεισμών με μέγιστη ένταση I_0 ή μεγαλύτερη. Σε επόμενο

βήμα μπορούμε να υπολογίσουμε και την μέση περίοδο επανάληψης T_m σεισμών με Μέγιστη Ένταση I_0 ή μεγαλύτερη. Τέλος, υπολογίζουμε τις συντεταγμένες των Μακροσεισμικών Επικέντρων-Βαρυκέντρων των 130 σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013 με την χρήση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων. Αυτό συμβαίνει με τον υπολογισμό του αριθμητικού μέσου, του γεωμετρικού μέσου και του σταθμισμένου αριθμητικού μέσου αποκλειστικά της μέγιστης, της μέγιστης και της αμέσως επόμενης και της μέγιστης και των δυο αμέσως επόμενων μακροσεισμικών εντάσεων. Στην συνέχεια υπολογίζουμε την απόσταση μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου.

Το **Πέμπτο Κεφάλαιο** αναφέρεται στην εύρεση **Εξισώσεων Εξασθένησης για κάθε σεισμικό γεγονός** της περιόδου 1953-2013. Οι εξισώσεις αυτές δύνανται να μας δώσουν εκτίμηση για την κατανομή των βλαβών σε όλους τους σεισμούς, αλλά και σε παλαιότερους σεισμούς της ίδιας περιοχής.

Το **Έκτο Κεφάλαιο** είναι αφιερωμένο σε **Εξισώσεις Εξασθένησης για Σεισμικές Ακολουθίες**. Οι μετασεισμικές ακολουθίες εντοπίζονται στον ίδιο εστιακό χώρο και οι παράγοντες που εξασθενούν την Μακροσεισμική Ένταση παραμένουν ίδιοι. Στις μετασεισμικές ακολουθίες όμως μεταβάλλεται αρνητικά η τρωτότητα των συνοδών φυσικών γεωδυναμικών φαινομένων, του δομικού πλούτου της πληγείσας περιοχής, των ανθρώπων, της απόκρισης έκτακτης ανάγκης της πολιτείας, η οικονομική τρωτότητα της περιοχής και τέλος, η περιβαλλοντική τρωτότητα.

Το **Έβδομο Κεφάλαιο** αναφέρεται στις **Εξισώσεις Εξασθένησης για διαφορετικό βάθος υποκέντρου**, καθώς επεξεργαζόμαστε τα μακροσεισμικά αποτελέσματα ανάλογα με το εστιακό βάθος του κάθε σεισμού. Αρχικά για σεισμούς με βάθος ≤ 40 χλμ. και > 40 χλμ.. Στη συνέχεια επεξεργαζόμαστε τα δεδομένα των επιφανειακών σεισμών για κάθε μεταβολή εύρους 10 χλμ. του εστιακού βάθους.

Στο **Όγδοο Κεφάλαιο** επεξεργαζόμαστε τα μακροσεισμικά αποτελέσματα ανάλογα με τον διαμερισμό της Ελληνικής Επικράτειας σε ζώνες. Τα δεδομένα μοιράζονται στις ζώνες με δυο τρόπους, είτε επειδή το επίκεντρο των επιφανειακών σεισμών εντοπίζεται εντός της ζώνης, είτε επειδή η θέση παρατήρησης εντοπίζεται εντός της ζώνης.

Οι **Εξισώσεις Εξασθένησης για διαφορετικό εύρος Μεγέθους** μας απασχολεί στο **Ένατο Κεφάλαιο**. Ταξινομούνται τα μακροσεισμικά αποτελέσματα

σε ομάδες μεγεθών και στην συνέχεια προσπαθούμε να ερμηνεύσουμε τις εξισώσεις εξασθένησης που προκύπτουν. Μια δεύτερη παράμετρος που λαμβάνουμε υπόψη μας είναι το εστιακό βάθος μοιράζοντας τα δεδομένα μας σε ≤ 20 χλμ. και > 20 χλμ..

Τέλος, στο **Δέκατο Κεφάλαιο** υπολογίζουμε Εξισώσεις Εξασθένησης για σεισμούς ίδιας Επικεντρικής Έντασης.

Ακολουθούν τα **Συμπεράσματα** όπου περιγράφουμε τα κυριότερα σημεία που προκύπτουν από την επεξεργασία των μακροσεισμικών δεδομένων σε αυτή τη Μ.Δ.Ε..

Η **Βιβλιογραφία** που υπάρχει μας παρείχε τις επιστημονικές εργασίες για την σύνταξη της παρούσας Μ.Δ.Ε..

Τέλος, στο **Κεφάλαιο του Παραρτήματος** παρουσιάζονται οι περιγραφικοί ορισμοί των βλαβών των Μακροσεισμικών Κλιμάκων Rosi-Forel, Modified Mercalli, G.E.O.F.I.A.N., J.M.A., ενώ δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην κατάταξη αστοχιών στα κτίρια. Τέλος, δημοσιεύεται το ερωτηματολόγιο του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. που είναι αναρτημένο στη διαδικτυακή σελίδα του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου.

Abstract

The purpose of this Master of Science Thesis is to ***calculate Intensity Attenuation Laws in different points of view.***

First Chapter introduces us to the basic meanings of Macroseismology.

Chapter Two is speaking about Macroseismic Intensity, different Macroseismic Scales of the past and Attenuation Laws.

Chapter Three shows us the huge quantity of macroseismic information that the Institute of Geodynamics of the National Observatory of Athens collected the period 1953-2013.

In ***Chapter Four*** we try to correlate Seismic Parameters with data that stems from the Macroseismic Observations.

In ***Chapter Five*** we estimate attenuation laws of Intensity for each of 130 significant earthquakes located in area of Greece that there have been Macroseismic Observations from the N.O.A.-G.I. since 1953.

In ***Chapter Six*** we estimate attenuation laws of Intensity for 3 seismic sequences at Thessaloniki 1978, Magnesia 1980 and Ionian Islands 1983.

Hypocentral depth is the critical parameter for estimation of attenuation laws in ***Chapter Seven***.

In ***Chapter Eight*** we estimate attenuation laws for each of the 13 zones that we divide Greece and broader area around Greece. At the beginning we gather all the observations from earthquakes that occurred in every zone and estimate the attenuation law for each zone. After that, we gather all the observations from villages located in every zone and estimate the attenuation law for each zone.

Magnitude is the crucial parameter for estimation of attenuation laws in ***Chapter Nine***.

Finally, in ***Chapter Ten*** we estimate attenuation laws for earthquakes that have the same Macroseismic Intensity.

Bibliography shows some of the books and papers that were read before starting writing this thesis.

At the end, **Appendix** gives us information about the definition descriptions for many Macroseismic Scales that was used in the past.

Κεφάλαιο Πρώτο

1. Μακροσεισμολογία

A. Εισαγωγή

Η Μακροσεισμολογία αποτελεί το τμήμα της Σεισμολογίας που ασχολείται με την συλλογή, επεξεργασία και αξιοποίηση μη ενόργανων παρατηρήσεων μετά από ισχυρές κατά το πλείστον σεισμικές δονήσεις. Η Μακροσεισμολογία καταγράφει τις επιπτώσεις που επιφέρει ένας σεισμός στα έμβια όντα, στις τεχνικές κατασκευές, στο έδαφος, στο υγρό στοιχείο και στην ατμόσφαιρα.

B. Μακροσεισμικά Αποτελέσματα

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα αποτελούν τα επακόλουθα φαινόμενα που προκαλούνται από ισχυρές σεισμικές δονήσεις σε όλα τα επίπεδα του έμβιου και άψυχου κόσμου πάνω στον Πλανήτη Γη. Διακρίνονται στα **πρωταρχικά** που αποτελούν τις άμεσες συνέπειες των αιτίων στα οποία οφείλεται η γένεση των σεισμικών κυμάτων, και στα **επακόλουθα** τα οποία προκαλούνται από τα σεισμικά κύματα μικρής περιόδου που ασκούν επίδραση σε όλα τα αντικείμενα κατά την διέλευση τους από την μακροσεισμική περιοχή. Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα που μπορούμε να τα παρατηρήσουμε και σε ύστερο χρόνο μετά την γένεση του σεισμού ονομάζονται **μόνιμα** αποτελέσματα, ενώ όσα μπορούν να παρατηρηθούν μόνο κατά την διάρκεια της σεισμικής κίνησης ονομάζονται **παροδικά**.

I. Αποτελέσματα των σεισμών στη Γη

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα των σεισμικών δονήσεων στην επιφάνεια, αλλά και στο υπέδαφος της Γής είναι πολλαπλά, πολυσχιδή και σε πολλά επίπεδα.

Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αποτελέσματα που εντοπίζονται στο έδαφος, τις κτιριακές κατασκευές, τις υδάτινες μάζες της ξηράς, αλλά και της θάλασσας.

a. στο έδαφος

Σαν άμεσα επακόλουθο αποτέλεσμα μιας πολύ ισχυρής, σε μέγεθος και επιταχύνσεις, σεισμικής δόνησης είναι η εμφάνιση συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων τα οποία εκδηλώνονται ταυτόχρονα ή λίγο αργότερα από την σεισμική κίνηση. Φαινόμενα κατολίσθησης, καθίζησης και κατάπτωσης εδαφών και βράχων, μεταθέσεις ακτογραμμών, εμφάνιση διαρρήξεων καθώς επίσης και φαινόμενα ρευστοποίησης και ροών εδάφους κυρίως στην επικεντρική περιοχή ενεργοποιούνται από την σεισμική διέγερση που δίνει το έναυσμα.

i. Φαινόμενα Κατολίσθησης, Καθίζησης και Κατάπτωσης εδαφών και βράχων

Η ισχυρή σεισμική κίνηση και η αυξημένη μορφολογική κλίση πρανών ευνοούν την υπερνίκηση των εσωτερικών παθητικών δυνάμεων που αντιδρούν στην ολίσθηση με αποτέλεσμα την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων, φαινομένων καθίζησης και κατάπτωσης βράχων. Ιδιαίτερα οι κατολισθήσεις είναι πολύ πολύπλοκα φαινόμενα που μπορούν να γίνουν πολύ καταστροφικά εάν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας. Ως κατολισθητικά φαινόμενα θεωρούμε *“...την φυσική εξέλιξη ή την αντίδραση των γεωλογικών σχηματισμών να επανακτήσουν την ισορροπία που έχασαν, είτε λόγω του κύκλου εξέλιξης στη φύση, είτε λόγω ανθρώπινης παρέμβασης...”* (Παυλόπουλος, 2008).

Η πλειονότητα των κατολισθήσεων, καθιζήσεων και καταπτώσεων εκδηλώνονται χωρικά κυρίως στην επικεντρική περιοχή γεγονός που καταδεικνύει την άμεση συσχέτιση τους με την ενεργοποιημένη ρηξιγενή ζώνη. Μπορούν να εκδηλωθούν πληθώρα κατολισθήσεων και καθιζήσεων με μικρές επιφανειακές αλλά και ογκομετρικές διαστάσεις, αλλά και μικρότερος αριθμός με πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις όγκου αλλά και μετακίνησης στην κατακόρυφη συνιστώσα.

Δύνανται οι κύριες διευθύνσεις των ασταθών πρανών που εκδηλώνονται τα κατολισθητικά φαινόμενα να έχουν άμεση σχέση με την διεύθυνση των ιχνών μικρών

γεωλογικών ρηγμάτων και τεκτονικών ασυνεχειών της ενεργής ρηξιγενούς ζώνης που δραστηριοποιείται από την κύρια δόνηση ή από την μετασεισμική ακολουθία. Τα ρήγματα αυτά μπορούν να είναι εμφανή, ή κεκαλυμμένα μέσα σε ιζηματογενείς σχηματισμούς. Δύνανται όμως να υπάρξουν και κατολισθήσεις σε διαφορετικές διευθύνσεις προσανατολισμού του πρανούς κυρίως σε ασταθή πρνή του υδρογραφικού δικτύου της επιφανειακής απορροής.

Οι μορφολογικές κλίσεις των πρανών που ενεργοποιούν κατολισθητικά και φαινόμενα κατάπτωσης βράχων είναι γενικά υψηλής κλίσης. Η αυξημένη μορφολογική κλίση ενός πρανούς αυξάνει επίσης και τις διατμητικές τάσεις εντός των εδαφικών μαζών με συνέπεια την ευκολότερη μετακίνηση τους. Επίσης, οι κατολισθήσεις και οι καθιζήσεις εκδηλώνονται κυρίως σε ιζηματογενείς χαλαρούς σχηματισμούς, στον εδαφικό μανδύα, στο αποσαθρωμένο τμήμα των γεωλογικών σχηματισμών, σε αλλουβιακά ριπίδια καθώς επίσης και στον επιφανειακό μανδύα χαλαρών κορημάτων που επικάθονται στερεών πετρωμάτων. Σε βραχώδεις μάζες παρατηρούνται πολύ λίγα κατολισθητικά φαινόμενα με μικρές επιφανειακές και ογκομετρικές διαστάσεις και μόνο σε περιοχές όπου είναι πολύ έντονα διαρρηγμένες. Από την άλλη πλευρά όμως παρατηρούνται πληθώρα φαινομένων κατάπτωσης βράχων και ογκολίθων επικίνδυνων πάντα για την δημόσια ασφάλεια.

Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ποσότητα και την πυκνότητα κατολισθητικών και φαινομένων καθιζήσης είναι η επίδραση του ύψους των υπόγειων υδροφορέων αλλά και των βροχοπτώσεων. Η κατείσδυση του επιφανειακού νερού απορροής διαμέσου των διακλάσεων και των επιφανειακών διαρρήξεων εντός των αποσαθρωμένων πετρωμάτων παράγει τα σκληρά πετρώματα να είναι πιο ευάλωτα σε κατολισθητικά φαινόμενα. Ο Πίνακας 1-1 καταγράφει τις θέσεις που έχουν καταγραφεί φαινόμενα κατολισθήσεων και καταπτώσεων ογκολίθων από τους 130 επιφανειακούς σεισμούς για τους οποίους υπάρχουν Μακροσεισμικά Αποτελέσματα από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών την περίοδο 1953-2013 και θα περιγραφούν σε επόμενα Κεφάλαια με Εξιιώσεις Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης.

Πίνακας 1-1: Κατολισθήσεις και Καταπτώσεις βράχων που έχουν εκδηλωθεί στον Ελληνικό χώρο την περίοδο 1953-2013 από τους 130 σεισμούς που θα αναλυθούν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις τους. (Κουκουβέλας, και συν., 2010).

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I_0 σεισμού	Κατολισθηση	Καταπτώσεις Βράχων
1954	APR	30	6.4	9.5		Σοφάδες
1957	MAR	8	6.3	9.5	Βελεστίνο	
1959	MAY	14	5.8	8.5		Πιτσιδιά Κρήτης
1965	APR	5	5.6	10	Μεγαλόπολη	
1965	JUL	6	5.7	7.5	Ερατεινή	
1966	FEB	5	5.9	8	Κρεμαστά	
1967	MAY	1	5.9	9	Δροσοπηγή Άρτας	
1968	FEB	19	6.7	9	Άγιος Ευστράτιος	
1970	APR	8	5.3	7		Αντίκυρα Βοιωτίας
1975	DEC	31	5	9	Μακρινού Τριχωνίδας	
1981	FEB	24	6.3	9.5	Αλκυονίδες	
1988	OCT	16	5.5	8		Βαρθολομιά
1993	MAR	26	5	6.5	Πύργος	
1995	MAY	13	6.1	9.5	Κοζάνη-Γρεβενά	

ii. Ρευστοποιήσεις και ροές εδαφών

Πολύ χαρακτηριστικό συνοδό γεωδυναμικό φαινόμενο αποκλειστικά της επικεντρικής περιοχής είναι οι ρευστοποιήσεις εδαφών. Με έναυσμα την δυναμική διατμητική φόρτιση και τη σεισμική ταλάντωση από τις υψηλές επιταχύνσεις του κύριου σεισμικού γεγονότος, οι επιχωματωμένες περιοχές, τα αλλουβιακά και τα παράκτια ιζήματα χάνουν την διατμητική τους αντοχή, αλλοιώνεται η συνοχή του εδάφους, με αποτέλεσμα η στερεά φάση να μετατραπεί σε υγρή. Τελικό αποτέλεσμα είναι τα ιζήματα να αποκτήσουν σε μικρή πάροδο του χρόνου συμπεριφορά βαρέως υγρού. Ακολουθεί η κατακόρυφη διαφυγή νερού και υλικών από τα εδάφη με την δημιουργία στην επιφάνεια **κρατήρων άμμου**. Η διαφυγή νερού και άμμου μπορεί να

διαρκέσει ώρα μετά την έντονη σεισμική φόρτιση. Σαν αποτέλεσμα αυτής της βίαιης διαφυγής μπορούν να σχηματισθούν **ηφαίστεια άμμου** λόγω της ομοιότητας τους σε μικρή κλίμακα με τα ηφαίστεια εκροής λάβας.

Σημαντική παράμετρος αποτελεί η περιεκτικότητα των σχηματισμών σε νερό που μπορεί να προέρχεται από φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα ή από την εισροή του θαλασσινού νερού στην παράκτια ζώνη. Το ύψος του φρεάτιου ορίζοντα πρέπει να είναι μικρότερο των 10 μέτρων.

Περιοχές που παρατηρούνται υψηλές τιμές Μακροσεισμικής Έντασης και έχουν υψηλό επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα είναι επιρρεπείς σε φαινόμενα ρευστοποίησης. Σε αργιλικά πετρώματα που το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα είναι ρηχό η επίδραση σεισμικής δόνησης μεγάλης Έντασης οδηγεί σε αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων με συνέπεια την μείωση των γεωτεχνικών παραμέτρων του στρώματος και την εκδήλωση φαινομένων ρευστοποίησης. Είναι βέβαιο ότι σε θέσεις όπου το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα είναι πολύ ψηλά απαιτούνται πολύ προσεκτικές έρευνες για την ορθή αντιμετώπιση των καταστάσεων και την πιθανή λήψη μέτρων αποφυγής φαινομένων ρευστοποίησης.

Η ρευστοποίηση προκαλεί αξιοσημείωτες βλάβες άμεσα στις τεχνικές κατασκευές και στα υπόγεια ζωτικά δίκτυα των γραμμών ζωής και έμμεσα στην κατάκλιση περιοχών από ρευστοποιημένα υλικά που ανέρχονται στην επιφάνεια καθιστώντας την ομαλή πρόσβαση σε λιμενικές εγκαταστάσεις και την παράκτια ζώνη δύσκολη. Οι καταστροφές που προκαλούνται στις τεχνικές κατασκευές είναι πολύ έντονες και χρήζουν πάντοτε επιδιορθωτικών παρεμβάσεων.

Πολλαπλά φαινόμενα ρευστοποίησης στον Ελληνικό χώρο εντοπίζονται στις παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου και της δυτικής Ελλάδας, αλλά και σε πεδινές περιοχές με αβαθή φρεάτιο ορίζοντα και χαλαρά ιζήματα. Ο **Πίνακας 1-2** καταγράφει τις θέσεις που έχουν καταγραφεί φαινόμενα ρευστοποιήσεων από τους 130 επιφανειακούς σεισμούς για τους οποίους υπάρχουν Μακροσεισμικά Αποτελέσματα από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών την περίοδο 1953-2013.

Πίνακας 1-2: Ρευστοποιήσεις που έχουν εκδηλωθεί στον Ελληνικό χώρο την περίοδο 1953-2013 από τους 130 σεισμούς που θα αναλυθούν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις τους (Κουκουβέλας, και συν., 2010).

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I_0 σεισμού	Περιοχή Ρευστοποίησης
1954	APR	30	6.4	9.5	Βόλος
1965	JUL	6	5.7	7.5	Ερατεινή
1966	OCT	29	5.5	8	Αμφιλοχία
1975	DEC	31	5	9	Αιτωλία
1978	JUN	20	6.1	8.5	Λίμνη Βόλβη
1980	JUL	9	6.3	8.5	Νέα Αγχίαλος
1981	MAR	4	5.8	9.5	Καλαμάκι
1988	OCT	16	5.5	8	Δέλτα Πηνειού Πελοποννήσου, Κυλλήνη
1993	MAR	26	5	6.5	Περιοχή Πύργου Ηλείας
1993	JUL	14	5.1	7	Πάτρα
1995	MAY	13	6.1	9.5	Ρύμνιο, Πολύφυτος Κοζάνης
1995	JUN	15	5.6	8	Αίγιο
2008	JUN	8	6.5	8.5	Κάτω Αχαΐα, Νησί, Ξενιές

Αξιοσημείωτο είναι ότι φαινόμενα ρευστοποιήσεων και ροών υλικών σε μια σεισμογενή περιοχή για προγενέστερα ισχυρά σεισμικά γεγονότα μπορούν να ανακαλυφθούν μεταγενέστερα με την διάνοιξη παλαιοσεισμολογικών τάφρων. Επομένως, το ιστορικό φαινομένων ρευστοποίησης σε μια περιοχή υπάρχει, αλλά δυστυχώς δεν γίνονται έγκαιρα οι απαραίτητες έρευνες ώστε να εντοπιστεί η σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής και να υπολογιστεί η αυξημένη τρωτότητα των κατασκευών.

iii. Μεταθέσεις ακτογραμμών

Είναι συνηθισμένο το φαινόμενο να παρατηρούνται μεταθέσεις των ακτογραμμών μετά από ένα πολύ ισχυρό σεισμικό γεγονός. Άλλοτε υπάρχουν ανυψώσεις του ορίου της ακτογραμμής και άλλοτε παρατηρούνται καθοδικές κινήσεις που εντοπίζονται στην παράκτια ζώνη. Πάρα πολλές φορές επίσης λόγω υποχώρησης των αλλουβιακών σχηματισμών της παράκτιας ζώνης εκδηλώνονται αλλοιώσεις της ακτογραμμής και μετακινήσεις του ορίου της ξηράς με την θάλασσα.

Όλα αυτά τα συνοδά γεωδυναμικά φαινόμενα έχουν σαν συνέπεια την πιθανή καταστροφή των παράκτιων κατασκευών που επηρεάζονται από το όριο της θάλασσας με την ξηρά γεγονός που συμβάλει στην αυξημένη τρωτότητα των κατασκευών. Υπάρχουν πλέον **Δείκτες Παράκτιας Τρωτότητας** όπου συνυπολογίζοντας ένα πλήθος παραμέτρων, γεωλογικών, μορφολογικών, κλίσης, κυματισμού, παλίρροιας, ιστορικού επέλασης ή υποχώρησης της ακτογραμμής, κλιματικών υποθέσεων, που χαρακτηρίζουν την εκάστοτε περιοχή, αποφαινόμενοι για την δυνητική επικινδυνότητα που παρουσιάζει η παράκτια ζώνη σε μια συγκεκριμένη θέση.

iv. Εδαφικές διαρρήξεις

Συνηθισμένο επακόλουθο γεωδυναμικό φαινόμενο μιας ισχυρής σεισμικής δόνησης αποτελούν οι εδαφικές διαρρήξεις και οι ρωγμές του εδάφους. Οι εδαφικές διαρρήξεις εκδηλώνονται στην επιφάνεια του εδάφους σε ασύνδετους επιφανειακούς σχηματισμούς και οφείλονται κυρίως στην διαφορετική σεισμική απόκριση των χαλαρών επιφανειακών σχηματισμών. Έχουν πολύ μικρότερες διαστάσεις μήκους, πλάτους, βάθους από τις σεισμικές διαρρήξεις. Δεν υπερβαίνουν τα μερικά δεκάδες μέτρα σε μήκος, λίγα εκατοστά σε πλάτος και λίγα μέτρα σε βάθος, ενώ οι διευθύνσεις τους επηρεάζονται από την διεύθυνση της σεισμικής κίνησης αλλά και από τοπικούς μορφολογικούς παράγοντες της επιφάνειας του εδάφους.

Πολλές εδαφικές διαρρήξεις μπορούν να εκδηλωθούν στις κλιτύες του υδρογραφικού δικτύου της επικεντρικής περιοχής αλλά και στους επιφανειακούς αποσαθρωμένους ασύνδετους εδαφικούς ορίζοντες. Φαινόμενα εδαφικών διαρρήξεων μπορούν να εκδηλωθούν στην παράκτια ζώνη και τις ακτογραμμές σαν επακόλουθο φαινομένων ρευστοποίησης. Τέλος, η διάταξη των στρώσεων των λεπτομερών και αδρομερών φάσεων ενός αλλουβιακού σχηματισμού ευνοεί την δημιουργία επιπλέον εδαφικών διαρρήξεων.

b. στις τεχνικές κατασκευές

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα στις τεχνικές κατασκευές μετά από ένα ισχυρό σεισμό είναι πολλές φορές πολύ καταστροφικά. Η άκρατη αστικοποίηση έχει

δημιουργήσει ανεξέλεγκτα μεγαλουπόλεις χωρίς να λαμβάνει υπόψη της τον απαραίτητο πολεοδομικό σχεδιασμό και την καταλληλότητα των χώρων απέναντι σε φυσικές καταστροφές που αναπόφευκτα θα συμβούν κάποια στιγμή. Η υπέρμετρη και άνευ πολεοδομικού σχεδιασμού αστική εξάπλωση εμφανίζεται να είναι έμμεσα μια καταστροφική απειλή του ανθρώπινου πολιτισμού στο παρόν αλλά και πολύ περισσότερο στο μέλλον. Σε περιοχές του Δυτικού Κόσμου με μεγάλη οικονομική ανάπτυξη οι καταστροφές λαμβάνουν οικονομικό κυρίως χαρακτήρα με την καταστροφή των τεχνικών κατασκευών, ενώ αντίθετα στον Αναπτυσσόμενο και στον Υποανάπτυκτο Κόσμο ο απολογισμός των θυμάτων είναι πολύ μεγαλύτερος και κυριαρχεί στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα.

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα εντοπίζονται κυρίως στις κτιριακές κατασκευές, στις ξύλινες κατασκευές, στα κτίρια με ατσάλινο σκελετό, στις κατασκευές με σκυρόδεμα και με ενισχυμένο ατσάλινο οπλισμό, στα μη δομικά στοιχεία, στο συγκοινωνιακό δίκτυο, τα νοσοκομεία, τα δημόσια κτίρια, τις βιομηχανικές κατασκευές, τις λιμενικές εγκαταστάσεις, τα Μνημεία και Πολιτιστική Κληρονομιάς, τα Αεροδρόμια, τις Μονάδες Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων, τις Γραμμές Ζωής και τις πυρκαγιές.

i. Κτιριακές κατασκευές

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα που εμφανίζονται στις κτιριακές κατασκευές έχουν άμεση συνάρτηση με τον Αντισεισμικό Κανονισμό που έχουν δομηθεί. Στο μεγαλύτερο ποσοστό τους οι κατασκευές που έχουν δομηθεί με πρόσφατους Αντισεισμικούς Κανονισμούς συμπεριφέρονται πολύ καλύτερα από τις παλαιότερες κατασκευές στις οποίες παρατηρούνται πάρα πολλές αστοχίες και ολοκληρωτικές καταρρεύσεις. Ο πρωταρχικός στόχος της αποφυγής της έκτασης της καταστροφής και της αντισεισμικής θωράκισης του κτιριακού αποθέματος μιας σειсмоγενούς περιοχής πρέπει να είναι η ορθή αντισεισμική κατασκευή των κτιρίων ώστε να μην καταρρέουν. Αυτό το γεγονός θα μείωνε επακόλουθα τις ανθρώπινες απώλειες καθώς αν μειωθούν οι καταρρεύσεις θα μειωθούν σε μεγάλο ποσοστό και οι ανθρώπινες απώλειες. Επίσης οι μειωμένες καταρρεύσεις δεν θα επιτρέπουν εκτεταμένη επέκταση πυρκαγιών από την θραύση γραμμών ζωής όπως του ηλεκτρικού ρεύματος και της παροχής φυσικού αερίου.

Γενικά φαίνεται ότι στην επικεντρική περιοχή οι σημαντικότερες βλάβες παρουσιάζονται στα χαμηλά και μετρίου ύψους οικοδομήματα, ενώ όσο αυξάνεται η επικεντρική απόσταση οι βλάβες επικεντρώνονται στα υψηλότερα κτίρια. Αυτό οφείλεται στις ιδιοσυχνότητες των κτιρίων που συντονίζονται με τις ιδιοσυχνότητες των διαφορετικών φάσεων των σεισμικών κυμάτων και της μετάδοσης της σεισμικής ενέργειας.

Το έδαφος και το βάθος θεμελίωσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον περιορισμό των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων. Όσο πιο βαθιά έχει εδρασθεί μια κατασκευή, τόσο πιο μικρή τρωτότητα παρουσιάζει, ενώ επίσης όσο πιο βραχώδες είναι το γεωλογικό υπόβαθρο, συνήθως τόσο λιγότερη σεισμική φόρτιση δέχεται και επομένως παρουσιάζει μικρότερες βλάβες.

ii. Ξύλινες κατασκευές

Οι ξύλινες κατασκευές παρουσιάζουν διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά από τις υπόλοιπες κτιριακές κατασκευές. Η μικρή ιδιοσυχνότητα τους τις θέτει σε κίνδυνο σε μικρές επικεντρικές αποστάσεις. Είναι πιο ευπαθείς από τις κατασκευές με σκυρόδεμα, επομένως λιγότερο δομικά ασφαλείς. Από την άλλη όμως, η κατάρρευση τους πιθανά να μην αποφέρει παρόμοια θανατηφόρα αποτελέσματα στους ανθρώπους που βρίσκονται εντός τους. Οι ξύλινες κατασκευές παρουσιάζουν επίσης το μειονέκτημα της καύσης από πυρκαγιές που επακολουθούν σαν έμμεσες σεισμικές βλάβες ενός σεισμού.

iii. Κτίρια με ατσάλινο σκελετό

Τα κτίρια αυτά δύνανται να έχουν μεγάλο ύψος με ατσάλινο φέροντα σκελετό στήριξης που τους προσδίδει διαφορετικές ιδιοσυχνότητες ταλάντωσης. Οι μεταλλικές κατασκευές συμπεριφέρονται καλά σε σεισμικές φορτίσεις, αν και αυτά μπορούν να υποστούν βλάβες και κατασκευαστικές αστοχίες. Οι αστοχίες μπορούν να υποκρύπτονται από τα εξωτερικά δομικά στοιχεία, τις αντιπυρικές επενδύσεις και τα διακοσμητικά στοιχεία και υφέρπουν εντός μιας κατασκευής.

Δύνανται να παρουσιάσουν βλάβες στις βάσεις των ψηλών και στενών κτιρίων και ιδιαίτερα στους αρμούς σύνδεσης οι οποίοι δεν αντέχουν την μεγάλη

διαφοροποίηση στην αξονική ισορροπία του κτιρίου λόγω της ισχυρής σεισμικής επιτάχυνσης. Επίσης, μπορούν να εμφανίζουν βλάβες στις οξυγονοκολλήσεις των δοκών με τις κολώνες, γεγονός που μπορεί να υποκρύπτει κακής ποιότητας σχεδιασμός και εφαρμογή οξυγονοκολλήσεων. Τέλος, όσο μεγαλύτερης διατομής είναι ένα κτίριο με ατσάλινο σκελετό, τόσο μικρότερη τρωτότητα φαίνεται να έχει.

iv. Κατασκευές με σκυρόδεμα και με ενισχυμένο ατσάλινο οπλισμό

Οι κατασκευές με σκυρόδεμα και ενισχυμένο ατσάλινο οπλισμό μπορεί να υποστηρίξει ακόμα μεγαλύτερα ύψη κατασκευής. Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα του κτιριακού αποθέματος σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα μιας κατασκευής. Έτσι λοιπόν, αν εφαρμόζονται οι σύγχρονες μέθοδοι αντισεισμικής μηχανικής και σεισμικής απομόνωσης όπου η βάση των κτιρίων δομείται πάνω από ελαστική και ατσάλινη προστατευτική επικάλυψη, τότε η τρωτότητα των κτιρίων θα μειωθεί δραστικά. Οι μηχανισμοί σεισμικής απομόνωσης λειτουργούν σαν ελατήρια και απορροφητές της σεισμικής κίνησης μειώνοντας την εδαφική κίνηση που μεταφέρεται από το έδαφος στην ανωδομή. Τέλος, στα πολύ υψηλά κτίρια οι αποσβεστήρες κραδασμών τείνουν να επαναφέρουν το κτίριο στην αρχική κατάσταση ισορροπίας του με αποτέλεσμα να μειώνεται το πλάτος της ταλάντωσης του.

Σημαντικότατο ρόλο, λόγω του αυξημένου ύψους και βάρους της κατασκευής, παίζει και εδώ το βάθος θεμελίωσης και η ποιότητα του γεωλογικού υποβάθρου της έδρασης.

v. Μη δομικά στοιχεία

Τα μη δομικά στοιχεία ενός κτιρίου παθαίνουν πλήθος δευτερευόντων βλαβών μετά από ισχυρή σεισμική δόνηση. Μπορούν να συμβούν πολλαπλές καταρρεύσεις υαλοπινάκων εξαιτίας της παραμόρφωσης των μεταλλικών πλαισίων τους, αστοχίες στα διαχωριστικά παραπετάσματα εσωτερικών χώρων, στα μη δομικά διακοσμητικά στοιχεία, στις κατακόρυφες επιπλοσυνθέσεις. Είναι φανερό ότι ακόμα και αυτές οι μικρής κλίμακας καταστροφές είναι πολύ επικίνδυνες για την ανθρώπινη ασφάλεια για αυτό το λόγο θα πρέπει να λαμβάνονται πάντα τα απαραίτητα μέτρα προφύλαξης, ιδιαίτερα σε χώρους που συνωστίζονται πολλοί άνθρωποι. Ο καθένας

μας θα πρέπει να ασφαλίζει τα μη δομικά στοιχεία στον χώρο στον οποίο διαμένει, εργάζεται και κινείται.

vi. Συγκοινωνιακό Δίκτυο

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα του συγκοινωνιακού δικτύου μπορούν να πλήξουν καίρια την ζωή και κίνηση ανθρώπων και εμπορευμάτων μετά από μια ισχυρή σεισμική δόνηση. Το συγκοινωνιακό δίκτυο αποτελείται από το Οδικό Δίκτυο, το Σιδηροδρομικό Δίκτυο και το υπόγειο Μητροπολιτικό Δίκτυο.

Το Οδικό Δίκτυο μπορεί να αναφέρεται στο Δίκτυο Εθνικών Αυτοκινητοδρόμων, οπότε οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις είναι πολύ μεγάλες, αλλά και στο Δευτερεύον Οδικό Δίκτυο και το Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο. Οι καταρρεύσεις υπερυψωμένων αυτοκινητοδρόμων, γεφυρών αλλά και οι εδαφικές διαρρήξεις, οι κατολισθήσεις, οι καταπτώσεις βράχων και οι ρευστοποιήσεις μπορούν να παραλύσουν την ζωή σε μια περιοχή και να θέσουν πολλά προβλήματα στην τροφοδοσία και στην γρήγορη αποκατάσταση των πληγέντων.

Το Σιδηροδρομικό δίκτυο αντιμετωπίζει τα ίδια προβλήματα που αντιμετωπίζει και το Οδικό Δίκτυο. Οι καταστροφές των γεφυρών, των σιδηροτροχιών και των σταθμών αλλοιώνουν την αρμονική λειτουργία μιας ευρύτερης περιοχής.

Τέλος, πολύ σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα μεγάλων πόλεων παίζει το Υπόγειο Μητροπολιτικό Δίκτυο σταθερής τροχιάς. Οι υπόγειες σήραγγες, οι σιδηροτροχιές και οι σταθμοί επιβίβασης-αποβίβασης επιβατών μπορούν να πληγούν καίρια από μια ισχυρή σεισμική δόνηση, αν και σχεδιάζονται και κατασκευάζονται να αντέξουν σε υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης της βαρύτητας.

vii. Ιδιαίτερες κατασκευές

Υπάρχουν ιδιαίτερες κατασκευές που αν και θα έπρεπε να είναι σχεδιασμένες και να κατασκευάζονται με πολύ μεγαλύτερες αντισεισμικές αντοχές, εντούτοις τις περισσότερες φορές παθαίνουν ίδιας έκτασης και έντασης βλάβες όπως και τα υπόλοιπα κτίρια. Τα κτίρια αυτά πρέπει να κατασκευάζονται με ιδιαίτερη μέριμνα για την ασφάλεια του κοινωνικού συνόλου και θα πρέπει να παραμένουν λειτουργικά και

ασφαλή και μετά από μια ισχυρή σεισμική δόνηση. Τέτοια κτίρια είναι τα νοσοκομεία, τα δημόσια κτίρια, τα σχολικά κτίρια, οι Ιεροί Ναοί, οι βιομηχανικές κατασκευές, οι λιμενικές κατασκευές, τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς, τα αεροδρόμια, τα φράγματα και οι κατασκευές που υποστηρίζουν τις γραμμές ζωής, όπως είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, το πόσιμο νερό, το αποχετευτικό δίκτυο, οι τηλεπικοινωνίες και το φυσικό αέριο. Δυστυχώς, όσο πιο αστικοποιημένη και πιο εκβιομηχανισμένη είναι μια περιοχή, τόσο πιο πολύ εξαρτάται από την εύρυθμη λειτουργία των γραμμών ζωής που την περικυκλώνουν υπέργεια και υπόγεια με τις υποδομές των σωληνώσεων και των καλωδιώσεων.

viii. Πυρκαγιές

Μετά από ισχυρά σεισμικά γεγονότα είναι πολύ συνηθισμένο φαινόμενο η εκδήλωση αναφλέξεων και πυρκαγιών προκαλώντας έμμεσες σεισμικές βλάβες. Οι κυριότερες αιτίες είναι από εστίες που υπάρχουν πριν από το χρόνο γένεσης του σεισμού, από τη θραύση αγωγών φυσικού αερίου και πετρελαίου, από ηλεκτρικά βραχυκυκλώματα, από ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα, από συσκευές ανάφλεξης που χρησιμοποιούν ξύλο ή κάρβουνο, από ανάφλεξη επικίνδυνων υλικών αλλά και σημαντικό ποσοστό από άγνωστες αιτίες.

Έχουν αναφερθεί πολλά περιστατικά στο παρελθόν όπου οι πυρκαγιές έχουν προκαλέσει μεγαλύτερης έκτασης και έντασης μακροσεισμικά αποτελέσματα από τις άμεσες σεισμικές βλάβες. Ο **Σεισμός της 12^{ης} Αυγούστου 1953** που έπληξε τα Ιόνια Νησιά είχε Μακροσεισμικά Αποτελέσματα X Mercalli και οι πυρκαγιές που προκλήθηκαν κατέστρεψαν ολοκληρωτικά την πόλη της Ζακύνθου. Παλαιότερο γεγονός αναφέρεται χαρακτηριστικά ο θρυλικός **Σεισμός του Kanto το 1923** στην Ιαπωνία που κατέστρεψε ολοκληρωτικά το Tokyo. Οι 98 πυρκαγιές που ξέσπασαν μετά το σεισμό έκαψαν περίπου 366.000 σπίτια και ολοκλήρωσαν την καταστροφή. Αλλά και στο **Σεισμό του Kobe της Ιαπωνίας το 1995** οι εκατοντάδες πυρκαγιές που αναφλέγησαν τις πρώτες ώρες μετά το κύριο σεισμικό γεγονός, απανθράκωσε 504 ανθρώπους, το 70% των οποίων ήταν στο δυτικό μέρος της πόλης, 7.100 κτίρια καμένα σε μια έκταση 70 εκταρίων με συνολική καμένη έκταση το 1.000.000 τετραγωνικά μέτρα, από τα οποία το 50% ήταν στην συνοικία Nagata.

c. στο νερό της ξηράς

Η διέλευση των σεισμικών κυμάτων μέσα από υδάτινους όγκους της ξηράς προκαλεί *άμεσες* και *έμμεσες* μεταβολές. Οι άμεσες μεταβολές οφείλονται στην σεισμική ενέργεια που προκαλούν ταλαντώσεις στην επιφάνεια του υδάτινου όγκου, ενώ οι έμμεσες μεταβολές προκαλούνται δευτερογενώς από συνοδά γεωδυναμικά φαινόμενα παραμορφώσεων-διαρρήξεων-κατολισθήσεων στα πρηνή και τον πυθμένα των υδάτινων λεκανών.

Η κυριότερη άμεση επίπτωση από την διέλευση των σεισμικών κυμάτων μέσα από μεγάλους υδάτινους όγκους της ξηράς είναι η δημιουργία στάσιμων κυμάτων που θέτουν τον υδάτινο όγκο σε ελεύθερη ταλάντωση. Τα κύματα αυτά ονομάζονται *seiches* και διεγείρονται κυρίως από τα κύματα Rayleigh. Τα seiches μπορούν να ανακλώνται στην παράκτια ζώνη της υδάτινης λεκάνης και να επιστρέφουν πίσω ξανά και ξανά. Τέτοια φαινόμενα έχουν παρατηρηθεί στην Λίμνη της Γενεύης όπου τα κύματα αυτά είχαν περίοδο 72 λεπτών.

Πολύ συνηθισμένο φαινόμενο μετά από μια έντονη σεισμική δόνηση είναι η μεταβολή της παροχής του νερού των υπόγειων πηγών. Οι ζώνες διάρρηξης δρουν είτε ως ζώνες προνομιακής ροής του νερού, είτε ως στεγανά διαφράγματα ανάλογα με το υλικό πλήρωσης τους. Επομένως, όταν υπάρχει μια υπόγεια παραμόρφωση εντός της ρηξιγενούς ζώνης στην επικεντρική περιοχή, η πιεζομετρία της υδάτινης ροής δύναται να μεταβληθεί. Άλλες φορές δημιουργούνται επιφανειακές πηγές, ενώ άλλοτε στερεύουν ήδη υπάρχουσες υδάτινες πηγές εξαιτίας είτε της πλήρωσης της ζώνης ροής από αργιλικά υλικά, είτε της επαφής μη υδροπερατών σχηματισμών που φράζουν την ροή του υπόγειου νερού που οδεύει πλέον σε άλλες διεξόδους.

Τέλος, συνοδά γεωδυναμικά φαινόμενα που έχουν ήδη περιγραφεί μπορούν να φράξουν ή να διανοίξουν οδούς κυκλοφορίας του υπέργειου νερού, αλλοιώνοντας έτσι το υδάτινο περιβάλλον σε μια περιοχή. Έτσι λοιπόν, άλλες φορές από κατολισθήσεις φράσουν ροές ποταμών σχηματίζοντας λίμνες στα ανάντη, ενώ άλλες φορές αποξηραίνουν υδάτινες λεκάνες μέσω εδαφικών διαρρήξεων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η υπερμεγέθης *κατολίσθηση Hattian Bala* στο Muzaffarabad του Πακιστανικού Κασμίρ που ενεργοποιήθηκε από τον **Σεισμό της 8^{ης} Οκτωβρίου 2005 στο Πακιστάν** με μέγεθος 7,6 βαθμών της Κλίμακας Richter. Περίπου 80 εκ. κυβικά μέτρα υλικών ολίσθησαν για 1,5 χλμ. και

έφραξαν την ροή των υδάτων στους παραποτάμους Karli και Tang σχηματίζοντας δυο λεκάνες κατάκλισης όπισθεν των κατολισθέντων υλικών (βλέπε **Εικόνα 1-1**). Η κατολίσθηση έθαψε το χωριό Dandbeh με ανθρώπινες απώλειες περίπου 1.000 νεκρούς.



Εικόνα 1-1: Δορυφορική εικόνα από τον Quickbird II σε φυσικά χρώματα της 27^{ης} Οκτωβρίου 2005 της κατολίσθησης Hattian Bala (USGS).

d. στο νερό της θάλασσας

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα στο νερό της θάλασσας μπορούν να διακριθούν στα κύματα βαρύτητας κλειστού λιμένα και στους θαλάσσιους σεισμούς.

i. Κύματα βαρύτητας κλειστού λιμένα

Πολύ καταστροφικά Μακροσεισμικά Αποτελέσματα παράγουν τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας κλειστού λιμένα. Η ονομασία που έχει επικρατήσει παγκοσμίως μετά από ένα συνέδριο το 1963 προέρχεται από τις ιαπωνικές λέξεις “*tsu*” που σημαίνει λιμάνι και “*nami*” που σημαίνει κύμα ή θάλασσα. Τα tsunامي γεννώνται από υποθαλάσσιες απότομες παραμορφώσεις του πυθμένα μετά από ισχυρούς σεισμούς ή από υποθαλάσσιες κατολισθήσεις που δημιουργούν απότομη κατακόρυφη μετατόπιση της στήλης του θαλάσσιου νερού. Σπανιότερα γεννώνται από ηφαιστειακές υποθαλάσσιες εκρήξεις ή από σύγκρουση μετεωρίτη με την επιφάνεια της θάλασσας. Η γέννηση τους έχει σαν αποτέλεσμα την ώθηση τεράστιων

ποσοτήτων νερού που οδεύουν με πολύ μεγάλη ταχύτητα ως 800 χλμ/ώρα προς την ξηρά και με πολύ μεγάλο μήκος κύματος 200 χλμ., ενώ η περιοδικότητα τους μπορεί να ξεπεράσει τα 60 λεπτά. Μεταφέρουν τεράστιες μάζες νερού από το σημείο γέννησης τους προς όλες τις επιτρεπτές από τον αρχικό σχηματισμό του μετώπου κατευθύνσεις εντός της θάλασσας, ενώ η ενέργεια τους είναι πολύ μεγάλη. Το 95% της ενέργειας τους οφείλεται στη βαρύτητα και μόνο το 5% οφείλεται στη μικρή συμπίεση του νερού καθώς και στη συμπίεση και την διατμητική παραμόρφωση των πετρωμάτων του θαλάσσιου πυθμένα.

Στην ανοικτή θάλασσα με μεγάλο ύψος στήλης νερού είναι δύσκολο να γίνουν αντιληπτά, καθώς το ύψος τους δεν ξεπερνά το 1-2 μέτρα και προσπερνά σαν αστραπή όλα τα πλεούμενα. Στο τελευταίο όμως γιγάντιο tsunami του **Σεισμού Tohoku της 11^{ης} Μαρτίου 2011, M_w 9,0**, οι δορυφόροι από το διάστημα κατέγραψαν την κίνηση του στην ανοικτή θάλασσα σε μια πορεία εντυπωσιακή. Τρομακτικά πάντως είναι τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα τους στην παράκτια ζώνη, καθώς με την μείωση του βάθους της στήλης του νερού, αυξάνεται το ύψος του καθώς η ενέργεια που μεταφέρει με μικρή απώλεια για χιλιάδες χιλιόμετρα πρέπει να διοχετευθεί. Έτσι δύναται να πλημμυρίσουν τεράστιες παράκτιες εκτάσεις σε βάθος διείσδυσης πολλών χιλιομέτρων αν η επιφάνεια είναι επίπεδη, ενώ το ύψος του θαλάσσιου κύματος μπορεί να ξεπεράσει τα 15 μέτρα με το υψόμετρο διείσδυσης των πλημμυρικών ροών να υπερβαίνει τα 30 μέτρα.

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα των θαλασσίων κυμάτων βαρύτητας κλειστού λιμένα μελετώνται με ιδιαίτερες κλίμακες. Πρωτοπόρος ήταν ο **August Sieberg** όπου το 1927 δημιούργησε την πρώτη κλίμακα. Το 1962 ο διακεκριμένος Έλληνας σεισμολόγος **Νικόλαος Αμβράζης** τροποποίησε την παραπάνω κλίμακα. Ο Ιάπωνας επιστήμονας **Iida** χάρισε το όνομα του στην 5-βάθμιο κλίμακα Iida το 1970. Από τότε έχουν προταθεί και άλλες κλίμακες μέτρησης της Έντασης όπως αυτή των Imamura-Iida. Το 2001 οι **Gerassimos Papadopoulos** και **Fumihiko Imamura** παρουσίασαν μια η 12-βάθμια κλίμακα που βασίζεται στις επιπτώσεις των tsunami στους ανθρώπους, στις τεχνικές κατασκευές ή σε άλλα αντικείμενα, όπως μεγάλα και μικρά πλεούμενα.

Στον Ελληνικό χώρο παράκτιες περιοχές ευάλωτες σε καταστροφές από, όπως έχει διαπιστωθεί από γεγονότα του παρελθόντος, είναι οι Κυκλάδες, η Κρήτη, η Ρόδος, ο Κορινθιακός Κόλπος, η Χίος, οι νοτιοδυτικές ακτές της Πελοποννήσου, το

Βόρειο Αιγαίο, ο Παγασητικός Κόλπος και ο Μαλιακός Κόλπος (βλέπε **Πίνακας 1-3**).

Το πιο εντυπωσιακό γεγονός στον Ελληνικό χώρο είναι το tsunami που προκλήθηκε κοντά στην **Νήσο Αμοργό την 9^η Ιουλίου 1956 από το σεισμό $M_s 7,4$ R** που αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους σεισμούς που έχει καταγραφεί στην Ανατολική Μεσόγειο κατά την πρόσφατη περίοδο της ενόργανης σεισμολογίας. Διερράγη η υποθαλάσσια τάφρος μεταξύ της Σαντορίνης, της Αμοργού και της Αστυπάλαιας γεννώντας ένα πολύ ισχυρό και καταστρεπτικό θαλάσσιο κύμα που επηρέασε ολόκληρο το νότιο Αιγαίο Πέλαγος και εξαπλώθηκε μέχρι την ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα, την Σμύρνη και την Αλικαρνασσό αλλά και τις ακτές της Jaffa, του Ισραήλ και της Παλαιστίνης. Το ύψος του κύματος πλησίασε τα 30 μέτρα στην επικεντρική περιοχή, ενώ η βόρεια ακτή της Κρήτης επλήγη από κύμα ύψους 2 μέτρων. Το κύμα έγινε επίσης αισθητό στο Ναύπλιο, Εύβοια, Τήνο, Σύρο, Ανάφη, Πάτμο, Τήλο, Χάλκη και Ρόδο.

ii. Θαλάσσιοι σεισμοί

Οι θαλάσσιοι σεισμοί προέρχονται από υποθαλάσσιες ηφαιστειακές εκρήξεις ή υποθαλάσσια σεισμικά γεγονότα που γεννούν επιμήκη κύματα που διαδίδονται μέσα στον θαλάσσιο όγκο δημιουργώντας δονήσεις μικρής περιόδου. Γίνονται αισθητοί από τα πλεούμενα ως κατακόρυφες ωθήσεις, αφού η πρόσπτωση των στάσιμων κυμάτων στο θαλάσσιο πυθμένα δημιουργεί έντονη απόκλιση προς την κατακόρυφη διεύθυνση αφού η διάθλαση που υπόκεινται λόγω της μεγάλης διαφοράς ταχύτητα τους μεταξύ στερεού και υγρού είναι πολύ μεγάλου βαθμού.

II. Επίδραση των σεισμών στα έμβια όντα

Όλα τα έμβια όντα, νοήμονα ή μη, μπορούν να αισθανθούν την έλευση του σεισμικού κύματος, γεγονός που τα πανικοβάλλει και τους δημιουργεί έντονες συμπεριφορές φόβου, υπερδιέγερσης, που μπορεί να φθάσει στα όρια του πανικού. Έτσι λοιπόν και οι άνθρωποι και τα ζώα επηρεάζονται, γεγονός που καταγράφεται στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα ενός σεισμού.

Πίνακας 1-3: Γεγονότα tsunami που έχουν εκδηλωθεί στον Ελληνικό χώρο την περίοδο 1953-2013 από τους 130 σεισμούς που θα αναλυθούν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις τους (Papadopoulos, και συν., 2007), (Papadopoulos, 2000) .

Year	Month	Day	Region/Cause	Subregion			Short Description of Event			Maximum vertical tsunami Runup	Ambraseys 1962	Rel/Loomis-Murty	Revised
				Lat	Long	Reliability of the Location	Intensity in M.M.	M _s	Focal Depth				
1953	AUG	12	M1/Submarine Eq	Ionian Sea			Sea disturbance in Kefalonia				2	3	Y
				38,06'	20,36'	16	10+	7,2	shallow				
1955	APR	19	M1/Submarine Eq	Volos Gulf			Strong wave in Volos				3	3	Y
				39,22'	23,00	16	8+	6,2	shallow				
1956	JUL	9	M1/Submarine Eq	South Aegean Sea			Destructive large wave			1500	5	4/3	Y
				36,38'	25,58'	11	9	7,5	shallow				
1965	JUL	6	M1/Eq Landslide	West Corinth Gulf			Strong wave to Eratini			300	3	4	N
				38,16'	22,18'	5	8+	6,3	18				
1968	FEB	19	M1/Submarine Eq	North Aegean Sea			Sea wave in Lemnos			120	2	4	N
				39,30'	25,00'	11	9	7,1	7				
1978	JUN	20	M1/Eq associated	Ionian Sea & Adriatic Sea			Weak waves			45	1	4	Y
				40,37'	23,16'	5	8+	6,5	6				
1979	APR	15	M1/Submarine Eq	South Adriatic Sea			Destructive wave				4	4	Y
				41,58'	19,00'	11	9	7,1	4				
1981	FEB	24	M1/Submarine Eq	East Corinth Gulf			Weak wave			30	2	4	Y
				38,04'	23,00'	5	9	6,7	8				
1983	JAN	17	M1/Submarine Eq	Ionian Sea			Sea withdrawal in Kefalonia			50	2	3	Y
				38,06'	20,12'	11	6	7	8				
1983	AUG	6	M1/Submarine Eq	North Aegean Sea			Weak wave in Lemnos				2	2	Y
				40,00'	24,42'	11	6	6,8	9				
1995	JUN	15	M1/Submarine Eq	West Corinth Gulf			Sea wave in Eratini			100	3	4	Y
				38,22'	22,09'	3	8	6,1	26				

a. Στους ανθρώπους

Το μέγεθος που αφήνει ανεξίτηλο την σφραγίδα του σε μια καταστροφή είναι ο αριθμός των ανθρώπων που χάνουν την ζωή τους και των τραυματιών. Οι υλικές κατασκευές γρήγορα ανακατασκευάζονται, οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις αργά ή γρήγορα θα ομαλοποιηθούν, οι νεκροί όμως δεν επανέρχονται δυστυχώς στην ζωή, δεν λησμονούνται ποτέ, μνημονεύονται πάντοτε και στοιχειώνουν τελικά την καταστροφή.

Οι άνθρωποι μπορούν να αντιληφθούν την επερχόμενη σεισμική δόνηση όταν αυτή έχει τιμή σεισμικής επιτάχυνσης $> 1 \text{ cm/sec}^2$, δηλαδή περίπου το 1/10 της επιτάχυνσης της βαρύτητας (**Musson, et al.**). Δεν είναι καθόλου εύκολη η ποσοτική περιγραφή της επίδρασης ενός σεισμού πάνω στον άνθρωπο καθώς η αισθητότητα της δόνησης έχει να κάνει με το συχνοτικό της περιεχόμενο, την ανθρώπινη ευαισθησία και το ακουόγραμμα του. Πάρα πολλοί άνθρωποι πανικοβάλλονται την ώρα της σεισμικής δόνησης και οδηγούνται σε ακραίες αντιδράσεις πανικού όπως η πτώση από μπαλκόνια ή το τρέξιμο σε μη ασφαλή σημεία για να προφυλαχθούν. Οι οριζόντιες κινήσεις γίνονται ευκολότερα αισθητές από τους ανθρώπους, αν και στην επικεντρική περιοχή επικρατούν οι κατακόρυφες κινήσεις. Πολλές φορές, από τον φόβο τους οι άνθρωποι υπερβάλλουν στην αισθητότητα της διάρκειας της σεισμικής δόνησης. Η άφιξη των εγκαρσίων κυμάτων που ακολουθούν τα επιμήκη κύματα γίνονται περισσότερα αισθητά λόγω του μεγαλύτερου πλάτους τους. Η αίσθηση της δόνησης συνήθως διαρκεί μερικά δευτερόλεπτα αλλά αυτό εξαρτάται και από το μέγεθος του σεισμού, από την απόσταση του ανθρώπου παρατηρητή από το επίκεντρο και από την αισθητότητα ή μη των επιφανειακών κυμάτων που έπονται.

Εκτός από την αίσθηση της κίνησης του εδάφους, οι άνθρωποι αφουγκράζονται στα όρια του ακουογράμματος τους μια βοή να πηγάζει από το έδαφος. Αυτό οφείλεται στη κατακόρυφη, εξαιτίας της μεγάλης διαφοράς ταχύτητας όδευσης των σεισμικών κυμάτων στα δυο μέσα, διάθλαση μέρους της σεισμικής ενέργειας στην ατμόσφαιρα με την άφιξη των σεισμικών κυμάτων στην επαφή πετρώματος-ατμόσφαιρας. Η βοή, μπορεί να προηγείται ή να έπεται της αίσθησης της σεισμικής κίνησης, ανάλογα την απόσταση του ανθρώπου από το επίκεντρο του σεισμού. Το γεγονός αυτό συμβαίνει γιατί ενώ η σεισμική βοή δημιουργείται αρχικά

από τα **Κύματα P^1** , η αίσθηση της σεισμικής δόνησης γίνεται από τα **Κύματα S^2** που ακολουθούν.

i. Ανθρώπινα Θύματα

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα στους ανθρώπους εκτός από τις βοές, τον φόβο και τον πανικό, μπορούν να είναι θλιβερά και μακάβρια. Έτσι λοιπόν, μπορεί να υπάρχει διαφοροποίηση της ανθρώπινης θνησιμότητας ανάλογα το γενετικό φύλλο και την ηλικιακή κατανομή. Οι κυριότερες ομάδες αιτιών θανάτου σχετίζονται με την ασφυξία ή έντονη συμπίεση, με τον τραυματισμό της κεφαλής ή του αυχένα, με μώλωπες που όμως υποκρύπτουν σοβαρές βλάβες εσωτερικών οργάνων από αμβλύ τραύματα και τέλος, με άλλες αιτίες, όπως το **Σύνδρομο Συμπίεσης (Crush Syndrome)³**, την επιδείνωση των χρόνιων ασθενειών, φαινομένων μόλυνσης και την υποθερμία.

ii. Τραυματίες

Επώδυνος απολογισμός υπάρχει και στον αριθμό των τραυματιών. Όπως και με τους θανάτους, έτσι και εδώ υπάρχει διαφοροποίηση των πληγέντων ανάλογα το γενετικό φύλο και την ηλικία. Συνήθως τα θήλεα και οι ηλικιωμένοι είναι πιο ευάλωτοι από τους άρρενες και τους νέους. Οι κυριότερες αιτίες τραυματισμού μπορεί να είναι οι τραυματισμοί του κεφαλιού, του θώρακα και της κοιλίας, κατάγματα σπονδυλικής στήλης, αυχένα, θώρακα, οσφυϊκής μοίρας, πυέλου, άκρων, εγκαυματίες, το Σύνδρομο Σύνθλιψης, και τραυματισμοί μαλακών μορίων.

¹ **Κύματα Primary:** τα συμπιεστικά (διαμήκη) κύματα που είναι εναλλασσόμενες ωθήσεις διαστολής και συμπίεσης των μορίων και τα οποία κινούνται παράλληλα προς την διεύθυνση της διάδοσης μέσω οποιουδήποτε υλικού, ακόμα και εντός των υγρών.

² **Κύματα Secondary:** τα διατμητικά (εγκάρσια) κύματα που ωθούν τα μόρια της ύλης κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης των κυμάτων και τα οποία δεν μπορούν να διαδοθούν εντός των ρευστών (υγρών και αερίων).

³ **Crush Syndrome:** ονομάζεται επίσης και “**Σύνδρομο του Bywaters**” ή επίσης “**τραυματική ραβδομυόλυση**”. Το σύνδρομο ανακαλύφθηκε και οφείλει το όνομα του από τον Βρετανό ιατρό Eric Bywaters όπου το εντόπισε πάνω σε ασθενείς κατά την διάρκεια των σφοδρών βομβαρδισμών του Λονδίνου από τα γερμανικά αεροσκάφη κατά τη Μάχη της Αγγλίας το 1941. Το Σύνδρομο Συμπίεσης είναι μια πολύ κρίσιμη ιατρική κατάσταση η οποία χαρακτηρίζεται από ένα πολύ έντονο κλονισμό του ασθενούς με ρήξη του νεφρού που είναι το επακόλουθο ενός σοβαρού πολύωρου τραυματισμού από σύγκρουση στους σκελετικούς μύες.

b. Στα ζώα

Όπως και στους ανθρώπους, πολύ περισσότερο δε στα ζώα παρατηρούνται συμπεριφορές φόβου, υπερδιέγερσης και πανικού κατά την διάρκεια αλλά και πριν ενός ισχυρού σεισμικού γεγονότος. Αυτό συμβαίνει γιατί τα αισθητήρια όργανα της ακοής και της ανίχνευσης της κίνησης είναι πολύ περισσότερο οξυμένα στα ζώα. Οι αρχαίοι Ρωμαίοι είχαν παρατηρήσει ότι τα θαλασσοπούλια έπαυαν να πετούν, ενώ τα ερπετά και τα φίδια εγκατέλειπαν τις φωλιές τους πριν από ένα σεισμό.

Οι σκύλοι γαυγίζουν, οι γάτες νιαουρίζουν, οι κότες κακαρίζουν, τα πουλιά να απομακρύνονται μακριά, σύμφωνα με τους Ινδιάνους οι κροκόδειλοι βγάζουν παράξενες κραυγές, τα χρυσόψαρα κολυμπούν νευρικά, τα ερπετά ξυπνούν από την χειμερία νάρκη τους, άρνηση ζώων να μπουν στις φωλιές τους, τα άλογα αρνούνται να εισέλθουν στο στάβλο, τα ποντίκια να βγαίνουν από το έδαφος, πολλά ψάρια τραυματίζονται από ρήξη της νυκτικής τους κύστης από θαλάσσιους σεισμούς, ψάρια να μεταναστεύουν, τα αλιεύματα να μειώνονται όπως δηλώνουν οι ψαράδες είναι μερικά από τα αποτελέσματα που βιώνουν τα ζώα πριν, κατά και μετά την γένεση ενός σεισμού. Στην Ευρώπη δεν δίνεται μεγάλη βαρύτητα στην μελέτη τέτοιων συμπεριφορών, στην Ασία όμως, ιδιαίτερα στην Κίνα και την Ιαπωνία, χιλιάδες παρατηρητές καταγράφουν τις περίεργες συμπεριφορές των ζώων κάθε ημέρα σε πάρα πολλά σημεία, στους ζωολογικούς κήπους, στη φύση, στα χωριά.

III. Επίδραση των σεισμών στην ατμόσφαιρα

Τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα των σεισμών στην ατμόσφαιρα δεν είναι ευρέως μελετημένα, αλλά η επιστημονική κοινότητα οδεύει σιγά σιγά και προς αυτή την κατεύθυνση. Έτσι λοιπόν έχουν παρατηρηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία:

- Αύξηση της συγκέντρωση *ραδονίου στην ατμόσφαιρα* ($^{222}\text{Rn}^4$) εντός της επικεντρικής περιοχής μερικούς μήνες πριν την γένεση ενός μεγάλου σεισμού (*Yasuoka, et al., 2006*),
- Έντονες *Ηλεκτρομαγνητικές Ανωμαλίες* σε ορισμένα φάσματα συχνοτήτων των γεωμαγνητικών πεδίων, όπως στα φάσματα

⁴ ^{222}Rn : Υπάρχουν 39 γνωστά ισότοπα του Ραδονίου από το ^{193}Rn μέχρι το ^{231}Rn . Το πιο σταθερό είναι το ^{222}Rn με χρόνο ημισεικής ζωής τις 3.823 ημέρες.

συχνοτήτων ELF, VLF, LF, HF, VHF-FM. (Nagao, et al., 2002) ; (Molchanov, et al., 1998),

- Έντονες διακυμάνσεις αυξημένης τιμής και χωρικής κατανομής της συγκέντρωση του **μονοξειδίου του Αζώτου (NO)** πλησίον της επικεντρικής περιοχής λίγες ημέρες πριν (Matsuda, et al., 2001),
- Φωτεινά φαινόμενα **σεισμικών λάμψεων** λίγα δευτερόλεπτα πριν αλλά και συγχρόνως με την σεισμική διάρρηξη ενός ισχυρού σεισμού ακολουθώντας την τροχιά και την μετανάστευσης αυτής. Ιδιαίτερα στην Ιαπωνία, είναι πολύ συνηθισμένο το φαινόμενο να παρατηρούνται φωτεινά σφαιρικά αντικείμενα λίγο πριν από ένα ισχυρό σεισμικό γεγονός καθώς έχουν καταγραφεί πάνω από 2.000 μαρτυρίες για 65 ισχυρά σεισμικά γεγονότα (Musha, 1931; Musha, 1932). Πιθανά αυτές οι λάμπεις να οφείλονται σε πιεζοηλεκτρική ανάφλεξη αέριων υδρογονανθράκων που εκλύονται καθώς διευρύνονταν οι ρωγμές της διάρρηξης, ή σε πιεζοηλεκτρικά φαινόμενα με την απελευθέρωση των τάσεων στην εστιακή περιοχή.

IV. Επίδραση των σεισμών στην υπόγεια υδρόσφαιρα

Πιο διαδεδομένα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα αποτελούν η επίδραση των ισχυρών σεισμών στην υπόγεια υδρόσφαιρα. Έχουν παρατηρηθεί ευρέως και αποτελούν ερευνητικό ενδιαφέρον σε μεγάλο μέρος του επιστημονικού κόσμου:

- Ανωμαλίες στη συγκέντρωση **ραδονίου Rn** στα υπόγεια ύδατα που πιθανά να οφείλεται στη μεταβολή του ρυθμού εκφόρτισης των υπογείων υδάτων πριν και μετά τη κύρια σεισμική διάρρηξη με αλλοιώσεις των μικροδιαρρήξεων του υπεδάφικου υδροφορέα (Yasuoka, et al., 2006),
- Μεταβολές στην **υδροχημεία και την θερμοκρασία** των υπόγειων υδάτων όπως έχει παρατηρηθεί στις θερμές πηγές της Κυλλήνης πριν από το Σεισμό του Αιγίου την 15^η Ιουλίου 1996,

- Φαινόμενα έκλυσης *ραδιογενετικού Ήλιου (He^5)* από τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες ως αποτέλεσμα των μικροδιαρρήξεων των πετρωμάτων κατά την διάρκεια της έκλυσης της σεισμικής ενέργειας που οδηγεί σε μεταβολή του λόγου $^3He / ^4He$ στα υπόγεια ύδατα (*Sano, et al., 1998*).

⁵ **He** : Το Ήλιο είναι ένα χημικό στοιχείο του Περιοδικού Πίνακα με ατομικό αριθμό 2. Είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο και μη-τοξικό, μη ευπαθές, μονοατομικό αέριο που ηγείται τα Ευγενή Αέρια του Περιοδικού Πίνακα.

Κεφάλαιο Δεύτερο

2. Μακροσεισμική Ένταση

A. Εισαγωγή

Στη Σεισμολογία, όπως και στη Γεωλογία, λαμβάνοντας υπόψη την παράμετρο του χρόνου, μπορούμε να πούμε ότι το *“παρόν είναι το κλειδί για το παρελθόν”*. Με παρόμοιο τρόπο λοιπόν μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι μελλοντικές αναμενόμενες εδαφικές κινήσεις σε μια περιοχή θα έχει παρόμοιες ιδιότητες με αυτές που έγιναν στο παρελθόν σε μικρό όμως παράθυρο γεωλογικού χρόνου. Επομένως, αφού οι ενόργανες μετρήσεις στη Σεισμολογία έχουν ιστορία λιγότερη από 130 έτη, θα μπορούμε να προστρέχουμε στις βλάβες και τις επιπτώσεις παλαιότερων σεισμών για να εξαγάγουμε χρήσιμα και κρίσιμα συμπεράσματα για το παρελθόν.

Εξάλλου ακόμα και τώρα, οι ενόργανες μετρήσεις των σειсмоγράφων και των επιταχυνσιογράφων μπορούν να μετρήσουν στοιχεία για την συγκεκριμένη θέση εγκατάστασης τους, ενώ αντίθετα οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις ενός σεισμού μπορούν να δώσουν πληροφορίες σε πληθώρα θέσεων σε μια ευρύτερη περιοχή.

B. Μακροσεισμική Ένταση

Η Μακροσεισμική Ένταση αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο εκτίμησης της κλιμακωτής αισθητότητας-σφοδρότητας των εδαφικών κινήσεων ενός σεισμού σε μια περιοχή η οποία προκύπτει από την ορθή συλλογή, εκτίμηση και αξιολόγηση των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων του σεισμού. Η Μακροσεισμική Ένταση είναι μια εμπειρική ποσότητα κωδικοποίησης των βλαβών και της αισθητότητας του σεισμού σε κάθε μια συγκεκριμένη θέση.

Αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ της Μακροσεισμικής Έντασης και του Μικροσεισμικού Μεγέθους ενός σεισμού είναι ότι το *Μικροσεισμικό Μέγεθος* μετράει την ενέργεια που εκλύεται από την σεισμική πηγή και είναι ανεξάρτητο από την

τοποθεσία μέτρησης του, ενώ η **Μακροσεισμική Ένταση** μετράει τα αποτελέσματα του σεισμού και μπορεί να λαμβάνει διαφορετικές τιμές σε κάθε θέση μέτρησης.

Αρχικά, η τιμή της Μακροσεισμικής Έντασης ήταν ένας αραβικός αριθμός, αλλά στη δεκαετία του 1960 ο **Charles Richter** πρότεινε να χρησιμοποιούνται οι λατινικοί αριθμοί για να μην μην υπάρχει σύγχυση με τους αραβικούς αριθμούς του Μικροσεισμικού Μεγέθους που μόλις είχε εισάγει στη σεισμολογική κοινότητα.

C. Μακροσεισμικές Κλίμακες

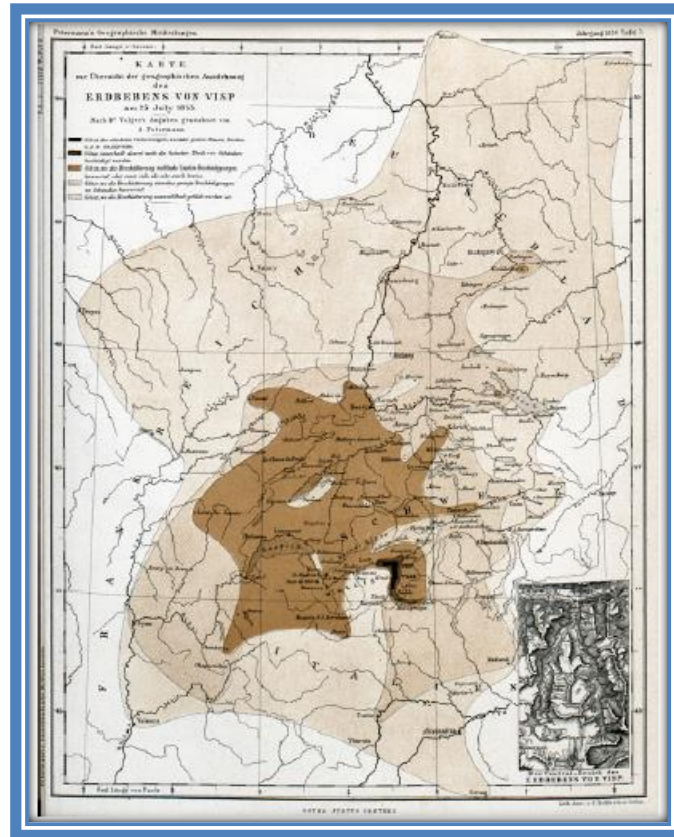
Οι κλίμακες μέτρησης των σεισμικών εντάσεων συνιστούν μια προσπάθεια ταξινόμησης των παρατηρούμενων αποτελεσμάτων των σεισμών με σκοπό την απεικόνιση της κατανομής τους στις διαστάσεις του χώρου και του χρόνου. Οι μικρές τιμές αναφέρονται σε ασθενή σεισμικά γεγονότα, οι μεσαίες τιμές περιλαμβάνουν γεγονότα που γίνονται αισθητά από τους ανθρώπους αλλά δεν προκαλούν μεγάλες βλάβες, οι υψηλές τιμές περιλαμβάνουν γεγονότα όπου δημιουργούνται σοβαρές βλάβες στο κτιριακό απόθεμα, ενώ τέλος οι υψηλότερες τιμές έχουμε εκτενείς καταστροφές του κτιριακού αποθέματος, τροποποιήσεις του αναγλύφου και μετακίνησης των υδρογραφικών συστημάτων (**Λέκκας, 2000**).

Οι πρώτες προσπάθειες να κατηγοριοποιηθούν οι βλάβες ενός σεισμού και να χαρτογραφηθούν οι βλαβείς περιοχές σε γεωγραφικούς χάρτες έγινε στα τέλη του 16^{ου} αρχές 17^{ου} αιώνα. Στους χάρτες αυτούς μπορούσε να διακριθεί το σχήμα και η έκταση της πιο έντονα πλειγής περιοχής, όπως είναι ο χάρτης του **Σεισμού της Nice του 1564** που κατασκευάστηκε από τον Magiol. (**Stucchi and Morelli, 1992**).

Αργότερα, οι βλάβες σε μια συγκεκριμένη περιοχή διακρινόταν σε πολλά διαφορετικά επίπεδα που παρείχαν την πιθανότητα να σχεδιαστούν καμπύλες ισοσειστών, όπως είναι ο χάρτης του **Σεισμού της Capitanata το 1627** από τον Matteo Greutter (βλέπε **De Poardi 1627**). Προσπάθειες ποσοτικοποίησης των βλαβών έγιναν και από τον Sciantarelli το 1783.

Στην αυγή του 18^{ου} αιώνα δημοσιεύτηκαν πολλοί χάρτες βλαβών επικεντρικών περιοχών, όπως του von Buch (1801) που κατέγραψε το **Σεισμό της Σικελίας του 1799**, ενώ αργότερα ο Egen (1828) και ο von Nöggerath (1847) δημιούργησαν πιο ολοκληρωμένους χάρτες. Οι χάρτες αυτοί προέρχονταν από τις

βλάβες ασθενών σεισμικών γεγονότων που όμως είχε χαραχθεί η θέση και το σχήμα πιο πλειόσειστης περιοχής συμπληρούμενη σε μερικές περιπτώσεις από μια γραμμή ορίων της αντίληψης του για τις βλάβες του σεισμού. Τέλος, μεγάλη πρόοδο στην αποτίμηση των μακροσεισμικών δεδομένων ενός σεισμού έγινε από τον Γερμανό μεταλλειολόγο και φυσιοδίφη G.H.O. Volger με τον συνεργάτη του χαρτογράφο A. Petermann που μελέτησαν τον **Σεισμό του Visp** της 25^{ης} Ιουλίου 1855 (Volger, 1856, 1857–8) (βλέπε **Εικόνα 2-1**).



Εικόνα 2-1: Ο χάρτης με την γεωγραφική αντίληψη των βλαβών του σεισμού της 25^{ης} Ιουλίου 1855 στο Visp από τον A. Peterman μετά από συλλογή δεδομένων από τον Volger. Οι ζώνες διαφορετικού επιπέδου σεισμικών βλαβών έχουν σχεδιασθεί με 5 τόνους του χρώματος καφέ, από τον εντονότερο τόνο στην επικεντρική περιοχή προς απαλότερους τόνους (Kozak, et al.).

Ο Ιταλός Michele Stefano De Rosi και ο Ελβετός Francois Forel προσπάθησαν πρώτοι να κατατάξουν τους σεισμούς βάσει των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων τους δημιουργώντας την 10-βάθμια **Κλίμακα Rosi-Forel** το 1878. Ο Ιταλός σεισμολόγος Mercalli αναθεώρησε την προηγούμενη κλίμακα το 1902, ενώ ο Cancani την επέκτεινε σε 12-βάθμια λαμβάνοντας πλέον το όνομα **Κλίμακα Mercalli- Cancani**. Ο Αμερικανός σεισμολόγος Sieberg το 1912 σε πρώτη έκδοση

και το 1923 σε δεύτερη έκδοση δημοσίευσε μια νέα τροποποιημένη έκδοση της προηγούμενης κλίμακας γνωστή ως **Κλίμακα Mercalli-Cancani-Sieberg (M.C.S.)**. Η κλίμακα αυτή απετέλεσε το θεμέλιο λίθο για όλες τις μετέπειτα 12-βάθμιες κλίμακες. Το 1931 οι Αμερικανοί σεισμολόγοι Wood και Newman τροποποίησαν την Κλίμακα Mercalli-Cancani-Sieberg ονομάζοντας την **Κλίμακα Modified Mercalli (M.M.)** η οποία χρησιμοποιείται ευρέως ακόμα και σήμερα στην Αμερική. Ο Αμερικανός σεισμολόγος Charles Richter τροποποίησε την Κλίμακα Modified Mercalli το 1956, αλλά απέφυγε να δώσει το όνομα του στη νέα κλίμακα για να μην προέλθει σύγχυση με την Κλίμακα Richter⁶ του Μικροσεισμικού Μεγέθους. Η Κλίμακα αυτή ονομάστηκε **Κλίμακα Mercalli 1956 (M.M.56)** και έχει χρησιμοποιηθεί με τοπικές τροποποιήσεις στην Ωκεανία. Στην Ρωσική Δημοκρατία χρησιμοποιόταν μέχρι πρόσφατα μια παραλλαγή της Κλίμακας Modified Mercalli που είναι γνωστή ως **Κλίμακα G.E.O.F.I.A.N.** από τα αρχικά Geophysical Institute of the Academy of Sciences. Οι Ρώσοι σεισμολόγοι Medvedev, Sponheuer και Karnik τροποποίησαν το 1964 την Κλίμακα G.E.O.F.I.A.N. και την ονόμασαν **Κλίμακα Medvedev-Sponheuer-Karnik (M.S.K.)**.

Η Ιαπωνία, η “*Χώρα του Ανατέλλοντος Ηλίου*”, έχει αναπτύξει μια ιδιαίτερη κλίμακα που χρησιμοποιείται μόνο στην επικράτεια της για την μέτρηση των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων που ονομάζεται **Κλίμακα J.M.A.** από τα αρχικά της Ιαπωνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Japanese Meteorological Agency). Η Ιαπωνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Japan Meteorological Agency) δημιούργησε το 1884 μια 4-βάθμια διαφορετική κλίμακα μέτρησης της Μακροσεισμικής Έντασης, την **M_{J.M.A.}**, η οποία αφού έχει περάσει διάφορα στάδια αναπροσαρμογής το 1898 και το 1908, είχε μια 7-βάθμια κατανομή το 1995. Μετά τον σεισμό του Kobe-Hanshin το 1995 αναπροσαρμόστηκε εκ νέου σε 10 επίπεδα. Μετράται σε μονάδες Shindo που περιγράφουν το βαθμό του τραντάγματος της δόνησης στο σημείο της επιφάνειας του εδάφους. Σαν αποτέλεσμα αυτού, η μέτρηση του σεισμού διαφοροποιείται από σημείο σε σημείο ([Wikipedia](#)). Η Κλίμακα M_{J.M.A.} έχει δεχθεί πάρα πολλές δυσμενείς κριτικές καθώς υπάρχει κορεσμός προς τους υψηλούς βαθμούς έντασης.

⁶ **Κλίμακα Richter:** Ο Αμερικανός σεισμολόγος Charles F. Richter (1900-1985) σε συνεργασία με τον Beno Gutenberg επινόησε το έτος 1935 την ομώνυμη κλίμακα Richter μέτρησης του μεγέθους των σεισμών. Η κλίμακα στηρίζεται επάνω σε καθαρά αντικειμενικά κριτήρια και πιο συγκεκριμένα σε μετρήσεις που γίνονται στις διακυμάνσεις της κίνησης που καταγράφονται στον σειсмоγράφο Wood-Anderson περιορίζοντας πολύ τα σφάλματα.

Οι χώρες που απαρτίζουν την Βαλκανική Χερσόνησο χρησιμοποιούσαν στο παρελθόν ανομοιόμορφες μεθόδους μέτρησης των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων. Στην προσπάθεια της η **UNESCO** για την σύνταξη ενός πλήρους και ομοιογενούς καταλόγου σεισμών και μακροσεισμικών αποτελεσμάτων της Βαλκανικής Χερσονήσου, δημιουργήθηκε και εφαρμόστηκε μια ενιαία κλίμακα που θα είχε την καλύτερη εφαρμογή με βάση της τοπικές παραμέτρους αλλά και τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες της ευρύτερης περιοχής της Βαλκανικής. Έτσι λοιπόν, το 1964 εισήχθηκε η Κλίμακα Medvedev-Sponheuer-Karnik (M.S.K.-64) η οποία από το 1974 υιοθετήθηκε και εφαρμόστηκε και στην Ελλάδα αντικαθιστώντας την Κλίμακα Modified Mercalli (MM) που εφαρμοζόταν μέχρι εκείνη την εποχή. Ο παρακάτω **Πίνακας 2-1** συσχετίζει τις τιμές των εντάσεων για τις Κλίμακες Μακροσεισμικής Έντασης M.S.K.-64/M.M./R.F./J.M.A. . Από την σύγκριση φαίνονται οι μεγάλες διαφορές που υπάρχουν μεταξύ της 7-βάθμιας, της 10-βάθμιας, ενώ οι δυο 12-βάθμιες κλίμακες παρουσιάζουν ομοιότητες με την διαφορά ότι η Κλίμακα M.M. είναι υποεκτιμημένη στις τιμές έντασης σε σχέση με την Κλίμακα M.S.K.-64.

Πίνακας 2-1: Συσχέτιση των Κλιμάκων Μακροσεισμικής Έντασης M.S.K.-64/M.M./R.F./J.M.A.. (Τσελέντης, 1997).

Κλίμακα	Βαθμοί Έντασης											
Medvedev – Sponheuer – Karnik <i>M.S.K. – 64, 1964</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Modified Mercalli <i>M.M., 1931</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rosi – Forel <i>R.F., 1878</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Japanese Meteorological Agency <i>J.M.A., 1995</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Είναι εύλογο το ερώτημα γιατί δεν σχεδιάζεται και δεν εφαρμόζεται μια κοινή παγκόσμια κλίμακα μακροσεισμικών εντάσεων. Η απάντηση είναι ότι όπως και στους

αντισεισμικούς κανονισμούς, κάθε περιοχή έχει τις γεωλογικές, σεισμοτεκτονικές, κατασκευαστικές, μηχανικές ιδιαιτερότητες της, γεγονός που δυσχαιρένει πάρα πολύ μια κοινή συνισταμένη μετρήσεων. Το δομημένο περιβάλλον διαφέρει από μια περιοχή σε μια άλλη περιοχή της Γης, ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλεται συνεχώς μέσα στο πέρασμα του χρόνου.

D. Η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (E.M.S.)

Στην Ευρώπη το 1988 ξεκίνησαν προσπάθειες από την Ευρωπαϊκή Σεισμολογική Επιτροπή για την δημιουργία μιας νέας κλίμακας πιο σύγχρονης, βελτιωμένης σε σχέση με την εφαρμοζόμενη Κλίμακα M.S.K.-64. Η νέα κλίμακα που δημιουργήθηκε από μια διεθνή ομάδα εργασίας υπό την επιστημονική ευθύνη του Gruenthal από το Ινστιτούτο GFZ του Potsdam είναι συμβατή με την προκάτοχο της, αλλά η οργάνωση της είναι διαφορετική. Το όνομα αυτής, Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα, **European Macroseismic Scale (E.M.S.)** και προτάθηκε το 1992 από την XXIII Γενική Συνέλευση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής European Seismological Commission (ESC). Αρχικά υπήρξε μια ταυτόχρονη χρήση της με τις ήδη προϋπάρχουσες για χρονικό διάστημα 3 ετών. Ο Πίνακας 2-2 περιγράφει τα μακροσεισμικά αποτελέσματα του ορισμού της Κλίμακας E.M.S..

Πίνακας 2-2: Η περιγραφή των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων του ορισμού της Ευρωπαϊκής Μακροσεισμικής Κλίμακα E.M.S. (Τσελέντης, 1997).

Ένταση	Περιγραφή Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων
I, Μη Αισθητός	Δεν είναι αντιληπτός από τους ανθρώπους, δεν έχει επίδραση στα κτίρια και δεν υπάρχουν καταστροφές.
II, Ελαφρά Αισθητός	Είναι αισθητός από λίγους (λιγότερο από 1%) ανθρώπους και ιδιαίτερα από αυτούς που είναι στο σπίτι, δεν έχει επίδραση στα κτίρια και δεν υπάρχουν καταστροφές.
III, Ασθενής	Είναι αισθητός από πολλούς ανθρώπους που είναι στο σπίτι τους οι οποίοι αισθάνονται μια ταλάντωση, ή βλέπουν τη λάμπα να κουνιέται ή κάποια αντικείμενα που υπάρχουν στο σπίτι αρχίζουν να κουνιούνται, ενώ δεν υπάρχουν καταστροφές στα κτίρια.
IV, Ευρέως Παρατηρητός	Ο σεισμός είναι αισθητός από πολλούς ανθρώπους που μένουν στο σπίτι και από μερικούς που βρίσκονται έξω από το σπίτι. Η ταλάντωση δεν είναι υπερβολική και δεν προκαλεί φόβο στους ανθρώπους. Οι παρατηρητές βλέπουν να κινούνται ελαφρά

	αντικείμενα, ενώ τα παράθυρα και οι πόρτες τρίζουν. Αντικείμενα που κρέμονται στους τοίχους ταλαντεύονται και τα ελαφρά έπιπλα μετακινούνται. Σε ξύλινες κατασκευές μπορεί να υπάρξουν ρωγμές, ενώ δεν υπάρχουν καταστροφές στα κτίρια.
V, Αισθητός	Ο σεισμός είναι αισθητός πολύ από τους ανθρώπους που βρίσκονται μέσα στο σπίτι και από αρκετούς που εκείνη την στιγμή βρίσκονται έξω. Αρκετοί άνθρωποι φοβούνται και βγαίνουν έξω από το σπίτι τους. Κάποιοι άνθρωποι που κοιμούνται ξυπνούν. Οι παρατηρητές αισθάνονται μια δυνατή ταλάντωση όλου του κτιρίου, τα αντικείμενα που κρέμονται κλονίζονται σε σημαντικό βαθμό. Μικρά αντικείμενα που πριν ήταν στηριγμένα κάπου αρχίζουν να πέφτουν. Πόρτες και παράθυρα ανοίγουν και κλείνουν. Υγρά χύνονται από τα δοχεία. Ζώα που είναι κλεισμένα κάπου παθαίνουν ζημιές πρώτου βαθμού.
VI, Ελαφρά Καταστροφικός	Γίνεται αισθητός από πολλούς ανθρώπους που βρίσκονται μέσα στο σπίτι και από πολλούς που βρίσκονται έξω. Μερικοί χάνουν την ισορροπία τους και πολλοί από αυτούς προσπαθούν να βγουν έξω από το σπίτι. Έπιπλα μπορούν να μετακινηθούν και μικρά αντικείμενα μπορούν να πέσουν. Σε μικρές αποστάσεις πιάτα και ποτήρια σπάζουν. Ζώα σε φάρμες και έξω μπορούν να φοβηθούν. Δημιουργούνται καταστροφές πρώτου βαθμού σε αρκετά κτίρια και μερικά υφίστανται καταστροφές βαθμού 2.
VII, Καταστροφικός	Πολλοί άνθρωποι είναι φοβισμένοι και προσπαθούν να βγουν από τα σπίτια τους. Δύσκολο είναι για πολλούς που βρίσκονται σε υψηλούς ορόφους να μείνουν εκεί, ενώ έπιπλα μετακινούνται καθώς και βαριά έπιπλα μπορεί να ανατραπούν. Αντικείμενα πέφτουν σε μεγάλο βαθμό από τα ράφια. Το νερό εξέρχεται από δοχεία, δεξαμενές, πισίνες. Πολλά κτίρια με τρωτότητα τάξης B και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2 ενώ κτίρια τάξης A και λίγα τάξης B υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3. Λίγα κτίρια τάξης A υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Η καταστροφή είναι εμφανής στα ανώτερα τμήματα των κτιρίων.
VIII, Βαριά Καταστροφικός	Πολλοί άνθρωποι είναι δύσκολο να σταθούν ακόμα και έξω, τα έπιπλα ανατρέπονται. Αντικείμενα όπως τηλεοράσεις και γραφομηχανές πέφτουν στο έδαφος. Ταφόπετρες σε μερικές περιπτώσεις μετατοπίζονται ή ανατρέπονται. Ρευστοποιήσεις πραγματοποιούνται σε μαλακά εδάφη. Πολλά κτίρια τρωτοσιμότητας τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2. Πολλά κτίρια τάξης B και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3. Αρκετά κτίρια τάξης A και λίγα τάξης B υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4, λίγα κτίρια τάξης A υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5 και λίγα κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2.

IX, Συντριπτικός	Γενικός πανικός. Άνθρωποι πέφτουν στο έδαφος ενώ πολλά μνημεία και κολώνες πέφτουν ή ανατρέπονται. Ρευστοποιήσεις παρατηρούνται σε μαλακά εδάφη. Πολλά κτίρια τρωτοσιμότητας τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3. Πολλά κτίρια τάξης Β και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Πολλά κτίρια τάξης Α και λίγα τάξης Β υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5, πολλά κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3 και λίγα κτίρια τάξης Ε υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2.
X, Πολύ Συντριπτικός	Πολλά κτίρια τρωτοσιμότητας τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Αρκετά κτίρια τάξης Β και λίγα τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5. Αυτό παθαίνουν επίσης και πολλά κτίρια τάξης Α. Πολλά κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3 και λίγα βαθμού 4. Πολλά κτίρια τάξης Ε υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 2.
XI, Καταστρεπτικός	Αρκετά κτίρια με τρωτοσιμότητα της τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4. Μερικά κτίρια Β και πολλά τάξης Γ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5. Πολλά κτίρια τάξης Δ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 4 και λίγα υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 5. Αρκετά κτίρια τάξης Ε υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού 3 και λίγα 4. Πολλά κτίρια τάξης Ζ υπόκεινται σε καταστροφές βαθμού Ζ και λίγα βαθμού 3.
XII, Ολοκληρωτικά Καταστρεπτικός	Πρακτικά όλα τα οικοδομήματα πάνω και κάτω από το έδαφος καταστρέφονται.

Η Κλίμακα E.M.S. εισάγει την έννοια της τρωτότητας σε 6 κατηγορίες τρωτότητας στην εκτίμηση των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων, δηλαδή το κατά πόσο είναι ευάλωτο το κτιριακό απόθεμα, ο δομικός πλούτος, η επιφάνεια του εδάφους, οι ανθρώπινες κοινωνίες, το περιβάλλον, οι οικονομίες από μια ισχυρή σεισμική δόνηση και κατεπέκταση μια φυσική καταστροφή. Είναι ανανεωμένη στις σύγχρονες μεθόδους κατασκευής κτιρίων, ενώ οι βλάβες χωρίζονται σε δομικές και μη-δομικές, με διαφορετικές μορφές βλάβης να ορίζονται για κτίρια διαφορετικών τύπων ανάλογα την κατασκευής τους.

Ο Πίνακας 2-3 συγκρίνει τις παλαιότερες κλίμακες με την Κλίμακα E.M.S. ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση Μακροσεισμικών Έντάσεων από παλαιότερες κλίμακες αλλά και από κλίμακες εφαρμοζόμενες σε διαφορετικές περιοχές (Musson, et al., 2009).

Πίνακας 2-3: Πίνακας μετατροπής προηγούμενων μακροσεισμικών κλιμάκων με την Κλίμακα E.M.S.-98 (Musson, et al., 2009).

R.F.	E.M.S.- 98	M.C.S.	E.M.S.- 98	M.M.-56	E.M.S.- 98	M.S.K.	E.M.S.- 98	J.M.A.-96	E.M.S.- 98
								0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2 ή 3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
3	3	3	3	3	3	3	3	3	4 ή 5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5L	6
6	5	6	6	6	6	6	6	5U	7
7	6	7	7	7	7	7	7	6L	8
8	7 ή 8	8	8	8	8	8	8	6U	9 ή 10
9	9	9	9	9	9	9	9	7	11
10	_a	10	10	10	10	10	10		
		11	11	11	_a	11	11		
		12	_a	12	_a	12	_a		

Ε. Ισόσειστες καμπύλες

Οι **ισόσειστες καμπύλες** είναι ο γεωμετρικός τύπος των σημείων στην επιφάνεια του εδάφους που διαχωρίζουν περιοχές ίδιας Μακροσεισμικής Έντασης. Αρχικά θα πρέπει να έχουν συλλεγεί τα μακροσεισμικά δεδομένα, να βαθμονομηθούν με την χρήση μιας μακροσεισμικής κλίμακας και να χαρτογραφηθούν ως Μακροσεισμικά Αποτελέσματα παρουσιάζοντας την επίδραση της σεισμικής κίνησης στη Γη.

Οι ισόσειστες καμπύλες, αν η σεισμική ενέργεια διαχεόταν ομοιόμορφα σε ένα ομοιογενή φλοιό χωρίς φαινόμενα εξασθένησης και απόσβεσης της ενέργειας, θα είχαν κυκλικό σχήμα. Εντούτοις όμως εξαιτίας πολλών παραγόντων που θα περιγραφούν παρακάτω, οι ισόσειστες καμπύλες λαμβάνουν πολλές φορές ακανόνιστα σχήματα, και όχι μόνο κυκλικά ή ελλειψοειδή. Η πληθώρα Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων προσδίδει δυσκολία στην κατασκευή των

ισόσειστων καμπυλών, αλλά όμως παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια εκτίμησης των βλαβών. Αντίθετα, σε περιοχές που δεν έχουμε μακροσεισμικά δεδομένα, όπως συμβαίνει στη θάλασσα, είναι παρακινδυνευμένο εξαιτίας της υποκειμενικότητας του μελετητή να προεκτείνουμε τις χερσαίες ισόσειστες καμπύλες μέσα στην θάλασσα.

Οι γεωλογικές συνθήκες της θέσεως μέτρησης και οι γεωτεκτονικές συνθήκες του υποβάθρου επηρεάζουν πολύ την χάραξη των ισοσειστων καμπυλών. Από τον Νόμο της Ομοιότητας της Σεισμικής Ενέργειας, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι σε μια συγκεκριμένη περιοχή μελέτης οι σεισμικές εντάσεις θα κατανέμονται στην περιοχή κατά τον ίδιο περίπου τρόπο ανεξάρτητα από τη θέση της εστίας του σεισμού. Επομένως, με την παραγωγή ισοσειστων καμπυλών από πρόσφατη σεισμική δραστηριότητα σε μια περιοχή, μπορούμε με επιφύλαξη πάντα να ανασχεδιάσουμε ελλιπή δεδομένα και χάρτες βλαβών από ατελείς χάρτες ισοσειστων παλαιότερων σεισμών.

Η γεωγραφική περιοχή η οποία περικλείεται από την ισόσειστο καμπύλη της μέγιστης Μακροσεισμικής Έντασης ονομάζεται **πλειόσειστος περιοχή**, ενώ η Μακροσεισμική Ένταση που χαρακτηρίζει αυτή την περιοχή ονομάζεται **Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση I_0 ή Επικεντρική Ένταση**. Αν τα δεδομένα μας δεν είναι πλήρη για την πλειόσειστο περιοχή, όπως συμβαίνει για την θάλασσα, τότε η μέγιστη παρατηρούμενη τιμή Μακροσεισμικής Έντασης στη περιοχή μελέτης καλείται **I_{max}** .

Η επιφάνεια που χαρακτηρίζει την μικρότερη τιμή έντασης ονομάζεται **Μακροσεισμική Επιφάνεια**, και εξαρτάται από το υποκειμενικό όριο αισθητότητας του σεισμού. Στην Ελλάδα, η Μακροσεισμική Επιφάνεια αντιστοιχεί στην τιμή Μακροσεισμικής Έντασης $\geq III$, καθώς κάτω από αυτή την τιμή θεωρείται ότι δεν υπάρχουν ρεαλιστικές τιμές εντάσεων.

F. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η Μακροσεισμική Ένταση

Η Μακροσεισμική Ένταση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και δεν καθορίζεται μονοσήμαντα από το Μέγεθος του σεισμικού γεγονότος. Είναι σαφές ότι υπάρχουν παράμετροι που καθορίζουν την γένεση, την διαδρομή και την κατάληξη των σεισμικών κυμάτων που μεταφέρουν την σεισμική ενέργεια για να πλήξουν μια περιοχή. Επομένως, η Μακροσεισμική Ένταση θα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά

της σεισμικής εστίας, από τη διαδρομή και το μέσο διάδοσης και τις τοπικές γεωλογικές συνθήκες της πληγείσας περιοχής.

I. Από τα χαρακτηριστικά της σεισμικής εστίας

Η γένεση της σεισμικής διέγερσης διαμέσω της θραύσης μιας ρηξιγενούς ζώνης μεταφέρει την απαραίτητη ενέργεια για την δημιουργία ενός σεισμού. Τα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά** και το **είδος της διάρρηξης**, που εκφράζονται από το **μηχανισμό γένεσης**, καθώς επίσης και η **ταχύτητα διάρρηξης**, ο **αριθμός επακόλουθων επεισοδίων θραύσης** προς μια διεύθυνση της ρηξιγενούς ζώνης και η **φορά διάρρηξης** καθορίζουν την μετανάστευση της σεισμικής ενέργειας. Αυτό το γεγονός καθορίζει τον τρόπο, την απόσταση, την έκταση, την αζιμουθιακή κατανομή των πλατών κύμανσης των σεισμικών κυμάτων που επελαύνουν μέσα στο φλοιό της γης. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα διάρρηξης τόσο πιο ομοιόμορφα κατανέμεται η ενέργεια στο περιβάλλον και επομένως και τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα.

Σημαντική παράμετρος είναι και το βάθος της σεισμικής εστίας, καθώς το μικρό εστιακό βάθος δημιουργεί γρήγορη μεταβολή της Μακροσεισμικής Έντασης και πυκνωση των γραμμών ίσης έντασης, που καλούνται **ισόσειστες** σε σχήματα ωοειδή ή ελλειπτικά ανάλογα και άλλους παράγοντες. Αντίθετα, το μεγάλο εστιακό βάθος δημιουργεί μεγαλύτερη ομοιομορφία κατανομής της ενέργειας στην επιφάνεια της γης, με αποτέλεσμα πιο ωοειδής μορφή κατανομής των βλαβών που οδηγεί σε πιο συμμετρική μορφή ισοσειστών καμπυλών.

II. Από το μέσο διάδοσης

Η διαδρομή των σεισμικών κυμάτων μέσα από το γήινο φλοιό και το μέσο διάδοσης επηρεάζουν το ποσό της σεισμικής ενέργειας που θα φθάσει από την σεισμική εστία μέχρι το γεωλογικό υπόβαθρο της πλειγήςας περιοχής. Όσο αυξάνεται η υποκεντρική απόσταση τόσο ελλατώνεται το πλάτος των σεισμικών κυμάτων, και κατεπέκταση των εδαφικών κινήσεων, εξαιτίας της **γεωμετρικής εξασθένησης** και της **απόσβεσης** που υπόκεινται τα σεισμικά κύματα. Επίσης, υπάρχει ταυτόχρονη

διαφοροποίηση του συχνοτικού περιεχομένου των σεισμικών κυμάτων που οδηγεί σε μεταβολή της μορφής των σεισμικών κυμάτων (Τσελέντης, 1997).

Η γεωμετρική εξασθένηση, χρησιμοποιώντας το **Θεώρημα Διατήρησης της Ενέργειας** που δεν δέχεται απώλειες ενέργειας, *εξαρτάται από την ελάττωση της σεισμικής ενέργειας ανά μονάδα επιφανείας εξάπλωσης των σεισμικών κυμάτων*. Αυτό οδηγεί σε αντιστρόφως ανάλογη ελάττωση του πλάτους των σεισμικών κυμάτων με την απόσταση από την εστία. Αντίθετα, ο μηχανισμός της **απόσβεσης** *εξαρτάται από τις απώλειες ενέργειας, δηλαδή από τις μετατροπές ενέργειας από την αρχική μορφή σε άλλες μορφές*. Η διέλευση των σεισμικών κυμάτων μέσα από τον γήινο φλοιό οδηγεί στο γεγονός ένα μέρος της ελαστικής ενέργειας των σεισμικών κυμάτων να μετατρέπεται σε θερμότητα εξαιτίας της ανελαστικότητας τους. Η διαδικασία της απόσβεσης είναι η κύρια αιτία για τον τελικό μηδενισμό της κυματικής κίνησης, ενώ η αύξηση της απόσβεσης οδηγεί σε ισόσειστες καμπύλες μικρότερης επιφάνειας καθώς η ενέργεια αποσβένεται γρηγορότερα.

Η διαφορετική δομή του φλοιού της γης, η κατευθυντικότητα διαδρομής της σεισμικής ενέργειας κατά μήκος της ενεργοποιηθείσας σεισμικής διάρρηξης, οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν τον ρυθμό εξασθένησης των μακροσεισμικών εντάσεων.

III. Από τις τοπικές γεωλογικές συνθήκες

Πλέον τα σεισμικά κύματα έχουν φθάσει στο υπόβαθρο της πλειγείας περιοχής. Η τοπικές γεωλογικές συνθήκες αποτελούν πολύ σημαντικό παράγοντα εξάρτησης της Μακροσεισμικής Έντασης. Η **κατευθυντικότητα της διάδοσης της ενέργειας** επάνω στην ρηξηγενή ζώνη οδηγεί σε αρνητικά επακόλουθα βλαβών και καταστροφών. Οι **γεωτεχνικές ιδιότητες** των υποκείμενων γεωλογικών σχηματισμών έδρασης του κτιριακού αποθέματος, το **πάχος των ιζηματογενών πετρωμάτων** μιας λεκάνης, το **βάθος εμφάνισης του υδροφόρου ορίζοντα** επιδρούν θετικά ή αρνητικά, στην κατανομή των βλαβών. Όμως, φαίνεται ότι η επίδραση των ιδιοτήτων των γεωλογικών σχηματισμών να μην παίζει πρωτεύοντα ρόλο στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα όταν βρισκόμαστε στην επικεντρική περιοχή, δηλαδή στην πλειόσειστο περιοχή.

G. Συσχέτιση της Μακροσεισμικής Έντασης με άλλες παραμέτρους

Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια να συσχετισθεί η Μακροσεισμική Ένταση με το Σεισμικό Μέγεθος και την Εδαφική Επιτάχυνση. Καρπός των επιστημονικών προσπαθειών είναι η δημιουργία πολλών εμπειρικών μαθηματικών σχέσεων για διαφορετικές σεισμοτεκτονικές περιοχές αλλά και διαφορετικά υποκεντρικά βάθη.

I. Με το Σεισμικό Μέγεθος

Ο αείμνηστος Καθηγητής και Ακαδημαϊκός Άγγελος Γαλανόπουλος έχει προτείνει για τον Ελληνικό χώρο την ακόλουθη σχέση:

$$M = 1,3851 * \text{Log}_{10}(AI_0) - 2,315$$

που συνδέει το *Μακροσεισμικό Μέγεθος M με την μέγιστης έντασης μακροσεισμική επιφάνεια AI_0* , δηλαδή την επιφάνεια της πλειόσειστου περιοχής.

Αργότερα, για τον Ελληνικό χώρο ο επίσης αείμνηστος Καθηγητής **Ιωάννης Δρακόπουλος** πρότεινε το 1977 την σχέση:

$$M = 2,33 + 0,47 * I_0$$

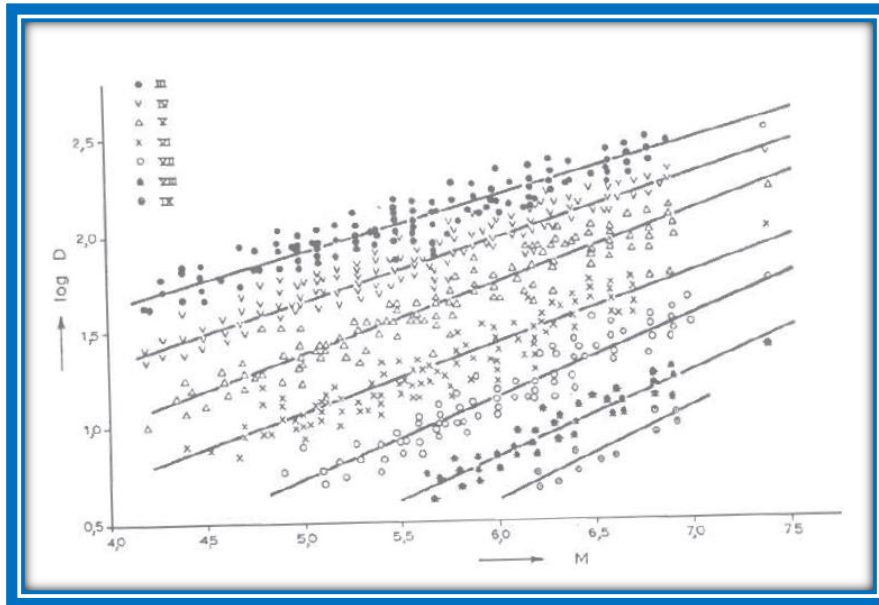
Οι Παπαζάχος Κ. και Παπαϊωάννου Χ. πρότειναν το 1984 τις ακόλουθες σχέσεις για τον Ελληνικό χώρο:

$$I = 6,59 + 1,28 * M - 4,5 * \text{Log}(R+17)$$

$$I = 7,75 + 2,25 * M - 7,72 * \text{Log}(R+100)$$

όπου όπου R είναι η επικεντρική απόσταση, η πρώτη εφαρμόζεται για επιφανειακούς σεισμούς, ενώ η δεύτερη για σεισμούς ενδιάμεσου βάθους.

Η **Εικόνα 2-2** προσδιορίζει τις αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες οι μέγιστες μακροσεισμικές εντάσεις δύνανται να εμφανίζονται σε συνάρτηση με το Μέγεθος του σεισμού.



Εικόνα 2-2: Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις διαφόρων επιπέδων έντασης σε συνάρτηση με το Μέγεθος (ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, και συν., 1987).

II. Με τη Σεισμική Επιτάχυνση

Με την μεγάλη ανάπτυξη της ενόργανης σεισμολογίας, πληθώρα δεδομένων έφθαναν στα χέρια των επιστημόνων. Έτσι λοιπόν, έγιναν προσπάθειες να συσχετισθεί η Μακροσεισμική Ένταση με τις παραμέτρους της εδαφικής κίνησης, όπως είναι η επιτάχυνση, η ταχύτητα και η μετάθεση. Η σύνδεση όλων αυτών των παραμέτρων αποτελεί πολύ χρήσιμο εργαλείο για τους μηχανικούς για την ορθή εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας μια περιοχής.

Ο αείμνηστος Καθηγητής και Ακαδημαϊκός **Άγγελος Γαλανόπουλος** το 1971 συσχέτισε την μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση με την σεισμική επιτάχυνση με την σχέση:

$$A = 0,26 - 0,11 * I_0 + 0,1 * I_0^2$$

όπου η σεισμική επιτάχυνση μετράται σε μονάδες g επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Το 1989 ο Θεοδουλίδης πρότεινε τις παρακάτω σχέσεις που συνδέουν την μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση με την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση με την μέγιστη εδαφική ταχύτητα για σεισμούς του Ελληνικού χώρου.

$$\text{Loga} = 0,27 * I + 0,25$$

και

$$\text{LogV} = 0,36 * I - 1,39$$

III. Νόμοι εξασθένησης των Μακροσεισμικών Έντάσεων

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραπάνω παραμέτρους, προκύπτει ότι η Μακροσεισμική Ένταση θα μειώνεται με διαφορετικό τρόπο με την αύξηση της απόστασης από την σεισμική εστία.

Πρώτος ο Άγγελος Γαλανόπουλος μελέτησε το 1959 την εξασθένηση των Μακροσεισμικών Έντασεων. Αργότερα, Ο Δρακόπουλος το 1977 παρατήρησε ότι ο ρυθμός εξασθένησης είναι μεγάλος στους επιφανειακούς σεισμούς του Ελληνικού χώρου. Πρότεινε μάλιστα εξισώσεις εξασθένησης κατά μήκος του μεγάλου και του μικρού άξονα της κυκλικής, ολίγον ελλειπτικής ή ελλειπτικής μορφής των ισοσειστών καμπυλών. Αργότερα ο Δρακόπουλος το 1984 μελέτησε τους χάρτες ισοσειστών 125 σεισμών του Ελληνικού χώρου της περιόδου 1902-1981 και παρατήρησε ότι οι Μακροσεισμικές Έντασεις είναι υπερεκτιμημένες πριν το 1960. Οι Δρακόπουλος και Σταμέλου το 1987 συμπέραναν ότι οι σεισμοτεκτονικές ζώνες της Σερβο-Μακεδονικής και ΒΔ/κής Ελλάδας εμφανίζουν την μεγαλύτερη απόσβεση της σεισμικής ενέργειας.

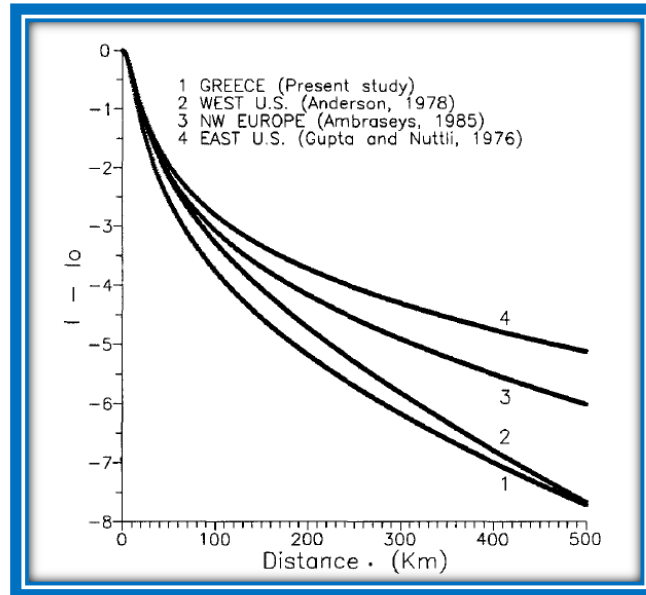
Τις τελευταίες δεκαετίες η μορφή των εμπειρικών σχέσεων που προτείνεται για την εξασθένηση της Μακροσεισμικής Έντασης σε συνάρτηση με την επικεντρική ή την υποκεντρική απόσταση είναι η παρακάτω:

$$I_R - I_0 = a + b * R + c * \text{LogR}$$

όπου I_R είναι η Μακροσεισμική Ένταση σε απόσταση R , επικεντρική ή υποκεντρική, από την εστία, I_0 η μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση και a, b, c είναι σταθερές που εξαρτώνται από την κάθε περιοχή μελέτης.

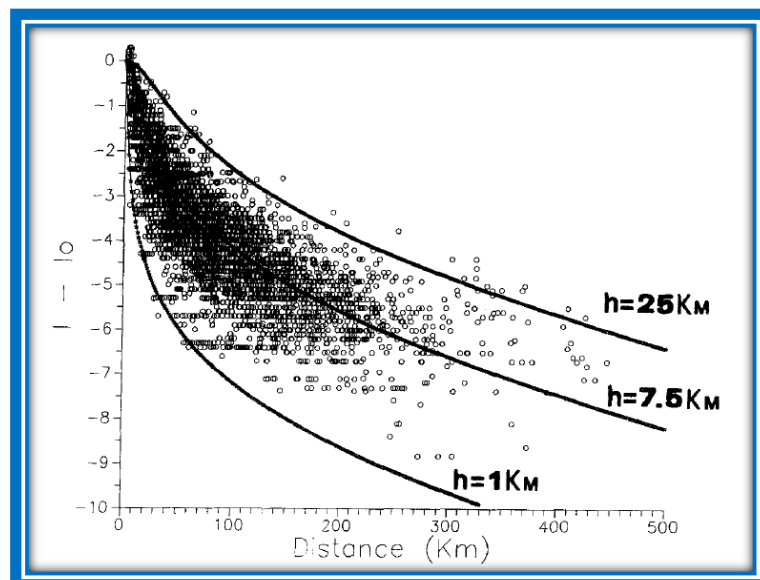
Η παραπάνω εξίσωση προκύπτει από την σύνθεση δυο εξισώσεων, της γραμμικής $I - I_0 = a_1 + b * R$ και της λογαριθμικής $I - I_0 = a_2 + c * \text{LogR}$. Οι τιμές των συντελεστών $a = a_1 + a_2$, b και c θα καθορίζει την μορφή της καμπύλης εξασθένησης.

Στην **Εικόνα 2-3** παρουσιάζονται καμπύλες εξασθένησης της έντασης σε διάφορες περιοχές της Γης, όπως της Ελλάδας, των δυτικών Η.Π.Α., της βορειοδυτικής Ευρώπης και τέλος των ανατολικών Η.Π.Α..



Εικόνα 2-3: Σύγκριση καμπυλών μεταβολής της Μακροσεισμικής Έντασης για Ελλάδα, τις δυτικές Η.Π.Α., την ΒΔ Ευρώπη και τις ανατολικές Η.Π.Α. (Parazachos, et al., 1997).

Τέλος, παρόμοιες προσπάθειες για μελέτη της εξασθένησης γίνεται και για διαφορετικά εστιακά βάθη, όπως εικονίζεται στην παρακάτω **Εικόνα 2-4** από εργασία του Κ. Παπαζάχου το 1992 για 92 σεισμούς του Ελληνικού χώρου.



Εικόνα 2-4: Σύγκριση καμπυλών μεταβολής της Μακροσεισμικής Έντασης για διαφορετικά εστιακά βάθη (Παπαζάχος 1972).

Πίνακας 2-4: Εμπειρικές εξισώσεις εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης Modified Mercalli σε συνάρτηση της επικεντρικής ή της υποκεντρικής απόστασης. (Τσελέντης, 1997) .

Εμπειρική Σχέση Εξασθένησης	Συγγραφέας	Περιοχή
$I = I_0 + 0,15 - 3,17 \cdot \log R$	Neumann, 1954	
$I = I_7 - 9,66 - 0,0037 \cdot \Delta + 1,38 \cdot M + 0,00528 \cdot \Delta \cdot M \quad (\sigma = 0,53)$	Milne and davenport, 1969	
$I = I_0 - 2,017 \cdot \log(R/h) - 0,008 \cdot (R/h)$	Stepo, 1971	
$I = 2,6 + I_0 - 1,3 \cdot \ln \Delta \quad (\sigma = 0,2)$	Cornel and Merz, 1974	
$I_{(R)} = I_0 + 3,72 - 2,99 \cdot \log R$	Cornel and Merz, 1974	N.E.U.S.
$I = I_0 + 3,7 - 0,0011 \cdot \Delta - 2,7 \cdot \log \Delta$	Guota and Nuttli, 1995	
$I = I_0 + 0,874 - 0,422 \cdot \ln \Delta - 0,0186 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,64)$	Howell and Schultz, 1975	San Andreas
$\ln I = \ln I_0 + 0,16 - 0,07631 \cdot \ln \Delta - 0,0023 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,44)$	Howell and Schultz, 1975	
$I = I_0 + 1,802 - 0,628 \cdot \ln \Delta - 0,009 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,61)$	Howell and Schultz, 1975	Cordilleran
$\ln I = \ln I_0 + 0,322 - 0,1098 \cdot \ln \Delta - 0,0012 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,47)$	Howell and Schultz, 1975	
$I = I_0 + 3,278 - 0,989 \cdot \ln \Delta - 0,0029 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,64)$	Howell and Schultz, 1975	Eastern U.S.
$\ln I = \ln I_0 + 0,480 - 0,139 \cdot \ln \Delta - 0,00075 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,43)$	Howell and Schultz, 1975	Eastern U.S.
$I_{(R)} = I_0 + 3,7 - 0,0011 \cdot R - 2,7 \cdot \log R$	Gupta and Nuttli, 1976	Central U.S.
$I_{(R)} = I_0 + 2,35 - 0,00316 \cdot R - 1,79 \cdot \log R$	Gupta, 1976	Central U.S.
$I_{(R)} = I_0 + 0,761 - 0,00384 \cdot R - 1,06 \cdot \log R \quad (\sigma = 0,6)$	Gupta, 1976	Central U.S.
$I/I_0 = \exp [-(1,5616/h^2 + 0,0011) \cdot \Delta]$	Kaila and Sarkar, 1977, 1978	India
$I_{(R)} = I_0 + 3,2 - 0,00634 \cdot R - 2,7 \cdot \log R$	Anderson, 1978	Western U.S.
$I_{(R)} = I_0 + 3,2 - 0,00106 \cdot R - 2,7 \cdot \log R$	Anderson, 1978	Eastern U.S.
$I_{(R)} = I_0 + 2,065 - 0,00594 \cdot R - 2,065 \cdot \log(R + 10) \quad (\sigma = 0,266)$	Chandra, 1979	San Andreas
$I_{(R)} = I_0 + 2,819 - 0,00503 \cdot R - 2,017 \cdot \log(R + 25) \quad (\sigma = 0,245)$	Chandra, 1979	Cordilleran
$I_{(R)} = I_0 + 3,374 - 0,00312 \cdot R - 2,414 \cdot \log(R + 25) \quad (\sigma = 0,363)$	Chandra, 1979	Eastern U.S.
$I_{(R)} = I_0 + 3,534 - 0,00164 \cdot R - 2,528 \cdot \log(R + 25) \quad (\sigma = 0,243)$	Chandra, 1979	Central U.S.
$I_{(R)} = I_0 + 6,453 - 0,00121 \cdot R - 4,960 \cdot \log(R + 20)$	Chandra et al., 1979	Iran
$I_{(R)} = I_0 + 3,2 - 0,0186 \cdot R - 1,75 \cdot \log R$	Vanmarke and Lai, 1980	Philippines
$\ln I = \ln I_0 + 0,100 - 0,0760 \cdot \ln \Delta - 0,00196 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,49)$	Ganse, 1980	Turkey
$\ln I = \ln(1,5M - 1,5) + 0,0477 - 0,055 \cdot \ln \Delta - 0,0022 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,9)$	Ganse, 1980	Turkey
$\ln I = \ln I_0 + 0,192 - 0,106 \cdot \ln \Delta - 0,000476 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,6)$	Ganse, 1980	China
$\ln I = \ln(1,5M - 1,5) + 0,265 - 0,128 \cdot \ln \Delta - 0,000143 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,5)$	Ganse, 1980	China
$\ln I = \ln I_0 + 0,44 - 0,184 \cdot \ln \Delta - 0,000788 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,83)$	Ganse, 1980	Yugoslavia
$\ln I = \ln(1,5M - 1,5) + 0,548 - 0,1821 \cdot \ln \Delta - 0,00116 \cdot \Delta \quad (\sigma = 0,62)$	Ganse, 1980	Yugoslavia
$I/I_0 = \exp [-(0,8999/h^2 + 0,0014) \cdot \Delta]$	Kaila and Sarkar, 1982	U.S.
$I = 6,362 + 1,200 \cdot M - 4,402 \cdot \log(\Delta + 15) \quad (h \leq 60 \text{ km})$	Παπαϊωάννου, 1984	Ελλάδα
$I_{(R)} = I_0 - 2,541 - 0,00727 \cdot R - 2,541 \cdot \log(R + 10) \quad (\sigma = 0,233)$	Tilford et al., 1985	Korinthiakos
$I_{(R)} = I_0 + 3,902 - 0,00364 \cdot R - 3,902 \cdot \log(R + 10) \quad (\sigma = 0,36)$	Tilford et al., 1985	Korinthiakos
$I_{(R)} = I_0 - 0,058 - 1,741 \cdot \log R - 0,00379 \cdot R \quad (\sigma = 0,855)$	Κουσκουνά, 1991	Σοφάδες
$I_{(R)} = I_0 + 0,112 - 1,187 \cdot \log P - 0,01137 \cdot R \quad (\sigma = 0,945)$	Κουσκουνά, 1991	Βόλος
$I_{(R)} = I_0 - 0,994 - 0,532 \cdot \log R - 0,00342 \cdot R \quad (\sigma = 1,214)$	Κουσκουνά, 1991	Β. Εύβοια
$I_{(R)} = I_0 + 3,057 - 2,975 \cdot \log R - 0,00471 \cdot R \quad (\sigma = 0,919)$	Κουσκουνά, 1991	Β. Σποράδες

Ο Πίνακας 2-4 καταγράφει εξισώσεις εξασθένησης από πολλά διαφορετικά σεισμοτεκτονικά καθεστώτα της Γης, ανατολικές και δυτικές ακτές των Η.Π.Α., Ιράν, Κίνα, τουρκία, Φιλιππίνες, Γιουγκοσλαβία.

Επίσης, για τον Ελληνικό χώρο από τον Παπαϊωάννου το 1984, τον Κορινθιακό Κόλπο από τον Tilford το 1985 και τις Σοφάδες-Βόλο-Βόρεια Εύβοια-Βόρειες Σποράδες από την Βασιλική Κουσκουνά το 1991.

Κεφάλαιο Τρίτο

3. Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών την περίοδο 1953-2013

A. Εισαγωγή

Το Αστεροσκοπείο Αθηνών από το 1858 συλλέγει, καταγράφει, και επεξεργάζεται μακροσεισμικές πληροφορίες για ισχυρούς σεισμούς που πλήττουν την Ελληνική Επικράτεια. Από την πρώτη περίοδο που την Διεύθυνση του Αστεροσκοπείου Αθηνών ανέλαβε ο γερμανός αστρονόμος **Johann Friedrich Julius Schmidt** υπήρξε σημαντικό ενδιαφέρον για την σεισμολογία. Οργανώθηκε ένα δίκτυο εθελοντών μορφωμένων ατόμων της κατά τόπους Ελληνικής Κοινωνίας με μέλημα την καταγραφή σεισμικών γεγονότων και μακροσεισμικών δεδομένων. Τα μακροσεισμικά δεδομένα αυτά δημοσιεύθηκαν στο έργο του Schmidt του 1875 “**Studienn uber Erdbeben**”.

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ιδρύθηκε μετά την ψήφιση ειδικού νόμου στην Ελληνική Βουλή την 19^η Ιουνίου 1890 με πρώτο Διευθυντή τον Καθηγητή **Δημήτριο Αιγινήτη**. Το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο αποτελούσε το ένα από τα τρία πρώτα ινστιτούτα, μαζί με το Αστρονομικό και το Μετεωρολογικό. Με την πρωτοβουλία του Δημητρίου Αιγινήτη δημοσιεύθηκαν το 1899 ο 2^{ος} τόμος του δελτίου “**Annales de l’Observatoire National d’Athenes**” που περιείχε τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις της περιόδου 1893-1898.

Η συλλογή μακροσεισμικών δεδομένων συνεχίζεται καθόλη την διάρκεια της πορείας του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και μέχρι το 1928 είχε δημοσιευθεί ο 10^{ος} τόμος. Το 1943 εκδόθηκε από τον επόμενο Διευθυντή του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου **Νικόλαο Κρητικό** ο 11^{ος} τόμος που περιείχε τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις της περιόδου 1931-1936.

B. Συλλογή Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων

Πρίν από το 1950, δηλαδή την περίοδο που η Ελλάδα σπαρασσόταν από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και την μάστιγα του Εμφυλίου Πολέμου, η συλλογή και επεξεργασία των μακροσεισμικών δεδομένων δεν γινόταν με πολύ συστηματικό τρόπο. Όταν την διεύθυνση του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου αναλαμβάνει, το 1949, ο Καθηγητής **Άγγελος Γαλανόπουλος**, τότε νέα ώθηση δόθηκε στη σεισμολογική παρακολούθηση της χώρας. Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1950 οργανώνεται ένα δίκτυο θέσεων-οικισμών-κωμοπόλεων-πόλεων σε ολόκληρη την Ελληνική Επικράτεια στα οποία το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο απέστειλλε εκατοντάδες ερωτηματολόγια στις πλειγήσες περιοχές μετά από κάθε ισχυρή σεισμική δόνηση. Το δίκτυο των θέσεων-οικισμών-κωμοπόλεων-πόλεων επαναοργανώθηκε ξανά την δεκαετία του 1980 καθώς η ανάπτυξη της Ελληνικής Επικράτειας τις προηγούμενες δεκαετίες το απαιτούσε.

Η άντληση των μακροσεισμικών δεδομένων την σύγχρονη εποχή μετά από ένα ισχυρό σεισμό γίνεται πρωταρχικά από δυο κύριες πηγές:

- i. Την αποστολή και συλλογή **έγγραφων ερωτηματολογίων** στην πληγείσα περιοχή ή την συλλογή **δεδομένων μέσα από την εθελοντική προσφορά πολιτών σε ειδικά διαμορφωμένη ιστοσελίδα** του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, και
- ii. Από **επιτόπιες έρευνες υπαίθρου**.

Γενικά, η μέθοδος αποστολής ερωτηματολογίων εφαρμόζεται για την εκτίμηση Μακροσεισμικών Εντάσεων στο εύρος τιμών II-VI, ενώ για VII ή μεγαλύτερες τιμές οι υπαίθριες έρευνες πεδίου είναι απαραίτητες από επιστήμονες καθώς πλέον εκτός από τις σοβαρότατες βλάβες στο κτιριακό απόθεμα εμφανίζονται και συνοδά γεωδυναμικά φαινόμενα στην επιφάνεια της γης.

Υπάρχει επίσης και μια τρίτη πηγή άντλησης μακροσεισμικών πληροφοριών που αποτελεί την κυρίαρχη πηγή για τους ιστορικούς σεισμούς. **Τα ιστορικά κείμενα, οι τοπικές παραδοσιακές αναγραφές, το αρχειακό υλικό, οι ξυλογραφίες, οι γραβούρες** αποτελούν πολύτιμο υλικό για την ιστορική σεισμικότητα μιας περιοχής μιας άλλης όμως εποχής. Αυτό καθιστά δύσκολή την επεξεργασία τους με συνέπεια

να απαιτείται η συνεργασία ιστορικών κειμένων και σεισμολόγων για την ορθή ερμηνεία των γραφών.

Σημαντικός παράγοντας για την έγκυρη συλλογή μακροσεισμικών πληροφοριών είναι η έγκαιρη και γρήγορη ανταπόκριση του ερευνητικού προσωπικού, είτε στο επίπεδο αποστολής των ερωτηματολογίων, είτε στο επίπεδο της υπαίθριας έρευνας για την εκτίμηση των βλαβών μετά από κάποιο ισχυρό σεισμό. Η μνήμη και το ενδιαφέρον ανταπόκρισης των ανθρώπων μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, αλλά και οι διαβρωτικές διεργασίες σβήνουν σταδιακά τα στοιχεία με το πέρασμα των εποχών.

I. Μακροσεισμικά Ερωτηματολόγια

Είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί κάποιο συγκεκριμένο μακροσεισμικό ερωτηματολόγιο για όλες τις περιοχές της Γης. Οι διαφορετικές κουλτούρες των ανθρώπων, οι διαφορετικές παραστάσεις ιστορικής σεισμικής μνήμης μιας κοινωνίας, οι κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες κάθε εποχής καθιστούν δύσκολη την εναρμόνιση τους σε ένα κοινό ερωτηματολόγιο.

Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι μακροσεισμικών ερωτηματολογίων, ανάλογα τους παραλήπτες, ανεξάρτητους παρατηρητές και εξαρτημένους αποδέκτες. Οι ανεξάρτητοι παρατηρητές περιγράφουν μέσα από το ερωτηματολόγιο τις προσωπικές τους εμπειρίες από το σεισμό. Οι εξαρτημένοι αποδέκτες, οι οποίοι έχουν μια καλύτερη επιμόρφωση των παραμέτρων ενός σεισμού, αλλά έχουν επίσης και μια πιο σφαιρική εικόνα των εμπειριών ολόκληρης της κοινότητας, καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους σε ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο, διαφορετικό από των ανεξάρτητων παρατηρητών.

Τα ερωτηματολόγια περιέχουν σημαντικές ερωτήσεις για τις επιδράσεις της ισχυρής δόνησης στους ανθρώπους, στο φυσικό περιβάλλον, στο δομικό πλούτο της πλεινήσας περιοχής. Οι απαντήσεις δίνουν τη δυνατότητα στους επιστήμονες να αξιολογήσουν την ένταση του σεισμού σε ολόκληρη την Μακροσεισμική Επιφάνεια.

Δεδομένο όμως είναι ότι υπάρχουν 4 κατηγορίες ανθρώπων που μπορούν να συμμετάσχουν με επιτυχία σε εφαρμογή συμπλήρωσης μακροσεισμικών ερωτηματολογίων, οι εξής:

- οι μη επιλεγμένοι παρατηρητές,
- οι τυχαία επιλεγμένοι παρατηρητές,
- οι Δημόσιοι Λειτουργοί, και
- οι εθελοντές.

Επιπλέον ο σχεδιασμός των ερωτηματολογίων μπορεί να γίνει σε δυο μορφές:

- **ελεύθερης μορφής απαντήσεων**, στα οποία οι παρατηρητές μπορούν να απαντήσουν με προσωπικό χαρακτήρα γραφής, και
- **πολλαπλής επιλογής**, στα οποία οι παρατηρητές απαντούν σε ερωτήσεις με προσυμπληρωμένες απαντήσεις.

Τέλος, το μήκος του ερωτηματολογίου παίζει σημαντικό ρόλο για την προσεκτική συμπλήρωση του. Το μακροσκελές ερωτηματολόγιο αποθαρρύνει τους παρατηρητές στη συμπλήρωση του καθώς πιθανά να μην μπορούν να απαντήσουν σε πιο εξειδικευμένες ερωτήσεις που αυτό θα περιέχει, ενώ το μικροσκελές ερωτηματολόγιο μπορεί να είναι ελλιπές και να διαφεύγουν χρήσιμες πληροφορίες για τις βλάβες του σεισμού.

Στην Ελλάδα, ο κρατικός φορέας που επιμελείται την αποστολή, συλλογή και επεξεργασία των μακροσεισμικών ερωτηματολογίων είναι το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο. Τα ερωτηματολόγια που επιστρέφονται αξιολογούνται από ειδικευμένο προσωπικό και οι μακροσεισμικές εντάσεις προσδιορίζονται ανάλογα με τα μακροσεισμικά Αποτελέσματα του σεισμού. Μέχρι το 1995 η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γινόταν με την χρήση της Μακροσεισμικής Κλίμακας Modified Mercalli, αλλά από τότε εφαρμόζεται η νεώτερη Κλίμακα European Macroseismic Scale ([Grunthal, 1993](#)). Για να υπάρχει όμως ομοιογένεια αποτελεσμάτων για ορθή σύγκριση και αξιολόγηση τους για όλες τις χρονικές περιόδους, όλες οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις ομογενοποιήθηκαν στην Κλίμακα E.M.S.-92. Μετά την αξιολόγηση και επεξεργασία τους τα αποτελέσματα δημοσιεύονται στο Μηνιαίο Σεισμολογικό Δελτίο του Γ.Ι.-Ε.Α.Α., καθώς και στο δελτίο του International Seismological Centre (I.S.C.), ενώ για τους ισχυρούς σεισμούς κατασκευάζονται χάρτες ισοσειστών με ολόκληρη την Μακροσεισμική Επιφάνεια.

II. Μακροσεισμικές Έρευνες Υπαίθρου

Οι Μακροσεισμικές Έρευνες Υπαίθρου πρέπει να λάβουν χώρα όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά τον χρόνο γένεσης του σεισμού. Αυτές οι έρευνες κρίνονται αναγκαίες όταν η Μακροσεισμική Ένταση φθάνει την τιμή VII, καθώς τότε η αξιολόγηση των παρατηρήσεων πρέπει να γίνεται και επι τόπου από έμπειρους επιστήμονες σε θέματα τεχνικής σεισμολογίας, σεισμολογίας, μηχανικής και εδαφομηχανικής. Πρέπει να καταγράφονται ακριβή αρχεία συντεταγμένων όλων των θέσεων που υπάρχουν βλάβες, καθώς επίσης να λαμβάνονται φωτογραφίες για την τεκμηρίωση τους. Καταγράφεται η τρωτότητα των κατασκευών με λεπτομερή δεδομένα για τον προσδιορισμό της καλής ή κακής συμπεριφοράς τους σε ένα δείγμα βλαφθέντων και μη-βλαφθέντων κατασκευών. Για τις μη-τεχνικές κατασκευές καταγράφονται οι κύριες δομικές βλάβες, η ηλικία τους και η κατάσταση τους. Λεπτομερείς φωτογραφικές καταγραφές σε ολόκληρη την πλειόσειστο περιοχή οδηγεί σε συνολική αξιολόγηση της χωρικής κατανομής των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων. Επίσης, πρέπει να γίνεται διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των βλαβών και των τοπικών εδαφικών συνθηκών, καθώς και συλλογή δεδομένων για τα συνοδά γεωδυναμικά φαινόμενα και το ύψος του φρεάτιου ορίζοντα. Τέλος, πρέπει να γίνονται ειδικές παρατηρήσεις για βιομηχανικές εγκαταστάσεις και μονάδες παροχής γραμμών ζωής όπως είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, το πόσιμο νερό, το αποχετευτικό δίκτυο, οι τηλεπικοινωνίες και το φυσικό αέριο. Βλάβες σε νοσοκομεία, σε δημόσια κτίρια, σε σχολικά κτίρια, στους Ιερούς Ναούς, στις βιομηχανικές κατασκευές, στις λιμενικές κατασκευές, στα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς, στα αεροδρόμια, στα φράγματα πρέπει να καταγράφονται με μεγάλη λεπτομέρεια με σκοπό την διερεύνηση των αστοχιών. Αυτές οι κρίσιμες εγκαταστάσεις πρέπει να παρουσιάζουν μειωμένη τρωτότητα έναντι των υπολοίπων κατασκευών γιατί πρέπει να είναι σε πλήρη ασφάλεια για την εξυπηρέτηση του κοινωνικού συνόλου μετά την έλευση της καταστροφής.

C. Σεισμοί που κατεγράφησαν μακροσεισμικές παρατηρήσεις την

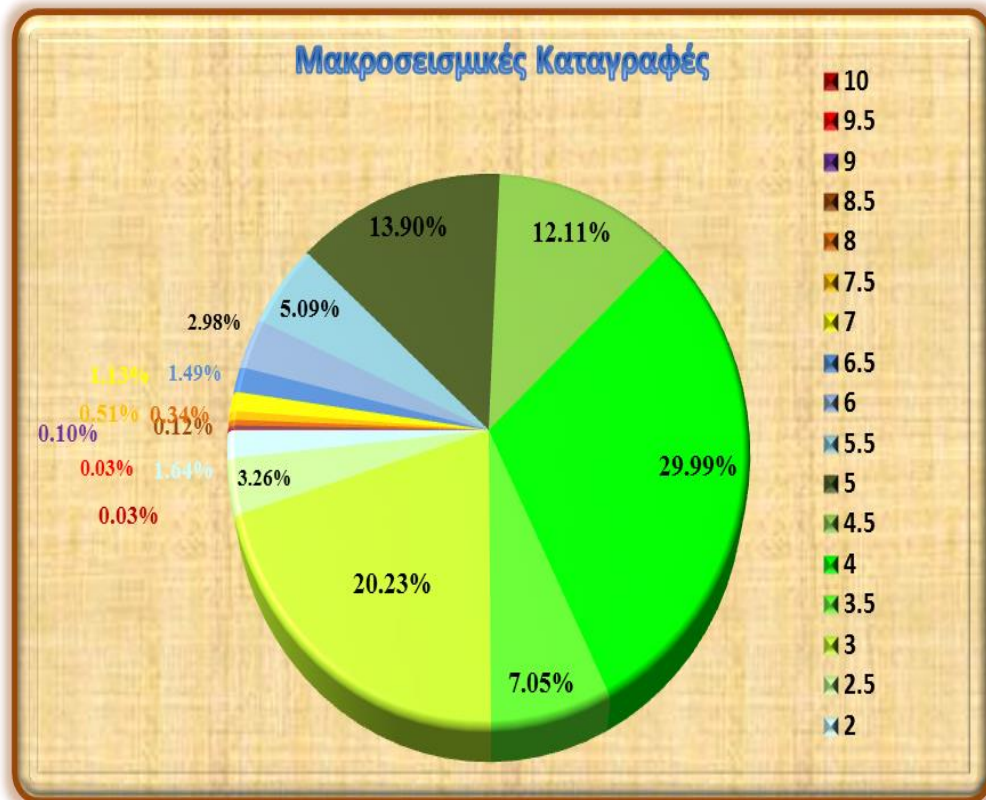
περίοδο 1953-2013

Η Βάση Μακροσεισμικών Δεδομένων του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. την χρονική περίοδο 1953-2013 έχει καταγράψει τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα 151 ισχυρών σεισμικών δονήσεων που έπληξαν πολλές περιοχές της Ελληνικής Επικράτειας αλλά και παρακείμενων περιοχών άλλων χωρών που συνορεύουν με την Ελλάδα. Οι σεισμοί αυτοί παρουσιάζουν εύρος Μικροσεισμικού Μεγέθους 3,8-7,1 της Κλίμακας Richter, εστιακού βάθους έως τα 150 χλμ., ενώ καταγράφονται Μακροσεισμικά Αποτελέσματα με Μακροσεισμική Ένταση από II+ έως X της Κλίμακας Mercalli. *Το σύνολο των Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων είναι 30.309, από τις οποίες 26.129 παρατηρήσεις αναφέρονται σε σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και 4.180 παρατηρήσεις σε σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ..*

Τα σεισμικά γεγονότα θα διακριθούν σε δυο βασικές ομάδες, ανάλογα με το εστιακό βάθος τους, τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. Στην **Εικόνα 3-1** που ακολουθεί εντοπίζονται οι 151 σεισμοί, όπου με κόκκινου χρώματος συμβολισμό εντοπίζονται οι σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και με πράσινου χρώματος συμβολισμό οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ.. Ο χρωματισμός της ημερομηνίας γένεσης του κάθε σεισμού υποδηλώνει την σφοδρότητα της Μακροσεισμικής Έντασης. Όσο πιο ερυθρωπή είναι η αναγραφή της ημερομηνίας γένεσης του σεισμικού γεγονότος, τόσο πιο μεγάλη Επικεντρική Ένταση είχε, ενώ όσο πιο ανοικτο-πράσινη είναι η απόχρωση, τόσο πιο μικρή τιμή Επικεντρικής Έντασης παρατηρήθηκε στην πλειόσειστο περιοχή.



Εικόνα 3-1: Χάρτης του ευρύτερου Ελληνικού χώρου με τα επίκεντρα των 151 σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013. Με κόκκινο συμβολισμό εντοπίζονται οι σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και με πράσινου χρώματος συμβολισμό οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ.. Ο χρωματισμός της ημερομηνίας γένεσης δηλώνει την σφοδρότητα της Μακροσεισμικής Έντασης στην πλειόσειστο περιοχή (Google Earth).



Γράφημα 3-1: Πίτα του ποσοστού % κάθε τιμής έντασης των μακροσεισμικών παρατηρήσεων των 151 σεισμικών γεγονότων.

Το **Γράφημα 3-1** δίνει την ποσοστιαία συμβολή κάθε τιμής έντασης στο σύνολο των παρατηρήσεων των 151 σεισμικών γεγονότων.

I. Σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.

Οι σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. είναι 130, με εύρος Μικροσεισμικού Μεγέθους 3,9-7,1 της Κλίμακας Richter, ενώ καταγράφονται Μακροσεισμικά Αποτελέσματα από II έως X της Κλίμακας Mercalli. Η **Εικόνα 3-2** που ακολουθεί παρουσιάζει σε πλέγμα 1*1 γεωγραφικής μοίρας την γεωγραφική κατανομή των 130 επιφανειακών σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013 που θα μελετηθούν. Όσο πιο ερυθρωποί είναι οι χρωματισμοί, τόσο μεγαλύτερη πυκνότητα σεισμικών γεγονότων υπάρχει, ενώ οι πρασινωποί χρωματισμοί δηλώνουν μειωμένο αριθμό σεισμικών γεγονότων.

EQ Μέγεθος R		19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29											
1	42	1											42
5	41			1	1	2	1						41
20	40		2	3	2	5	2		3	2	1		40
32	39	1	10	2	8	5	5					1	39
40	38		11	6	10	5	1	2	3	2			38
20	37		7	7	4	2							37
5	36				1			2			1	1	36
4	35					1	1	1	1				35
3	34					1	1	1					34
130		19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29											
		2 30 19 26 21 11 6 7 4 2 2											130
		Γεωγραφικό Μήκος											

Εικόνα 3-2: Γεωγραφική κατανομή ανά πλέγμα 1*1 μοίρας των 130 επιφανειακών σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013 που θα μελετηθούν.

Ο Πίνακας 3-1 που ακολουθεί παρουσιάζει όλες τις παραμέτρους των 130 σεισμών με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.. Το Έτος / Μήνας / Ημέρα / Ώρα / Λεπτό / Δευτερόλεπτο του χρόνου γένεσης του σεισμού, οι Γεωγραφικές Συντεταγμένες, Πλάτος / Μήκος του epicέντρου, το Εστιακό Βάθος, η Επικεντρική Ένταση και ο αριθμός των Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων για κάθε μια τιμή Μακροσεισμικής Έντασης X / IX+ / IX / VIII+ / VIII / VII+ / VII / VI+ / VI / V+ / V / IV+ / IV / III+ / III / II+ / II. Τέλος, περιλαμβάνει και τον συνολικό αριθμό παρατηρήσεων που υπάρχουν για κάθε σεισμό.

Πίνακας 3-1: Εστιακές παράμετροι και αριθμός παρατηρήσεων για κάθε τιμή II-X Μακροσεισμικής Ένταση για τους 130 σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Ωρα	Λεπτά	Δευτερόλεπτα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Βάθος	Io	Μέγεθος	Παρατηρήσεις IX	Παρατηρήσεις VIII+	Παρατηρήσεις VIII	Παρατηρήσεις VII+	Παρατηρήσεις VIII	Παρατηρήσεις VI+	Παρατηρήσεις VII	Παρατηρήσεις VI+	Παρατηρήσεις VI	Παρατηρήσεις V+	Παρατηρήσεις V	Παρατηρήσεις IV+	Παρατηρήσεις IV	Παρατηρήσεις III+	Παρατηρήσεις III	Παρατηρήσεις II+	Παρατηρήσεις II	Σύνολο ανά σεισμό
1953	MAR	18	19	6	13	40	27.3	10	9.5	6.5					3	2	4	4	23	1	20	6	30	3	18	1		115
1953	AUG	12	9	23	52	38.3	20.8	10	10	6.7	7		20	2	7	1	3		6	1	10	1	1	1	2			62
1954	APR	30	13	2	36	39.3	22.2	10	9.5	6.4		2	2	3	11	11	11	3	14	4	26	13	10	2	7			119
1955	APR	19	16	47	19	39.4	23.1	10	8.5	5.5				4	3	2	8	2	5	5	15	4	9	1	6			64
1956	JUL	9	3	11	40	36.7	25.8	10	8	7					2		10	4	5	6	13	10	13	3	4			70
1957	MAR	8	12	21	13	39.3	22.65	10	9.5	6.3		4		6		25		27		25		35		40	1			163
1959	MAY	14	6	36	56	35.2	24.7	10	8.5	5.8				3		1	5	1	10	5	6	26	5	3	8		1	74
1959	NOV	15	17	8	43	37.8	20.57	10	7	6.2							1	5	6	31	45	21	37	9	9	2		166
1964	OCT	6	14	31	23	40.3	28.2	10	9	6								1		4	8	33	49	16	15	5		131
1965	MAR	9	17	57	54.5	39.3	23.8	10	8	5.4					1		1	1	1	13	11	40	118	58	70	31		345
1965	MAR	31	9	47	26.3	38.4	22.3	10	8.5	6				2	7	3	11	24	39	30	91	144	126	44	26	24		571
1965	APR	5	3	12	54.6	37.75	22	10	10	5.6	1		1	2	13	9	9	4	11	37	50	89	32	35	18	5	6	322
1965	JUL	6	3	18	41.1	38.4	22.4	10	7.5	5.7						6	6	16	16	20	62	71	41	19	28	4	4	293
1965	AUG	23	14	8	58.6	40.5	26.2	10	5.5	5									2	9	25	48	13	24	6			127
1965	DEC	20	0	8	16.3	40.2	24.8	10	5.5	4.7									3	16	39	57	40	31	6			192
1966	JAN	2	23	12	19	37.73	23.02	10	7	4.7							1	1		3	13	19	24	13	24	3		101
1966	FEB	5	2	1	44	39.05	21.61	5	8	5.9					6	4	16	2	13	8	56	79	73	26	35	10		328
1966	SEP	1	14	22	59.8	37.47	22.15	26	8	5.4					1		6	6	12	9	41	25	46	18	38	18		220

Κεφάλαιο Τρίτο

1966	OCT	29	2	39	28.3	38.81	21.07	5	8	5.5					1			7	9	15	46	50	49	19	36	10		242
1967	JAN	4	5	58	54.1	38.4	21.83	16	7	4.9						3	2	5	1	18	8	20	3	17	7		84	
1967	FEB	9	14	8	30	39.43	20.46	25	6.5	5.3						2	1	3	5	6	18	7	13	7		62		
1967	MAR	4	17	58	4.1	39.1	24.65	35	5.5	6.3								3	28	57	112	43	96	32		371		
1967	MAY	1	7	8	56.7	39.86	20.77	17	9	5.9			1	1	5	1	6	8	5	14	39	43	59	21	42	37		282
1968	FEB	19	22	45	43.1	39.21	24.91	5	9	6.7			1				6	2	8	7	50	109	128	43	104	24		482
1968	MAR	28	7	40	1.1	37.75	20.82	12	6	5.6								1	19	22	22	44	7	35	19		169	
1968	JUL	4	21	47	52.7	37.55	23.24	5	7	5						1	1	8	5	24	35	75	12	43	8		212	
1969	OCT	13	1	2	31.9	39.82	20.32	38	7	5.7						5	3	9	15	45	49	61	6	34	11		238	
1970	MAR	28	21	2	23	39.16	29.42	10	9	7.1									4	10	45	18	55	9		141		
1970	APR	8	13	50	29.7	38.32	22.6	19	7	5.3						5	4	7	9	57	102	96	41	53	2 4	1	399	
1972	MAY	8	9	20	52.1	41.89	23.62	5	5	5.1										1	16	55	33	38	2		145	
1972	AUG	12	23	47	57.7	41.07	22.82	5	7	4.4						1	4	4	3	9	16	44	18	50	7		156	
1972	SEP	13	4	13	21.5	37.81	22.32	29	8	5.4				1		3	6	19	35	115	149	121	29	89	16	1	584	
1972	SEP	17	14	7	13.1	38.12	20.25	5	7	5.9						1	7	4	8	41	40	62	30	87	2 6		306	
1972	OCT	30	14	32	10.2	38.19	20.16	7	5	5.2										2	8	23	10	34	11		88	
1972	NOV	24	3	48	30.7	39.51	20.38	23	7	5.2						1	2	3	1	25	13	33	5	19	7		109	
1972	DEC	5	12	0	12.5	39.18	23.56	6	5	4.5										2	1	22	7	18	5		55	
1973	JAN	10	3	24	9.3	37.71	21.32	5	7.5	4.7					1		1	4	6	16	5	22	10	18	5		88	
1973	MAR	6	10	21	21.7	38.57	23.64	5	5	3.9										1	2	10	4	17	7		41	
1973	JUL	14	12	38	17	37.76	21.17	5	7	5.1						1		5	1	15	8	23	6	33	9		101	
1973	NOV	4	15	52	13.3	38.73	20.32	20	7.5	5.5						2	2	5	9	26	24	36	40	46	53	16	4	263
1973	NOV	29	10	57	41	35.02	23.51	5	7.5	5.5						1		6	10	10	27	27	20	20	33			154

Εξιιώσεις Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης

1974	JUN	22	23	30	12	41.25	23.12	12	6	4.6								4	3	9	19	32	51	40	1		159	
1974	JUL	9	2	32	6.3	36.32	29.17	5	4.5	5.1											7	10	11	2			30	
1974	NOV	14	13	22	33.3	38.46	23.08	5	7	4.7						1	3	3	6	22	23	79	31	38	13		219	
1975	JAN	8	19	32	34.9	38.17	22.8	25	5.5	4.7								7	28	33	59	53	70	14		264		
1975	MAR	17	5	35	19.6	40.29	26	26	5	5.1									6	13	50	17	40	2		128		
1975	MAR	27	5	15	10.9	40.31	26.11	16	7.5	5.6								3	17	13	78	19	34	2		166		
1975	APR	4	5	16	18.7	38.13	22.07	33	6	5.2								1		46	20	66	37	55	13		238	
1975	JUN	30	13	26	57.1	38.48	21.59	17	7.5	4.9					1		3	2	4	34	30	50	31	56	19		230	
1975	DEC	31	9	45	45.6	38.5	21.71	5	9	5			1		2	3	5	6	2	10	55	28	61	31	63	23		290
1976	FEB	22	12	2	54.1	39.37	22.19	32	7.5	4.6					3	2	7	4	7	43	16	68	42	62	5		259	
1976	MAY	11	16	59	46.8	37.33	20.22	20	5	5.3										17	32	73	52	56	19		249	
1977	FEB	24	20	47	15.7	38.34	27.87	11	4.5	5											2	5	3	10	5	5	30	
1977	MAY	13	18	17	47.4	39.12	23.66	20	6.5	4.7							1			4	5	21	16	27	6		80	
1977	SEP	11	23	19	22.9	34.99	23.05	5	4	5.9												5	9	6	1		21	
1978	JAN	29	10	23	42.3	34.9	25.69	5	7.5	5.3					1			3	1	7	27	8		9		1	57	
1978	APR	27	8	33	27.8	38.97	21.97	5	5	4.4										4	7	31	10	37		4	93	
1978	MAY	23	23	34	13.1	40.68	23.44	10	7	5.5						2	3	10	15	38	75	75	19	19	1		257	
1978	JUN	20	20	3	22.4	40.82	23.28	4	8.5	6.1				3	2	5	13	23	46	23	64	190	179	38	36	2	10	634
1978	JUL	4	22	23	25.8	40.95	23.19	5	6.5	4.8							3	1	6	18	18	70	28	53		7	204	
1979	FEB	16	4	28	19	36.74	25.91	5	4	5											17	1	6	1			25	
1979	APR	15	6	19	42	42.06	19.14	10	9	6.6											10	100	43	65	22	13	253	
1979	JUN	14	11	44	44.9	38.7	26.59	7	6	5.5								11		19	24	21	6	3			84	
1979	JUN	15	11	34	13.6	34.68	24.03	5	5	5.1										2	4	24	7	13	2	1	53	

Κεφάλαιο Τρίτο

1979	JUL	23	11	41	50.1	35.37	26.71	20	5	5.1									3	3	41	20	19	6	4	96		
1979	AUG	31	17	24	11.1	40.65	23.42	5	5	4.3									5	16	106	38	36	15	5	221		
1979	NOV	6	5	26	17.7	39.39	20.58	5	8	4.9				2	8	6	5	8	2	7	25	50	9	23		11	156	
1979	NOV	11	1	18	6.2	39.43	20.41	5	7	4.7						8		3	13	9	12	37	2	30		7	121	
1980	FEB	28	23	45	15.8	38.36	23.27	5	7	4.3						1	2	3	1	14	51	92	12	62	11		249	
1980	JUL	9	2	11	55.8	39.28	22.99	5	8.5	6.3			2			19	42	37	30	74	52	147	34	90	11		538	
1980	JUL	10	19	39	3.9	39.27	22.97	22	7	5						3		3	13	38	33	96	28	78	14		306	
1980	AUG	11	9	16	0.2	39.28	22.87	7	6	4.8								2	1	21	4	61	20	69	5		183	
1981	FEB	24	20	53	37.9	38.17	22.97	14	9.5	6.3		1		4	9	21	28	49	95	102	191	65	155	30	140	17	18	925
1981	MAR	4	21	58	6	38.2	23.26	14	9.5	5.8		2		1	8	3	14	18	27	24	96	9	97	7	147	26	5	484
1981	MAR	10	15	16	15.5	39.45	20.28	17	7.5	5.4					4	2	1	6	10	30	16	58	6	81	20		234	
1981	DEC	27	17	39	14.5	38.87	24.91	25	6	5.9								2	8	80	21	103	5	106	21	1	347	
1982	JAN	18	19	27	24.9	39.78	24.48	5	6	6.3								7	10	180	33	166	2	112	28		538	
1983	JAN	17	12	41	30.9	37.97	20.25	9	6	6.2								20	76	106	27	158	3	74	3	18	485	
1983	MAR	16	21	19	39.1	38.79	20.81	9	7	5						1		2	20	14		63		40		9	149	
1983	MAR	19	21	41	49.2	35.35	25.3	28	5.5	5.2									3	23		26		20		1	73	
1983	MAR	23	19	3	59.8	38.78	20.81	10	6	4.9								4	8	51	18	50		47		13	191	
1983	MAR	23	23	51	7.6	38.19	20.4	10	7	5.7						1		4		64	12	94		87		16	278	
1983	JUL	5	12	1	30.7	40.27	27.13	35	8	5.9										33	3	39		19		5	99	
1983	AUG	6	15	43	53.3	40.08	24.81	22	6	6.6								5	12	180	40	144		54		16	451	
1984	JUL	9	18	57	10.9	40.68	21.9	5	7	4.9						4		17	15	76	11	72		45		16	256	
1984	OCT	25	14	38	25.5	40.49	21.32	20	7	5.1						2	2	14	11	22	4	16		4			75	
1985	APR	30	18	14	12.8	39.24	22.89	13	6	5.3								7	26	89	27	85	22	63	10	24	353	

Εξιιώσεις Εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης

1985	AUG	31	6	3	44.8	39.01	20.48	5	7.5	4.8						7	1	2	3	4	12	26	40	5	46	4		150	
1985	SEP	7	10	20	49.3	37.24	21.25	5	6	5.2									2	7	44	47	47	30	41	32	2	252	
1985	NOV	9	23	30	45.6	41.11	24.05	23	7.5	5.1						1		4	8	27	19	74	164	43	49	7		396	
1986	FEB	18	14	34	4.2	40.7	22.13	5	5.5	4.6										6	35	6	44	13	17		53	174	
1986	MAR	25	1	41	36.8	38.38	25.13	16	5	5.2											6	2	26	15	21	15	3	88	
1986	SEP	13	17	24	33.8	37.1	22.19	5	10	5.5	1					1	1	2	4	10	33	42	37	73	39	44	37	35	359
1986	DEC	17	21	18	33.1	39.76	19.9	5	6	5.1									3	4	12		22	12	23	6	18	100	
1987	MAY	29	18	40	33.2	37.53	21.6	29	6	5									1	2	11	4	64	26	15		10	133	
1988	MAY	18	5	17	42.7	38.35	20.47	5	6	5.3									1	1	11	7	69	36	41	2	5	173	
1988	OCT	16	12	34	5.4	37.9	20.96	4	8	5.5						2	4	2	8	9	17	45	22	87	6	42	3	1	248
1989	MAR	19	5	37	0.2	39.29	23.57	13	5.5	5.3										1	1	4	52	10	65	1	3	137	
1989	SEP	19	7	57	7.6	39.48	21.36	5	5	4.5											1		52	7	52	5	6	123	
1990	DEC	21	6	57	43.3	40.95	22.43	5	7	5.4							10	14	20	22	22	26	96	7	32	1	3	253	
1992	JAN	23	4	24	16.7	38.28	20.41	5	5	5											8	5	40	5	15			73	
1992	JUL	23	20	12	45.2	39.82	24.43	19	4	5													29	22	50	6	4	111	
1992	NOV	6	19	8	8.4	38.09	27.19	39	7	5.7										1	14	4	26		18		1	64	
1992	NOV	18	21	10	43.1	38.27	22.33	23	6	5.2									4	12	44	13	218	15	106		1	413	
1993	MAR	5	6	55	6.5	37.07	21.46	5	5.5	5.3										2	6	8	22		19			57	
1993	MAR	26	11	58	18.3	37.65	21.44	5	6.5	5								5	14	16	14	3	48	1	62	1	5	169	
1993	JUN	13	23	26	40	39.25	20.57	5	6	5.4									5	12	7	14	52	2	38		1	131	
1993	JUL	14	12	31	50.2	38.16	21.76	13	7	5.1							3	2	4	12	37	22	111	4	41	2	5	243	
1993	AUG	26	10	3	53.7	36.66	28.42	17	4	5.2													9		8			17	
1994	FEB	25	2	30	49.7	38.73	20.58	5	5.5	5.3										3	10	5	73	9	42		1	143	

Κεφάλαιο Τρίτο

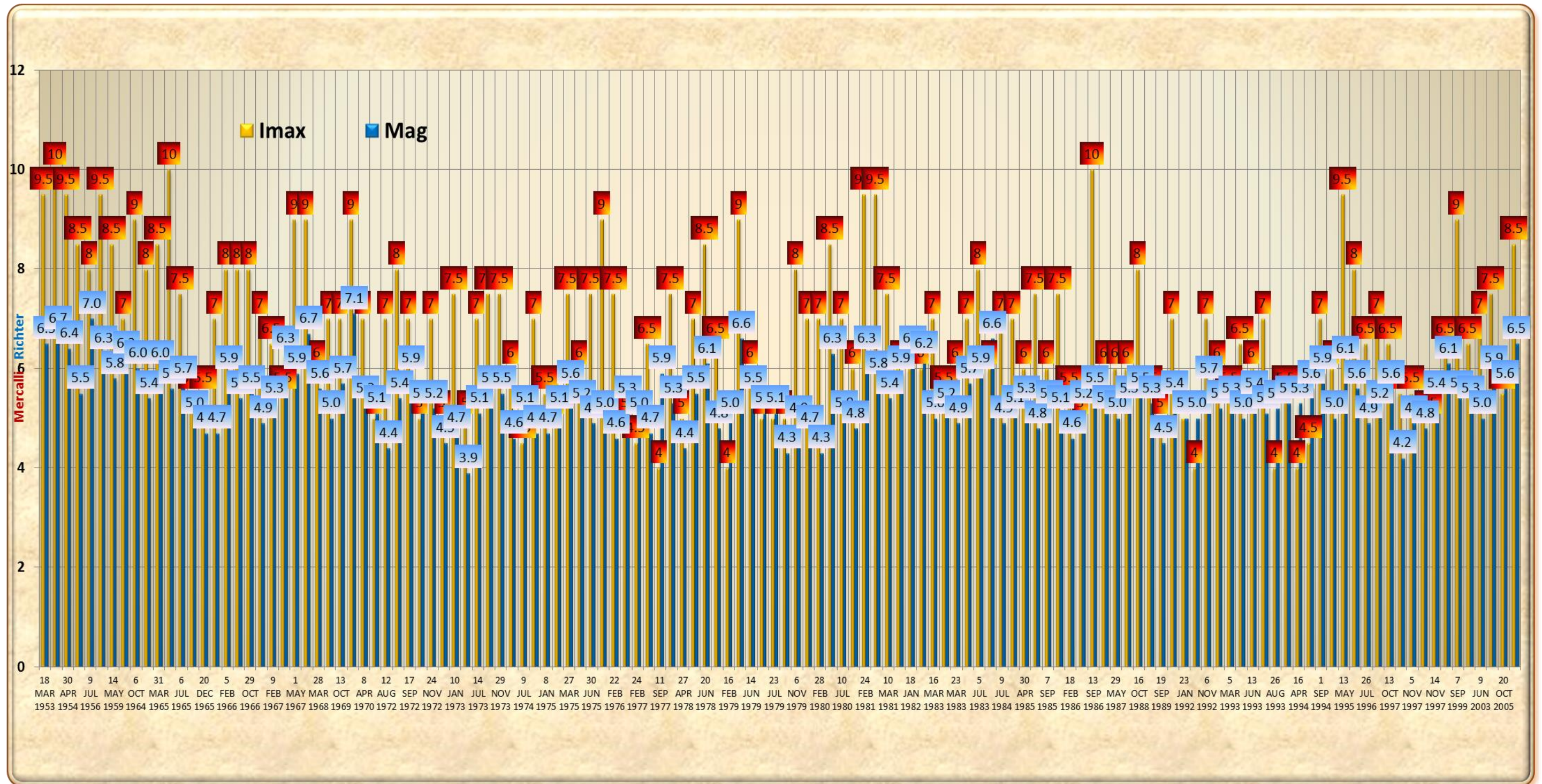
1994	APR	16	23	9	36.4	37.43	20.58	30	4	5.3											13	2	41	1	2	59		
1994	MAY	24	2	5	37.6	38.71	26.32	12	4.5	5.6										6	31		9		1	47		
1994	SEP	1	16	12	41.6	41.15	21.26	5	7	5.9							1	5	4	10	53	2	23			98		
1995	MAY	4	0	34	10.6	40.57	23.69	7	6	5							4	6	9	6	111	2	48	1	2	189		
1995	MAY	13	8	47	17	40.18	21.71	39	9.5	6.1		1			5		10	15	10	47	53	24	26			191		
1995	JUN	15	0	15	51	38.37	22.15	26	8	5.6				1		6	6	10	21	55	28	210	6	47	1	2	393	
1996	JUL	26	18	55	50.4	40.05	20.68	5	6.5	4.9							1	4	2	5	1	32	1	39		3	88	
1996	AUG	5	22	46	43	40.07	20.67	5	7	5.2						1	1	1	1	5	4	27		31	1	1	73	
1997	OCT	13	13	39	39.2	36.41	22.18	6	6.5	5.6							1	1	10	20	5	71		39			147	
1997	OCT	21	17	57	45.4	38.98	22.11	5	5.5	4.2									1	4	2	28		27			62	
1997	NOV	5	21	10	28.3	38.34	22.31	5	5.5	4.9									8	30	9	157	3	68	1	1	277	
1997	NOV	12	16	26	56.6	39.1	20.27	5	5	4.8										3	4	43	5	44			99	
1997	NOV	14	21	38	52.7	38.8	25.87	25	5	5.4										8	4	32		27		1	72	
1997	NOV	18	13	7	36.9	37.26	20.49	5	6.5	6.1								6	7	31	29	11	53		20		157	
1999	SEP	7	11	56	50.5	38.15	23.6	29	9	5.4			3		7	1	12	1	4	23	39	12	114	1	50			267
2001	JUL	26	0	21	39.3	39.05	24.35	19	6.5	5.3								1			3	22	98	3	53	9	20	209
2003	JUN	9	7	6	40.7	39.94	22.35	18	7	5							3		10	11	5	3	75		96		5	208
2003	AUG	14	5	14	53.9	38.79	20.56	12	7.5	5.9					1	7	3	2	6	27	14	83	1	37			181	
2005	OCT	20	21	40	3.6	38.16	26.62	25	5.5	5.6									1	6	6	21		6		2	42	
2008	JUN	8	12	25	27.9	37.98	21.51	25	8.5	6.5				1	1	17	21	21	18	19	21	21	30	16	3	3	5	197
						Σύνολο					9	10	29	34	101	150	317	424	781	1.232	3.674	3.091	7.811	1.924	5.222	891	429	26.129

Τα **Γράφημα 3-2** που ακολουθεί παρουσιάζει το Μέγεθος και την Μακροσεισμική Επικεντρική Ένταση για τους 130 σεισμούς της περιόδου 1953-2013 με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.. Παρατηρούνται πολλές τιμές πολύ υψηλής Επικεντρικής Έντασης. Το ευτύχημα είναι όμως ότι τα επίκεντρα κάποιων από αυτούς τους σεισμούς, 8 συνολικά, βρίσκονταν εκτός των συνόρων της Ελληνικής Επικράτειας μακριά από τα ελληνικά χωριά, τις κωμοπόλεις και τις πόλεις. Έτσι, για αυτούς τους 8 σεισμούς, παρατηρήθηκαν τιμές Έντασης μικρότερης τιμής εντός του Ελληνικού χώρου (βλέπε **Πίνακας 3-2**). Οι τιμές της Επικεντρικής Έντασης για τους 8 σεισμούς έχουν βρεθεί από το βιβλίο του Βασίλη και της Κατερίνας Παπαζάχου .

Πίνακας 3-2: Οι τιμές της Επικεντρικής Έντασης I_0 και της μέγιστης παρατηρηθείσας στον Ελληνικό χώρο $I_{\max}$ για σεισμούς με επίκεντρα εκτός Ελληνικού χώρου.

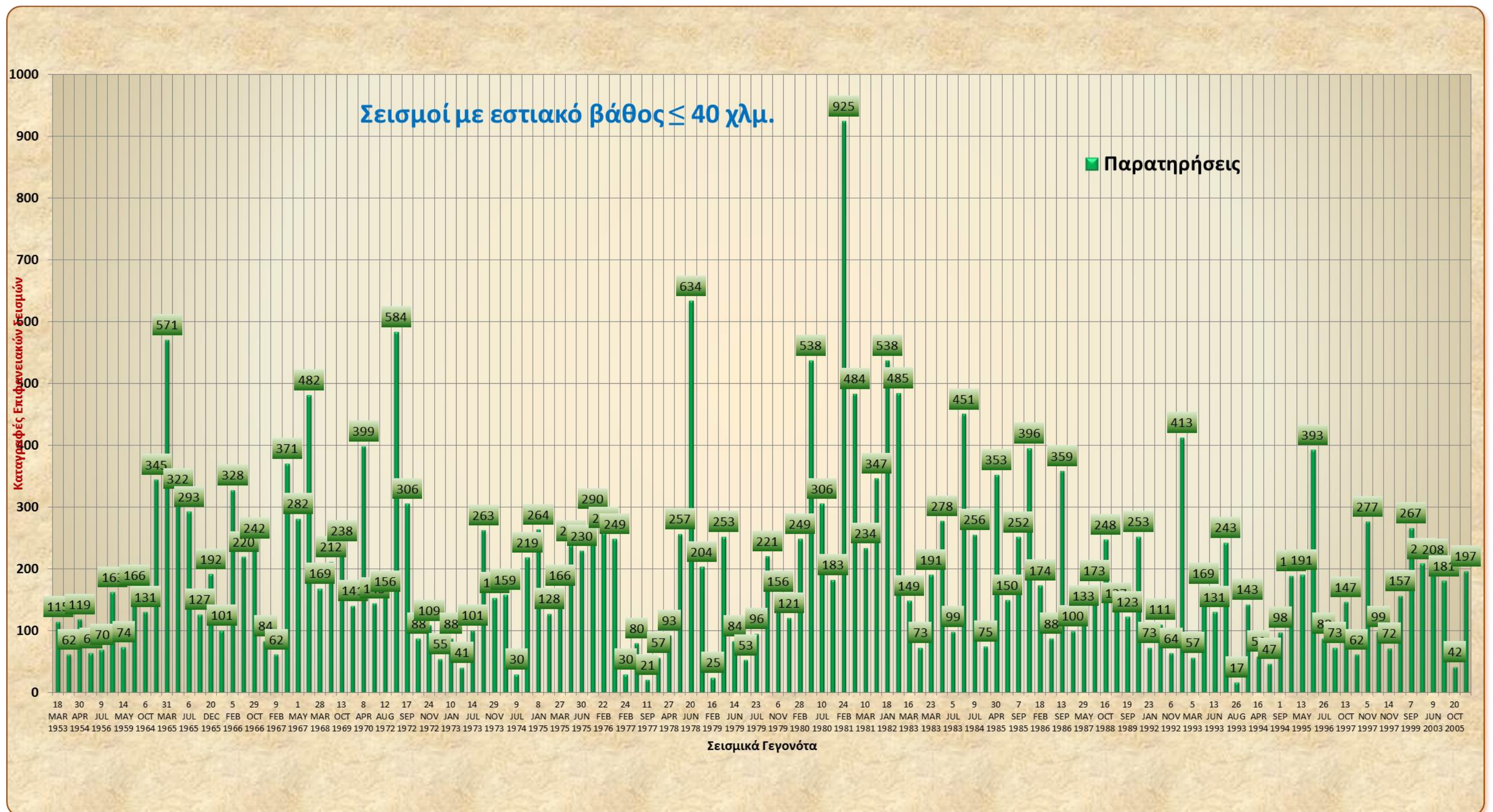
Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	$I_{\max}$ Ελλάδας	I_0	Περιοχή	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις
1953	MAR	18	6.5	8	9.5	ΒΔ Τουρκία	268		IX+, Genise	115
1964	OCT	6	6	6.5	9	ΒΔ Τουρκία	30	52	IX, Manyas	131
1970	MAR	28	7.1	5	9	Δυτική Τουρκία	800	520	IX, Gediz	141
1975	MAR	27	5.6	5.5	7.5	ΒΔ Τουρκία		2	VII+, Καλλίπολη	166
1979	APR	15	6.6	4.5	9	Μαυροβούνιο	129	1554	IX, Budva	253
1983	JUL	5	5.9	5	8	ΒΔ Τουρκία	5	25	VIII, Biga	99
1992	NOV	6	5.7	5.5	7	Doganbey area			VII, Doganbey	64
1994	SEP	1	5.9	6	7	FYROM			VII, Bitola (Μοναστήρι)	98

Το **Γράφημα 3-3** παρουσιάζει τον αριθμό παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους 130 σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013. Παρατηρούμε ότι τις περισσότερες παρατηρήσεις είχαμε στον σεισμό της 24^{ης} Φεβρουαρίου 1981 στις Αλκυονίδες Νήσους, την 20^η Ιουνίου 1978 στη Μυγδονία Λεκάνη, την 13^η Σεπτεμβρίου 1972 στο Λεβίδι και την 31^η Μαρτίου 1965 στη Φωκίδα. Το **Γράφημα 3-4** παρουσιάζει μια ποιοτική ανάλυση του αριθμού των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013. Όσο πιο ερυθρωπές είναι οι ράβδοι, τόσο μεγαλύτερες εμφανίζονται οι Μακροσεισμικές Εντάσεις, ενώ όσο πιο ανοικτο-πράσινες είναι οι ράβδοι τόσο πιο μικρές τιμές έχουν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις.



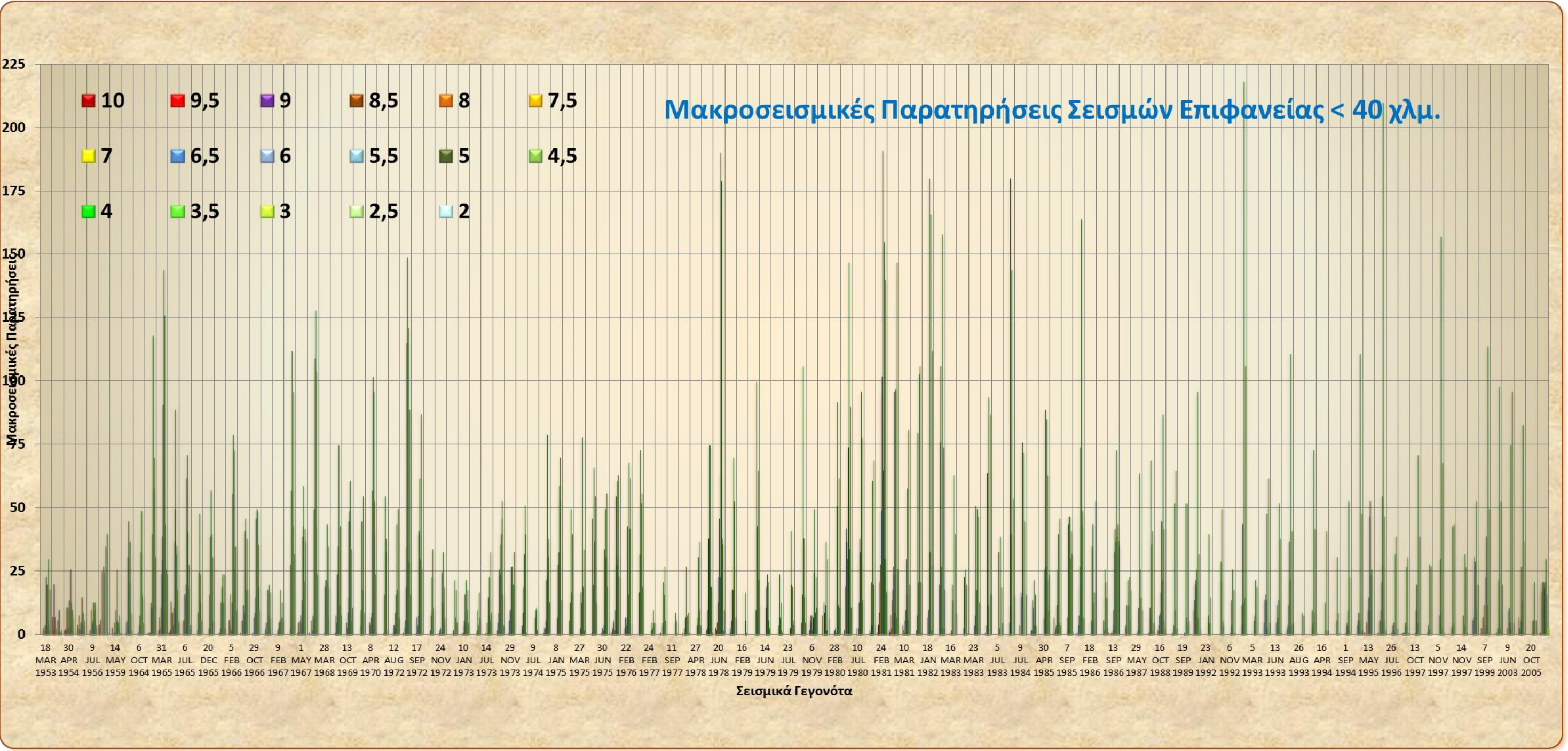
Γράφημα 3-2: Μέγεθος και Μακροσεισμική Ένταση για τους 130 σεισμούς της περιόδου 1953-2013 με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ..

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...



Γράφημα 3-3: Αριθμός Παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους 130 σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.

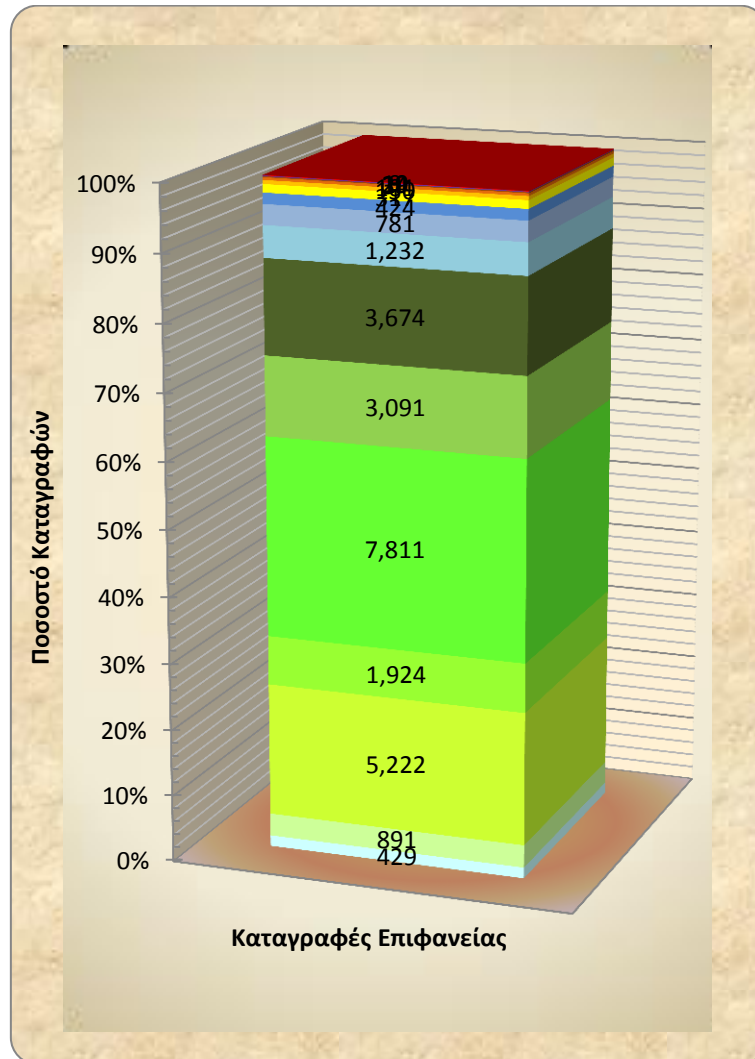
Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...



Γράφημα 3-4: Ανάλυση αριθμού παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Το **Γράφημα 3-5** παρουσιάζει την τιμή και το ποσοστό % των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί στον Ελληνικό χώρο για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013. Φαίνεται καθαρά ότι οι παρατηρήσεις με Μακροσεισμική Ένταση IV - IV+ - V αποτελούν την πλειονότητα τιμών, ενώ οι υψηλές και οι μικρές τιμές δεν είναι τόσες πολλές.



Γράφημα 3-5: Η τιμή και το ποσοστό % των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί στον Ελληνικό χώρο για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.

Το **Γράφημα 3-6** που ακολουθεί φανερώνει την ραγδαία ελάττωση του αριθμού των παρατηρήσεων των σεισμών με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. σε σχέση με την αύξηση της επικεντρικής απόστασης. Οι περισσότερες παρατηρήσεις έχουν ληφθεί σε επικεντρικές αποστάσεις μεταξύ 50-125 χλμ.. Όταν η απόσταση υπερβεί τα

325 χλμ. ο αριθμός των παρατηρήσεων ελαττώνεται σημαντικά, ενώ οι μεγαλύτερες αποστάσεις όπου έχουμε παρατηρήσεις είναι μέχρι τα 625 χλμ..



Γράφημα 3-6: Μεταβολή αριθμού των μακροσεισμικών παρατηρήσεων των γεγονότων με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. σε σχέση με την επικεντρική απόσταση.

II. Σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ.

Οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ. είναι 21, με εύρος Μικροσεισμικού Μεγέθους 4,6-6,3 της Κλίμακας Richter, το εστιακό βάθος φθάνει τα 165 χλμ., ενώ καταγράφονται Μακροσεισμικά Αποτελέσματα από II έως VIII+ της Κλίμακας Mercalli.

Ο Πίνακας 3-3 που ακολουθεί παρουσιάζει όλες τις παραμέτρους των 21 σεισμών με εστιακό βάθος > 40 χλμ.. Το Έτος / Μήνας / Ημέρα / Ώρα / Λεπτό / Δευτερόλεπτο του χρόνου γένεσης του σεισμού, οι Γεωγραφικές Συντεταγμένες, Πλάτος / Μήκος του epicέντρου, το Εστιακό Βάθος, η Επικεντρική Ένταση και ο αριθμός των Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων για κάθε μια τιμή Μακροσεισμικής Έντασης VIII+ / VIII / VII+ / VII / VI+ / VI / V+ / V / IV+ / IV / III+ / III / II+ / II.

Τέλος, περιλαμβάνει και τον συνολικό αριθμό παρατηρήσεων που υπάρχουν για κάθε σεισμό.

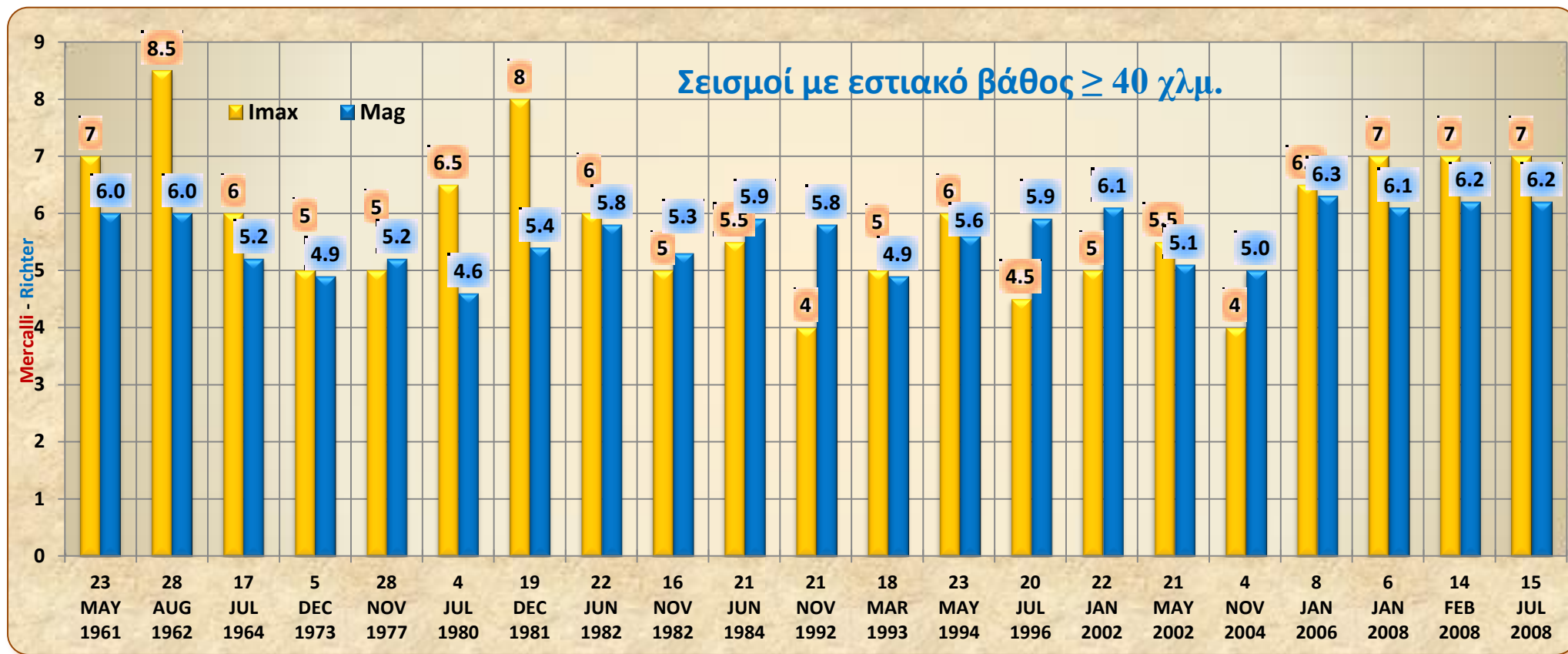
Το **Γράφημα 3-7** που ακολουθεί παρουσιάζει το Μέγεθος και την Μακροσεισμική Επικεντρική Ένταση για τους 21 σεισμούς της περιόδου 1953-2013 με εστιακό βάθος > 40 χλμ.. Δεν παρατηρούνται τόσες πολλές τιμές πολύ υψηλής Επικεντρικής Έντασης, όπως στους επιφανειακούς σεισμούς. Ο παράγοντας εστιακό βάθος αυξάνει την διαδρομή των σεισμικών κυμάτων προς την επιφάνεια, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η γεωμετρική εξασθένηση και η απόσβεση τους με θετικά αποτελέσματα για τις βλάβες της πλειόσειστης περιοχής. Βέβαια, με την αύξηση του βάθους αυξάνεται η Μακροσεισμική Επιφάνεια αλλά οι ισόσειστες καμπύλες έχουν πιο κυκλικές μορφές καθώς μειώνεται και η επίδραση των τοπικών γεωλογικών συνθηκών. Την 28^η Αυγούστου 1962 παρατηρήθηκαν Μακροσεισμικές Εντάσεις VIII+ στην Κεφαλονιά-Ιθάκη, ενώ την 19^η Δεκεμβρίου 1981 παρατηρήθηκε Μακροσεισμική Ένταση VIII στην Κρήτη.

Το **Γράφημα 3-8** παρουσιάζει τον αριθμό παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους 21 σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013. Παρατηρούμε ότι τις περισσότερες παρατηρήσεις είχαμε στον σεισμό της 28^{ης} Αυγούστου 1962 στα Ιόνια Νησιά και την 19^η Δεκεμβρίου 1981 στην Κρήτη. Ο αριθμός των παρατηρήσεων υπερβαίνει τις 640, γεγονός που φανερώνει την μεγάλη έκταση της Μακροσεισμικής Επιφάνειας, την μεγάλη αισθητότητα τους. Μόνο ο σεισμός της 24^{ης} Φεβρουαρίου 1981 υπερβαίνει τις παραπάνω τιμές, ενώ ο σεισμός της 20^{ης} Ιουνίου 1978 στο Σοχό Θεσσαλονίκης υπολείπεται λίγο.

Το **Γράφημα 3-9** παρουσιάζει μια ποιοτική ανάλυση του αριθμού των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013. Όσο πιο ερυθρωπές είναι οι ράβδοι, τόσο μεγαλύτερες εμφανίζονται οι Μακροσεισμικές Εντάσεις, ενώ όσο πιο ανοικτο-πράσινες είναι οι ράβδοι τόσο πιο μικρές τιμές έχουν οι Μακροσεισμικές Εντάσεις. Παρατηρούμε την απουσία ερυθρωπών ράβδων καθώς οι Μακροσεισμικές Εντάσεις δεν φθάνουν την τιμή VIII+ εκτός από το σεισμό της 28^{ης} Αυγούστου 1962.

Πίνακας 3-3: Εστιακές παράμετροι και αριθμός παρατηρήσεων για κάθε τιμή II-VIII+ Μακροσεισμικής Ένταση για τους 21 σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ..

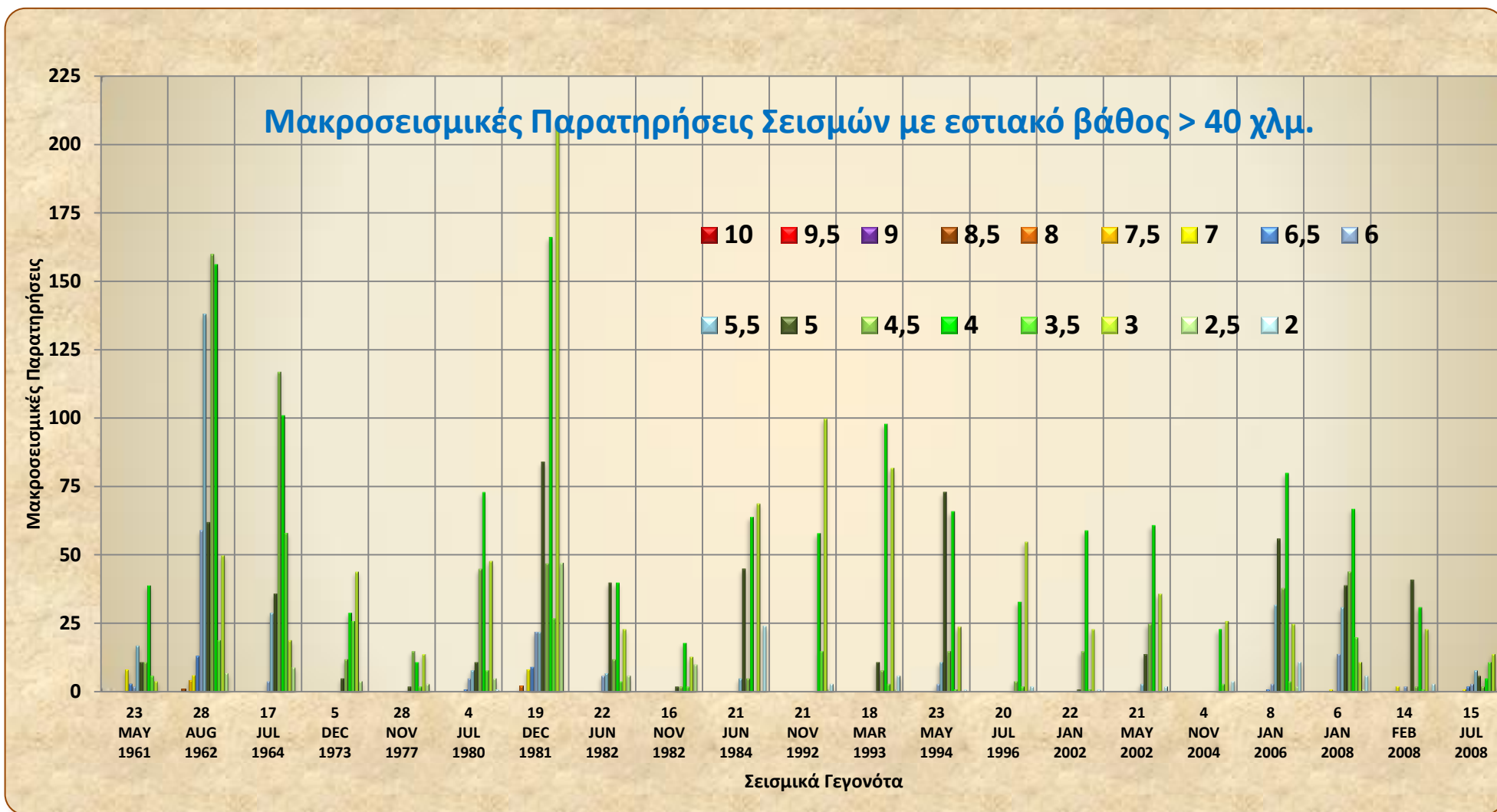
Έτος	Μήνας	Ημέρα	Ωρα	Λεπτά	Δευτερόλεπτα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Βάθος	Io	Μέγεθος	Παρατηρήσεις VIII+	Παρατηρήσεις VII	Παρατηρήσεις VII+	Παρατηρήσεις VII	Παρατηρήσεις VI+	Παρατηρήσεις VI	Παρατηρήσεις V+	Παρατηρήσεις V	Παρατηρήσεις IV+	Παρατηρήσεις IV	Παρατηρήσεις III+	Παρατηρήσεις III	Παρατηρήσεις II+	Παρατηρήσεις II	Σύνολο ανά σεισμό
1961	MAY	23	2	45	20.0	36.7	28.5	65	7	6				8	3	2	17	11	11	39	6	4			101
1962	AUG	28	10	59	56.0	37.8	22.9	100	8.5	6	1		4	6	13	59	138	62	160	156	19	50	7		675
1964	JUL	17	2	34	26.7	38.05	23.6	150	6	5.2						4	29	36	117	101	58	19	9		373
1973	DEC	5	3	50	51.4	35.25	26.39	68	5	4.9								5	12	29	26	44	4		120
1977	NOV	28	2	59	13.8	36.04	27.71	51	5	5.2								2	15	11	2	14	3		47
1980	JUL	4	20	20	16.2	39.28	22.91	71	6.5	4.6					1	5	8	11	45	73	8	48	5	1	205
1981	DEC	19	14	10	52.5	39.13	25.3	42	8	5.4		2		8	9	22	22	84	47	166	27	208	47		642
1982	JUN	22	3	4	28.4	37.04	21.06	102	6	5.8						6	7	40	12	40	4	23	6		138
1982	NOV	16	23	41	27.5	40.54	19.8	49	5	5.3								2	2	18	2	13	10		47
1984	JUN	21	10	43	46.2	35.36	23.31	46	5.5	5.9							5	45	5	64		69		24	212
1992	NOV	21	5	7	19	35.51	22.38	93	4	5.8										58	15	100	1	3	177
1993	MAR	18	15	47	1.5	38.26	22.2	51	5	4.9								11	8	98	3	82	1	6	209
1994	MAY	23	6	46	16.3	35.4	24.73	81	6	5.6						3	11	73	15	66	1	24		1	194
1996	JUL	20	0	0	43.1	36.21	27.14	45	4.5	5.9									4	33	2	55	1	2	97
2002	JAN	22	4	53	54.3	35.56	26.73	104	5	6.1								1	15	59	1	23		1	100
2002	MAY	21	20	53	30.8	36.57	24.31	97	5.5	5.1							3	14	25	61		36		2	141
2004	NOV	4	6	22	37.4	35.86	23.23	95	4	5										23	3	26		4	56
2006	JAN	8	11	34	54	36.21	23.41	69	6.5	6.3					1	3	32	56	38	80	4	25	2	11	252
2008	JAN	6	5	14	19.3	37.11	22.78	84	7	6.1				1		14	31	39	44	67	20	11	1	6	234
2008	FEB	14	10	9	23.4	36.5	21.78	41	7	6.2				2		2		41	2	31	1	23		3	105
2008	JUL	15	3	26	34.5	35.85	27.92	56	7	6.2				1	2	3	8	6	2	5	11	14		3	55
						Σύνολο					1	2	4	26	29	123	311	539	579	1.278	213	911	97	67	4.180



Γράφημα 3-7: Μέγεθος και Μακροσεισμική Ένταση για τους σεισμούς της περιόδου 1953-2013 με εστιακό βάθος > 40 χλμ.

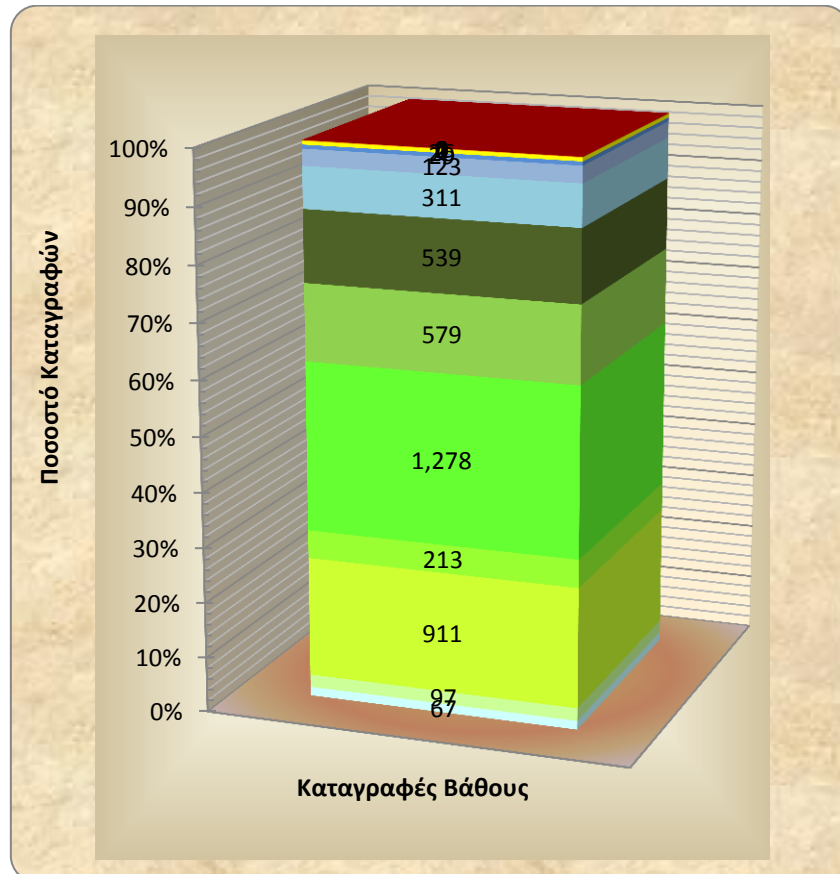


Γράφημα 3-8: Αριθμός Παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-9: Ανάλυση αριθμού παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.

Το **Γράφημα 3-10** παρουσιάζει την τιμή και το ποσοστό % των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί στον Ελληνικό χώρο για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013. Όπως και στους επιφανειακούς σεισμούς οι παρατηρήσεις με Μακροσεισμική Ένταση IV - IV+ - V αποτελούν την των πλειονότητα τιμών, ενώ οι υψηλές και οι μικρές τιμές δεν είναι τόσες πολλές.



Γράφημα 3-10: Η τιμή και το ποσοστό % των παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί στον Ελληνικό χώρο για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.

Το **Γράφημα 3-11** που ακολουθεί παρουσιάζει μια ελάττωση του αριθμού των παρατηρήσεων των σεισμών με εστιακό βάθος > 40 χλμ. σε σχέση με την αύξηση της επικεντρικής απόστασης. Οι περισσότερες παρατηρήσεις έχουν ληφθεί σε επικεντρικές αποστάσεις μεταξύ 75-150 χλμ.. Όταν η απόσταση υπερβεί τα 325 χλμ. ο αριθμός των παρατηρήσεων ελαττώνεται σημαντικά, ενώ οι μεγαλύτερες αποστάσεις όπου έχουμε παρατηρήσεις είναι μέχρι τα 650 χλμ. καθώς φαίνεται ότι υπάρχει μια μεγαλύτερη εξάπλωση της Μακροσεισμικής Επιφάνειας.



Γράφημα 3-11: Μεταβολή αριθμού των μακροσεισμικών παρατηρήσεων των γεγονότων με εστιακό βάθος > 40 χλμ. σε σχέση με την επικεντρική απόσταση.

D. Τοποθεσίες συλλογής των παρατηρήσεων

Οι τοποθεσίες συλλογής των παρατηρήσεων αποτελούν τους τόπους όπου στέλνονταν τα ερωτηματολόγια μετά την έλευση ενός ισχυρού σεισμού. Την δεκαετία του 1980 αυξήθηκαν οι τοποθεσίες αυτές και έφτασαν σήμερα να είναι 3361 χωριά/κωμοπόλεις/πόλεις για τις οποίες υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις, δεδομένα των γεωγραφικών συντεταγμένων τους, όπως επίσης και πληθυσμιακές πληροφορίες.

Μετά την συλλογή τους, οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις θα πρέπει να ομαδοποιούνται για κάθε τοποθεσία ξεχωριστά. Η επιφάνεια της κάθε τοποθεσίας διαφέρει, για αυτό και θα πρέπει να υπάρχει ένα κατώτερο και ένα ανώτερο όριο επιφάνειας που να χαρακτηρίζει μια τοποθεσία. Δεν πρέπει η επιφάνεια να είναι πολύ μεγάλη, ούτε όμως πολύ μικρή. Η ομαδοποίηση των παρατηρήσεων πρέπει να αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και να προκύπτει μια τιμή Μακροσεισμικής Έντασης για την συγκεκριμένη τοποθεσία. Επίσης, για να είναι

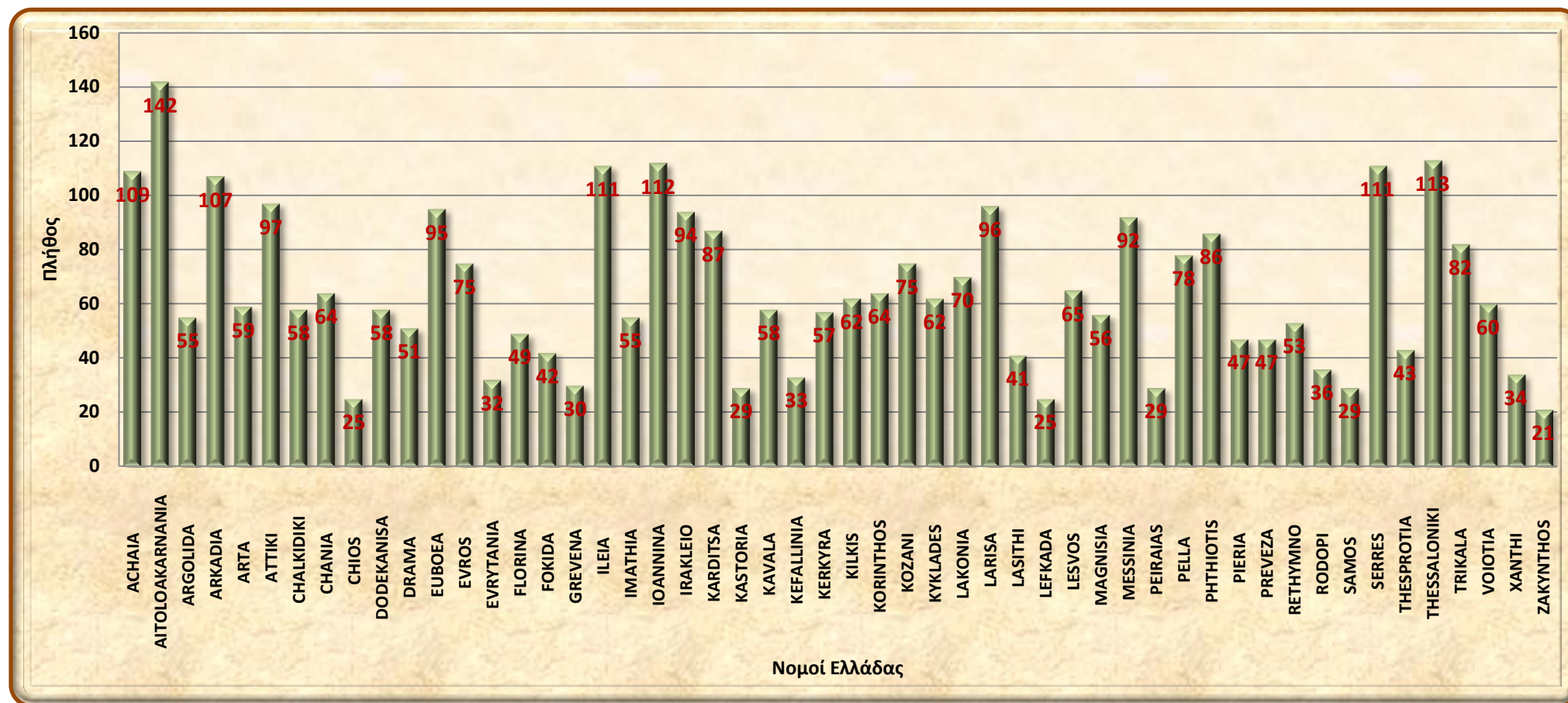
αντικειμενική η τιμή της Μακροσεισμικής Έντασης σε μια θέση θα πρέπει να υπάρχει ένας ικανός αριθμός παρατηρήσεων. Δεν είναι επιστημονικά ορθό να προσπαθούμε με λιγοστά δεδομένα να συγκεκριμενοποιήσουμε μια τιμή Έντασης σε μια τοποθεσία. Η **Εικόνα 3-3** εμφανίζει την γεωγραφική κατανομή των 3.361 οικισμών /κωμοπόλεων/πόλεων για τις οποίες υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις την περίοδο 1953-2013. Παρατηρούμε την πληθώρα θέσεων στην Κεντρική και Νότια Ελλάδα και την έλλειψη που υπάρχει στις αραιοκατοικημένες ορεινές περιοχές της Ηπείρου και της Θράκης. Επίσης, από τα νησιά, στα μεγάλα νησιά έχουμε αρκετά σημεία αναφοράς, ενώ τα μικρότερα απλά δηλώνουν την παρουσία τους.

I. Νομοί της Ελληνικής Επικράτειας

Οι 52 Νομοί της Ελληνικής Επικράτειας δεν συνεισφέρουν ομοιόμορφα στον αριθμό θέσεων συλλογής μακροσεισμικών δεδομένων. Το **Γράφημα 3-12** παρουσιάζει τον αριθμό τοποθεσιών συλλογής παρατηρήσεων ανά Νομό της Ελληνικής Επικράτειας. Όπως είναι λογικό, οι ορεινοί και οι νησιωτικοί νομοί παρουσιάζουν τις λιγότερες θέσεις.



Εικόνα 3-3: Χάρτης της Ελληνικής Επικράτειας με τη γεωγραφική κατανομή των 3.361 οικισμών /κωμοπόλεων/πόλεων για τις οποίες υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-12: Αριθμός τοποθεσιών συλλογής παρατηρήσεων ανά Νομό της Ελληνικής Επικράτειας.

II. Οι τοποθεσίες με την Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση

Ο Πίνακας 3-4 καταγράφει τις θέσεις όπου έχουν παρατηρηθεί οι μέγιστες τιμές έντασης $I_{\max}$ για κάθε ένα από τους 130 επιφανειακούς σεισμούς μελέτης. Για τους 8 σεισμούς του Πίνακας 3-2 οι τιμές που αναγράφονται δεν είναι οι Επικεντρικές Εντάσεις, αλλά οι μέγιστες παρατηρηθείσες στον Ελληνικό χώρο.

Πίνακας 3-4: Οι τοποθεσίες που έχει παρατηρηθεί η Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση από τους σεισμούς εστιακού βάθους ≤ 40 χλμ. την περίοδο 1953-2013.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	$I_{\max}$	Τοποθεσία Μέγιστης Μακροσεισμικής Ένταση
1953	MAR	18	8	KALLONI, KERAMI, SKALA
1953	AUG	12	10	ITHAKI, PERACHORI, ARGOSTOLI, PERATATA, SVORONATA, SPARTIA, LIXOURI
1954	APR	30	9,5	PASCHALITSA, EKKARA
1955	APR	19	8,5	AGRIA, ANO LECHONIA, DRAKEIA, KATO LECHONIA,
1956	JUL	9	8	EPISKOPHI GONIAS, NAOUSA
1957	MAR	8	9,5	VELESTINO, AGIOS GEORGIOS FERON, STEPHANOVIKEIO, MEGALO MONASTIRI
1959	MAY	14	8,5	ANTISKARI, PITSIDIA, AGIA GALINI
1959	NOV	15	7	VOLIMES
1964	OCT	6	6,5	KERAMI
1965	MAR	9	8	ALONNISOS
1965	MAR	31	8,5	GRAMMATIKOU, AGRINIO
1965	APR	5	10	CHOREMIS
1965	JUL	6	7,5	VALIMITIKA, DIAKOPTO, MELISSIA, RODIA, TEMENI, ERATEINI
1965	AUG	23	5,5	AMORIO, PROSKYNITES
1965	DEC	20	5,5	NEA KARVALI, MOUSTHENI, AVAS
1966	JAN	2	7	ISTHμία
1966	FEB	5	8	AGIA VLACHERNA, VRACHA, DAPHNI, DOMIANOI, KLEISTO, PALAIOKATOUNA
1966	SEP	1	8	MEGALOPOLI
1966	OCT	29	8	KATOUNA
1967	JAN	4	7	ZIRIA, KAMARES, NEOS ERINEOS
1967	FEB	9	6,5	AGIA MARINA, KTISMATA
1967	MAR	4	5,5	SKYROS, MESAGROS, PLATY
1967	MAY	1	9	DROSOPIGI
1968	FEB	19	9	AGIOS EFSTRATIOS
1968	MAR	28	6	SAVALIA
1968	JUL	4	7	NEA EPIDAVROS
1969	OCT	13	7	ELEOUSA, ZITSA, PERAMA, RAFTANAIOI
1970	MAR	28	5	MITHYMNA, PETRA, KLEIO, LAGYNA
1970	APR	8	7	VAGIA, ANTIKYRA, DAVLEIA, CHRYSO, XYLOKASTRO
1972	MAY	8	5	PENTAPOLI
1972	AUG	12	7	KALLINDRIA
1972	SEP	13	8	KALLITHEA
1972	SEP	17	7	CHAVRIATA
1972	OCT	30	5	NEOCHORIO, PARAVOLA
1972	NOV	24	7	GARDIKI
1972	DEC	5	5	AGNANTI, EXARCHOS
1973	JAN	10	7,5	KOLIRIO
1973	MAR	6	5	LIMNI
1973	JUL	14	7	MAKRISIA
1973	NOV	4	7,5	LEFKADA, KARYA
1973	NOV	29	7,5	PALAIIOCHORA
1974	JUN	22	6	ANO POROIA, KATO POROIA, AKRITAS, KENTRIKON

1974	JUL	9	4,5	RODOS, SYMI, CHALKI, ARCHANGELOS, KOSKINOY, KRITINIA, MARITSA
1974	NOV	14	7	AGIOS DIMITRIOS
1975	JAN	8	5,5	KASTELLIA (KASTELLI), AGNANTI, AKRAIFNIO, KAPARELLI, PLATAIES, KYRIAKIO, XYLOKASTRO
1975	MAR	17	5	ISAAKIO, PYTHIO, DADIA, MYRINA, PETRA, PAMFYLLA
1975	MAR	27	5,5	KAVISOS, ARDANIO, PEPLOS
1975	APR	4	6	SKEPASTO
1975	JUN	30	7,5	KATO MAKRINOY
1975	DEC	31	9	KATO MAKRINOY
1976	FEB	22	7,5	SOPHADES, PHILIA, STAVROS
1976	MAY	11	5	AMPELOKIPOI, ASPRA SPITIA, VOUNARGO, DAFNI, KARATOULAS, KOUTSOCHERA, GRAIKAS, KAKOVATOS, PLATIANA, SAMIKO, KROUNOI, IRAKLEIA, CHANDRINOS, SAGAIKA, PALAIOMANINA, AVARIKOS, KAINOURGIO
1977	FEB	24	4,5	KERAMI, MARATHOKAMPOS
1977	MAY	13	6,5	SKIATHOS
1977	SEP	11	4	KISSAMOS, GRAMVOUSA, PLATANOS KISSAMOU, GALATAS, MESKLA
1978	JAN	29	7,5	IERAPETRA
1978	APR	27	5	PHLORIADA, AGIOS NIKOLAOS, PLATANOS NAFPAKTIAS, PROUSOS
1978	MAY	23	7	STIVOS, SCHOLARI
1978	JUN	20	8,5	GERAKAROU, STIVOS, SCHOLARI
1978	JUL	4	6,5	LANGADAS, ASSIROS, KOLCHIKO
1979	FEB	16	4	CHALKI, AIGIALI, AMORGOS, EMPOREIO, THIRA, DRYOPIS KYTHNOY, MILOS, NAXOS, AGIOS ARSENIOS, VIVLOS, KORONOS, MELANES, LEFKES PAROU, NAOUSA, PAROS, ERMOUPOLI, MYKONOS
1979	APR	15	4,5	AMPELOKIPOI, PTOLEMAIDA, AGIOS CHRISTOPHOROS, KARYOTISSA, AGIOS PETROS, ARETHOUSA, ANAGENNISI, AETOS, VEVI, KANALI
1979	JUN	14	6	CHIDIRA, MESAGROS, PANAGIOUDA, PAPPADOS, PERAMA, PIGI, MEGALOCHORI, PLAGIA, TRYGONAS, ACRASION, AMPELIKON
1979	JUN	15	5	KOURNAS, KARES KISSAMOU
1979	JUL	23	5	AGIOS GEORGIOS, ZAKROS, GONIES
1979	AUG	31	5	ARETHOUSA, VRASNA, STANOS, THEODOSIA, DAFNI
1979	NOV	6	8	NEA SELEFKEIA, MAZARAKIA
1979	NOV	11	7	KASTRI, NEA SELEFKEIA, MARGARITI, GRIKA, KORITIANI, FASKOMILIA, AGIOS VLASIOS, ARGYROTOPOS
1980	FEB	28	7	KAPARELLI
1980	JUL	9	8,5	ALMYROS, NEA ANCHIALOS
1980	JUL	10	7	MILIES, NEA ANCHIALOS, AIDINION
1980	AUG	11	6	NEA ANCHIALOS, AIDINION
1981	FEB	24	9,5	PRODROMOS
1981	MAR	4	9,5	KAPARELLI, PLATAIES
1981	MAR	10	7,5	THESPROTIKO, PHILIPPIADA, KRYOPIGI, PAPPADATES
1981	DEC	27	6	KERAMI, SKOUTAROS
1982	JAN	18	6	THASOS, KALLIRACHI, LIMENARIA, PANAGIA, PRINOS, AGIA PARASKEVI, SKOUTAROS
1983	JAN	17	6	ANGELOKASTRO, AGIOS ANDREAS, ANTIRRIO, DOKIMIO, PACHYKALAMOS, LOUROS, KANKADI, METOCHI, SAGAIKA, GASTOUNI, AGIA ANNA, VARDA, NEA MANOLADA, NEMOUTA, ARGOSTOLI, SVORONATA, AGIA THEKLA, SAMI, VOLIMES, PANTOKRATORAS
1983	MAR	16	7	AGIOS NIKOLAOS
1983	MAR	19	5,5	VORIZIA, KROUSONAS, EPISKOPI
1983	MAR	23	6	AGIOS-NIKOLAOS, PALAIROS, LYSIMACHEIA, ANO KOTSANOPOULO
1983	MAR	23	7	AGIA THEKLA
1983	JUL	5	5	ALEXANDROUPOLI, LOUTROS, DIDYMOTEICHO, ELAPHOCHORI, ELLINOCHORI, THOURIO, KYANI, MANI, METAXADES, PYTHIO, KAVYLI, KASTANIES, NEA VYSSA, RIZIA, SOUPHLI, TYCHERO, KOMOTINI, AMARANTA, AMVROSIA, THRYLORIO, KOSMIO, MIRANA, POLYANTHO, SOSTIS, ARRIANA, LIMENARIA, NEA KARYA, MYRINA, MESOTOPOS, STYPSI, LOUTRA, MORIA, PAMPHYLLA
1983	AUG	6	6	AGIOS DIMITRIOS, KERAMI, LIMENARIA, XANTHI, ORAIO
1984	JUL	9	7	AGRAS, ARNISSA, NISI, RODOCHORI

1984	OCT	25	7	KRANIDIA, VATOLAKKOS
1985	APR	30	6	AMALIAPOLI, MIKROTHIVES, PLATANOS, PTELEOS, MOURESI, PELASGIA, ELLINOKASTRO
1985	AUG	31	7,5	KANALI, MICHALITSI, MYRSINI, NEA SAMPSOUNTA, TRIKASTRON, KASTRION, ANO KOTSANOPOULO
1985	SEP	7	6	NEA (KATO) FIGALEIA, PETRALONA
1985	NOV	9	7,5	VOLAKAS
1986	FEB	18	5,5	ANYDRO, DROSERO, KALI, MANDALO, KATO LIPOCHORI, FLAMOURIA
1986	MAR	25	5	ANTISSA, STYPSI, POLICHNITOS, MESAGROS, PAMPHYLLA, CHALKEIO
1986	SEP	13	10	KALAMATA
1986	DEC	17	6	KYNOPIASTES, PEROULADES, STRONGYLI
1987	MAY	29	6	NEA (KATO) PHIGALEIA
1988	MAY	18	6	KOUVALATA
1988	OCT	16	8	VARTHOLOMIO, KYLLINI
1989	MAR	19	5,5	SKIATHOS
1989	SEP	19	5	MARKINIADA
1990	DEC	21	7	ARIDAIA, APSALOS, VOREINO, EXAPLATANOS, KONSTANTIA, MILEA, ORMA, SOSANDRA, PHOUSTANI, PHLAMOURIA
1992	JAN	23	5	PALAIOMANINA, DOKIMIO, PHARAKLATA, LIXOURI, CHAVDATA, CHAVRIATA, AGALAS, PANTOKRATORAS
1992	JUL	23	4	THASOS, THEOLOGOS, AMISIANA, NEA KARVALI, ZARKADIA, CHRYSOCHORI, DOMATIA, MESOROPI, NEA PERAMOS, PALAIOCHORI, AGIOS LAVRENTIOS, MOURESI, GLOSSA, GOMATI, OURANOPOLI, STANOS, KALAMARIA, AVATO, AMORIO, KOMOTINI, MYRINA, KONTIAS LIMNOU, MOUDROS, ROMANO, VASILIKA, MESAGROS, NEOCHORI, OXYLITHOS, APHRATIO
1992	NOV	6	5,5	KARLOVASI
1992	NOV	18	6	ARACHOVA, DISTOMO, ANTIKYRA, DESPHINA
1993	MAR	5	5,5	PHILIATRA, PYRGOS TRIPHYLIAS
1993	MAR	26	6,5	PYRGOS, AGIOS GEORGIOS, VARVASAINA, VOUNARGO, EPITALIO
1993	JUN	13	6	THESPROTIKO, VRYSOULA, KRANEA, RIZOVOUNI, STEPHANI
1993	JUL	14	7	VRACHNAIIKA, MINTILOGLI, SARAVALI
1993	AUG	26	4	KALYMNOS, KOS, RODOS, SYMI, ARCHIPOLI, LARDOS, PARADEISIO, SORONI, PHANES
1994	FEB	25	5,5	ENKLOUVI, KALAMITSI, KARYA
1994	APR	16	4	ANDRAVIDA, VARTHOLOMIO, KATAKOLO, LANTHIO, SKOUROCHORI, KRESTENA, LEPREO, PLATIANA, KYPARISSIA, TRIKORPHO, PATIOPOULO, GRAMMATIKOU, MARIES
1994	MAY	24	4,5	VRISA, MESAGROS, PALAIOCHORI, PLAGIA, THYMIANA, NEOCHORI
1994	SEP	1	6	NIKI
1995	MAY	4	6	VARVARA, MARATHOUSSA, STAGIRA, STANOS
1995	MAY	13	9,5	KNIDI
1995	JUN	15	8	AIGIO
1996	JUL	26	6,5	KALLITHEA
1996	AUG	5	7	KONITSA
1997	OCT	13	6,5	KORONI
1997	OCT	21	5,5	PHOURNA
1997	NOV	5	5,5	AMYGDALIA, LIDORIKI, PENTAPOLI, VOUNICHORA, DESPHINA, ITEA, KASTELLIA (KASTELLI), ANTIKYRA
1997	NOV	12	5	PARGA, ANTHOUSA, KANALI
1997	NOV	14	5	ANEMOTIA, POLICHNITOS, VRISA, LOUTRA, PAMPHYLLA, PANAGIoudA, LITHI, NEOCHORI
1997	NOV	18	6,5	ANDRAVIDA, AVGEIO, VARDA, VOUNARGO, VRINA, KRESTENA
1999	SEP	7	9	ANO LIOSIA, ACHARNES, THRAKOMAKEDONES
2001	JUL	26	6,5	SKYROS
2003	JUN	9	7	KALLIPEFKI, KARYA, GONNOI
2003	AUG	14	7,5	LAZARATA
2005	OCT	20	5,5	PERDIKI
2008	JUN	8	8,5	CHALANDRITSA

Όπως διαπιστώνουμε, πάρα πολλές τοποθεσίες έχουν βλαφθεί από υψηλές τιμές Μακροσεισμικής Έντασης.

III. Γεωγραφική κατανομή σε πλέγμα 1*1 μοίρας

Η **Εικόνα 3-4** που ακολουθεί παρουσιάζει σε πλέγμα 1*1 γεωγραφικής μοίρας την γεωγραφική κατανομή των 3361 οικισμών/κωμοπόλεων/πόλεων για τις οποίες την περίοδο 1953-2013 υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις. Όσο πιο ερυθρωποί είναι οι χρωματισμοί, τόσο μεγαλύτερη πυκνότητα τοποθεσιών υπάρχει, ενώ οι πρασινωποί χρωματισμοί δηλώνουν μειωμένο αριθμό θέσεων παρατηρήσεων.

Κοινότητες		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
0	42												42
297	41				40	89	69	39	59	1			41
673	40		16	177	253	156	51	12	8				40
738	39	49	197	218	176	36	1	15	46				39
668	38		70	202	174	162	31	7	22				38
579	37		21	177	228	80	18	22	31	2			37
144	36			17	54	5	10	12	4	23	18	1	36
256	35			0	0	38	101	99	10	8			35
6	34						4	2					34
3361		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
		49	304	791	925	566	285	208	180	34	18	1	3361
Γεωγραφικό Μήκος													

Εικόνα 3-4: Γεωγραφική κατανομή ανά πλέγμα 1*1 μοίρας των 3361 τοποθεσιών καταγραφής παρατηρήσεων του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. της περιόδου 1953-2013.

Ε. Στοιχεία από τα δεδομένα

Από την επεξεργασία των στοιχείων των σεισμικών γεγονότων και των μακροσεισμικών παρατηρήσεων πηγαίνουν ορισμένες ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με την μέγιστη τιμή Μακροσεισμικής Έντασης που έχει παρατηρηθεί σε κάθε

νομό, την ποιοτική ανάλυση του αριθμού των μακροσεισμικών παρατηρήσεων ανά ζώνη όπως θα δούμε σε επόμενο Κεφάλαιο, την μακροσεισμική ιστορία ορισμένων ευπαθών πόλεων, την ημερήσια και μηνιαία συχνότητα των σεισμικών γεγονότων και τέλος τον ετήσιο αριθμό των παρατηρήσεων.

I. Η Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση που έχει παρατηρηθεί σε κάθε

Νομό

Στο **Γράφημα 3-13** μπορούμε να διαπιστώσουμε σε ποιους νομούς της Ελλάδας είμαστε πιο ασφαλείς από τον σεισμικό κίνδυνο και σε ποιους πιο επισφαλείς. Στους Νομούς Καστοριάς και Πιερίας έχουν παρατηρηθεί βλάβες μέγιστης έντασης V, ενώ στους Νομούς Καβάλας, Κέρκυρας, Λακωνίας, Ξάνθης, Ροδόπης, Σάμου, Φλώρινας και Χίου έχουν παρατηρηθεί βλάβες μέγιστης έντασης μόλις VI της Κλίμακας Mercalli. Αντίθετα, στους Νομούς Βοιωτίας, Γρεβενών, Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας, και Φθιώτιδας έχουν παρατηρηθεί βλάβες μέγιστης έντασης IX+, ενώ οι πιο επισφαλείς Νομοί της Ελληνικής Επικράτειας είναι οι Νομοί Κεφαλληνίας, Μεσσηνίας και Αρκαδίας όπου έχουν παρατηρηθεί βλάβες με τιμές Επικεντρικής Έντασης X της Κλίμακας Mercalli.

II. Ανάλυση αριθμού Παρατηρήσεων ανά ζώνη

Σε επόμενα Κεφάλαια θα μιλήσουμε για τον καταμερισμό της Ελληνικής Επικράτειας με την δημιουργία ζωνών με βάσει σεισμολογικά, τεκτονικά και γεωγραφικά στοιχεία. Εδώ όμως θα κάνουμε μια ποσοτική και ποιοτική προσέγγιση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων που έχουν γίνει σε κάθε μια από τις ζώνες αυτές την χρονική περίοδο 1953-2013.

Το **Γράφημα 3-14** φανερώνει ότι στα Ιόνια Νησιά έχουν παρατηρηθεί πολλές φορές αυξημένες μακροσεισμικές εντάσεις. Ποσοτικά οι περισσότερες παρατηρήσεις έγιναν με το σεισμό της 17^{ης} Ιανουαρίου 1983 με επίκεντρο την Κεφαλονιά, αλλά οι εντάσεις δεν υπερέβησαν τους VI Mercalli. Αντίθετα, η σφοδρότερη σεισμική δόνηση

ήταν της 12^{ης} Αυγούστου 1953 με εντάσεις X Mercalli που κατέστρεψε ολοκληρωτικά την Κεφαλονιά και την Ιθάκη.

Στον Κορινθιακό Κόλπο οι παρατηρήσεις φανερώνουν ίδιες δυσμενείς καταστροφικές περιπτώσεις (βλέπε **Γράφημα 3-15**). Οι σεισμοί του Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1981 είχαν τα καταστροφικότερα αποτελέσματα για τον Κορινθιακό Κόλπο με εντάσεις IX+ Mercalli και πληθώρα υψηλών τιμών έντασης. Βέβαια, αφού υπήρχε μια εντονότατη μετασεισμική ακολουθία, το κτιριακό απόθεμα των περιοχών πέριξ του Κόλπου των Αλκυονίδων θα είχε καταπονηθεί αρκετά από τον σεισμό της 24^{ης} Φεβρουαρίου και επομένως ο σεισμός της 4^{ης} Μαρτίου ολοκλήρωσε τις βλάβες στα τालαιπωρημένα σπίτια. Επίσης, ο σεισμός της 31^{ης} Μαρτίου 1965 παρουσίασε καταστροφικά αποτελέσματα με εντάσεις VIII+ Mercalli.

Το **Γράφημα 3-16** φανερώνει ότι η Νότια Ελλάδα που γεωγραφικά κυρίως είναι η Πελοπόννησος έχει επίσης πληγεί πολλές φορές από αυξημένες μακροσεισμικές εντάσεις. Ποσοτικά οι περισσότερες παρατηρήσεις έγιναν με το σεισμό της 13^{ης} Σεπτεμβρίου 1972 με επίκεντρο την ορεινή Κορινθία, με τις εντάσεις να φθάνουν τους VIII Mercalli. Αντίθετα, οι σφοδρότερες σεισμικές δονήσεις ήταν της 5^{ης} Απριλίου 1965 και της 7^{ης} Σεπτεμβρίου 1986 με εντάσεις X Mercalli που κατέστρεψαν την Αρκαδία και την Καλαμάτα.

Η ζώνη της Κεντρικής Ελλάδας έχει πληγεί πολλές φορές από καταστρεπτικούς σεισμούς (βλέπε **Γράφημα 3-17**). Την 8^η Μαρτίου 1957 και την 30^η Απριλίου 1954 παρατηρήθηκαν μακροσεισμικές εντάσεις IX+ σε Μαγνησία και Καρδίτσα. Επίσης, την 7^η Σεπτεμβρίου 1999 στο σεισμό της Αθήνας και την 31^η Δεκεμβρίου 1975 στην Τριχωνίδα υπήρξαν καταστροφές IX Mercalli. Δεν θα πρέπει να λησμονήσουμε τους σεισμούς του Ιουλίου 1980 που κατέστρεψε την λεκάνη του Αλμυρού Μαγνησίας με εντάσεις VIII+.

Στην Βόρεια Ελλάδα ο καταστρεπτικότερος σεισμός ήταν της 13^{ης} Μαΐου 1995 στα Γρεβενά και Κοζάνη με επικεντρική ένταση IX+, αλλά και της 20^{ης} Ιουνίου 1978 στην Μυγδονία Λεκάνη με εντάσεις VIII+ που προκάλεσε πολλές βλάβες στη Θεσσαλονίκη (βλέπε **Γράφημα 3-18**).

Στο Αιγαίο Πέλαγος που περιλαμβάνει την Τάφρο του Βορείου Αιγαίου ποσοτικά οι περισσότερες παρατηρήσεις έγιναν με το σεισμό της 18^{ης} Ιανουαρίου 1982 με επίκεντρο την Τάφρο Βορείου Αιγαίου και της 6^{ης} Αυγούστου 1983 με

επίκεντρο την Λήμνο, με τις εντάσεις να φθάνουν τους VI Mercalli. Αντίθετα, οι σφοδρότερες σεισμικές δονήσεις ήταν της 19^{ης} Φεβρουαρίου 1968 με ένταση IX Mercalli που έπληξε τον Άγιο Ευστράτιο και της 9^{ης} Μαρτίου 1965 με ένταση VIII Mercalli που έπληξε την Αλόνησο (βλέπε **Γράφημα 3-19**).

Το **Γράφημα 3-20** εικονίζει τις σεισμικές βλάβες της Κρήτης. Η σφοδρότερη δόνηση ήταν την 14^η Μαΐου 1959 με επικεντρική ένταση VIII+ Mercalli που έπληξε το Ηράκλειο. Οι περισσότερες καταγραφές προκύπτουν από το σεισμό της 29^{ης} Νοεμβρίου 1973 που έπληξε την Παλαιόχωρα Χανίων με ένταση VII+ Mercalli.

Η ζώνη των Δωδεκανήσων δεν έχει πληγεί σοβαρά από το 1953. Το **Γράφημα 3-21** φανερώνει ότι μόνο δυο σεισμικά γεγονότα έχουν προκαλέσει βλάβες, με σοβαρότερο την 23^η Ιουλίου 1979 στο θαλάσσιο χώρο δυτικά της Κάσου. Το υποθαλάσσιο επίκεντρο και το μικρό Μέγεθος του σεισμού μείωσε τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα και για αυτό είχαμε εντάσεις V Mercalli στην Ζάκρο, τον Άγιο Γεώργιο και τις Γωνιές.

Η ζώνη των Κυκλάδων Νήσων μόνο την 9^η Ιουλίου 1956 επλήγη από σφοδρό σεισμό με πολλές καταστροφές. Ο σεισμός είχε επίκεντρο τον θαλάσσιο χώρο μεταξύ Θήρας και Αμοργού και παρατηρήθηκαν εντάσεις VIII Mercalli. Είναι σίγουρο ότι αν ο σεισμός εντοπιζόταν πλησιέστερα σε κάποιο νησί, οι καταστροφές θα ήταν μεγαλύτερες. Το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας που δημιουργήθηκε μετά το σεισμό είναι ένα από τα μεγαλύτερα που έχουν πλήξει τις ακτές της ανατολικής Μεσογείου (βλέπε **Γράφημα 3-22**)

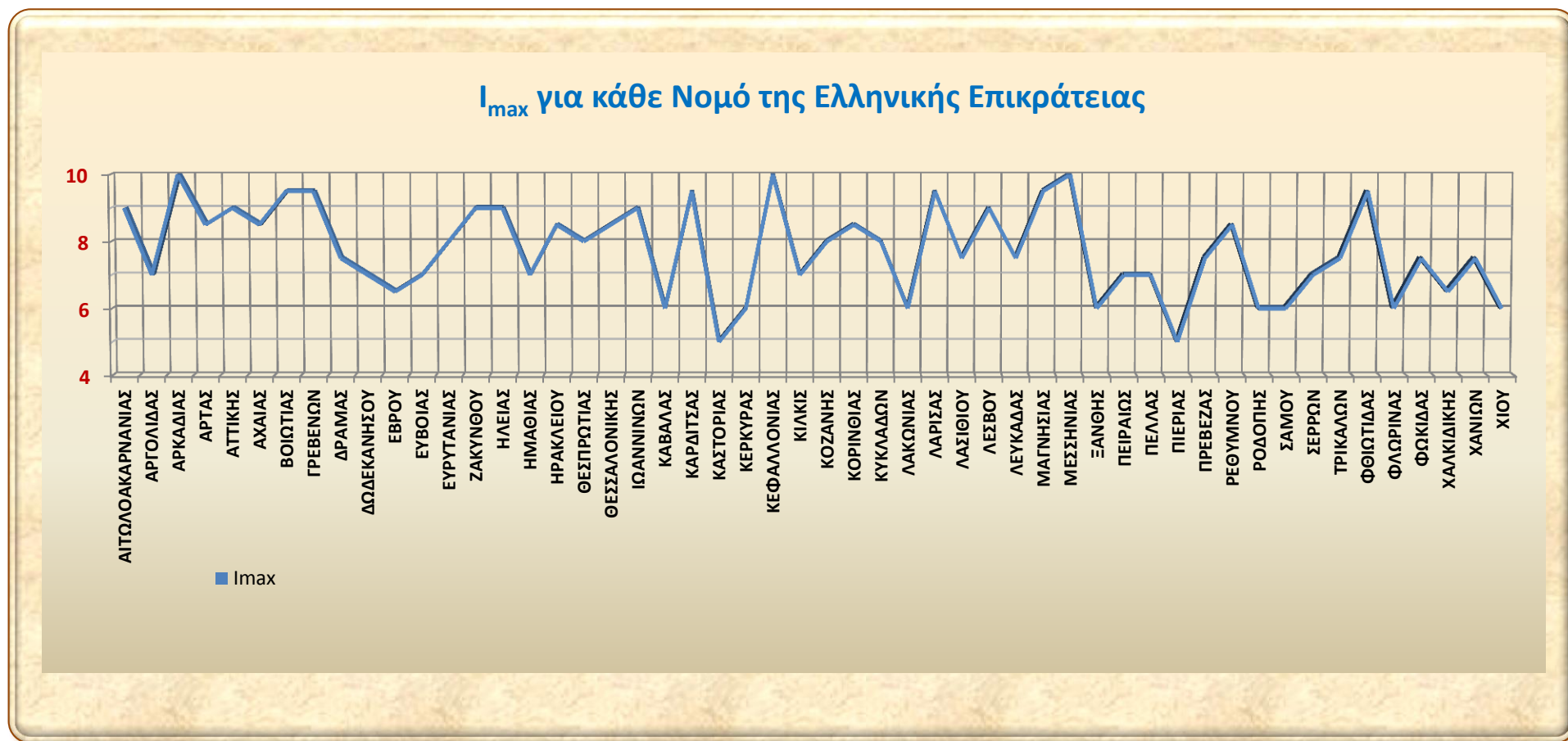
Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας περιλαμβάνει την περιοχή των συνόρων μεταξύ των δυο κρατών, την Βόρεια Ήπειρο, την Κέρκυρα και τους Παξούς. Η σφοδρότερη σεισμική δόνηση ήταν της 1^{ης} Μαΐου 1967 με ένταση IX Mercalli που κατέστρεψε την περιοχή της Άρτας (βλέπε **Γράφημα 3-23**)

Η ζώνη της Αλβανίας περιλαμβάνει τον εστιακό χώρο της Αλβανίας. Το **Γράφημα 3-24** φανερώνει ότι αν και ο σεισμός της 15^{ης} Απριλίου 1979 είχε Επικεντρική Ένταση IX Mercalli στην περιοχή Σκόδρα Αλβανίας-Ποντοκόριτσα Μαυροβουνίου, η μεγάλη απόσταση προφύλαξε τους ελληνικούς οικισμούς με αποτέλεσμα να πληγούν μόλις με εντάσεις IV+ Mercalli στην Ήπειρο.

Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. περιλαμβάνει την περιοχή των συνόρων μεταξύ των δυο κρατών. Η σφοδρότερη σεισμική δόνηση ήταν της 12^{ης} Αυγούστου 1972 με ένταση VII Mercalli που έβλαψε την περιοχή του Κιλκίς (βλέπε **Γράφημα 3-25**)

Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας περιλαμβάνει την περιοχή των συνόρων μεταξύ των δυο κρατών. Η σφοδρότερη σεισμική δόνηση ήταν της 9^{ης} Νοεμβρίου 1985 με ένταση VII+ Mercalli που έβλαψε την περιοχή του Βόλακα Δράμας (βλέπε **Γράφημα 3-26**)

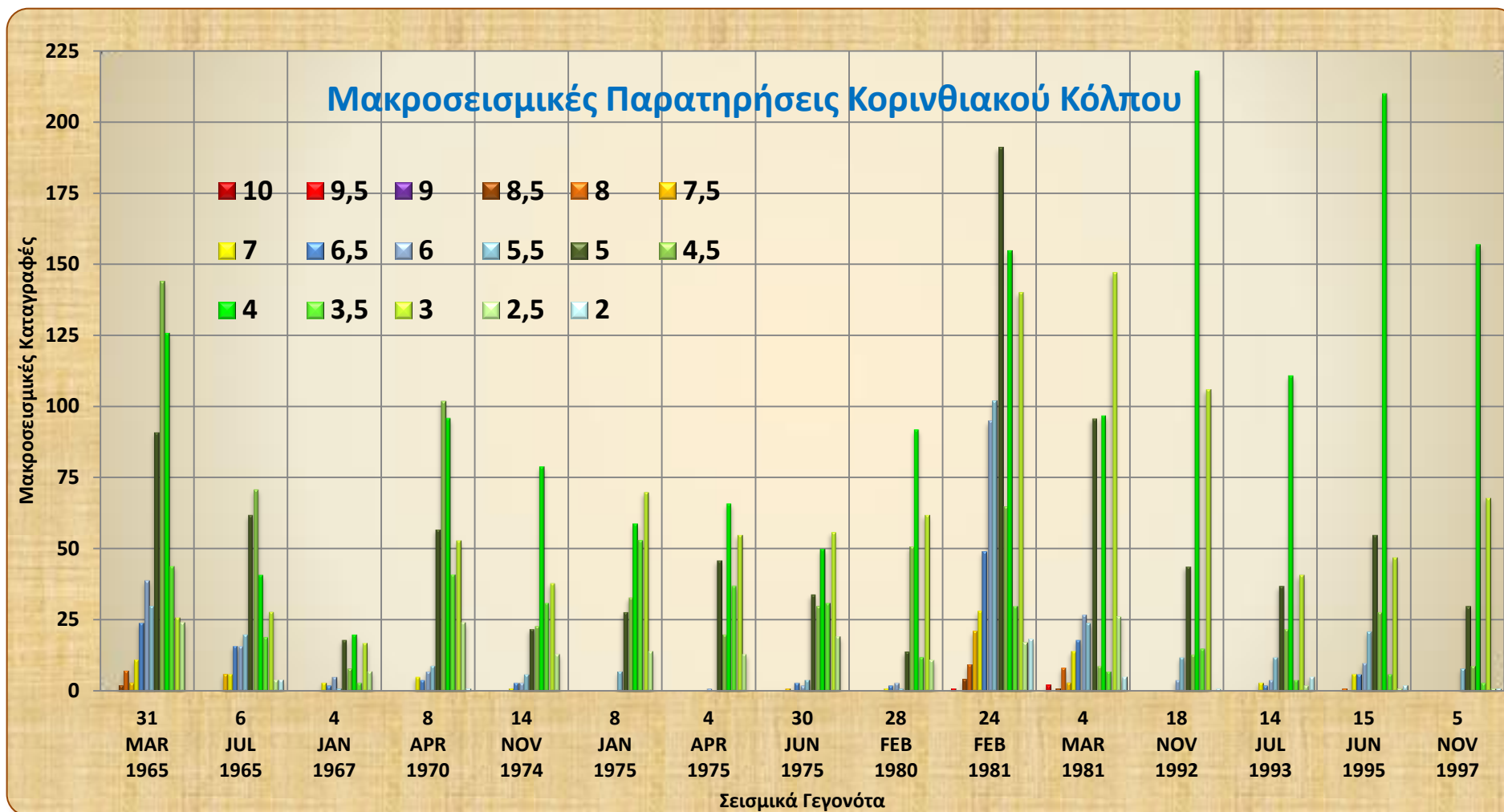
Τέλος, πολύ ενδιαφέρουσα είναι η ζώνη της Δυτικής Τουρκίας που περιλαμβάνει, εκτός από τα παράλια της Ιωνίας, την Μικρά Ασία και το Ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας στη Θάλασσα του Μαρμαρά. Αν και ο σεισμός της 18^{ης} Μαρτίου 1953 είχε Επικεντρική Ένταση IX+ Mercalli στην περιοχή Genise της Επαρχία Canakkale της ΒΔ/κής Τουρκίας, εντούτοις η μεγάλη επικεντρική απόσταση προφύλαξε την Νήσο Λέσβο όπου παρατηρήθηκαν εντάσεις VIII Mercalli (βλέπε **Γράφημα 3-27**). Επίσης, οι σεισμοί της 6^{ης} Οκτωβρίου 1964 και 28^{ης} Μαρτίου 1970 είχαν Επικεντρικές Εντάσεις IX Mercalli στο Manyas Επαρχία Προύσας της Τουρκίας και Gediz Επαρχία Κιουτάχειας της Τουρκίας αντίστοιχα. Όμως οι μεγάλες επικεντρικές αποστάσεις βοήθησαν ώστε οι εντάσεις που παρατηρήθηκαν στον Ελληνικό χώρο να είναι πολύ μικρότερες.



Γράφημα 3-13: Η Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση που έχει παρατηρηθεί στους Νομούς της Ελληνικής Επικράτειας την περίοδο 1953-2013.



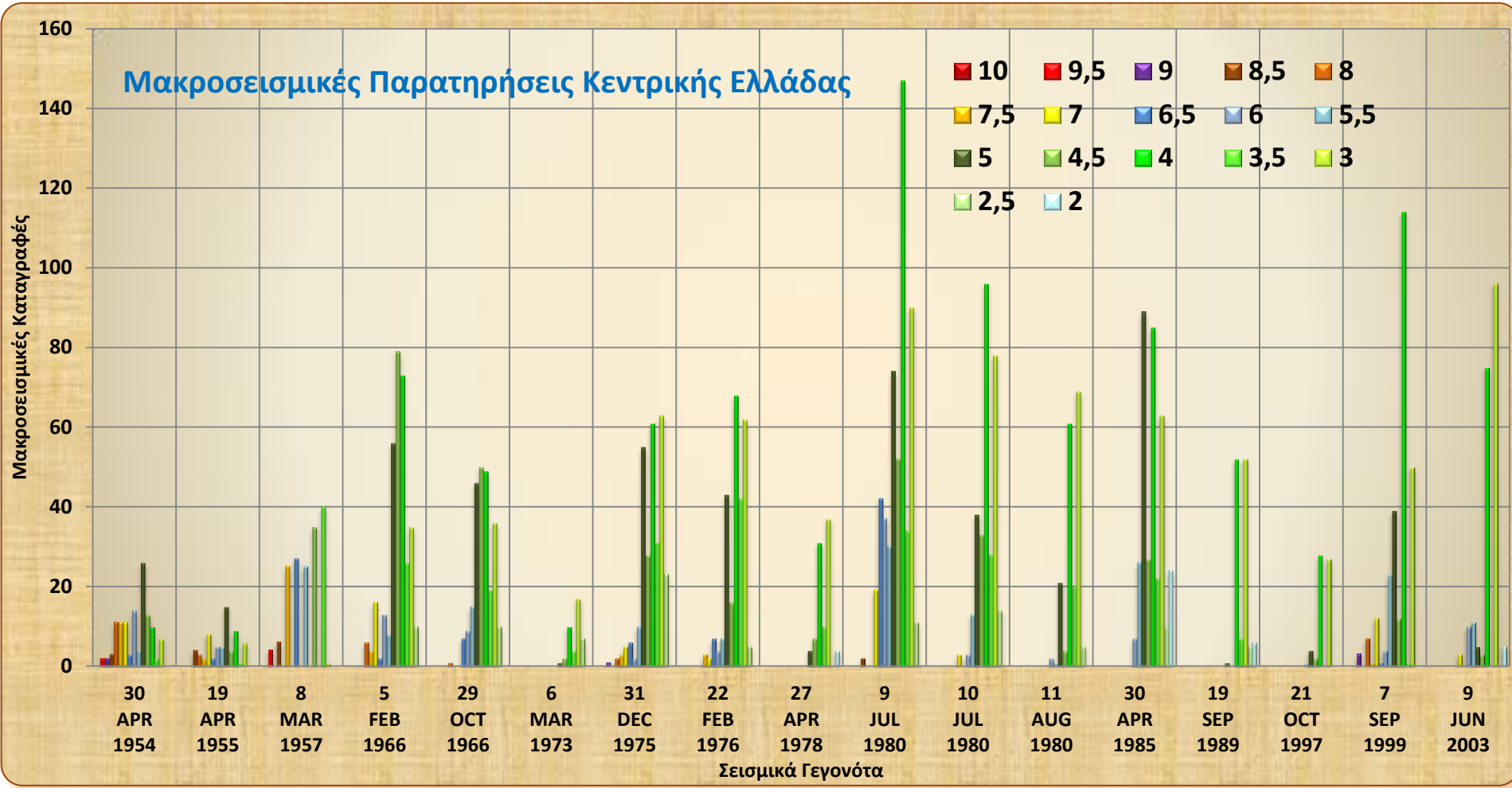
Γράφημα 3-14: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Ιονίων Νήσων την περίοδο 1953-2013.



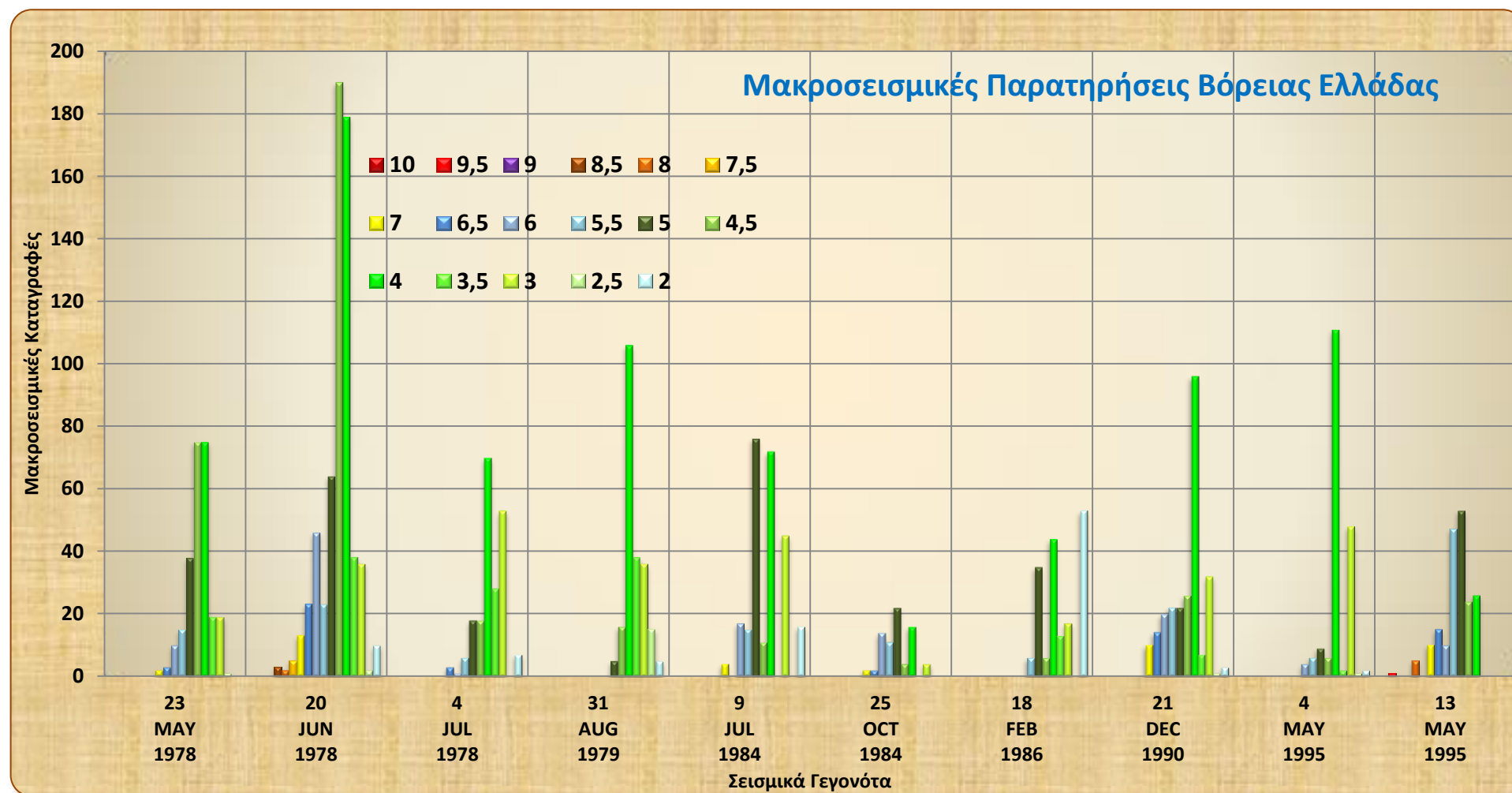
Γράφημα 3-15: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη του Κορινθιακού Κόλπου την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-16: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Νότιας Ελλάδας την περίοδο 1953-2013.



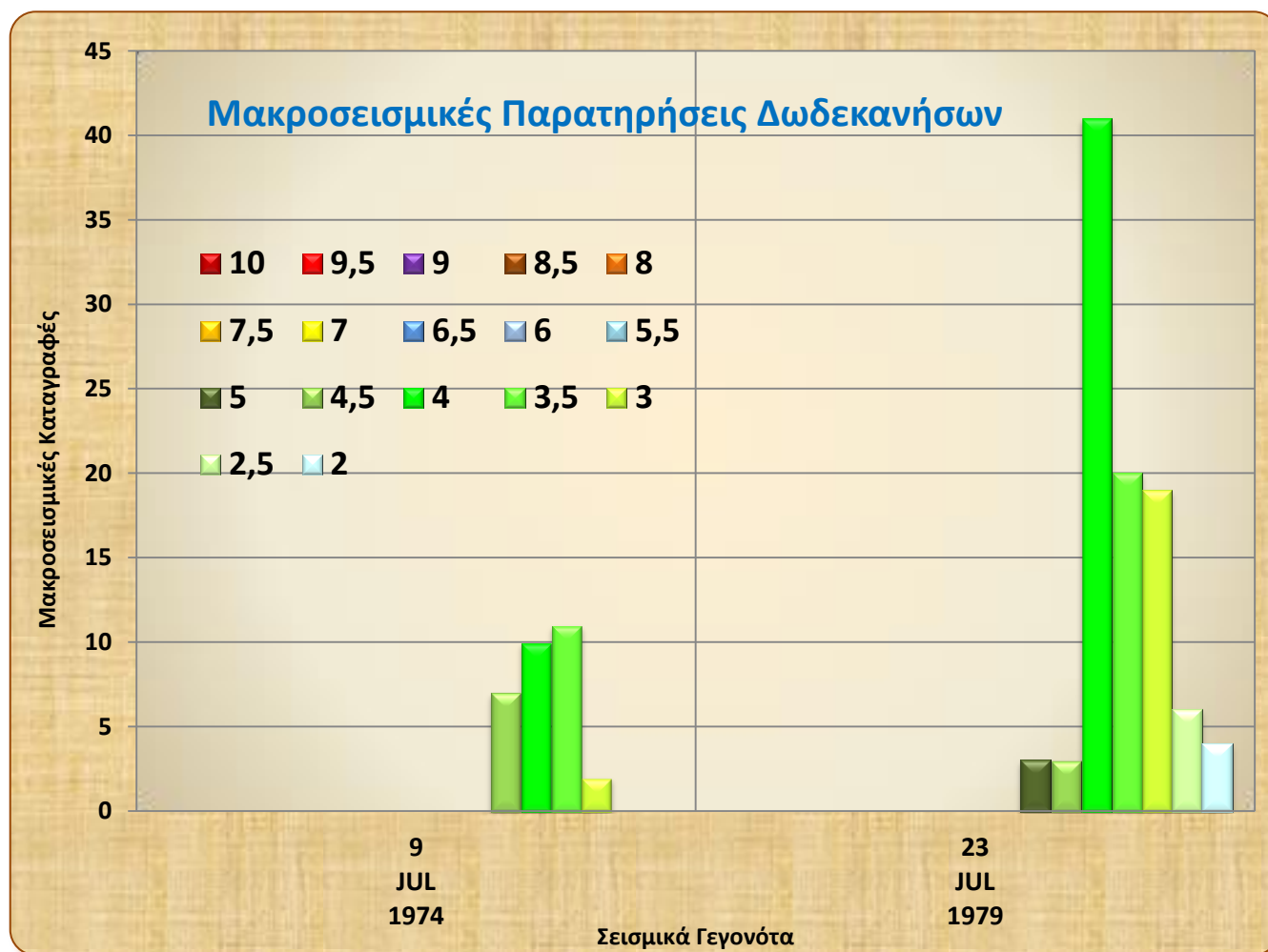
Γράφημα 3-17: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Κεντρικής Ελλάδας την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-18: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Βόρειας Ελλάδας την περίοδο 1953-2013.



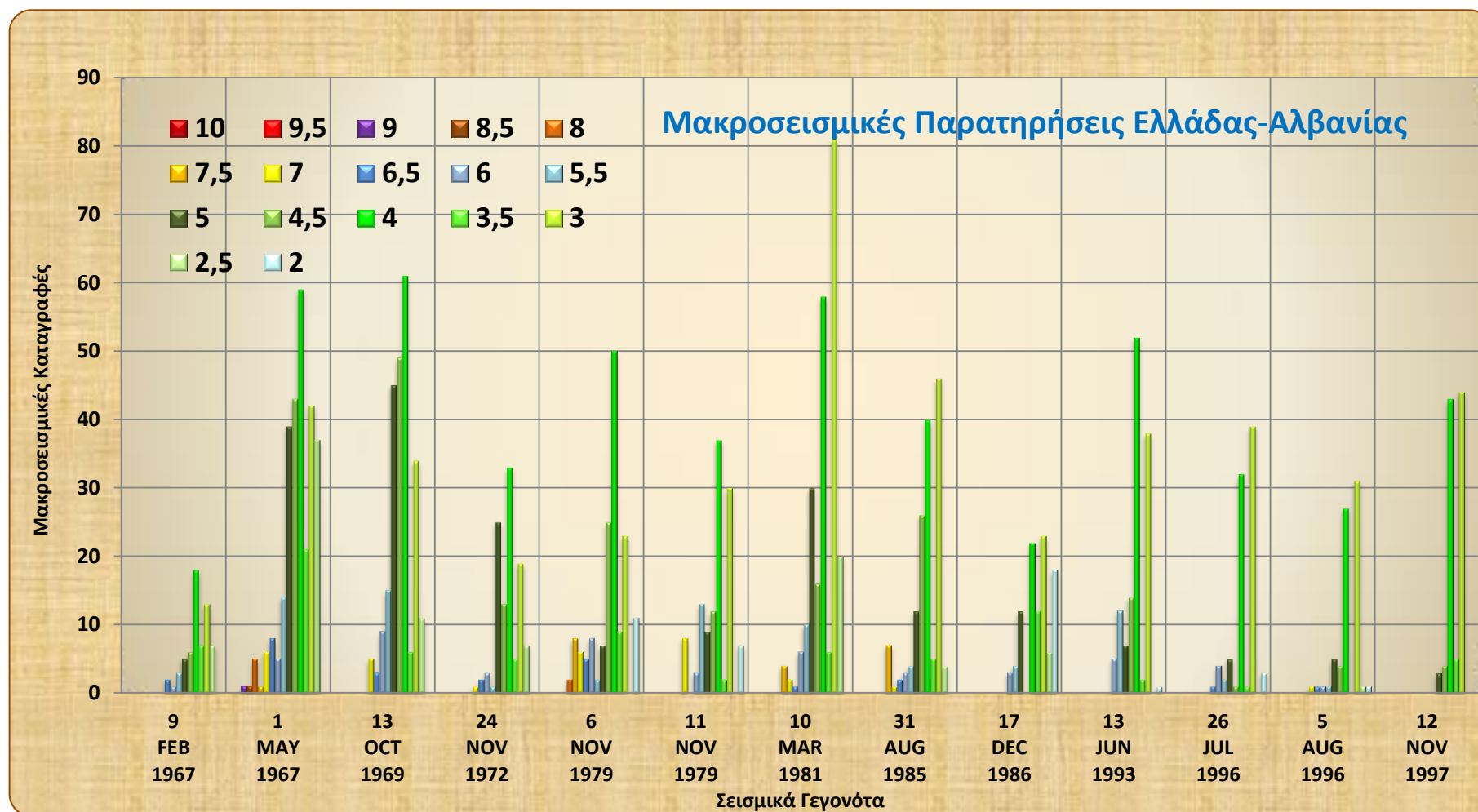
Γράφημα 3-20: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Κρήτης την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-21: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Δωδεκανήσων την περίοδο 1953-2013.



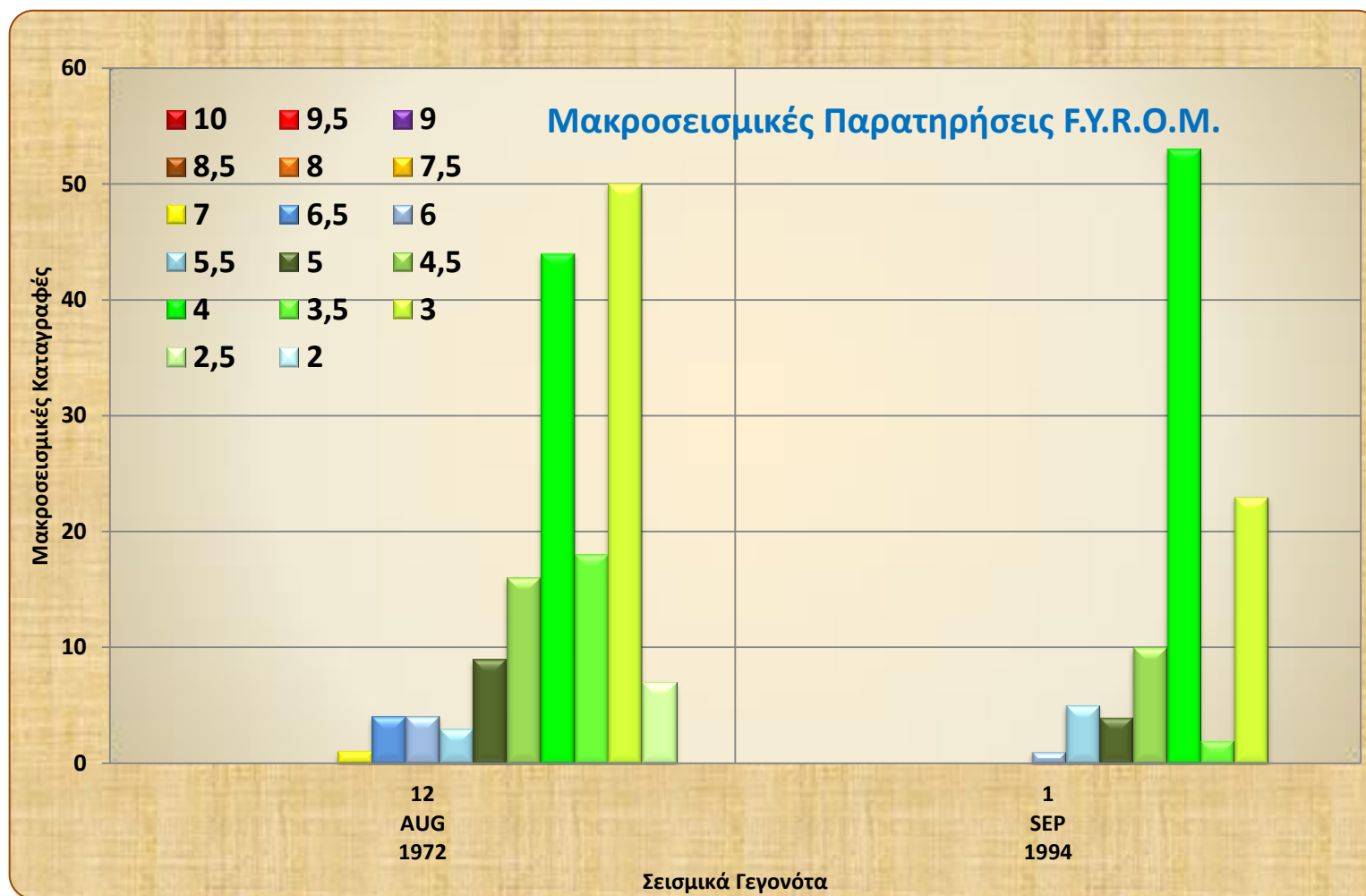
Γράφημα 3-22: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Κυκλάδων Νήσων την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-23: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας την περίοδο 1953-2013.



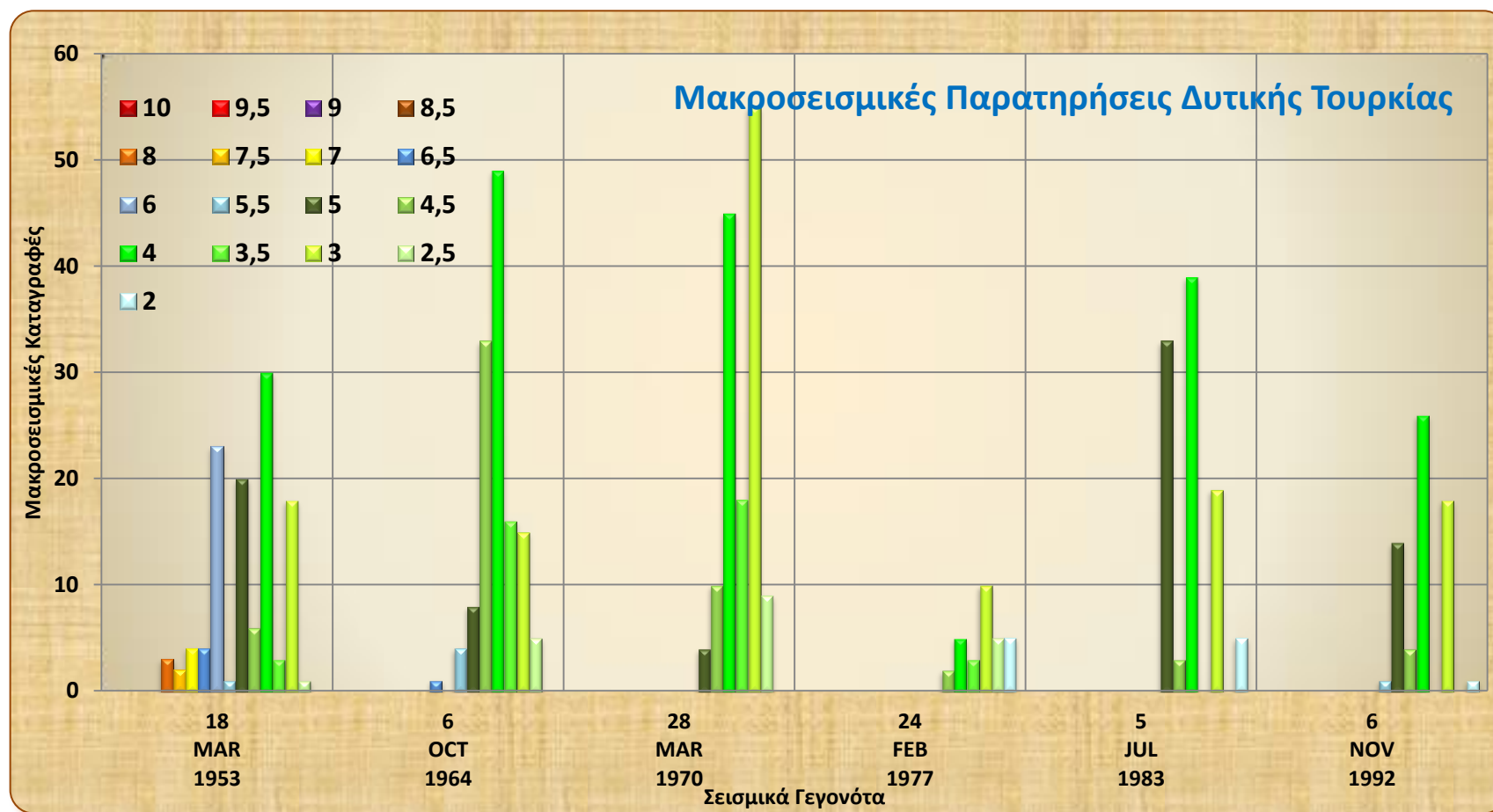
Γράφημα 3-24: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Αλβανίας την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-25: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-26: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-27: Παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στη ζώνη της Δυτικής Τουρκίας την περίοδο 1953-2013.

III. Μακροσεισμική ιστορία ευπαθών πόλεων

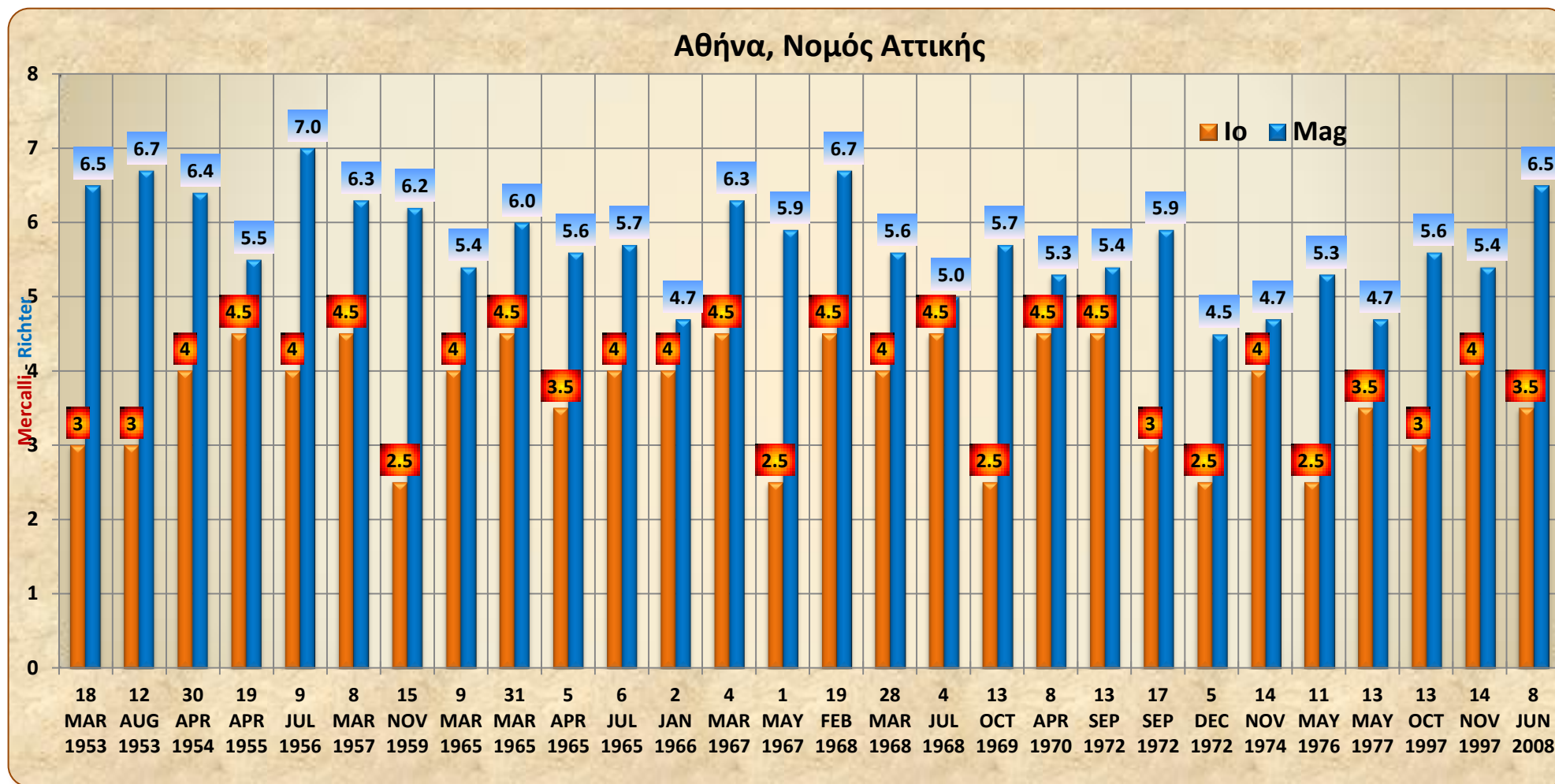
Από τα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα της περιόδου 1953-2013 μπορούμε να διαπιστώσουμε την μακροσεισμική ιστορία κάθε τοποθεσίας. Επιλέξαμε να προστρέξουμε στις εντάσεις που παρατηρήθηκαν στην Πρωτεύουσα της Ελλάδας Αθήνα, στην συμπρωτεύουσα Θεσσαλονίκη, στην πολύπαθη Κόρινθο, στην ταλαιπωρημένη Λευκάδα και στην χτυπημένη από τον Εγκέλαδο πολλές φορές στο παρελθόν Κεφαλονιά.

Το **Γράφημα 3-28** φανερώνει την μακροσεισμική ιστορία του κέντρου της Αθήνας από το 1953 έως το 2013. Όπως φαίνεται, το κέντρο της Αθήνας δεν έχει πληγεί από μεγάλες μακροσεισμικές εντάσεις την τελευταία 60-ετία με την μεγαλύτερη τιμή να είναι IV+ Mercalli. Ο σεισμός της 7^{ης} Σεπτεμβρίου 1999 με επίκεντρο την Φυλή της Πάρνηθας έπληξε καταστροφικά τα ΒΔ προάστια των Αθηνών, Άνω Λιόσια, Αχαρνές, Θρακομακεδόνες με εντάσεις IX Mercalli χωρίς να επηρεάσει το κέντρο της Αθήνας.

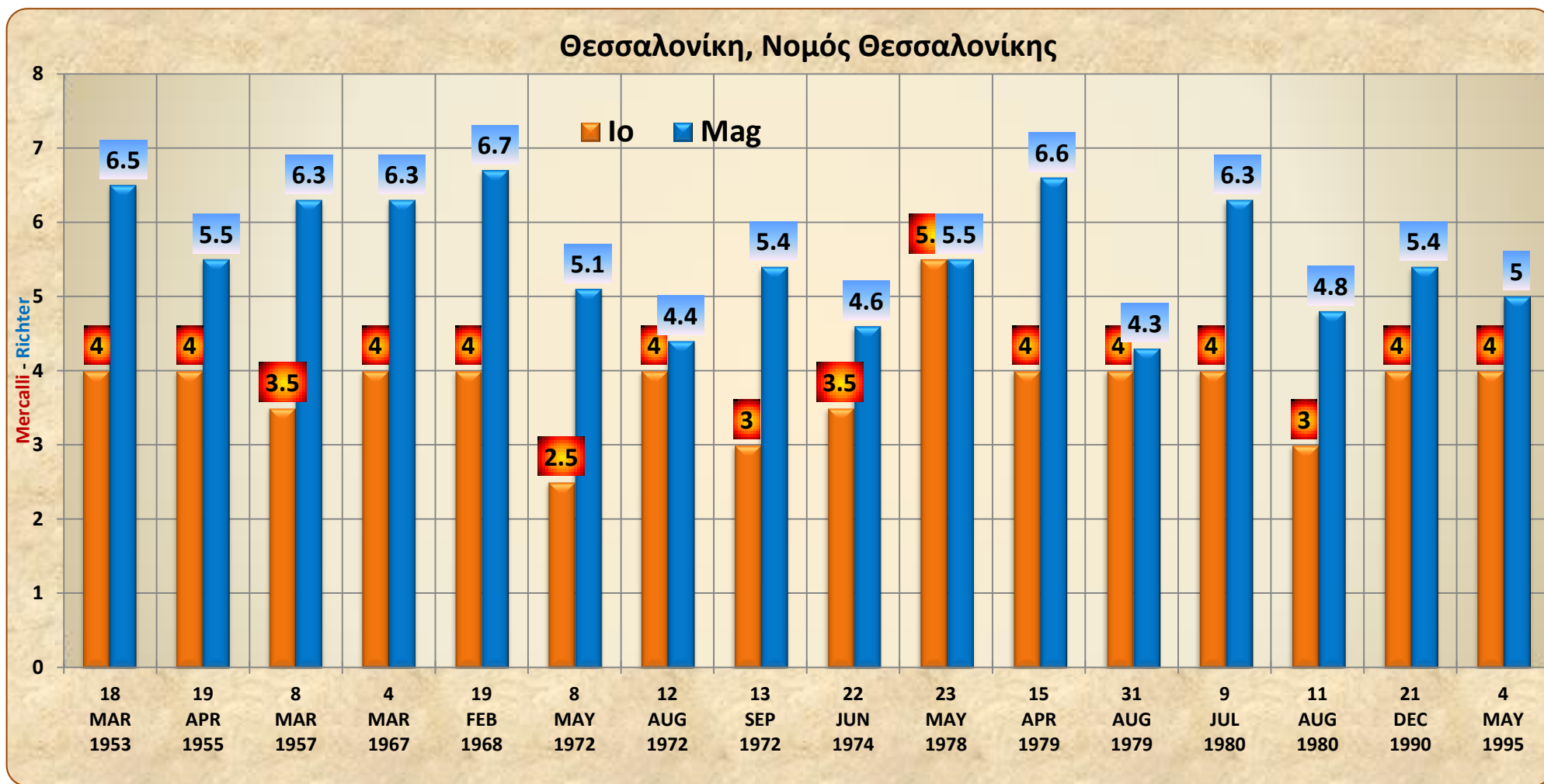
Το κέντρο της Θεσσαλονίκης επίσης δεν έχει πληγεί από μεγάλες εντάσεις στο παρελθόν (βλέπε **Γράφημα 3-29**). Η μεγαλύτερη τιμή έντασης είναι VI+ Mercalli. Ο σεισμός της 20^{ης} Ιουνίου 1978 είχε πλήξει τις περιοχές ανατολικά της πόλης της Θεσσαλονίκης, Γερακαρού, Στίβος, Σχολάρι με Επικεντρική Ένταση VIII+ Mercalli.

Το **Γράφημα 3-30** φανερώνει την μακροσεισμική ιστορία της Κορίνθου από το 1953 έως το 2013. Η Κόρινθος έχει πληγεί στο σεισμό της 24^{ης} Φεβρουαρίου 1981 από μεγάλη ένταση που έφθασε την τιμή VII Mercalli. Αλλά αμέσως μετά, στο σεισμό της 4^{ης} Μαρτίου 1981 ο σεισμός στο Καπαρέλλι-Πλαταιές έπληξε την πόλη με ένταση VI Mercalli. Βέβαια και εδώ τίθεται το ζήτημα της μηχανικής και γεωτεχνικής κόπωσης των κτιρίων από το σεισμό των Αλκυονίδων λίγες ημέρες πριν.

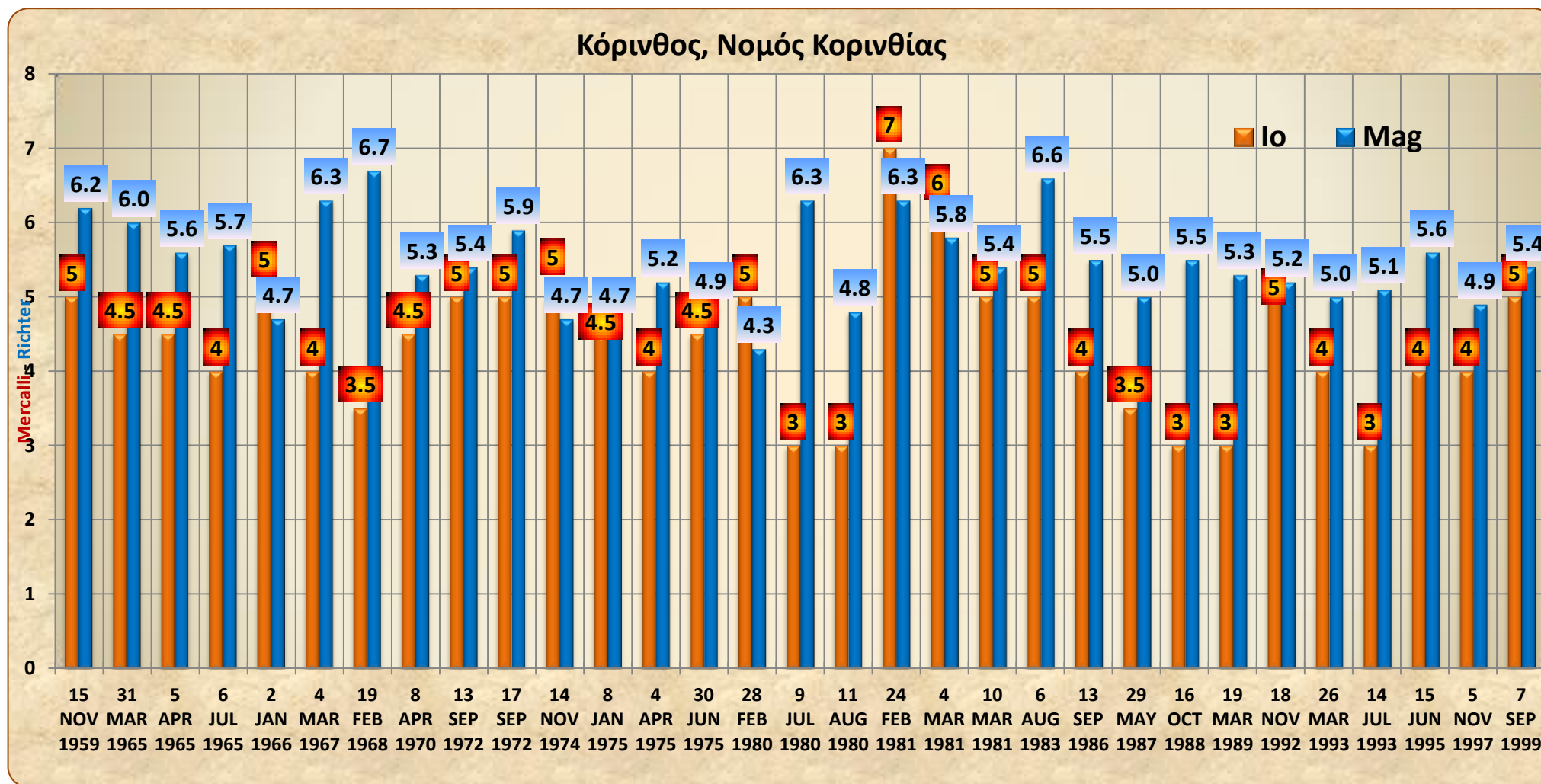
Η Λευκάδα, Νησί του Ιονίου Πελάγους βρίσκεται στην πιο ενεργή σεισμοτεκτονική ζώνη της Ελλάδας. Η Λευκάδα έχει πληγεί από τον σεισμό της 4^{ης} Νοεμβρίου 1973 με επίκεντρο το θαλάσσιο χώρο του Ιονίου Πελάγους δυτικά της Νήσου Λευκάδας με ένταση VII Mercalli (βλέπε **Γράφημα 3-31**).



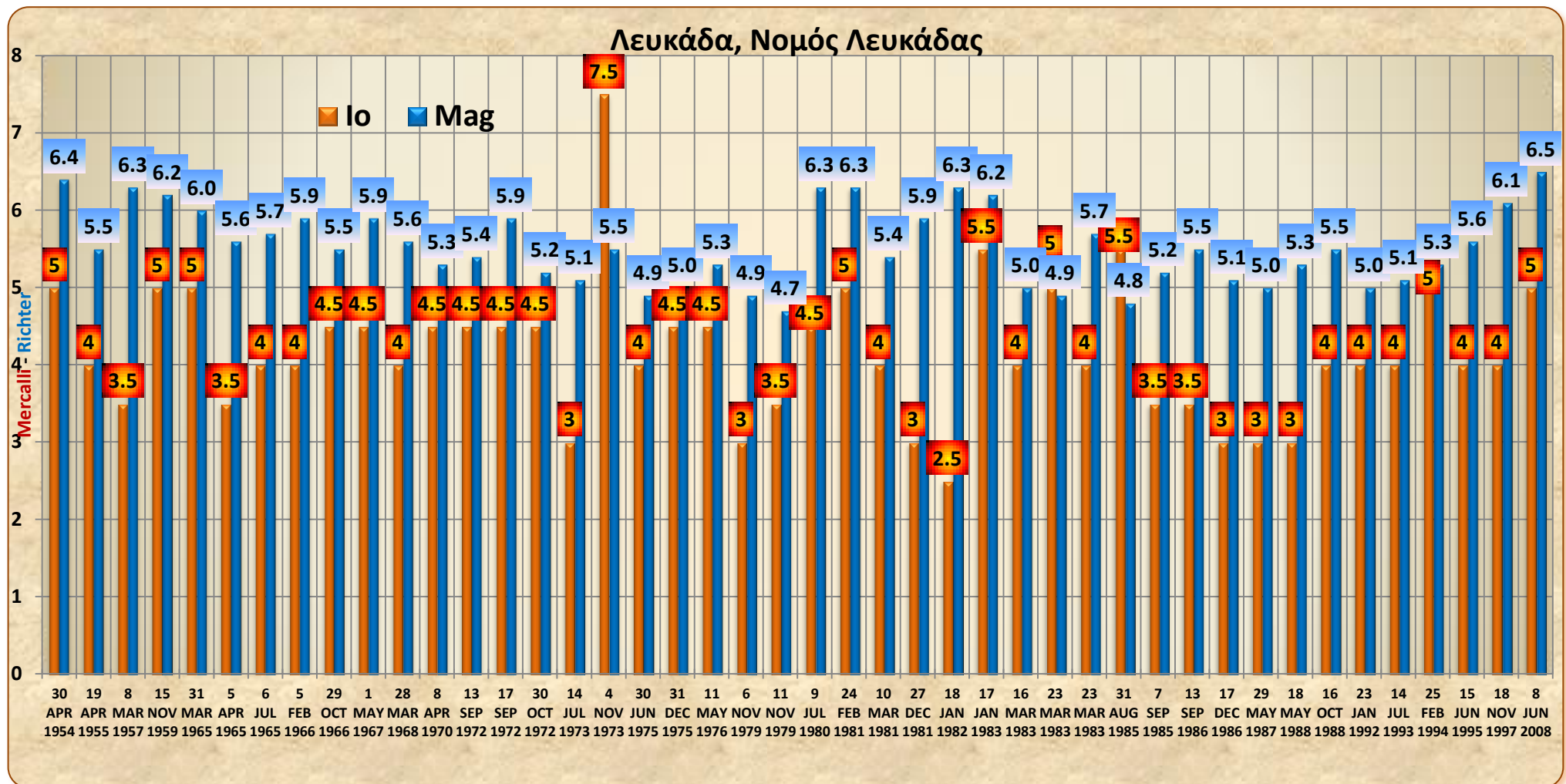
Γράφημα 3-28: Μακροσεισμική ιστορία της Αθήνας την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-29: Μακροσεισμική ιστορία της Θεσσαλονίκης την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-30: Μακροσεισμική ιστορία της Κορίνθου την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-31: Μακροσεισμική ιστορία της Λευκάδας την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 3-32: Μακροσεισμική ιστορία της Κεφαλονιάς την περίοδο 1953-2013.

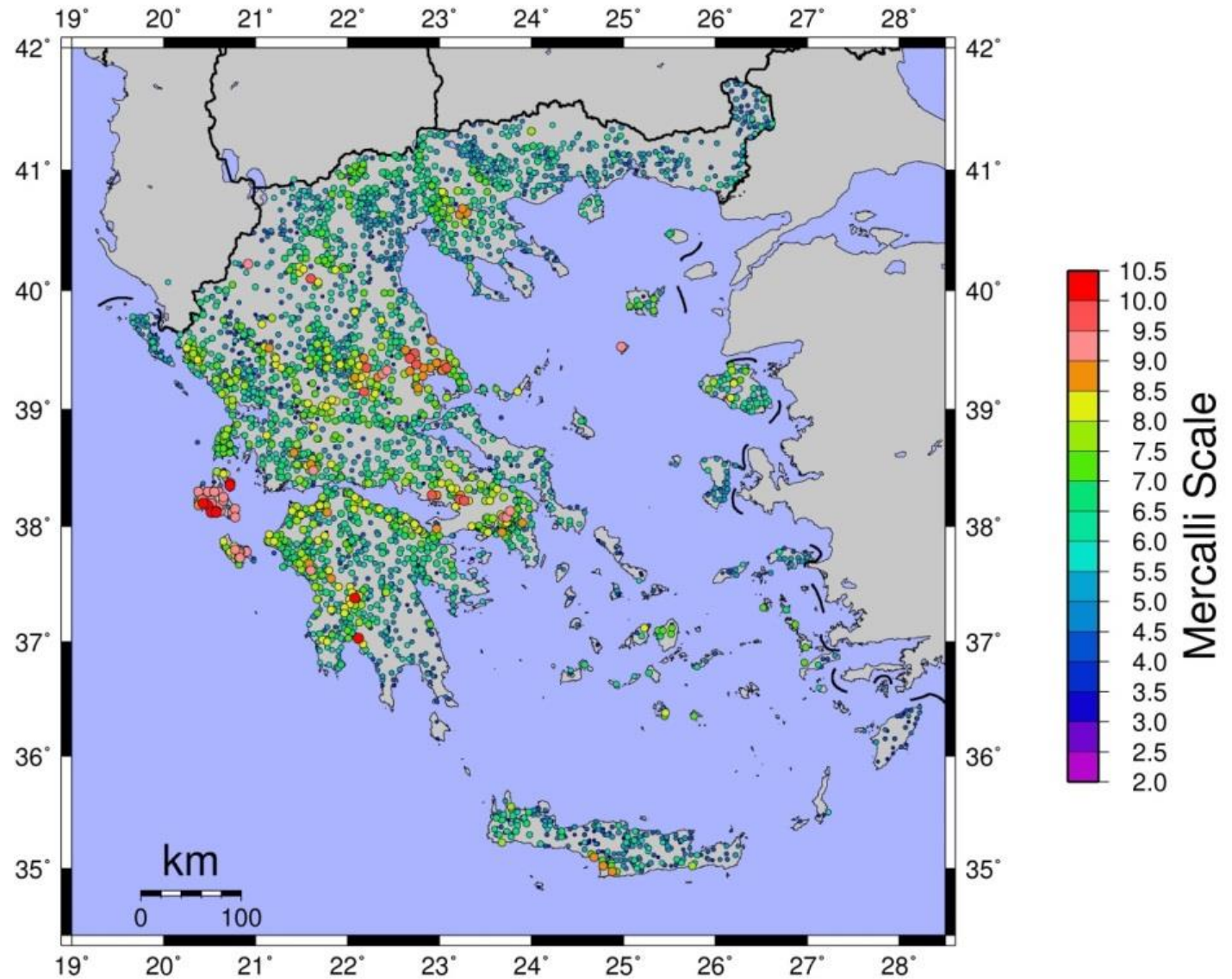
Τέλος, το πολύπαθο Αργοστόλι της Κεφαλονιάς έχει καταστραφεί στο σεισμό της 12^{ης} Αυγούστου 1953 καθώς η Επικεντρική Ένταση έφθασε την τιμή X Mercalli (βλέπε **Γράφημα 3-32**).

IV. Μέγιστη τιμή Έντασης για κάθε θέση παρατήρησης

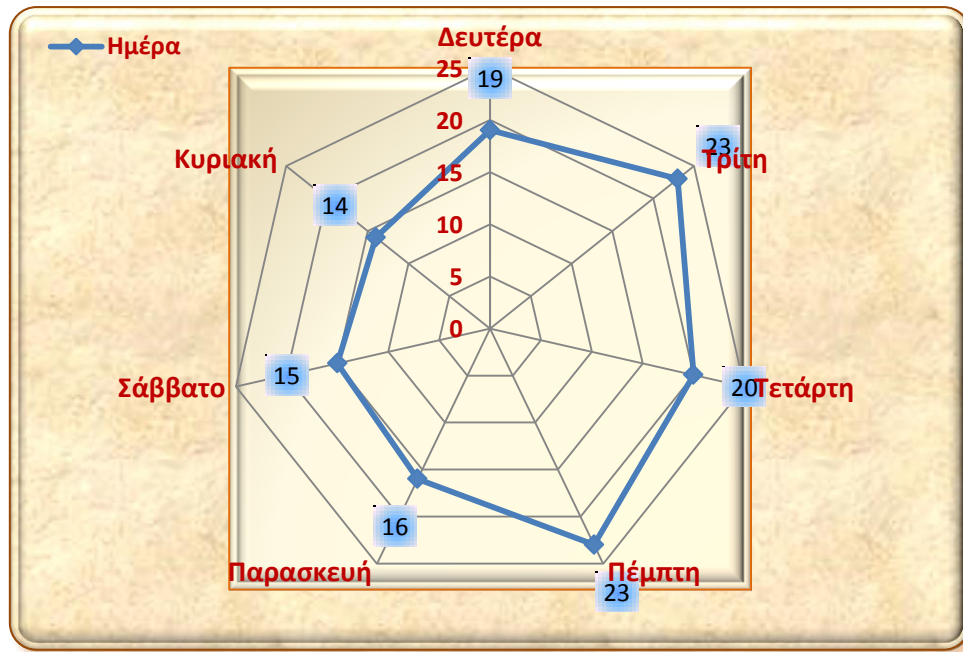
Η **Εικόνα 3-5** που ακολουθεί φανερώνει την μέγιστη τιμή μακροσεισμικής έντασης που έχει παρατηρηθεί σε κάθε ένα από τις 3361 θέσεις παρατήρησης του δικτύου του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. Όσο πιο ερυθρωποί είναι οι χρωματισμοί, τόσο πιο μεγάλες είναι οι τιμές, ενώ όσο πιο κυανοί γίνονται τόσο οι τιμές μικραίνουν. Παρατηρούμε τις αυξημένες τιμές εντάσεων που έχουν βιώσει τα Ιόνια Νησιά, η περιοχή της Μαγνησίας, η Μεσσηνία, η περιοχή της Καρδίτσας, η περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης.

V. Ημερήσια και μηνιαία συχνότητα των γεγονότων

Στα όρια της παρα-σεισμολογίας, η περιέργεια μας ώθησε να δημιουργήσουμε τα παρακάτω δυο γραφήματα. Το **Γράφημα 3-33** φανερώνει ότι η Τρίτη και η Πέμπτη είναι οι ημέρες της εβδομάδας με την μεγαλύτερη έλξη σε σεισμούς. Από τα 130 γεγονότα, 23 έγιναν Τρίτη και άλλα 23 έγιναν Πέμπτη. Αντίθετα η Κυριακή, Ημέρα Προσευχής και Εκκλησιασμού, με 14 γεγονότα είναι η πιο ασφαλής ημέρα της εβδομάδας. Τυχαίο;; Δεν νομίζω, καθώς η Μεγαλόχαρη Παναγία μας πάντα προφυλάσσει το Ελληνικό Έθνος και τον Ορθόδοξο Ελληνισμό!

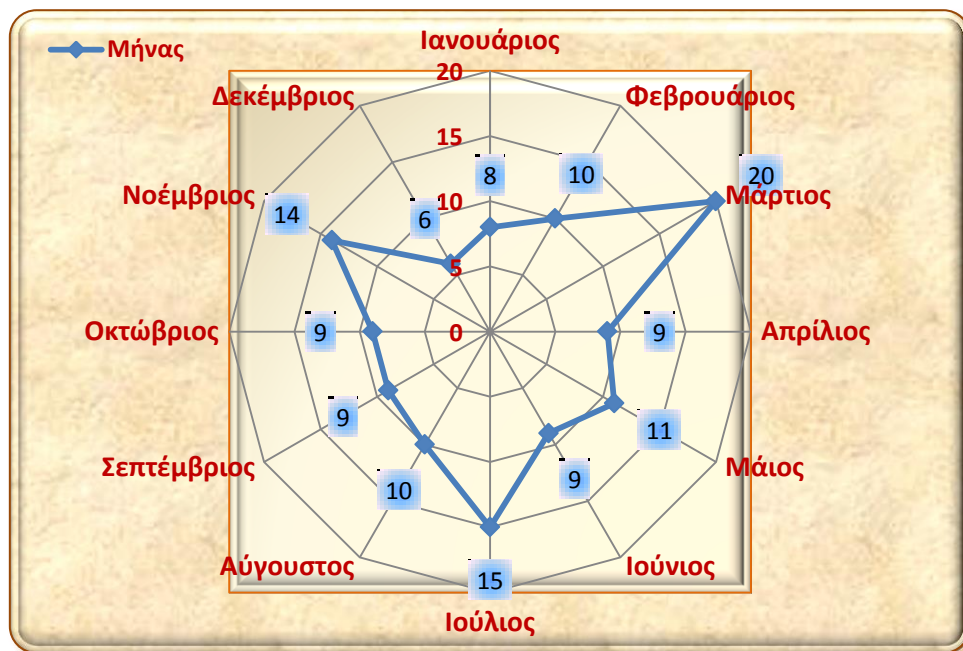


Εικόνα 3-5: Χάρτης της Ελληνικής Επικράτειας με τις μέγιστες παρατηρηθείσες τιμές Μακροσεισμικής Έντασης για κάθε μια από τις 3.361 θέσεις παρατήρησης του Γ.Ι.-Ε.Α.Α..



Γράφημα 3-33: Ημερήσια εμφάνιση των 130 σεισμικών γεγονότων την περίοδο 1953-2013.

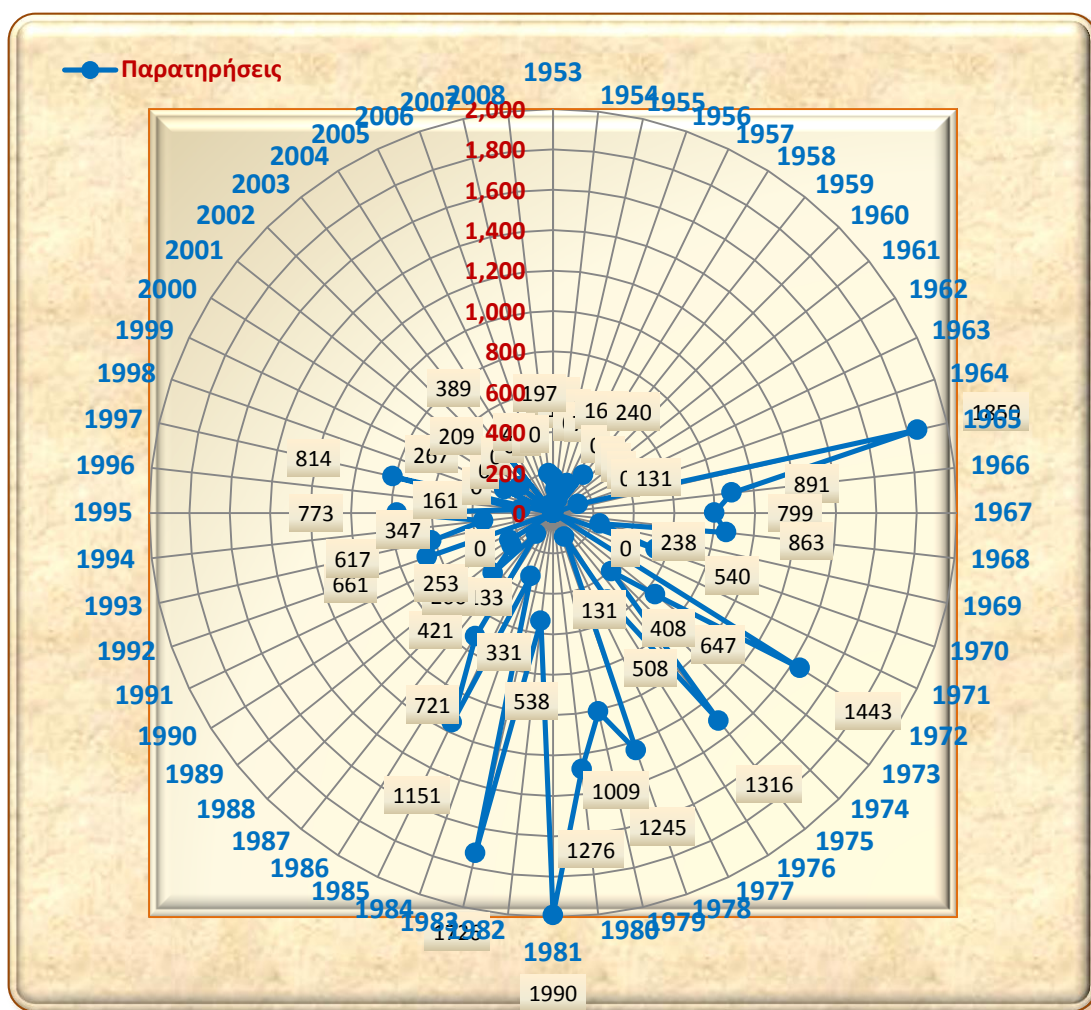
Ομοίως, το **Γράφημα 3-34** φανερώνει ότι ο Μάρτιος είναι ο πιο σεισμογόνος μήνας του έτους. Από τους 130 σεισμούς, οι 20 έχουν συμβεί τον μήνα Μάρτιο. Αντίθετα, ο Δεκέμβριος φαίνεται να μην συμπαθεί τον Εγκέλαδο. Ευτυχώς, γιατί η διαχείριση της έκτακτης ανάγκης είναι πολύ δυσκολότερη τους χειμερινούς μήνες.



Γράφημα 3-34: Μηνιαία εμφάνιση των 130 σεισμικών γεγονότων την περίοδο 1953-2013.

VI. Ετήσιος αριθμός των παρατηρήσεων

Το **Γράφημα 3-35** δεικνύει τον ετήσιο αριθμό μακροσεισμικών παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί την περίοδο 1953-2013. Τα έτη 1981 και 1965 ήταν τα πιο παραγωγικά έτη στην συλλογή και επεξεργασία μακροσεισμικών παρατηρήσεων με 1.990 και 1.850 παρατηρήσεις αντίστοιχα. Το έτος 1965 είχαν γίνει 6 ισχυρά σεισμικά γεγονότα, ενώ το έτος 1981 μόλις 4 συμπεριλαμβανομένων του Σεισμού των Αλκυονίδων του ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου.



Γράφημα 3-35: Ετήσιος αριθμός μακροσεισμικών παρατηρήσεων την περίοδο 1953-2013.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Κεφάλαιο Τέταρτο

4. Συσχετίσεις Σεισμικών Παραμέτρων

A. Εισαγωγή

Από τα Μικροσεισμικά και Μακροσεισμικά Δεδομένα της Βάσης Δεδομένων του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. μπορούμε να παράγουμε ορισμένα γραφήματα που να δηλώνουν τις συσχετίσεις που εμφανίζουν με αυτά τα δεδομένα οι Σεισμικές Παράμετροι. Θα υπολογίσουμε την συσχέτιση που εμφανίζει η Μακροσεισμική Ένταση με το Σεισμικό Μέγεθος, το Μέγεθος με την υποκεντρική απόσταση καθώς επίσης και την κατανομή συχνότητας και μέγιστης έντασης.

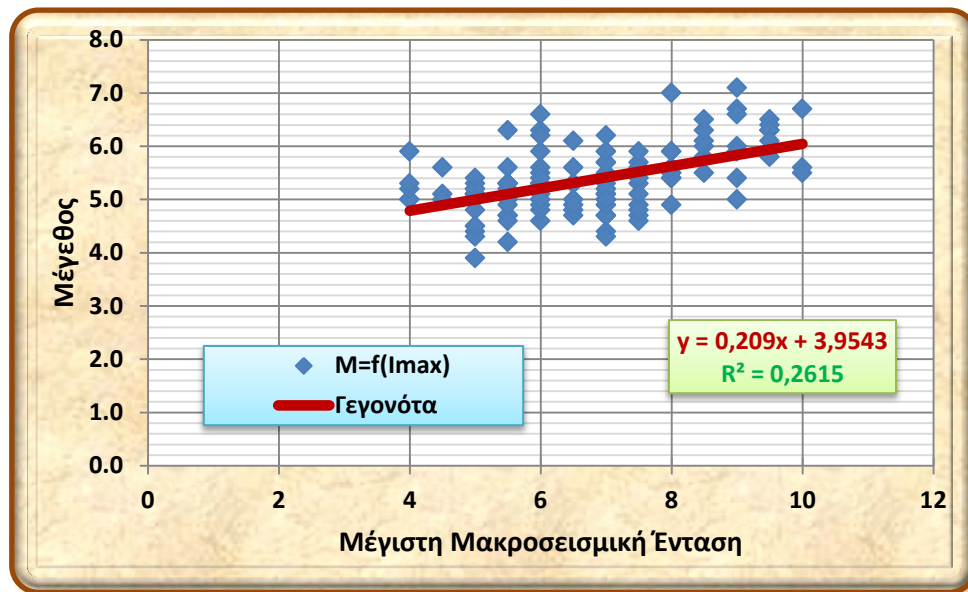
B. Σεισμικό Μέγεθος με Επικεντρική Ένταση

Λαμβάνοντας τα Σεισμικά Μεγέθη των 130 σεισμών με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. καθώς επίσης τις Επικεντρικές Εντάσεις που είχαν μπορούμε να παράξουμε το **Γράφημα 4-1** που συσχετίζει το Μέγεθος του σεισμού με την Επικεντρική Ένταση σεισμών της ευρύτερης περιοχής του Ελληνικού χώρου. Στα δεδομένα θα συμπεριλάβουμε και τους 8 σεισμούς που συνέβησαν μακριά εκτός της Ελλάδας (βλέπε **Πίνακας 3-2**), ενώ σε ένα άλλο γράφημα που θα αναφέρεται σε σεισμούς εντός του Ελληνικού χώρου δεν θα τους συμπεριλάβουμε (βλέπε **Γράφημα 4-2**). Από τα γραφήματα μπορούν να προκύψουν γραμμικές εξισώσεις της μορφής

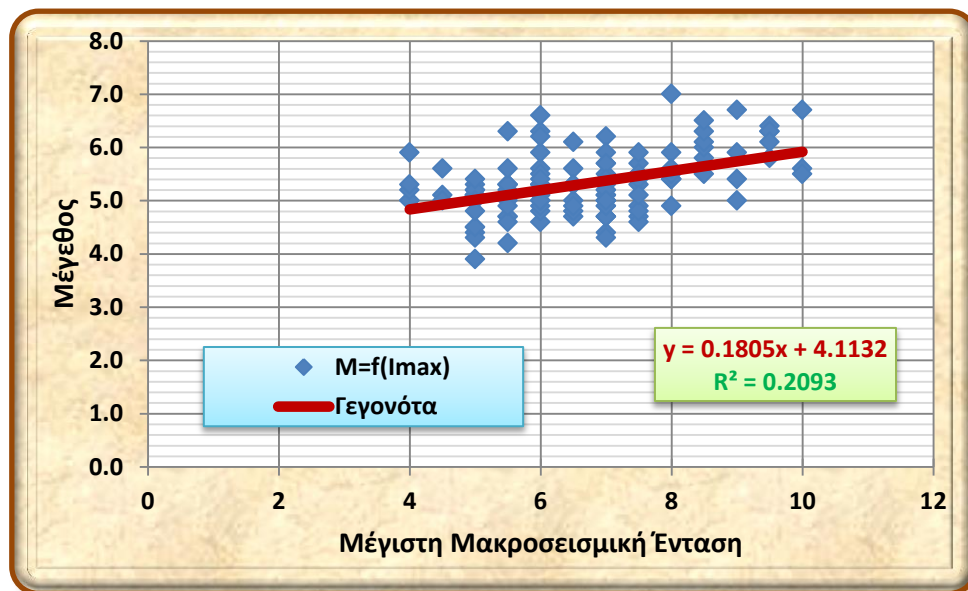
$$M = a * I_{\max} + b .$$

Από τα γραφήματα μπορούμε να διαπιστώσουμε ποιο είναι το ελάχιστο Μέγεθος σεισμού για να εκδηλωθούν Μακροσεισμικά Αποτελέσματα συγκεκριμένης τιμής. Έτσι για παράδειγμα, στο πρώτο γράφημα για να έχουμε παρατηρήσεις Μακροσεισμικής Έντασης VI Mercalli θα πρέπει να έχουμε Μέγεθος σεισμού περίπου $\approx 5,21$ Richter. Για το δεύτερο γράφημα για να έχουμε παρατηρήσεις

Μακροσεισμικής Έντασης VI Mercalli θα πρέπει να έχουμε Μέγεθος σεισμού περίπου $\approx 5,22$ Richter.



Γράφημα 4-1: Μεταβολή του Μεγέθους με την Επικεντρική Ένταση 130 σεισμών της ευρύτερης περιοχής του Ελληνικού χώρου.



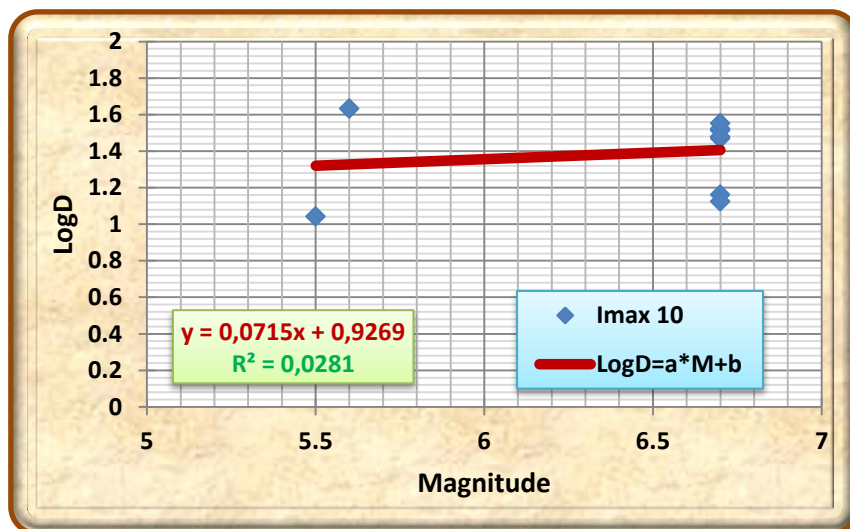
Γράφημα 4-2: Μεταβολή του Μεγέθους με την Επικεντρική Ένταση για 122 σεισμούς του Ελληνικού χώρου.

Γ. Σεισμικό Μέγεθος με την υποκεντρική απόσταση

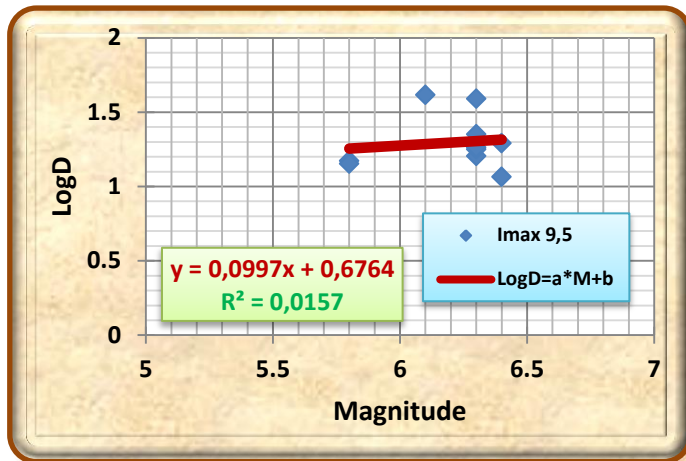
Για κάθε μια μέγιστη παρατηρηθείσα Ένταση $I_{\max}$ μπορούμε να λάβουμε το Μέγεθος των 130 σεισμών με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. σε συνάρτηση με τους λογαρίθμους των υποκεντρικών αποστάσεων που είχαν και να παράξουμε τα Γράφημα 4-20, Γράφημα 4-4, Γράφημα 4-5, Γράφημα 4-6, Γράφημα 4-7, Γράφημα 4-8, Γράφημα 4-9, Γράφημα 4-10, Γράφημα 4-11, Γράφημα 4-12, Γράφημα 4-13, Γράφημα 4-14, Γράφημα 4-15, Γράφημα 4-16, Γράφημα 4-17, Γράφημα 4-18, Γράφημα 4-19 και τέλος το Γράφημα 4-20 όπου παρουσιάζεται η συνολική εικόνα όλων των εντάσεων. Από τα γραφήματα μπορούν να προκύψουν γραμμικές εξισώσεις της μορφής

$$\text{LogD} = a + b * M$$

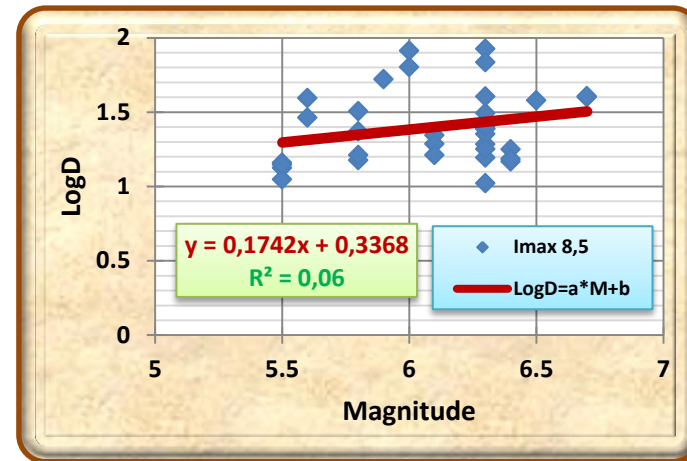
για κάθε μια $I_{\max}$ ξεχωριστά. Επομένως, μπορούμε να υπολογίζουμε το ελάχιστο και το μέγιστο όριο των υποκεντρικών αποστάσεων που η κάθε τιμή έντασης μπορεί να εμφανίζεται. Οι υψηλές τιμές εντάσεων θα πρέπει να εμφανίζονται σε κοντινές αποστάσεις, για αυτό και η τιμές LogD είναι μικρές, ενώ οι μικρές τιμές εντάσεων σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις, για αυτό και οι τιμές LogD είναι πολύ μεγαλύτερες. Επίσης, οι υψηλές τιμές Μακροσεισμικής Έντασης μπορούν να εμφανίζονται μαζί με υψηλές τιμές Μεγέθους, ενώ οι μικρές τιμές έντασης μπορούν να εμφανίζονται με πολύ μεγαλύτερο εύρος μεγεθών αλλά σε διαφορετικές υποκεντρικές αποστάσεις κάθε φορά.



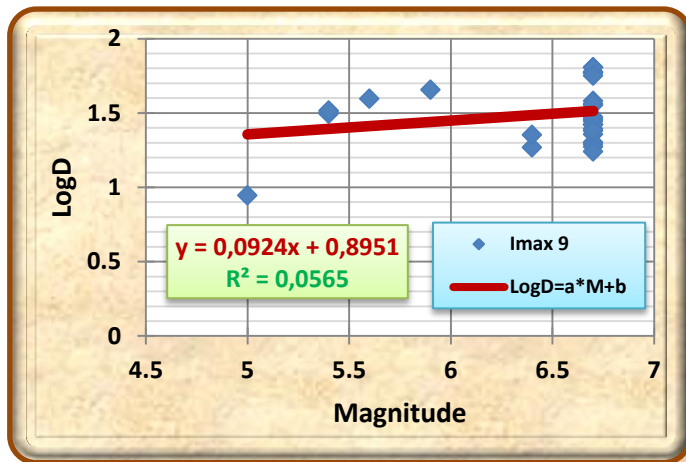
Γράφημα 4-3: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max}$ X.



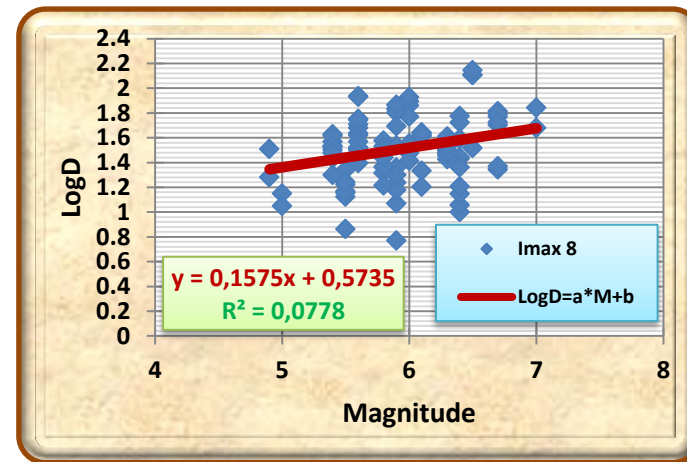
Γράφημα 4-4: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} \text{ IX+}$.



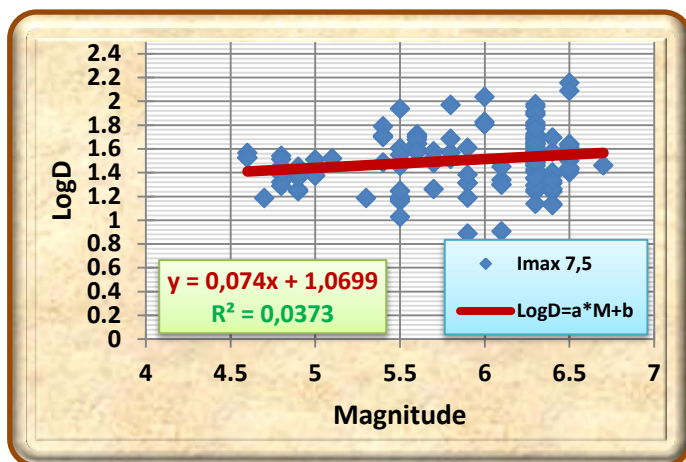
Γράφημα 4-6: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} \text{ VIII+}$.



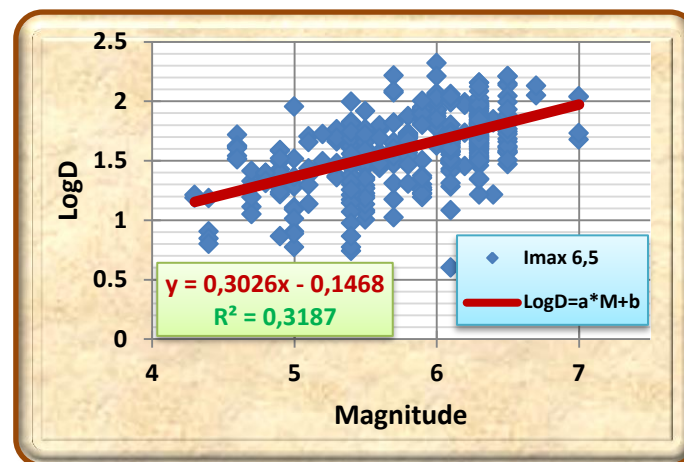
Γράφημα 4-5: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} \text{ IX}$.



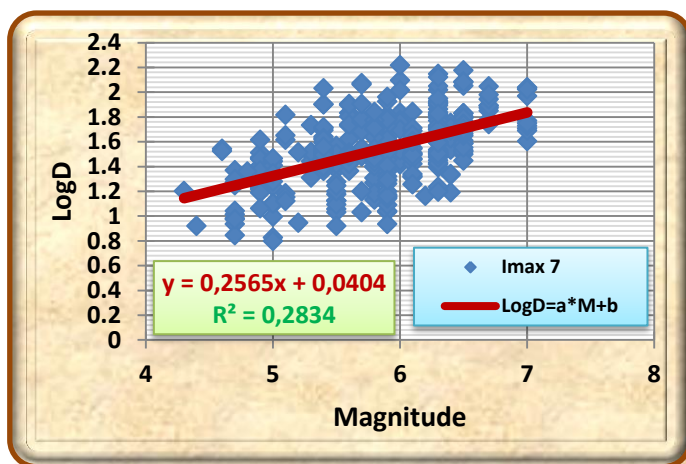
Γράφημα 4-7: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} \text{ VIII}$.



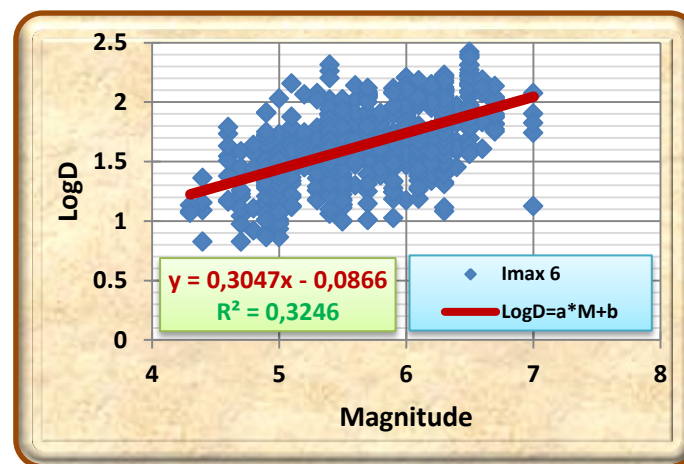
Γράφημα 4-8: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} VII+$.



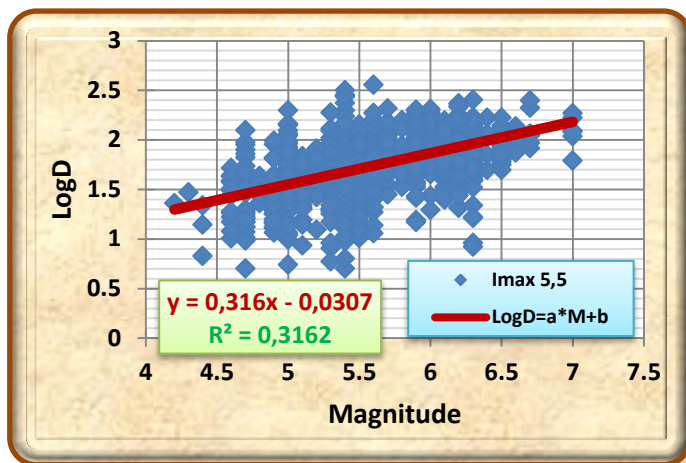
Γράφημα 4-10: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} VI+$.



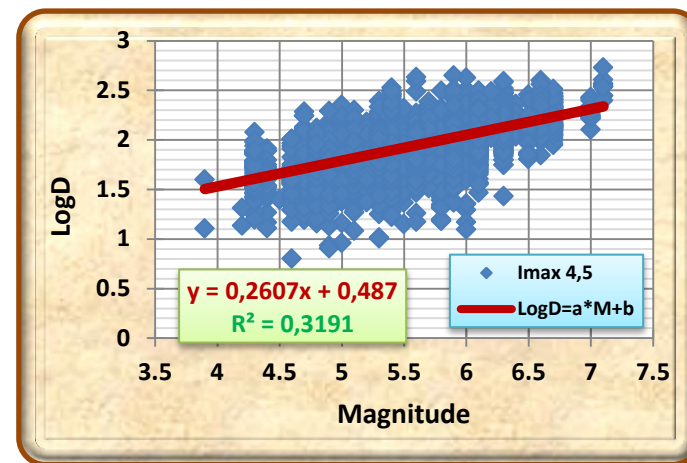
Γράφημα 4-9: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} VII$.



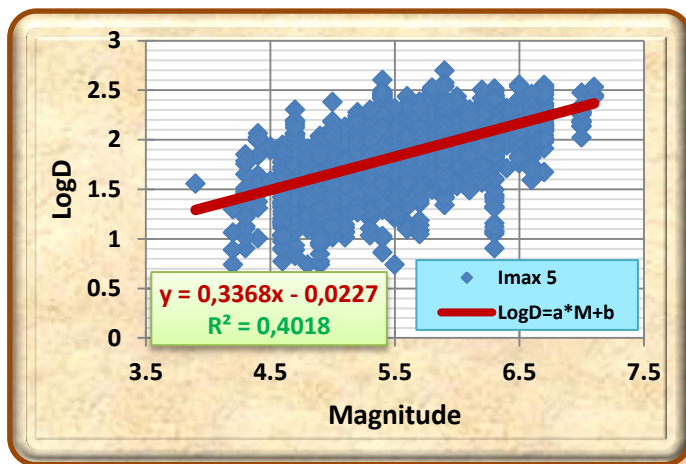
Γράφημα 4-11: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} VI$.



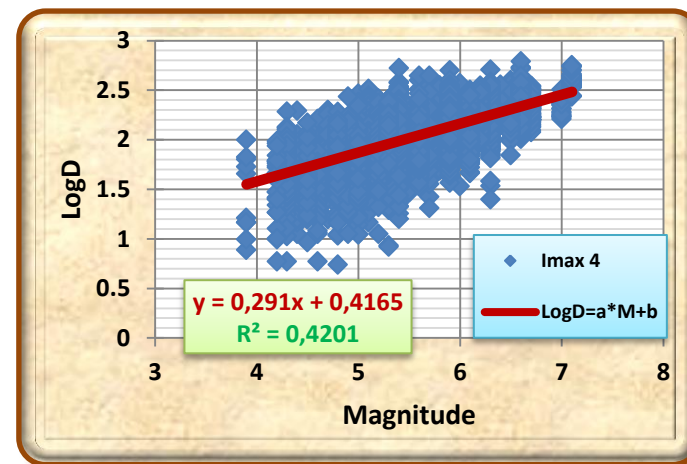
Γράφημα 4-12: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} V+$.



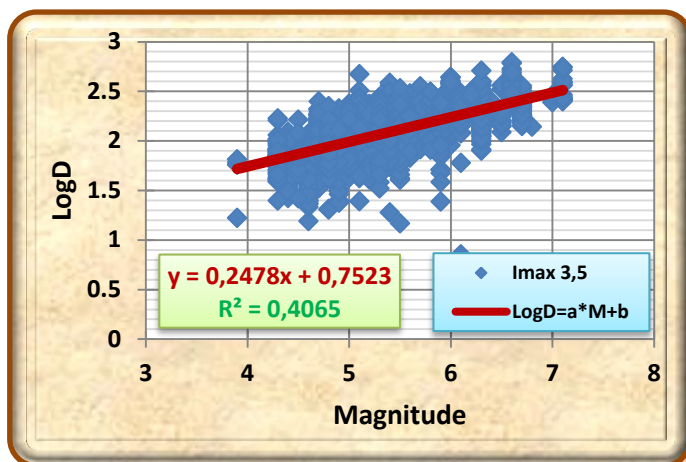
Γράφημα 4-14: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} IV+$.



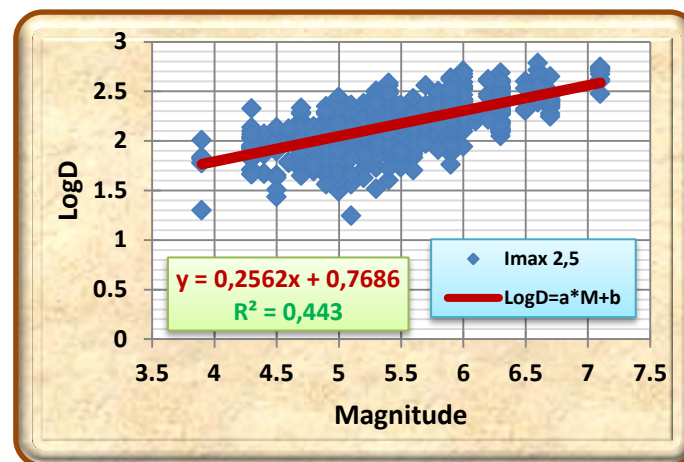
Γράφημα 4-13: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} V$.



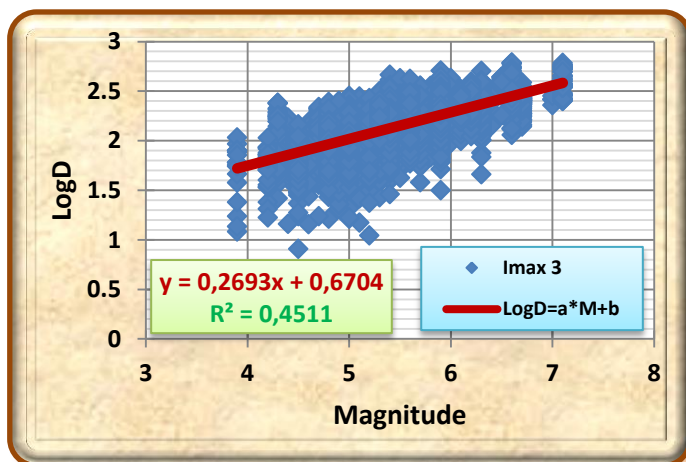
Γράφημα 4-15: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} IV$.



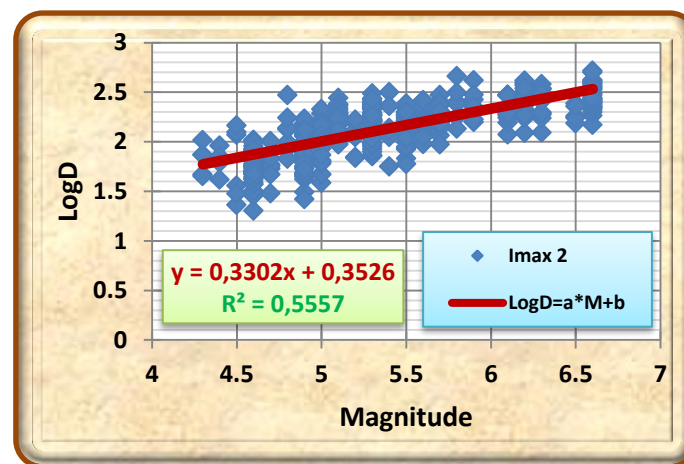
Γράφημα 4-16: για $I_{\max} \text{ III+}$.



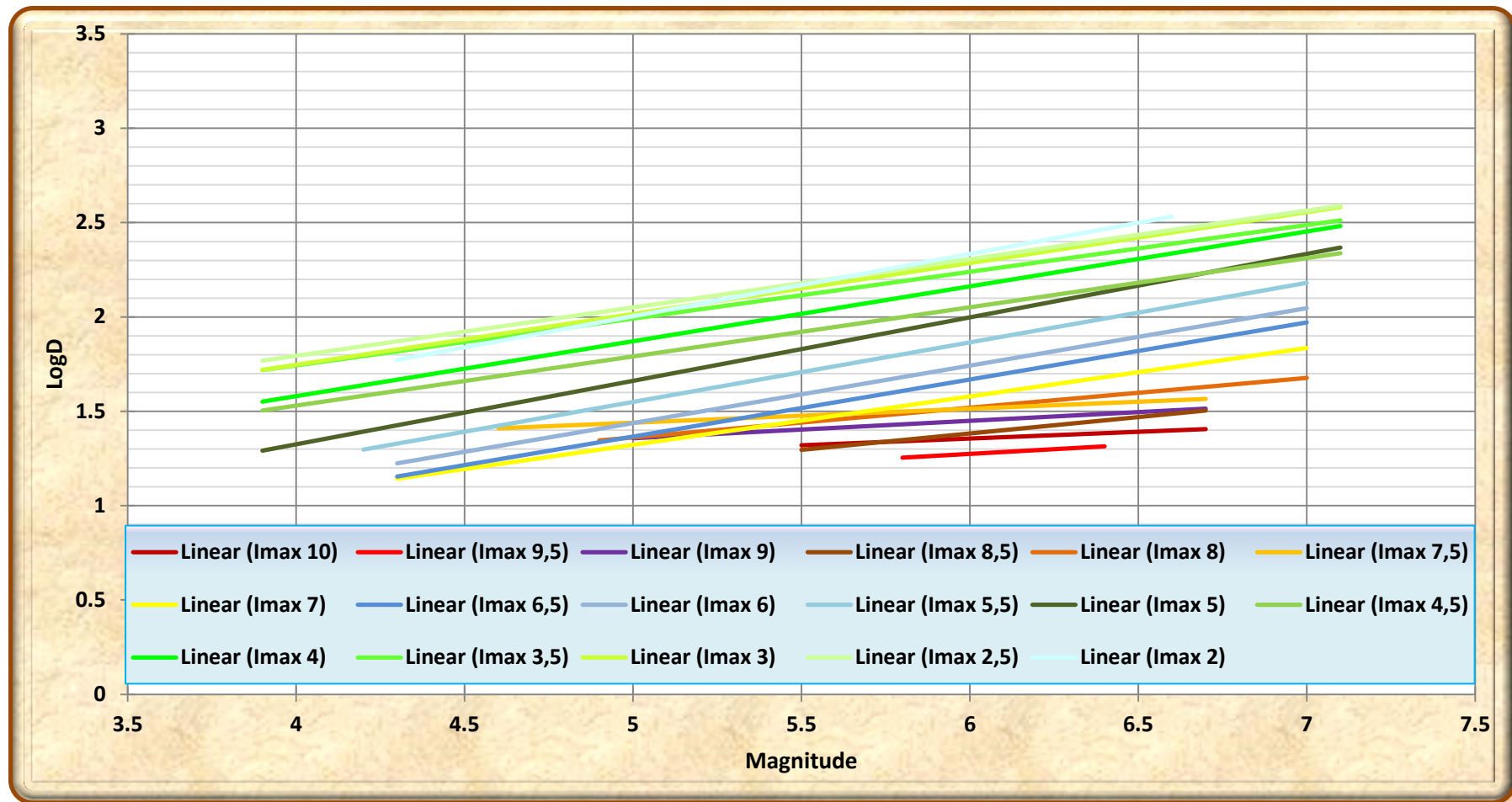
Γράφημα 4-18: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} \text{ II+}$.



Γράφημα 4-17: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} \text{ III}$.



Γράφημα 4-19: Το Μέγεθος σε συνάρτηση με το LogD για $I_{\max} \text{ II}$.

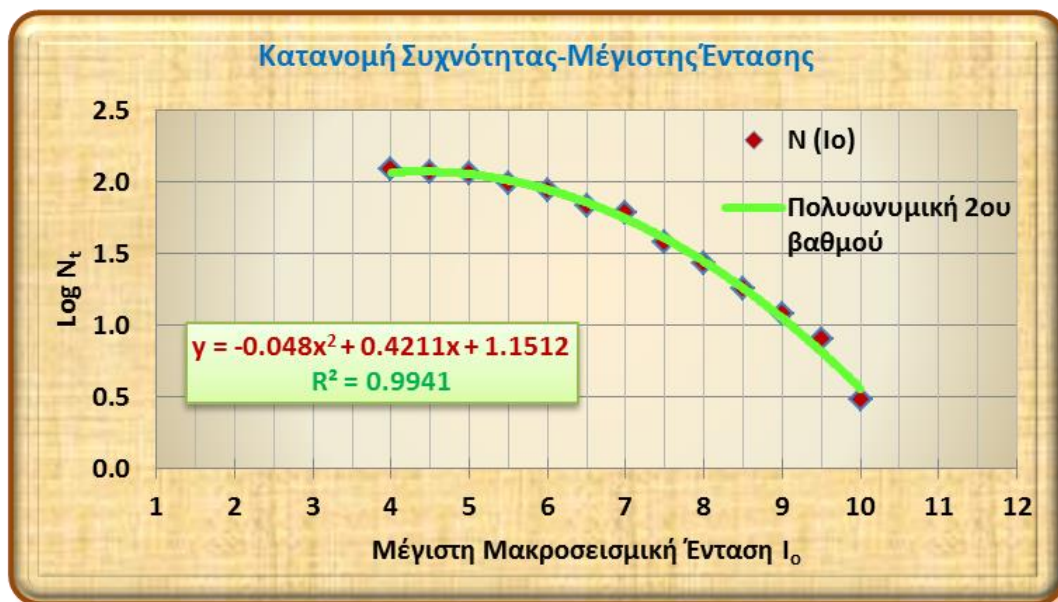


Γράφημα 4-20: Αντιπροσωπευτικές αποστάσεις μέχρι τις οποίες παρατηρούνται διαφορετικές τιμές μακροσεισμικών εντάσεων σε συνάρτηση με το Μέγεθος.

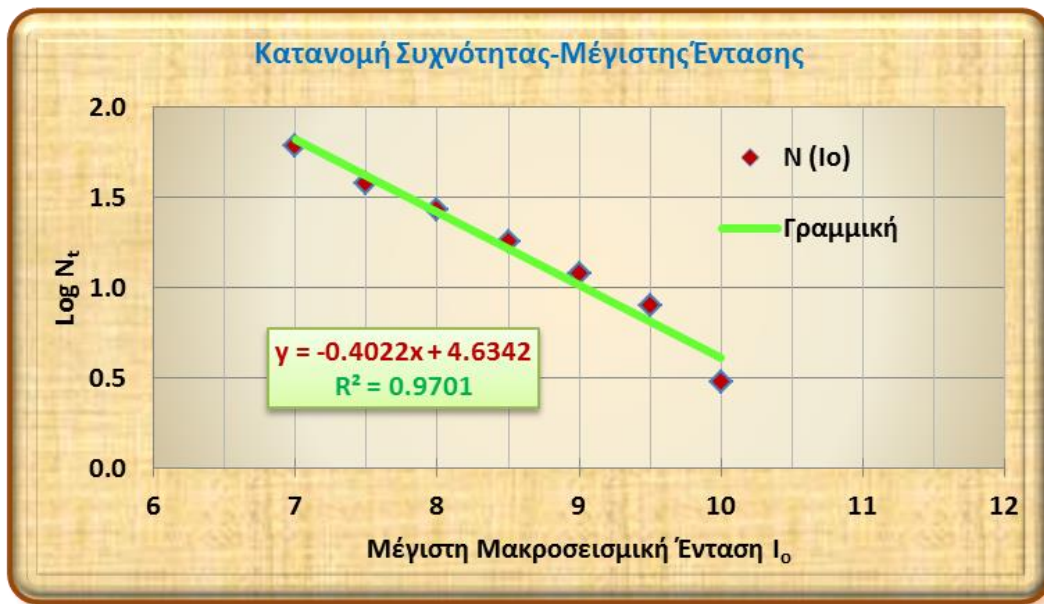
D. Κατανομή της συχνότητας της Μέγιστης Μακροσεισμικής Έντασης

Η συχνότητα που πλήττει ένας σεισμός μια περιοχή με υψηλές τιμές Μακροσεισμικής Έντασης αποτελεί πολύ χρήσιμο δεδομένο για την εκτίμηση του Σεισμικού Κινδύνου της περιοχής. Αποτελεί δε, ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στους μηχανικούς για τον επανασχεδιασμό των Αντισεισμικών Κωδίκων.

Ο Παπαζάχος και Παπαζάχου 1989, έχουν δείξει ότι ο λογάριθμος της αθροιστικής συχνότητας N_{I_0} είναι γραμμική συνάρτηση της I_0 για σεισμούς στον Ελληνικό χώρο. Έτσι λοιπόν, υπολογίζοντας την αθροιστική συχνότητα της Επικεντρικής Έντασης μεγάλων σεισμών του Ελληνικού χώρου, μπορούμε να υπολογίσουμε τον ετήσιο αριθμό των σεισμών με μέγιστη ένταση I_0 ή μεγαλύτερη. Σε επόμενο βήμα μπορούμε να υπολογίσουμε και την μέση περίοδο επανάληψης T_m σεισμών με Μέγιστη Ένταση I_0 ή μεγαλύτερη. Το **Γράφημα 4-21** παρουσιάζει την κατανομή της αθροιστικής συχνότητας σε σχέση με την Επικεντρική Ένταση στο εύρος IV-X Mercalli για 122 σεισμούς του Ελληνικού χώρου την περίοδο 1953-2013. Επίσης, το **Γράφημα 4-22** παρουσιάζει την κατανομή της αθροιστικής συχνότητας σε σχέση με την Επικεντρική Ένταση στο εύρος VII-X Mercalli για τους ίδιους σεισμούς του Ελληνικού χώρου την ίδια χρονική περίοδο.



Γράφημα 4-21: Η κατανομή της αθροιστικής συχνότητας σε σχέση με την Επικεντρική Ένταση στο εύρος IV-X Mercalli για 122 σεισμούς του Ελληνικού χώρου την περίοδο 1953-2013.



Γράφημα 4-22: Η κατανομή της αθροιστικής συχνότητας σε σχέση με την Επικεντρική Ένταση στο εύρος VII-X Mercalli για 122 σεισμούς του Ελληνικού χώρου την περίοδο 1953-2013.

Από τις τιμές που προκύπτουν μπορούμε να υπολογίσουμε μέσα από τις σχέσεις

$$\text{Log} N = a - b * I_0 \text{ και } T_m = 10^{b*I_0} / 10^a$$

τον ετήσιο αριθμό των σεισμών με μέγιστη ένταση I_0 ή μεγαλύτερη και την μέση περίοδο επανάληψης σεισμών με μέγιστη ένταση I_0 ή μεγαλύτερη.

Ε. Μακροσεισμικό Επίκεντρο

Το **Μακροσεισμικό Επίκεντρο** είναι το βέλτιστο σημείο εντοπισμού του εστιακού επιπέδου ενός σεισμού χωρίς την χρήση ενόργανων δεδομένων. Αυτό μπορεί να συμβεί με κάποια ή όλες από τις παρακάτω παραμέτρους, αν οι περιστάσεις το υπαγορεύουν. Οι θέσεις των μέγιστων εντάσεων, το σχήμα των ισόσειστων καμπυλών, οι θέσεις των προ- ή μετά-σεισμικών επιπέδων, υπολογισμοί βασισμένοι στην κατανομή των σημείων μακροσεισμικών παρατηρήσεων και τέλος την τοπική γεωλογική γνώση.

Από την άλλη πλευρά, το **Βαρύκεντρο** είναι το σημείο πάνω στην επιφάνεια της Γης από το οποίο φαίνεται ότι το μακροσεισμικό πεδίο ακτινοβολεί προς την περιφέρεια. Αυτό είναι συνήθως το κέντρο της υψηλότερης ισόσειστου καμπύλης, δηλαδή της πλειοσειστου περιοχής, ή το σταθμισμένο κέντρο δυο ή περισσότερων από τις υψηλότερες ισόσειστες καμπύλες.

Το Μακροσεισμικό Επίκεντρο και το Βαρύκεντρο πολλές φορές ταυτίζονται, αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητο. Στο **Σεισμό της Loma Prieta** της 16^{ης} Οκτωβρίου 1989 με Μέγεθος Ροπής M_w 6,9 R το κέντρο ακτινοβολίας των μακροσεισμικών βλαβών για γεωλογικούς λόγους ήταν μετατοπισμένο προς τα βόρεια σε σχέση με το Μικροσεισμικό Επίκεντρο. Γενικά οι χάρτες ισοσειστών καμπυλών μιας περιοχής έχουν περίπου το ίδιο σχήμα. Αν λοιπόν επιθυμούσαμε να εντοπίσουμε το επίκεντρο ενός ιστορικού σεισμού στην περιοχή της Loma Prieta μόνο με μακροσεισμικά δεδομένα, θα έπρεπε να λάβουμε υπόψη μας και την γεωλογική ιδιαιτερότητα της περιοχής. Αυτή η διαδικασία δεν θα επηρεάζει τον εντοπισμό του Βαρυκέντρου.

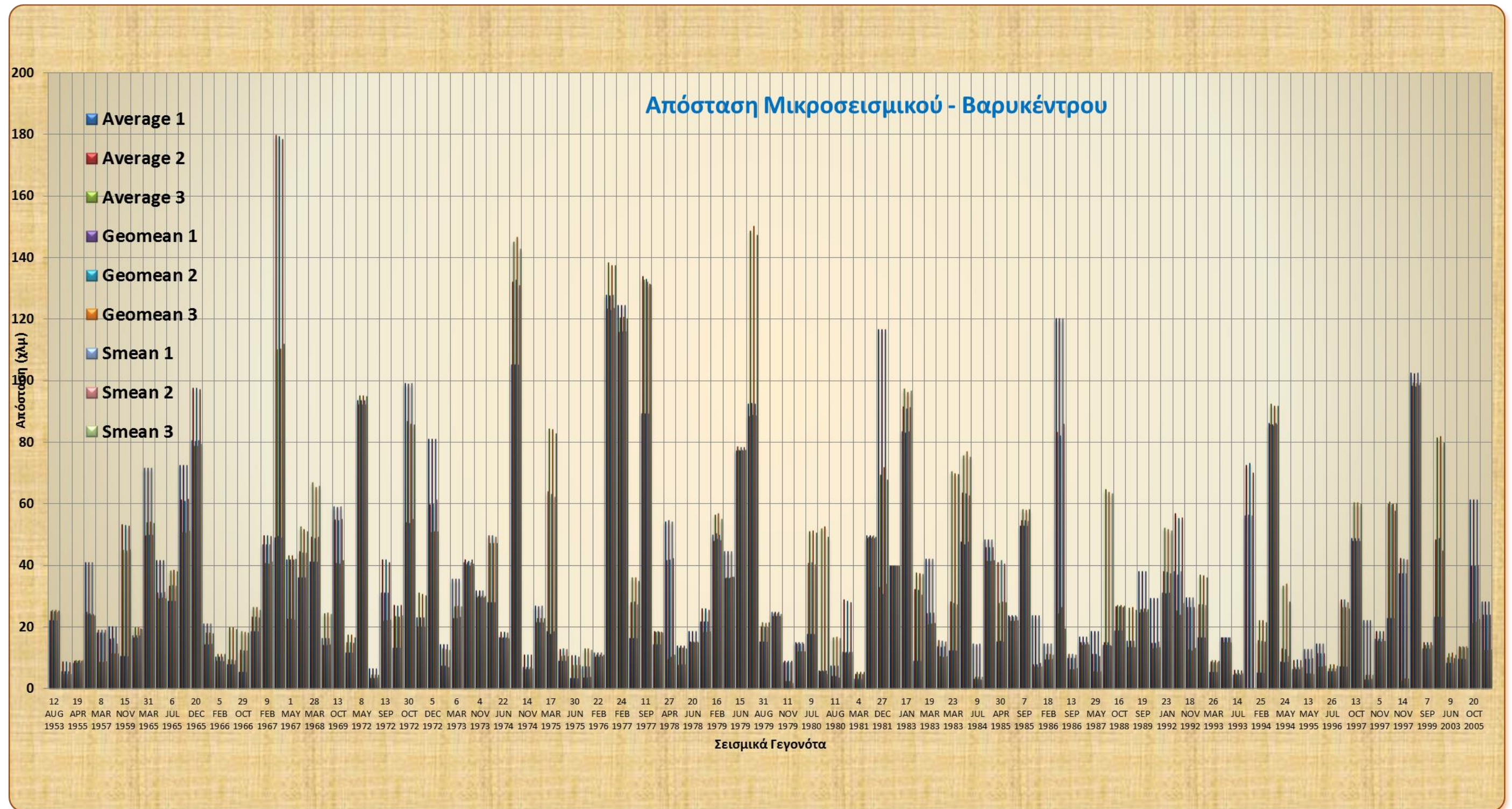
I. Υπολογισμός απόστασης μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου.

Το Μικροσεισμικό Επίκεντρο του κάθε σεισμού υπάρχει ήδη στα δεδομένα του Γ.Ι.-Ε.Α.Α.. Για να υπολογίσουμε το Βαρύκεντρο εξαιρέσαμε τους 8 σεισμούς που έχουν το Μικροσεισμικό Επίκεντρο τους μακριά έξω από τα όρια της Ελληνικής Επικράτειας (βλέπε Πίνακας 3-2). Στη συνέχεια απομονώσαμε τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις των τριών υψηλότερων μακροσεισμικών εντάσεων, δηλαδή απομονώσαμε όλες τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις που θα δημιουργούσαν τις τρεις υψηλότερες ισόσειστες καμπύλες. Τέλος, υπολογίσαμε τις συντεταγμένες του Βαρυκέντρου με

- Τον **αριθμητικό μέσο** αποκλειστικά της **μέγιστης** μακροσεισμικής έντασης (**Average 1**),
- Τον αριθμητικό μέσο της **μέγιστης και της αμέσως επόμενης** έντασης (**Average 2**),

- Τον αριθμητικό μέσο της *μέγιστης και των δυο αμέσως επόμενων* εντάσεων (**Average 3**),
- Το *γεωμετρικό μέσο* αποκλειστικά της *μέγιστης* μακροσεισμικής έντασης (**Geomean 1**),
- Το γεωμετρικό μέσο της *μέγιστης και της αμέσως επόμενης* έντασης (**Geomean 2**),
- Το γεωμετρικό μέσο της *μέγιστης και των δυο αμέσως επόμενων* εντάσεων (**Geomean 3**),
- Το *σταθμισμένο αριθμητικό μέσο* αποκλειστικά της *μέγιστης* μακροσεισμικής έντασης (**Smean 1**),
- Το σταθμισμένο αριθμητικό μέσο της *μέγιστης και της αμέσως επόμενης* έντασης (**Smean 2**),
- Το σταθμισμένο αριθμητικό μέσο της *μέγιστης και των δυο αμέσως επόμενων* εντάσεων (**Smean 3**).

Από τα αποτελέσματα των μαθηματικών υπολογισμών προέκυψαν συντεταγμένες του Βαρυκέντρου για κάθε μια από τις 9 μεθόδους. Στην συνέχεια, με την χρήση πολύπλοκης εξίσωσης μέτρησης απόστασης με την χρήση συντεταγμένων δυο σημείων πάνω στην επιφάνεια της Γης, προέκυψαν αποστάσεις μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου με την κάθε μεθοδολογία. Το **Γράφημα 4-23** παρουσιάζει αυτές τις αποστάσεις μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου.



Γράφημα 4-23: Αποστάσεις μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου με την χρήση διαφόρων μεθοδολογιών και των μακροσεισμικών παρατηρήσεων.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Οι χιλιομετρικές διαφορές μεταξύ των μαθηματικών υπολογισμών υπάρχει, αλλά δεν είναι τόσο ευδιάκριτες. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου για πάρα πολλούς σεισμούς, για τους οποίους θα διερευνήσουμε τα αίτια των αποκλίσεων. Οι σεισμοί αυτοί παραθέτονται στον παρακάτω Πίνακας 4-1.

Πίνακας 4-1: Σεισμοί που παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά απόστασης μεταξύ Μικροσεισμικού Επικέντρου και Βαρυκέντρου.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1965	DEC	20	40.2	24.8	Τάφρος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος
1967	MAR	4	39.1	24.65	θάλασσα βόρεια Νήσου Σκύρου	Αιγαίο Πέλαγος
1968	MAR	28	37.75	20.82	Ζάκυνθος	Ιόνια Θάλασσα
1972	MAY	8	41.89	23.62	Επαρχία Blagoevgrad, Βουλγαρία	Ελληνο-βουλγαρικά σύνορα
1972	OCT	30	38.19	20.16	θάλασσα δυτικά Νήσου Κεφαλονιάς	Ιόνια Θάλασσα
1972	DEC	5	39.18	23.56	Σκιάθος-Σκόπελος	Αιγαίο Πέλαγος
1974	JUL	9	36.32	29.17	Τουρκικά παράλια ανατολικά Νήσου Ρόδου	Δωδεκάνησα
1975	MAR	17	40.29	26	Κόλπος Σάρρου-Ίμβρος	Αιγαίο Πέλαγος
1976	MAY	11	37.33	20.22	Ιόνιο Πέλαγος	Ιόνια Θάλασσα
1977	FEB	24	38.34	27.87	Επαρχία Σμύρνης, Τουρκία	Δυτική Τουρκία
1977	SEP	11	34.99	23.05	Τόξο ΝΔ/κά Παλαιόχωρας	Κρήτη
1979	FEB	16	36.74	25.91	θάλασσα νότια Νήσου Αμοργού	Κυκλάδες
1979	JUN	14	38.7	26.59	ΒΑ/κά Νήσου Χίου, Κόλπος Σμύρνης	Αιγαίο Πέλαγος
1979	JUN	15	34.68	24.03	θάλασσα νότια Νήσου Γαύδου	Κρήτη
1979	JUL	23	35.37	26.71	θάλασσα δυτικά Νήσου Κάσου	Δωδεκάνησα
1981	MAR	10	39.45	20.28	Ηγουμενίτσα	Ελληνο-αλβανικά σύνορα

1981	DEC	27	38.87	24.91	Θάλασσα ανατολικά Νήσου Σκύρου	Αιγαίο Πέλαγος
1982	JAN	18	39.78	24.48	Τάφρος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος
1983	JAN	17	37.97	20.25	ΝΔ/κά Κεφαλονιάς, ΒΔ/κά Ζακύνθου	Ιόνια Θάλασσα
1983	MAR	23	38.19	20.4	Κεφαλονιά	Ιόνια Θάλασσα
1983	AUG	6	40.08	24.81	Τάφρος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος
1985	SEP	7	37.24	21.25	Κυπαρισσιακός Κόλπος	Νότια Ελλάδα
1986	MAR	25	38.38	25.13	Αιγαίο Πέλαγος ΝΔ/κά Ψαρών	Αιγαίο Πέλαγος
1988	MAY	18	38.35	20.47	Κεφαλονιά	Ιόνια Θάλασσα
1992	JAN	23	38.28	20.41	Κεφαλονιά	Ιόνια Θάλασσα
1992	JUL	23	39.82	24.43	Τάφρος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος
1993	AUG	26	36.66	28.42	Θάλασσα βόρεια Νήσου Ρόδου, Κόλπος Μαρμαρίδος	Δωδεκάνησα
1994	APR	16	37.43	20.58	Ιόνιο Πέλαγος	Ιόνια Θάλασσα
1997	OCT	13	36.41	22.18	Μεσσηνιακός Κόλπος, Ακρωτήριο Ταίναρο	Νότια Ελλάδα
1997	NOV	12	39.1	20.27	Θάλασσα Νότια Παξών	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1997	NOV	18	37.26	20.49	Ιόνιο Πέλαγος	Ιόνια Θάλασσα
2001	JUL	26	39.05	24.35	ΒΔ/κά Νήσου Σκύρου	Αιγαίο Πέλαγος
2005	OCT	20	38.16	26.62	Επαρχία Σμύρνης, Τουρκία	Αιγαίο Πέλαγος

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω Πίνακα οι μεγάλες αποκλίσεις των αποστάσεων προκύπτουν από το γεγονός ότι οι περισσότεροι σεισμοί εντοπίζονται σε θαλάσσιο χώρο μακριά από κατοικημένες περιοχές ή σε συνοριακές περιοχές της Ελλάδας με τους γείτονες της. Έτσι, αναπόφευκτο είναι να μην υπάρχει πυκνό δίκτυο παρατηρήσεων με αποτέλεσμα η κάλυψη να μην είναι ικανή για ορθότερους υπολογισμούς.

Κεφάλαιο Πέμπτο

5. Εξισώσεις Εξασθένησης για κάθε Σεισμικό Γεγονός

A. Εισαγωγή

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στα προηγούμενα κεφάλαια, η εξασθένηση της Μακροσεισμικής Έντασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, με βασικότερους τα χαρακτηριστικά της σεισμικής εστίας, από το μέσο διάδοσης και τέλος τις τοπικές γεωλογικές συνθήκες. Επειδή ο φλοιός της Γης δεν είναι ομοιογενής ώστε η διάδοση των σεισμικών κυμάτων και της σεισμικής ενέργειας να διαχέεται ομοιόμορφα με την αύξηση της απόστασης, για αυτό και γίνονται προσπάθειες για την εύρεση εμπειρικών σχέσεων εξασθένησης της έντασης με διάφορες μορφές

B. Κατασκευή Εξισώσεων Εξασθένησης

Από το 1977 ο Καθηγητής Ιωάννης Δρακόπουλος είχε μελετήσει πολλούς χάρτες ισοσειστών καμπυλών και είχε προτείνει εξισώσεις εξασθένησης της Μακροσεισμικής Έντασης της μορφής $I = F(D)$ κατά μήκος του μέγιστου και του ελάχιστου άξονα της ελλειπτικής μορφής των ισοσειστών καμπυλών.

Η παραπάνω μορφή εμπειρικής σχέσης εξασθένησης μπορεί να γίνει πιο περίπλοκη αν εισέλθει και η Επικεντρική Ένταση μαζί με τις σταθερές a και b που εξαρτώνται από τις ιδιότητες της εκάστοτε περιοχής. Τότε λοιπόν μπορούμε να έχουμε εμπειρικές εξισώσεις της μορφής:

$$I_R = a * \ln R + b \text{ και } I_R - I_0 = a * \ln R + b$$

όπου I_R είναι η τιμή της έντασης σε απόσταση R από το επίκεντρο, I_0 είναι η Επικεντρική Ένταση, R η επικεντρική ή υποκεντρική απόσταση του σημείου και τέλος a και b δυο σταθερές που εξαρτώνται από τις ιδιότητες της εκάστοτε περιοχής.

C. Εξισώσεις Εξασθένησης 1953-2013

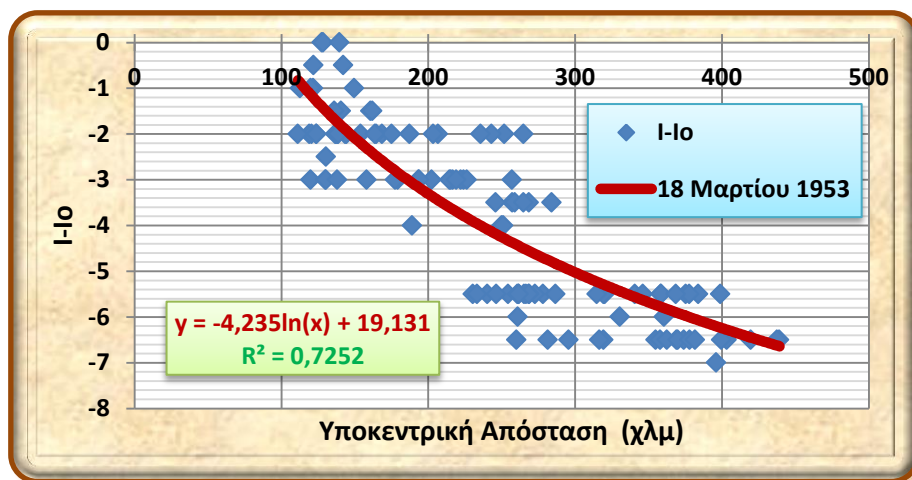
Με την επεξεργασία των 26.129 Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων από τους 130 επιφανειακούς σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. κατασκευάσαμε τις εμπειρικές σχέσεις εξασθένησης της μορφής

$$I_R = a * \ln R + b \quad \text{και} \quad I_R - I_0 = a * \ln R + b$$

για όλους τους σεισμούς. Επειδή, η πρώτη σχέση διαφέρει από την δεύτερη μόνο στον γνωστό παράγοντα I_0 για αυτό δεν θα δημιουργήσουμε και τις δυο καμπύλες. Σε επόμενα Κεφάλαια που θα υπεισέρχονται πολλές τιμές I_0 κατά την πολλαπλή ομαδοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων θα παράγουμε και τις δυο εμπειρικές εξισώσεις εξασθένησης, μαθηματικά και σχηματικά.

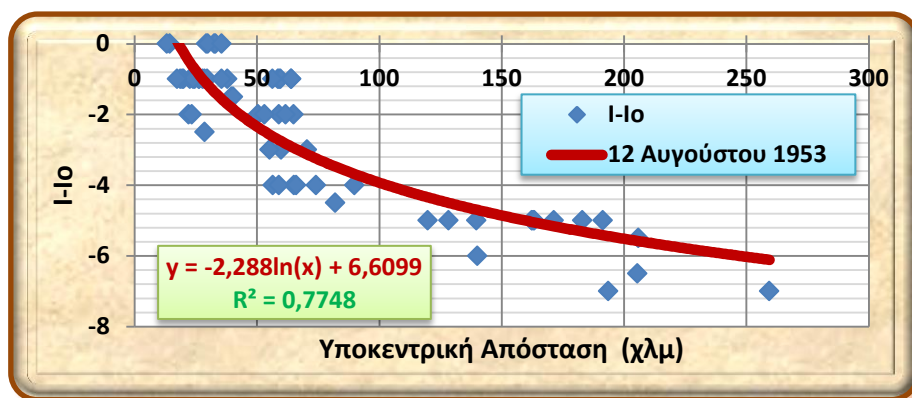
I. 1953

1. 18 Μαρτίου 1953



Γράφημα 5-1: 18 Μαρτίου 1953, Δυτική Τουρκία, 115 παρατηρήσεις.

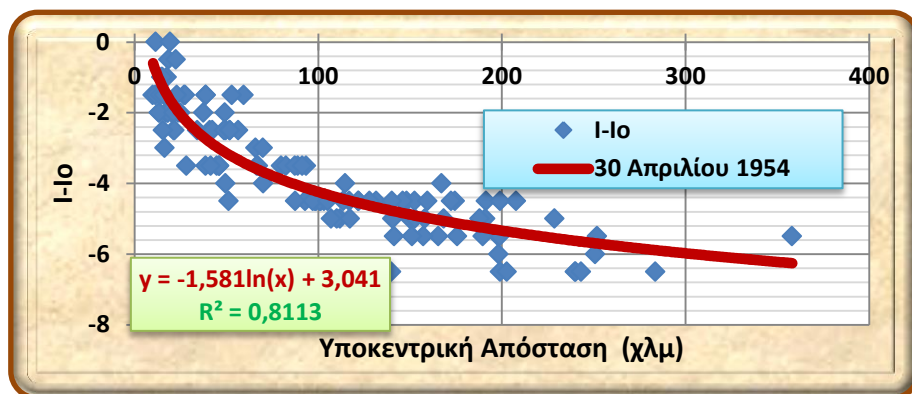
2. 12 Αυγούστου 1953



Γράφημα 5-2: 12 Αυγούστου 1953, Ιόνιοι Νήσοι, 62 παρατηρήσεις.

II. 1954

3. 30 Απριλίου 1954



Γράφημα 5-3: 30 Απριλίου 1954, Κεντρική Ελλάδα, 119 παρατηρήσεις.

III. 1955

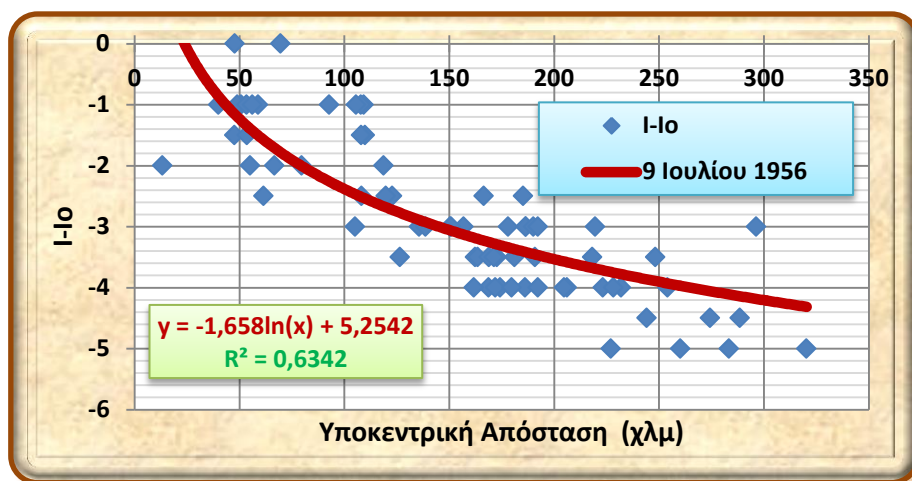
4. 19 Απριλίου 1955



Γράφημα 5-4: 19 Απριλίου 1955, Κεντρική Ελλάδα, 64 παρατηρήσεις.

IV. 1956

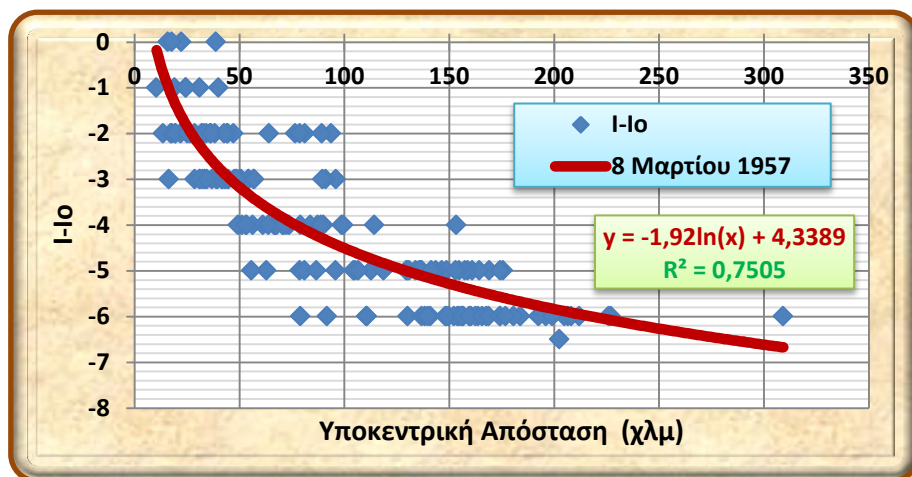
5. 9 Ιουλίου 1956



Γράφημα 5-5: 9 Ιουλίου 1956, Κυκλάδες Νήσοι, 70 παρατηρήσεις.

V. 1957

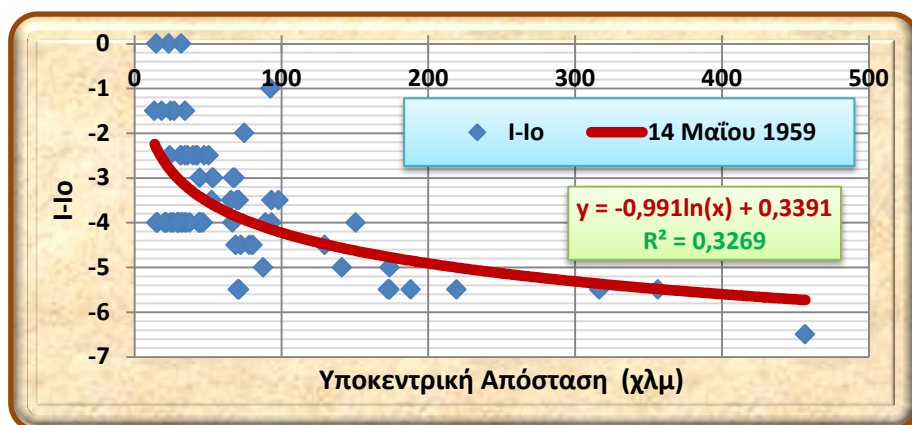
6. 8 Μαρτίου 1957



Γράφημα 5-6: 8 Μαρτίου 1957, Κεντρική Ελλάδα, 163 παρατηρήσεις.

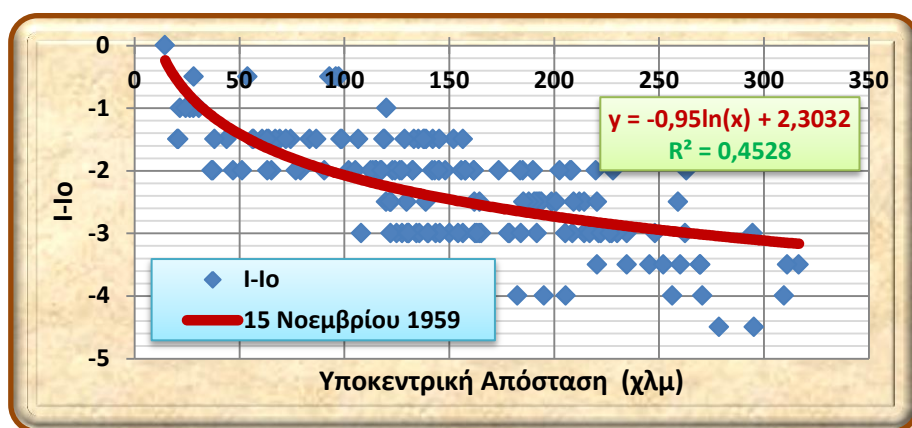
VI. 1959

7. 14 Μαΐου 1959



Γράφημα 5-7: 14 Μαΐου 1959, Κρήτη, 74 παρατηρήσεις.

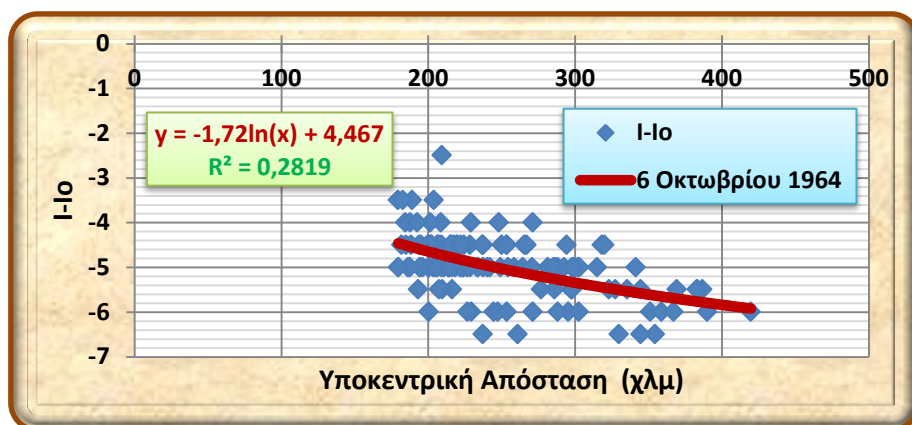
8. 15 Νοεμβρίου 1959



Γράφημα 5-8: 15 Νοεμβρίου 1959, Ιόνιοι Νήσοι, 166 παρατηρήσεις.

VII. 1964

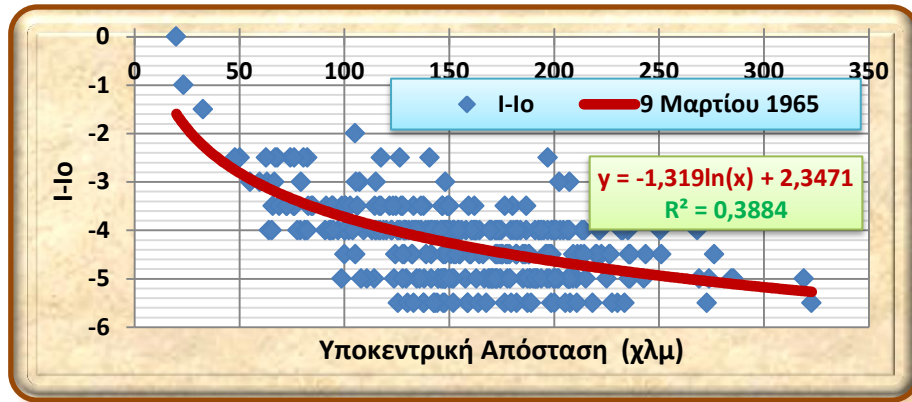
9. 6 Οκτωβρίου 1964



Γράφημα 5-9: 6 Οκτωβρίου 1964, Δυτική Τουρκία, 131 παρατηρήσεις.

VIII. 1965

10. 9 Μαρτίου 1965



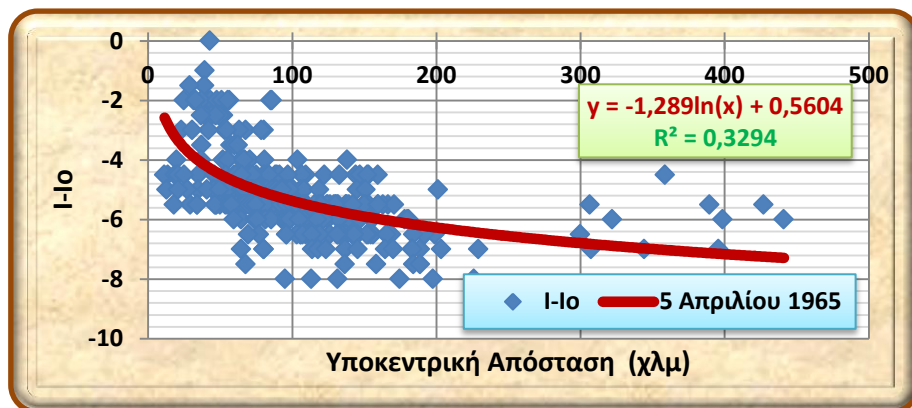
Γράφημα 5-10: 9 Μαρτίου 1965, Αιγαίο Πέλαγος, 345 παρατηρήσεις.

11. 31 Μαρτίου 1965



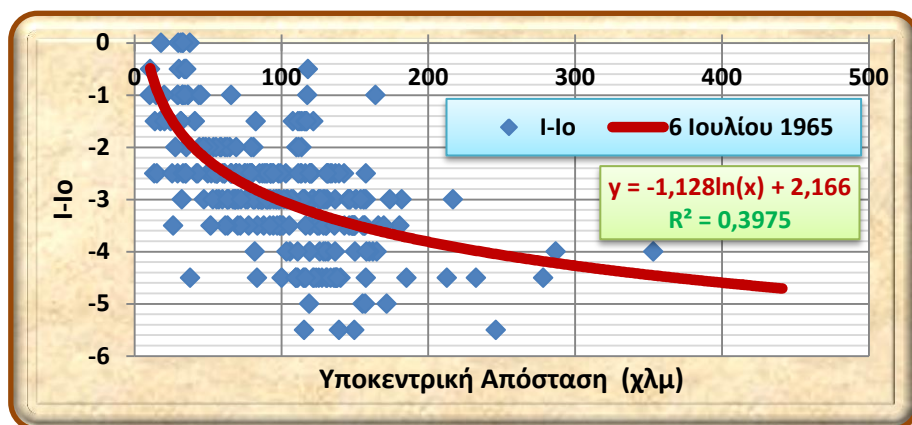
Γράφημα 5-11: 31 Μαρτίου 1965, Κορινθιακός Κόλπος, 571 παρατηρήσεις.

12. 5 Απριλίου 1965



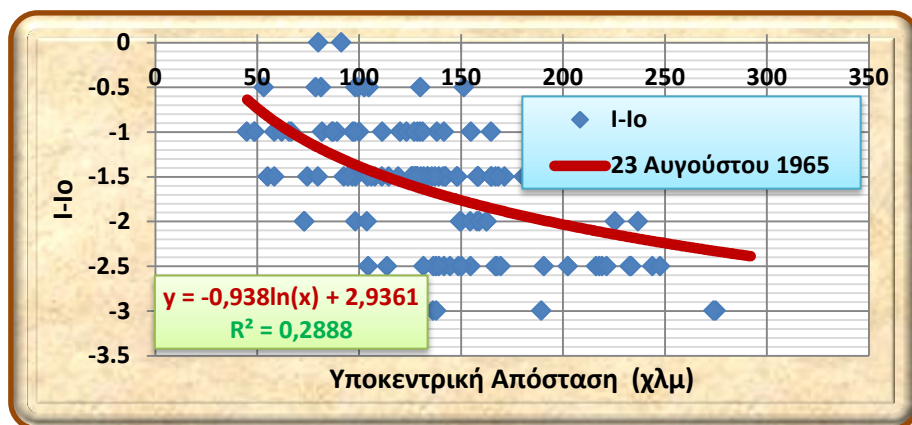
Γράφημα 5-12: 5 Απριλίου 1965, Νότια Ελλάδα, 322 παρατηρήσεις.

13. 6 Ιουλίου 1965



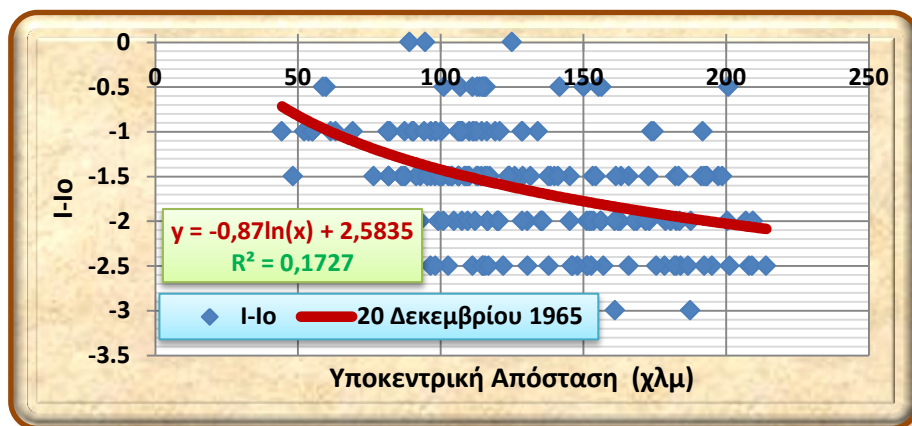
Γράφημα 5-13: 6 Ιουλίου 1965, Κορινθιακός Κόλπος, 293 παρατηρήσεις.

14. 23 Αυγούστου 1965



Γράφημα 5-14: 23 Αυγούστου 1965, Αιγαίο Πέλαγος, 127 παρατηρήσεις.

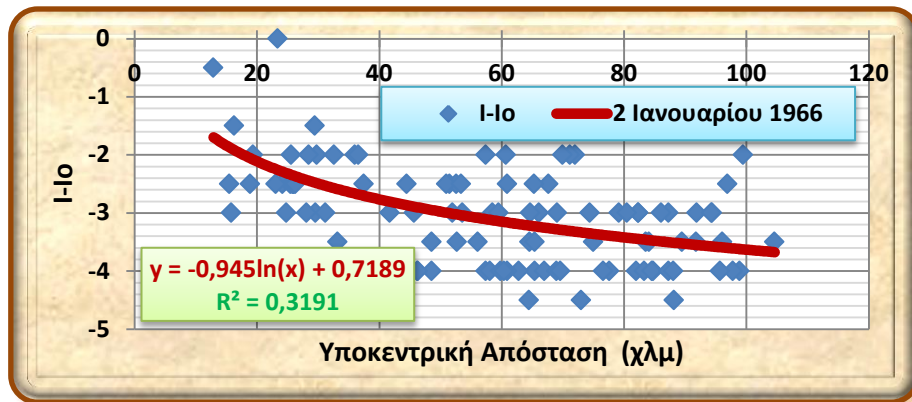
15. 20 Δεκεμβρίου 1965



Γράφημα 5-15: 20 Δεκεμβρίου 1965, Αιγαίο Πέλαγος, 192 παρατηρήσεις.

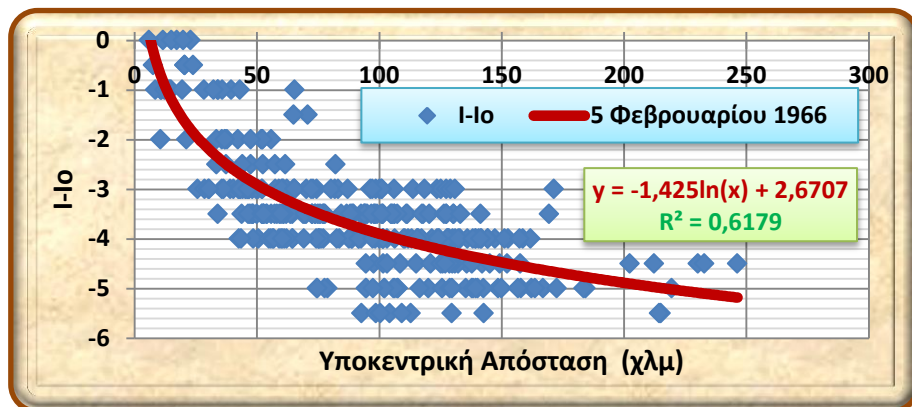
IX. 1966

16. 2 Ιανουαρίου 1966



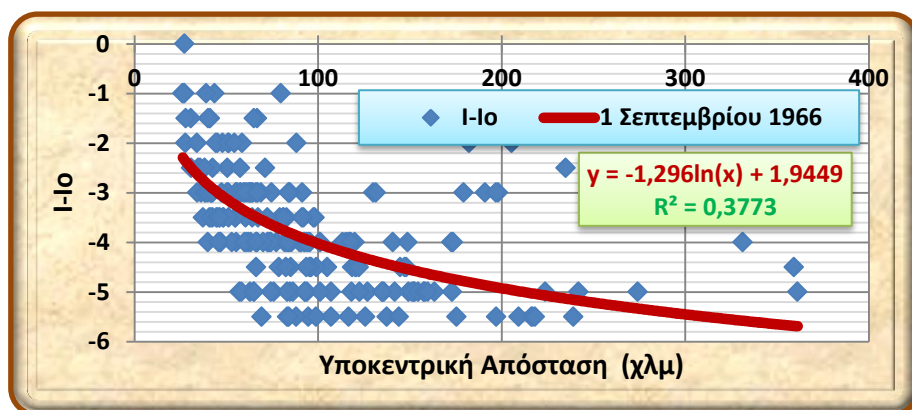
Γράφημα 5-16: 2 Ιανουαρίου 1966, Νότια Ελλάδα, 101 παρατηρήσεις.

17. 5 Φεβρουαρίου 1966



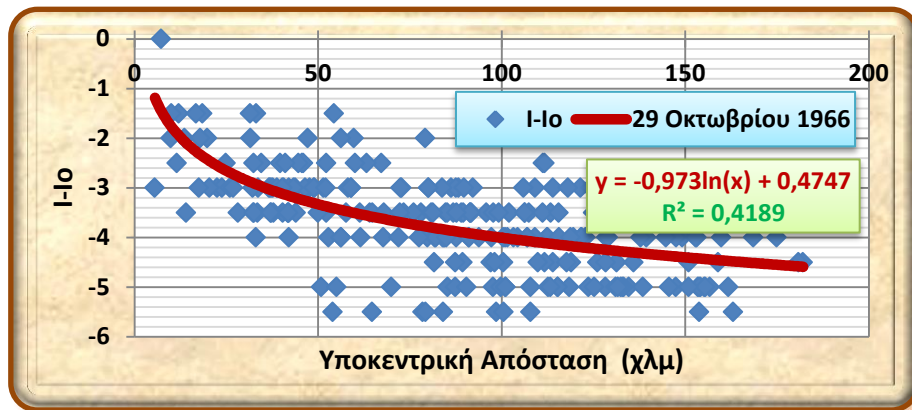
Γράφημα 5-17: 5 Φεβρουαρίου 1966, Κεντρική Ελλάδα, 328 παρατηρήσεις.

18. 1 Σεπτεμβρίου 1966



Γράφημα 5-18: 1 Σεπτεμβρίου 1966, Νότια Ελλάδα, 220 παρατηρήσεις.

19. 29 Οκτωβρίου 1966



Γράφημα 5-19: 29 Οκτωβρίου 1966, Κεντρική Ελλάδα, 242 παρατηρήσεις.

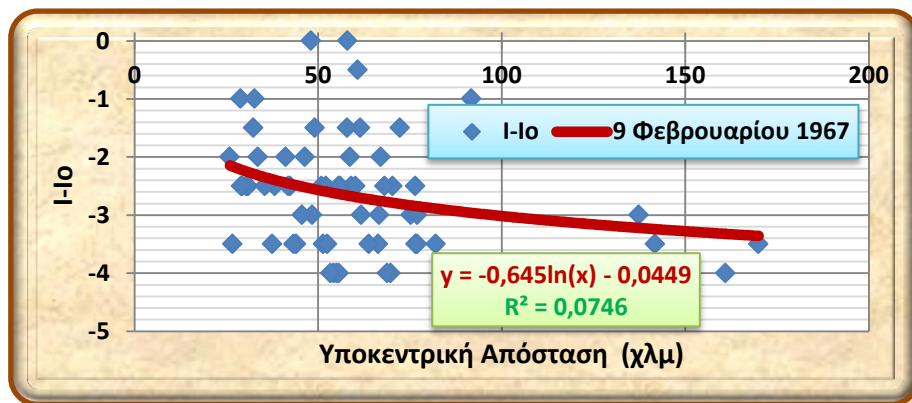
Χ. 1967

20. 4 Ιανουαρίου 1967



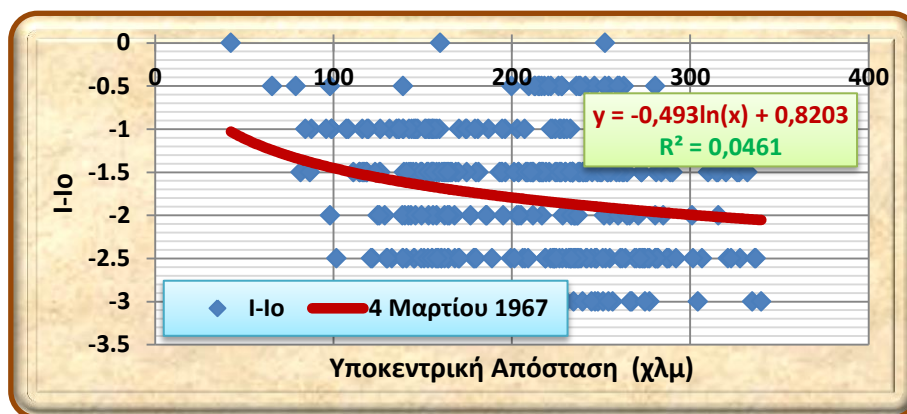
Γράφημα 5-20: 4 Ιανουαρίου 1967, Κορινθιακός Κόλπος, 84 παρατηρήσεις.

21. 9 Φεβρουαρίου 1967



Γράφημα 5-21: 9 Φεβρουαρίου 1967, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 62 παρατηρήσεις.

22. 4 Μαρτίου 1967



Γράφημα 5-22: 4 Μαρτίου 1967, Αιγαίο Πέλαγος, 371 παρατηρήσεις.

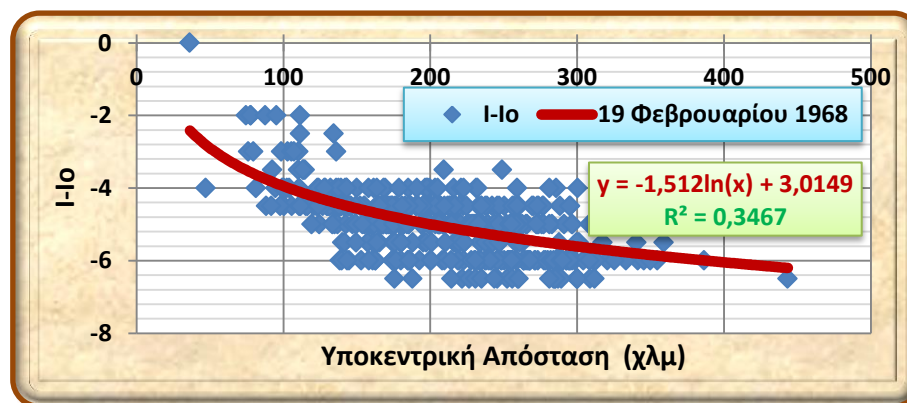
23. 1 Μαΐου 1967



Γράφημα 5-23: 1 Μαΐου 1967, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 282 παρατηρήσεις.

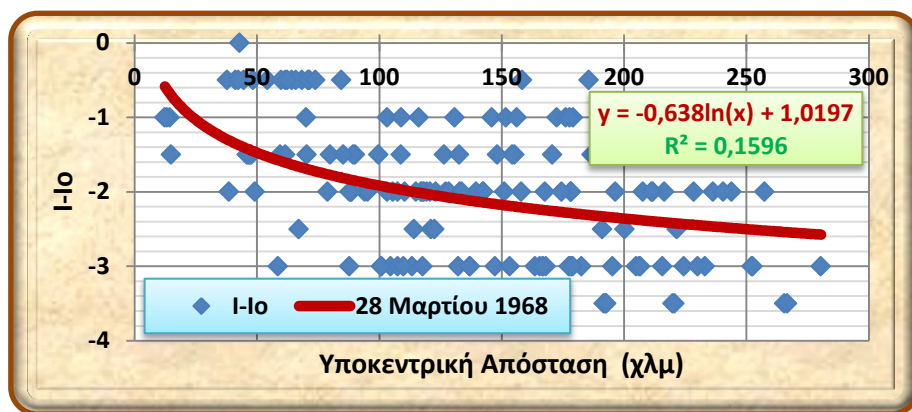
XI. 1968

24. 19 Φεβρουαρίου 1968



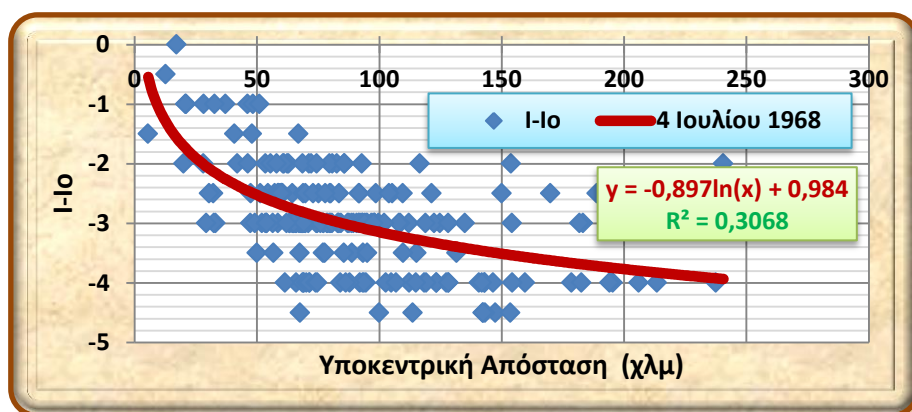
Γράφημα 5-24: 19 Φεβρουαρίου 1968, Αιγαίο Πέλαγος, 482 παρατηρήσεις.

25. 28 Μαρτίου 1968



Γράφημα 5-25: 28 Μαρτίου 1968, Ιόνια Νησιά, 169 παρατηρήσεις.

26. 4 Ιουλίου 1968



Γράφημα 5-26: 4 Ιουλίου 1968, Νότια Ελλάδα, 212 παρατηρήσεις.

XII. 1969

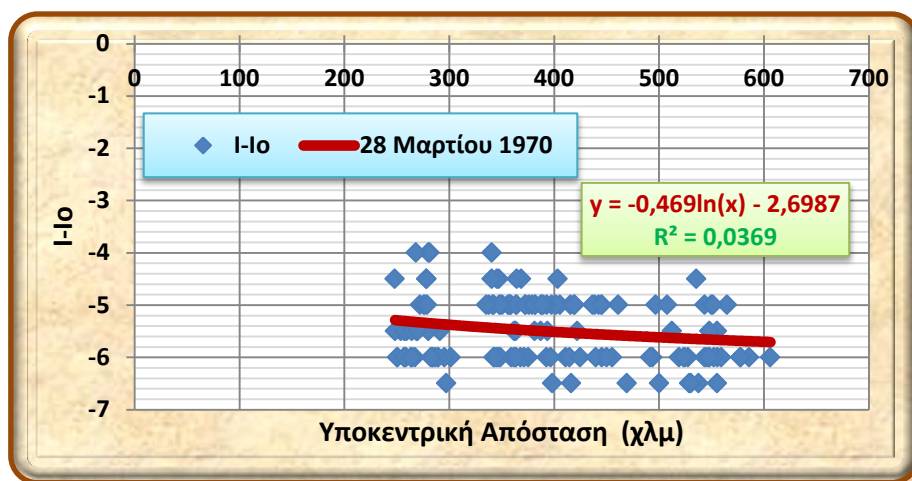
27. 13 Οκτωβρίου 1969



Γράφημα 5-27: 13 Οκτωβρίου 1969, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 238 παρατηρήσεις.

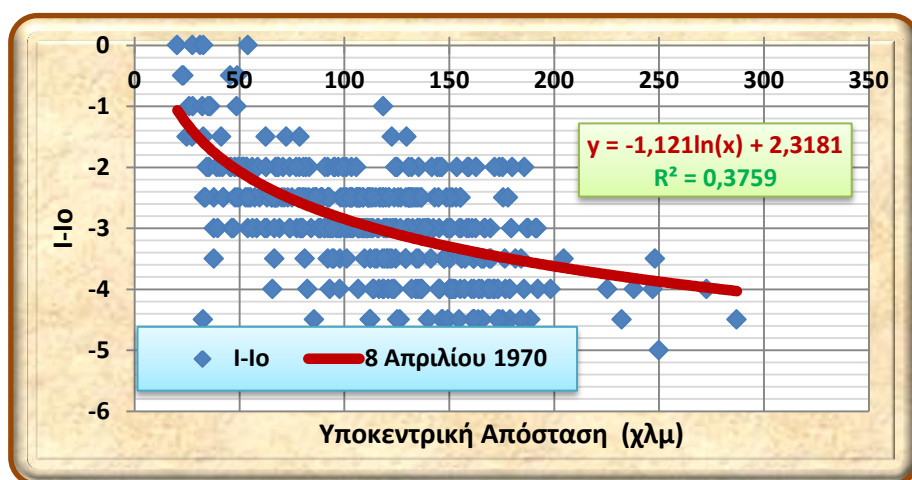
XIII. 1970

28. 28 Μαρτίου 1970



Γράφημα 5-28: 28 Μαρτίου 1970, Δυτική Τουρκία, 141 παρατηρήσεις.

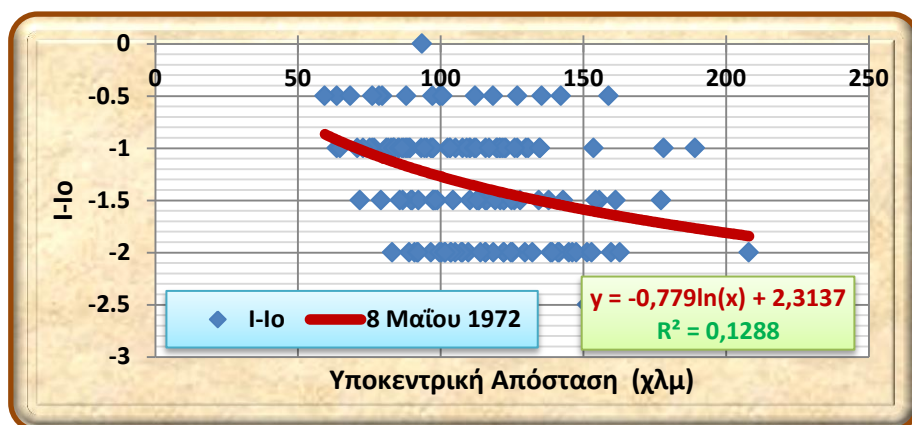
29. 8 Απριλίου 1970



Γράφημα 5-29: 8 Απριλίου 1970, Κορινθιακός Κόλπος, 399 παρατηρήσεις.

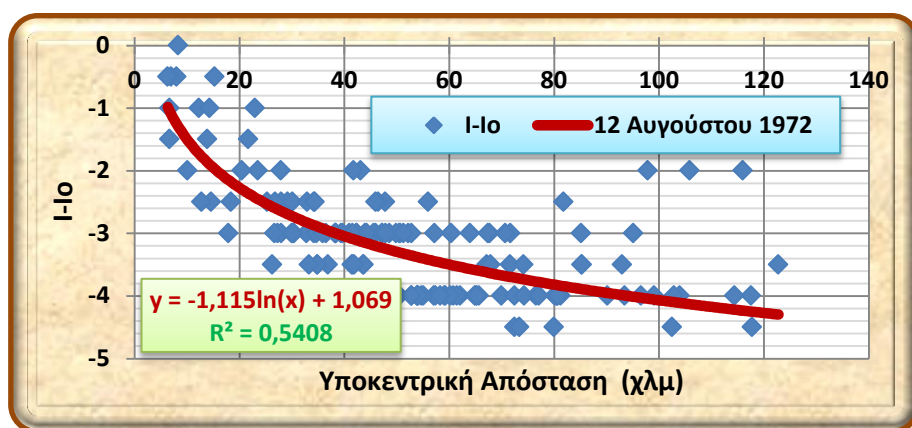
XIV. 1972

30. 8 Μαΐου 1972



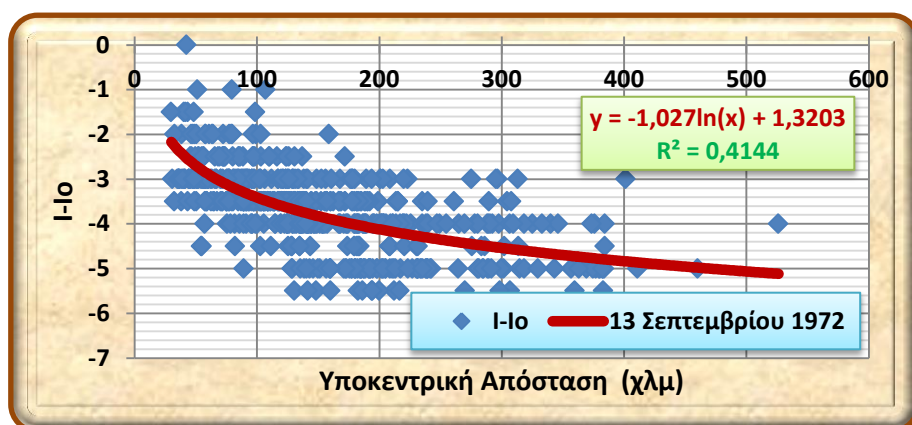
Γράφημα 5-30: 8 Μαΐου 1972, Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας, 145 παρατηρήσεις.

31. 12 Αυγούστου 1972



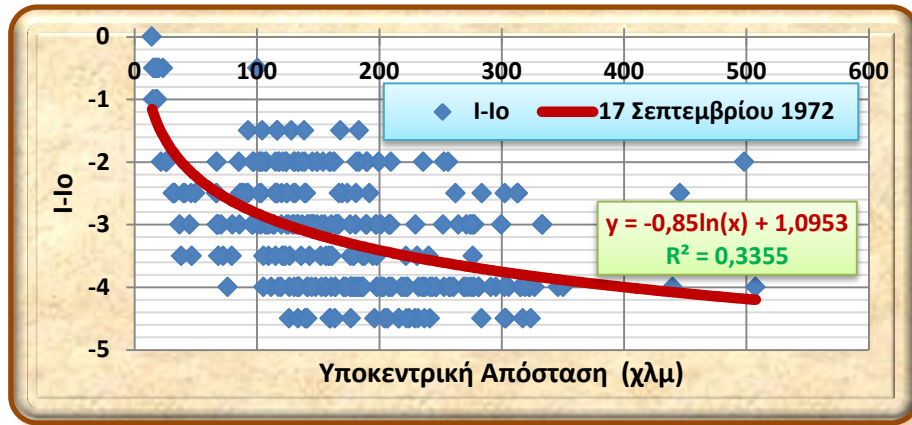
Γράφημα 5-31: 12 Αυγούστου 1972, Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M., 156 παρατηρήσεις.

32. 13 Σεπτεμβρίου 1972



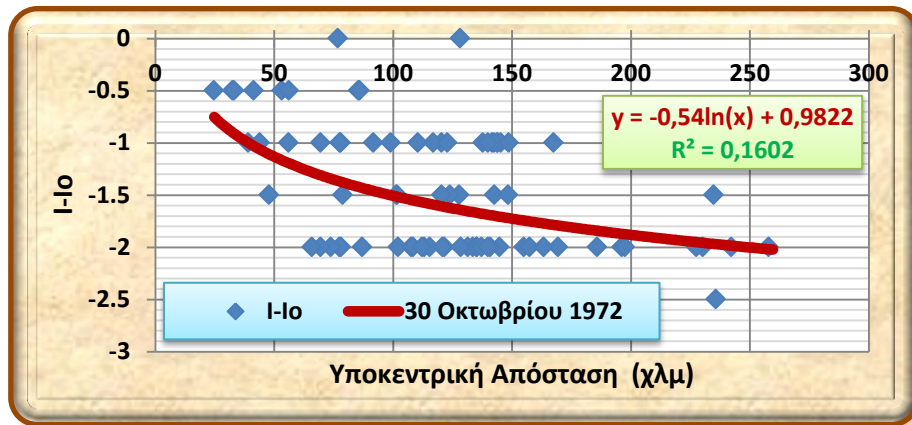
Γράφημα 5-32: 13 Σεπτεμβρίου 1972, Νότια Ελλάδα, 584 παρατηρήσεις.

33. 17 Σεπτεμβρίου 1972



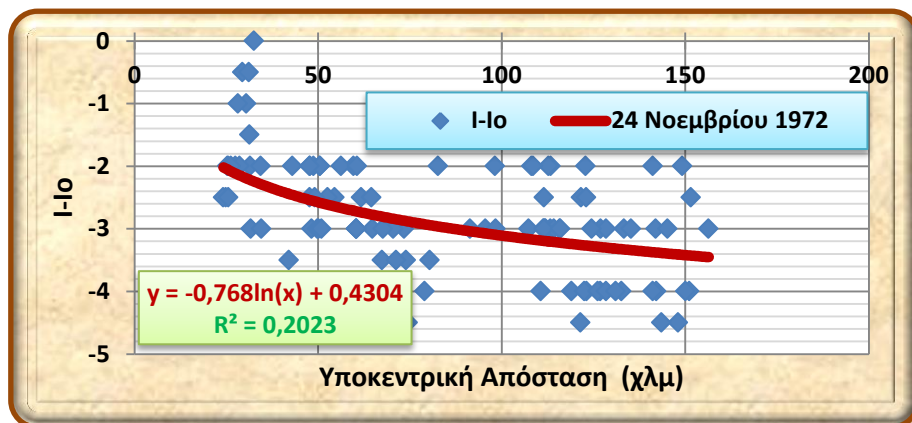
Γράφημα 5-33: 17 Σεπτεμβρίου 1972, Ιόνια Νησιά, 306 παρατηρήσεις.

34. 30 Οκτωβρίου 1972



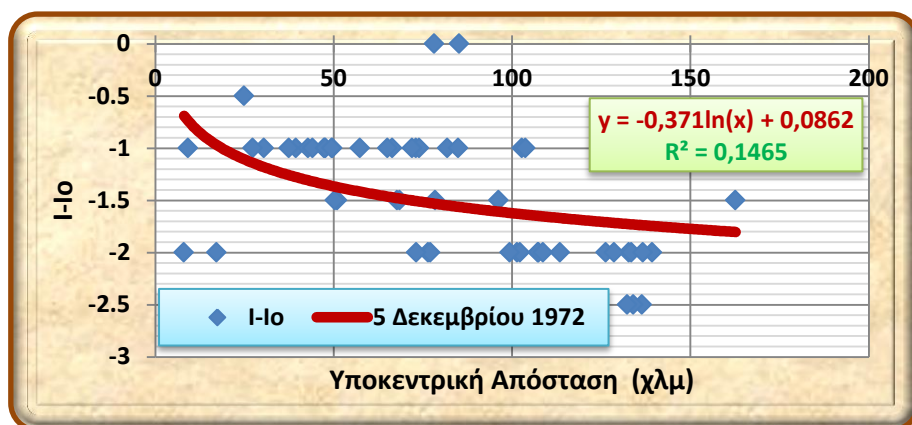
Γράφημα 5-34: 30 Οκτωβρίου 1972, Ιόνια Νησιά, 88 παρατηρήσεις.

35. 24 Νοεμβρίου 1972



Γράφημα 5-35: 24 Νοεμβρίου 1972, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας 109 παρατηρήσεις.

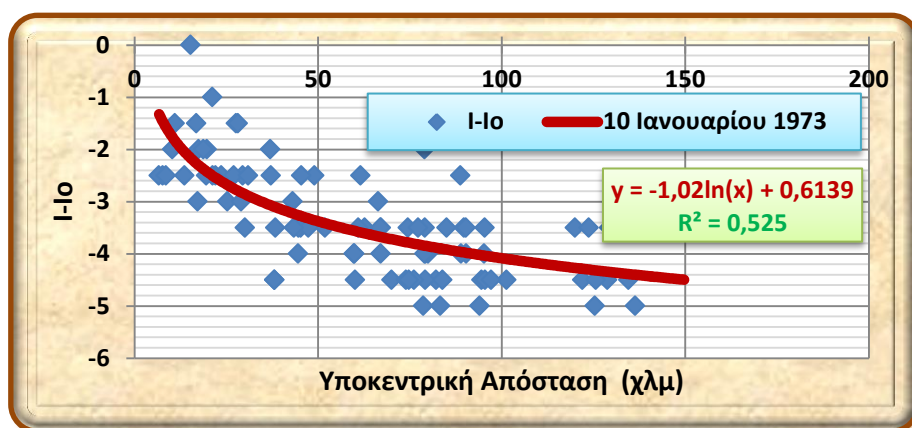
36. 5 Δεκεμβρίου 1972



Γράφημα 5-36: 5 Δεκεμβρίου 1972, Αιγαίο Πέλαγος, 55 παρατηρήσεις.

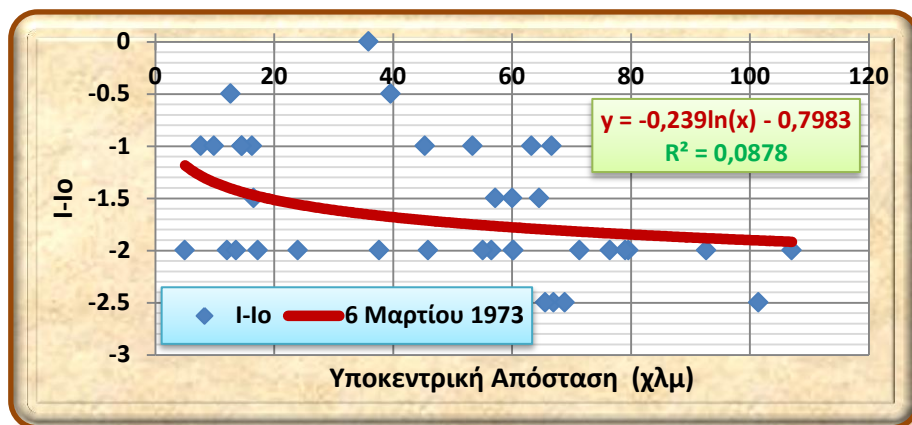
XV. 1973

37. 10 Ιανουαρίου 1973



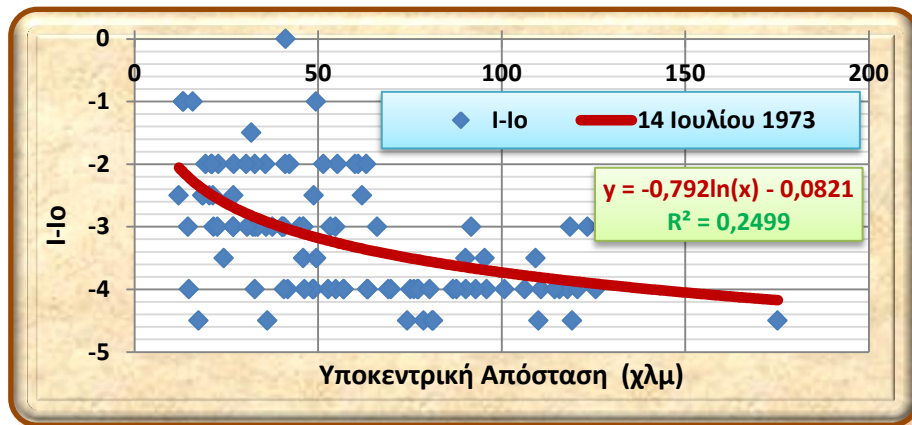
Γράφημα 5-37: 10 Ιανουαρίου 1973, Νότια Ελλάδα, 88 παρατηρήσεις.

38. 6 Μαρτίου 1973



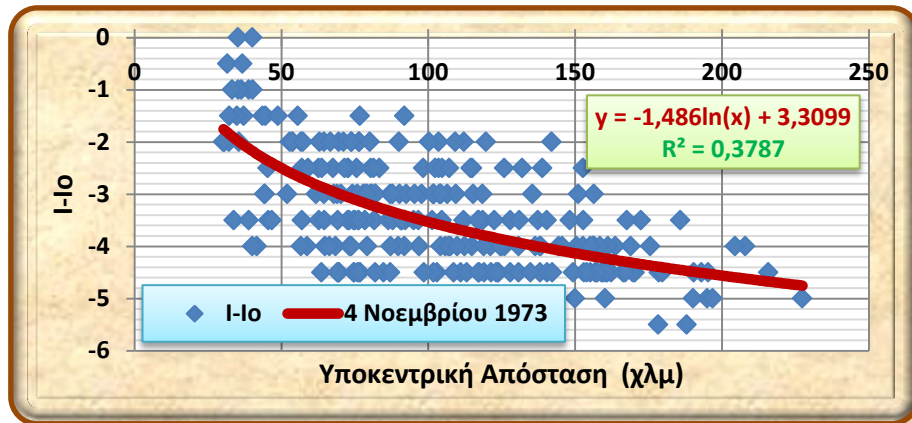
Γράφημα 5-38: 6 Μαρτίου 1973, Κεντρική Ελλάδα, 41 παρατηρήσεις.

39. 14 Ιουλίου 1973



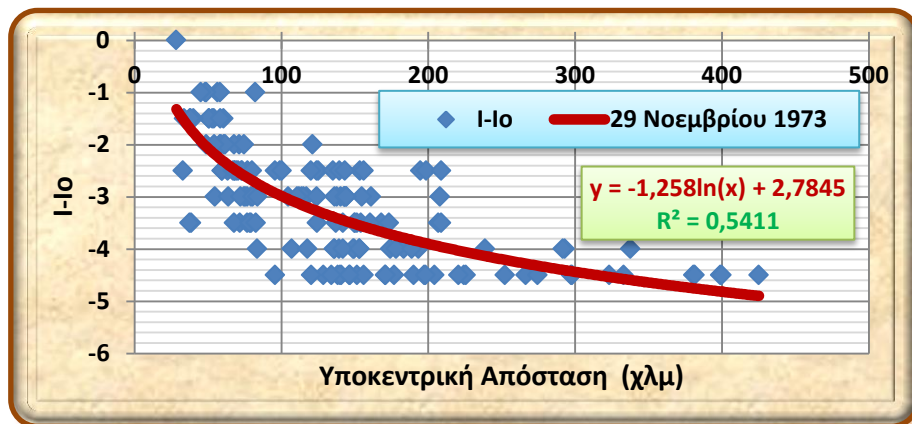
Γράφημα 5-39: 14 Ιουλίου 1973, Ιόνια Νησιά, 101 παρατηρήσεις.

40. 4 Νοεμβρίου 1973



Γράφημα 5-40: 4 Νοεμβρίου 1973, Ιόνια Νησιά, 263 παρατηρήσεις.

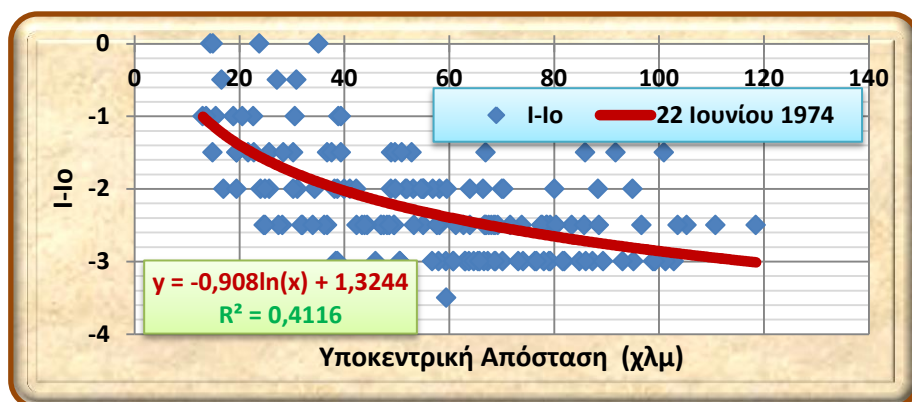
41. 29 Νοεμβρίου 1973



Γράφημα 5-41: 29 Νοεμβρίου 1973, Κρήτη, 154 παρατηρήσεις.

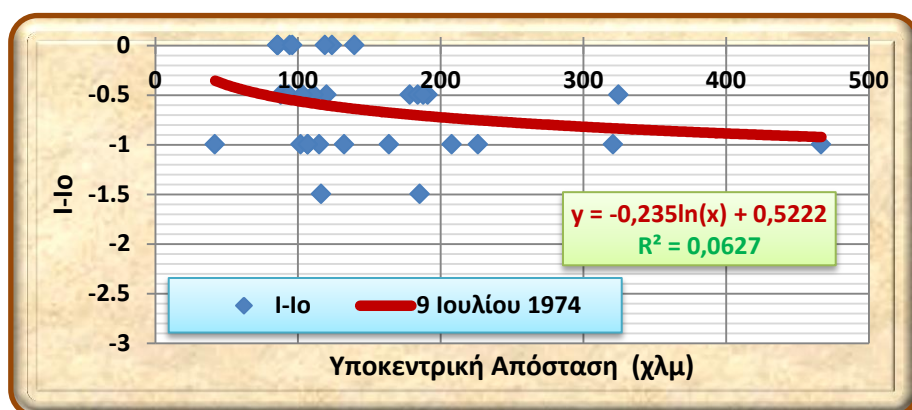
XVI. 1974

42. 22 Ιουνίου 1974



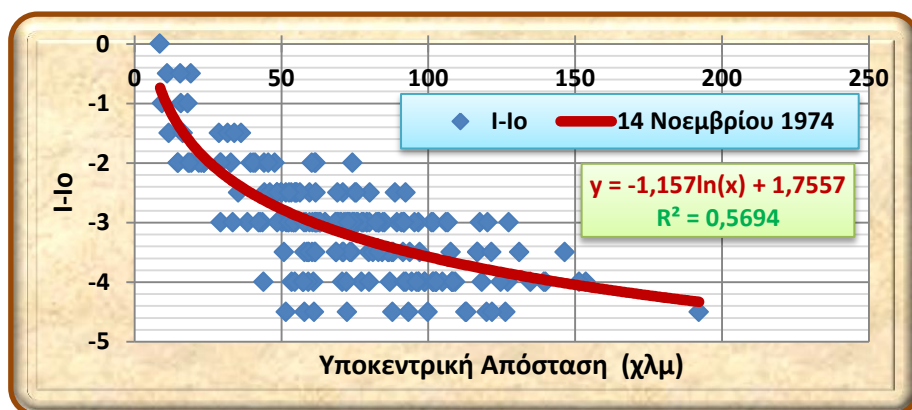
Γράφημα 5-42: 22 Ιουνίου 1974, Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας, 159 παρατηρήσεις.

43. 9 Ιουλίου 1974



Γράφημα 5-43: 9 Ιουλίου 1974, Δωδεκάνησα, 30 παρατηρήσεις.

44. 14 Νοεμβρίου 1974



Γράφημα 5-44: 14 Νοεμβρίου 1974, Κορινθιακός Κόλπος, 219 παρατηρήσεις.

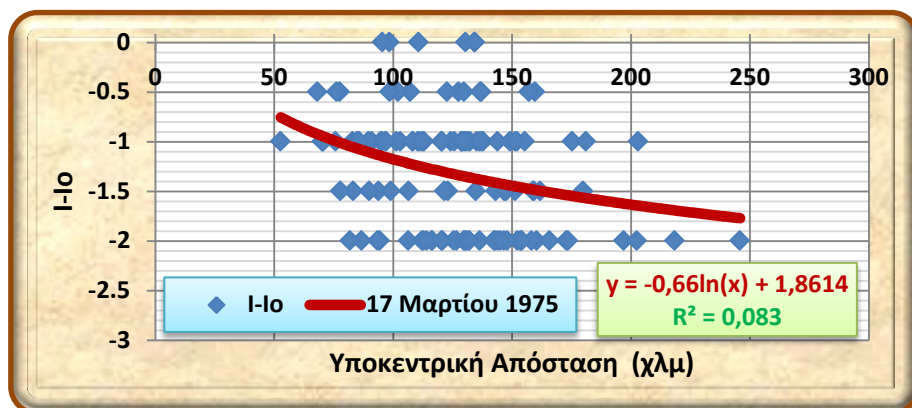
XVII. 1975

45. 8 Ιανουαρίου 1975



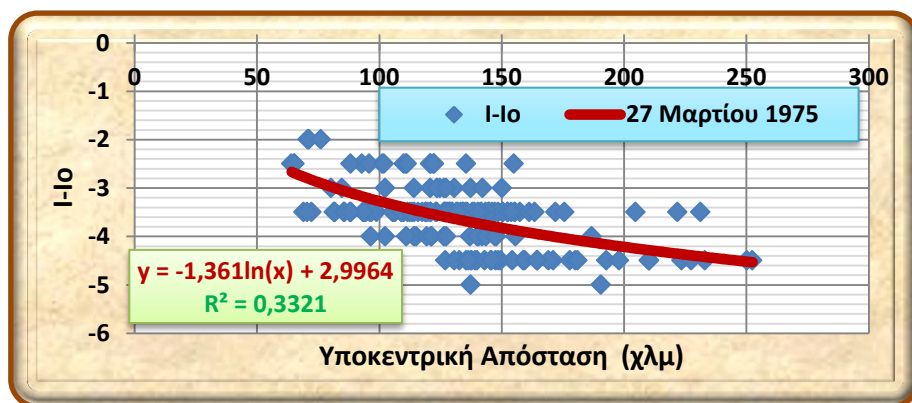
Γράφημα 5-45: 8 Ιανουαρίου 1975, Κορινθιακός Κόλπος, 264 παρατηρήσεις.

46. 17 Μαρτίου 1975



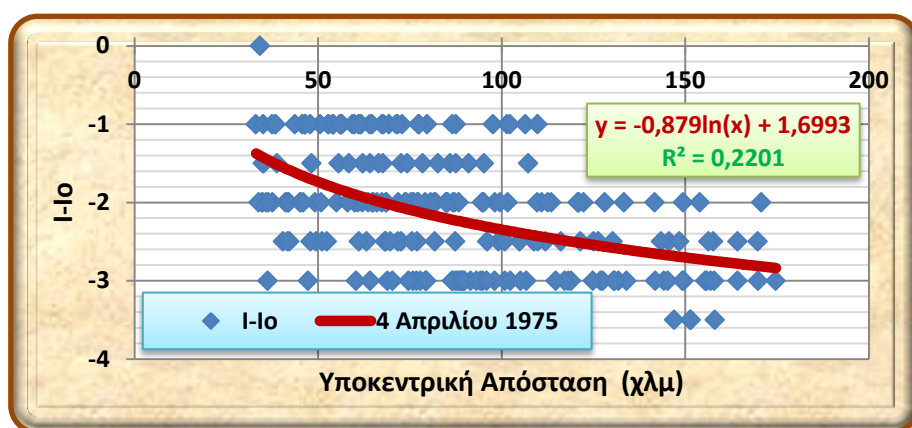
Γράφημα 5-46: 17 Μαρτίου 1975, Αιγαίο Πέλαγος, 128 παρατηρήσεις.

47. 27 Μαρτίου 1975



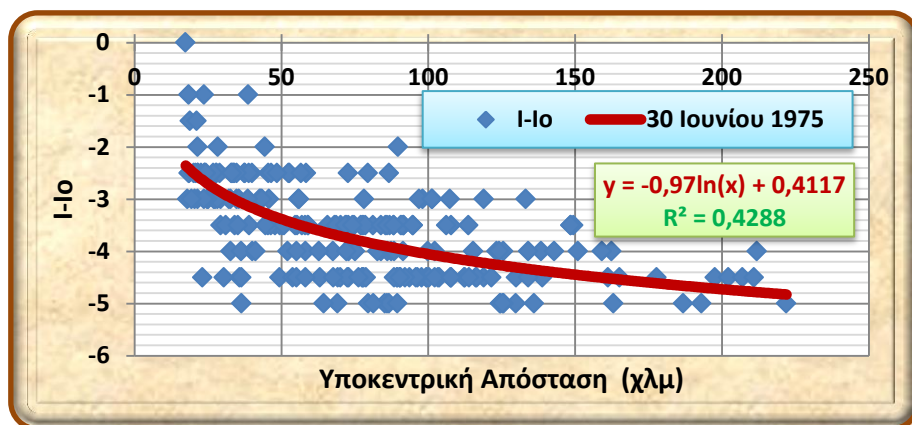
Γράφημα 5-47: 27 Μαρτίου 1975, Αιγαίο Πέλαγος, 166 παρατηρήσεις.

48. 4 Απριλίου 1975



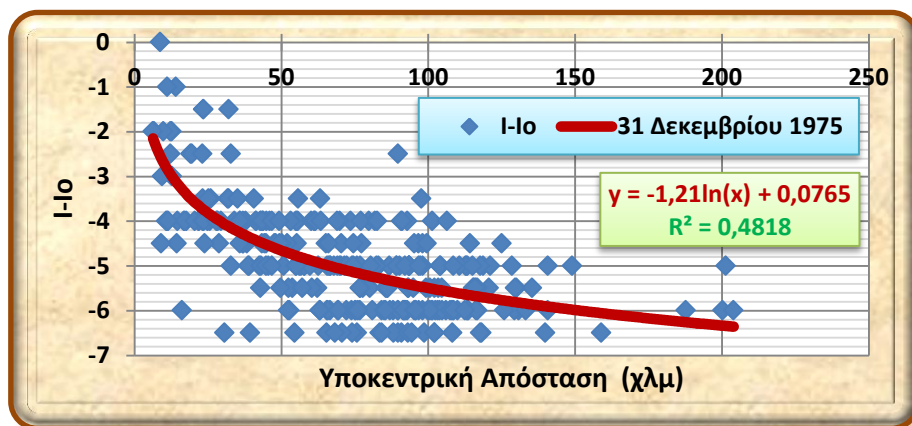
Γράφημα 5-48: 4 Απριλίου 1975, Κορινθιακός Κόλπος, 238 παρατηρήσεις.

49. 30 Ιουνίου 1975



Γράφημα 5-49: 30 Ιουνίου 1975, Κορινθιακός Κόλπος, 230 παρατηρήσεις.

50. 31 Δεκεμβρίου 1975



Γράφημα 5-50: 31 Δεκεμβρίου 1975, Κεντρική Ελλάδα, 290 παρατηρήσεις.

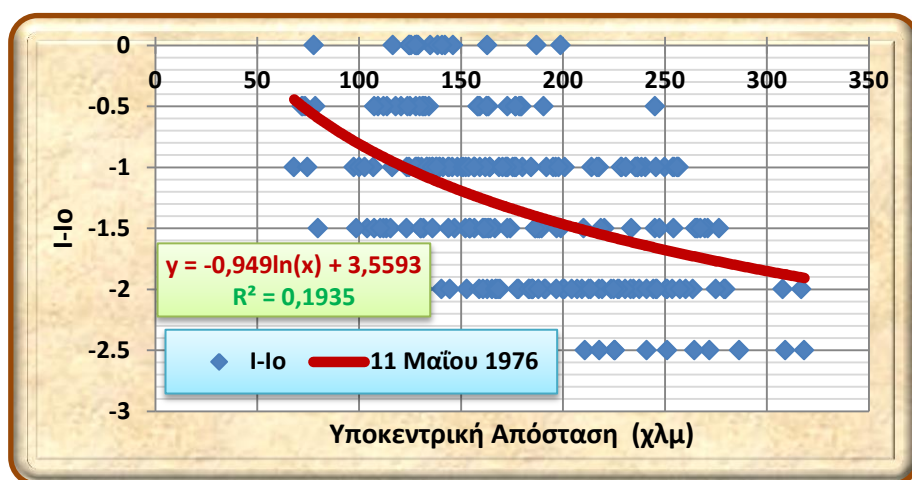
XVIII. 1976

51. 22 Φεβρουαρίου 1976



Γράφημα 5-51: 22 Φεβρουαρίου 1976, Κεντρική Ελλάδα, 259 παρατηρήσεις.

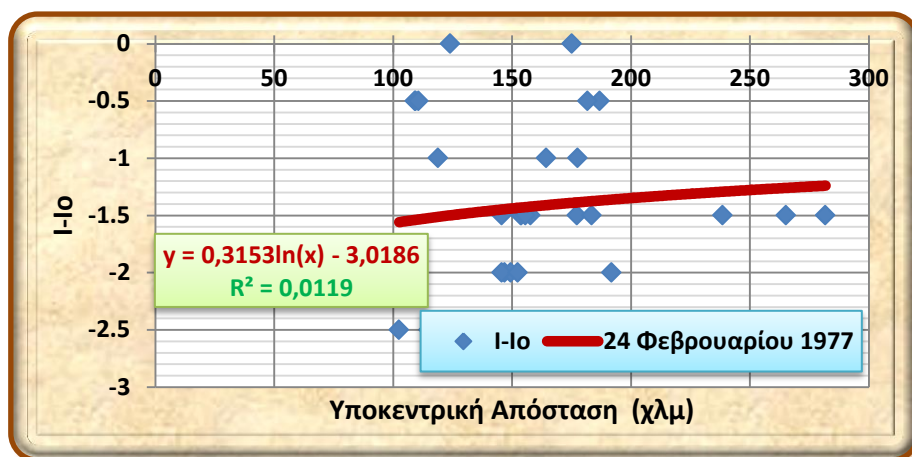
52. 11 Μαΐου 1976



Γράφημα 5-52: 11 Μαΐου 1976, Ιόνια Νησιά, 249 παρατηρήσεις.

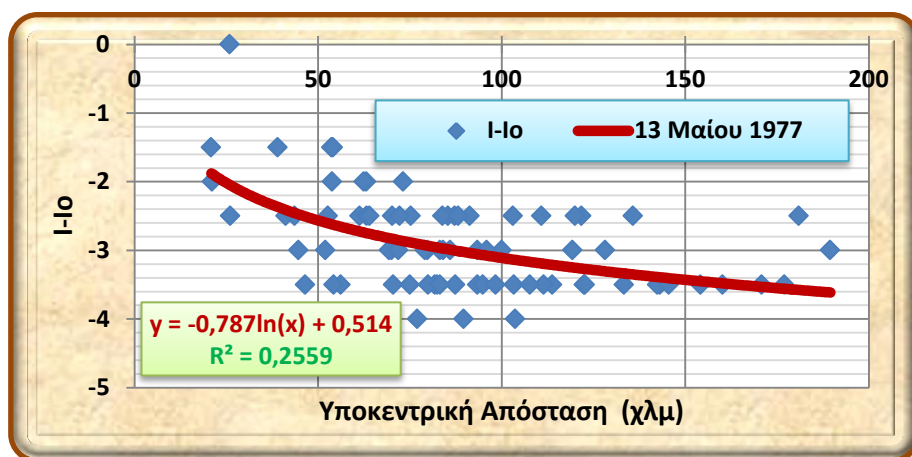
XIX. 1977

53. 24 Φεβρουαρίου 1977



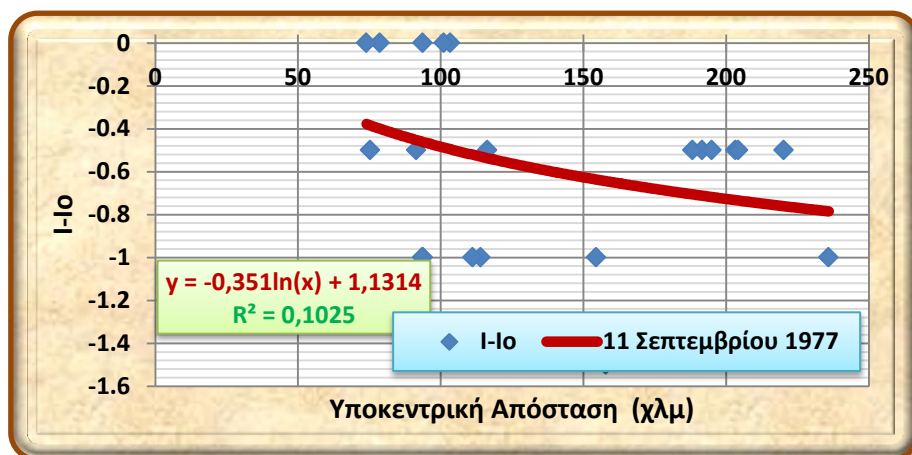
Γράφημα 5-53: 24 Φεβρουαρίου 1977, Δυτική Τουρκία, 30 παρατηρήσεις.

54. 13 Μαΐου 1977



Γράφημα 5-54: 13 Μαΐου 1977, Αιγαίο Πέλαγος, 80 παρατηρήσεις.

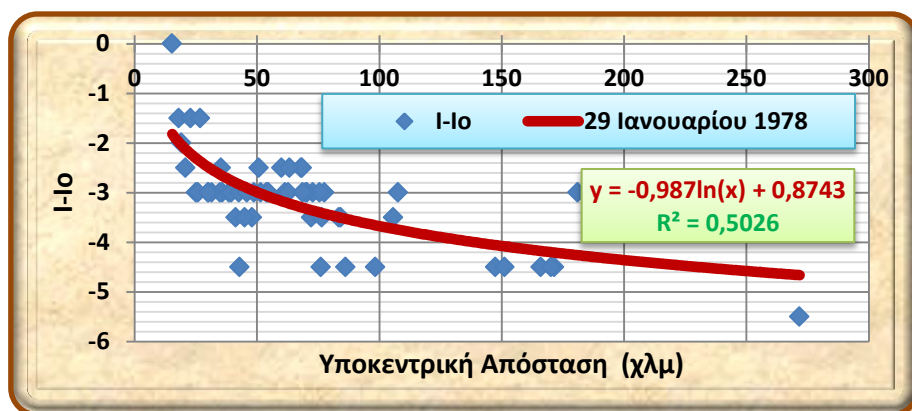
55. 11 Σεπτεμβρίου 1977



Γράφημα 5-55: 11 Σεπτεμβρίου 1977, Κρήτη, 21 παρατηρήσεις.

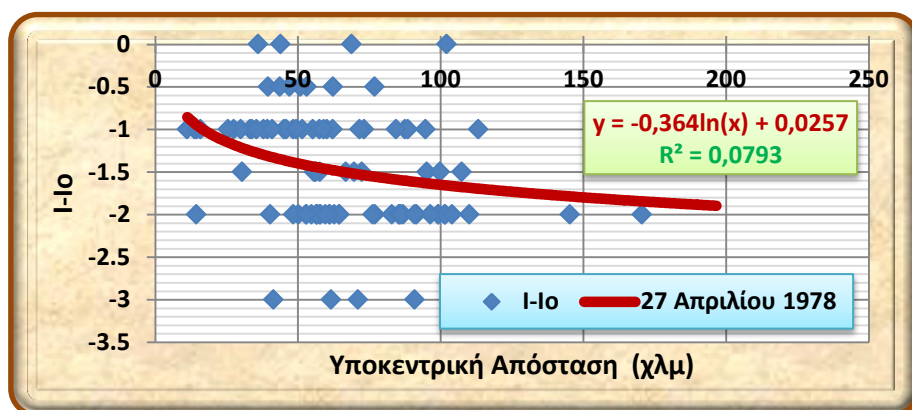
XX. 1978

56. 29 Ιανουαρίου 1978



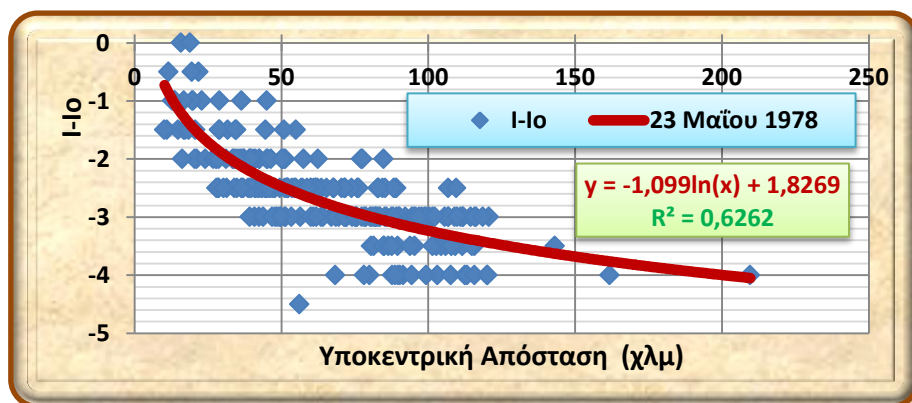
Γράφημα 5-56: 29 Ιανουαρίου 1978, Κρήτη, 57 παρατηρήσεις.

57. 27 Απριλίου 1978



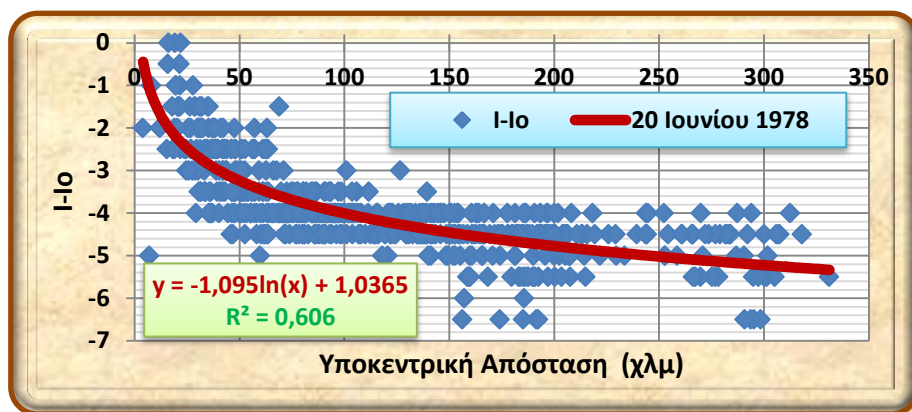
Γράφημα 5-57: 27 Απριλίου 1978, Κεντρική Ελλάδα, 93 παρατηρήσεις.

58. 23 Μαΐου 1978



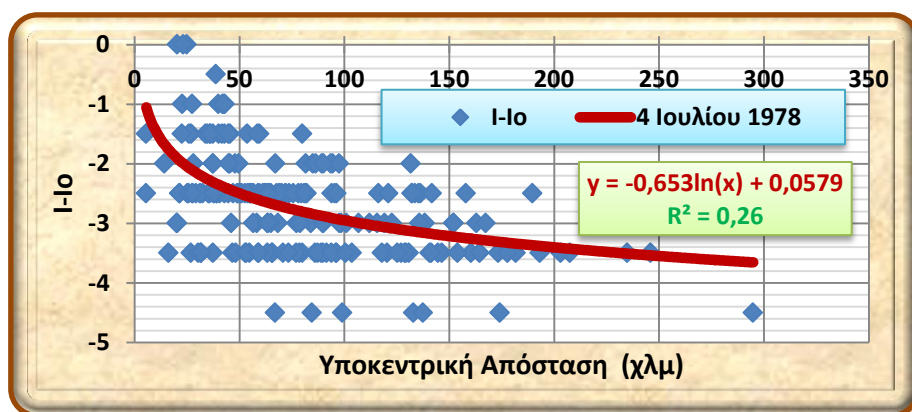
Γράφημα 5-58: 23 Μαΐου 1978, Βόρεια Ελλάδα, 257 παρατηρήσεις.

59. 20 Ιουνίου 1978



Γράφημα 5-59: 20 Ιουνίου 1978, Βόρεια Ελλάδα, 634 παρατηρήσεις.

60. 4 Ιουλίου 1978



Γράφημα 5-60: 4 Ιουλίου 1978, Βόρεια Ελλάδα, 204 παρατηρήσεις.

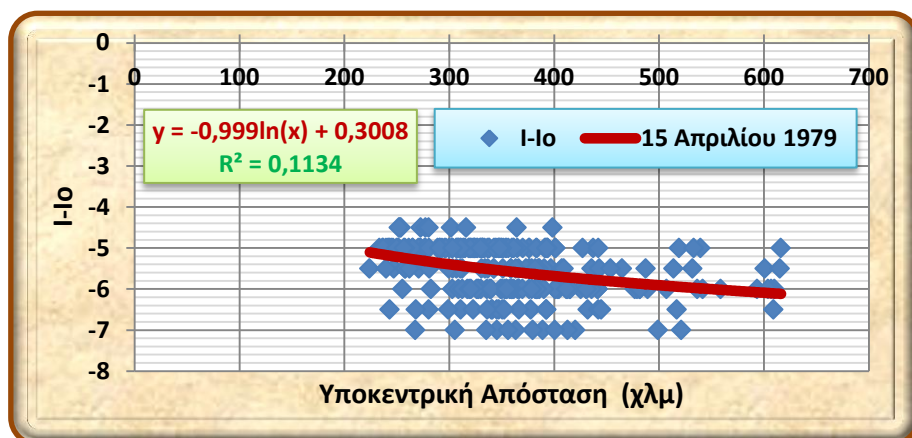
XXI. 1979

61. 16 Φεβρουαρίου 1979



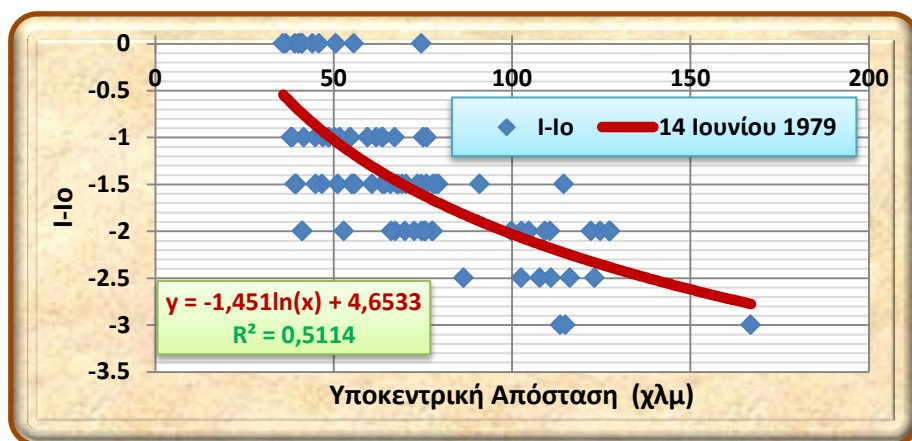
Γράφημα 5-61: 16 Φεβρουαρίου 1979, Κυκλάδες Νήσοι, 25 παρατηρήσεις.

62. 15 Απριλίου 1979



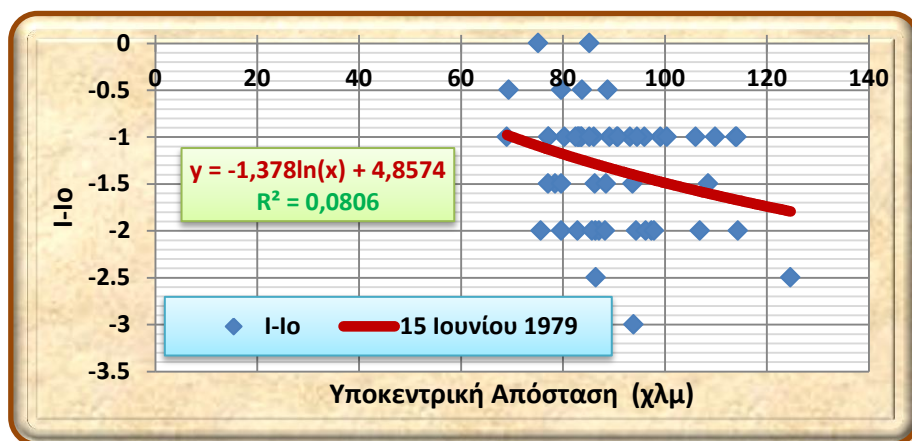
Γράφημα 5-62: 15 Απριλίου 1979, Αλβανία, 253 παρατηρήσεις.

63. 14 Ιουνίου 1979



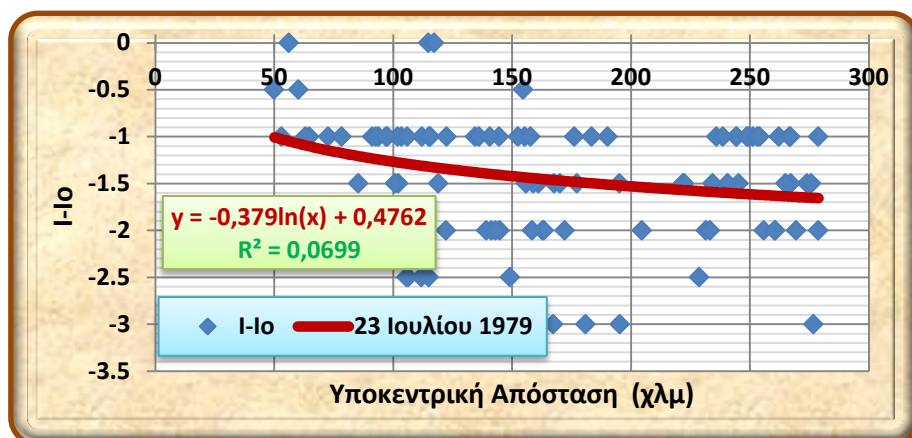
Γράφημα 5-63: 14 Ιουνίου 1979, Αιγαίο Πέλαγος, 84 παρατηρήσεις.

64. 15 Ιουνίου 1979



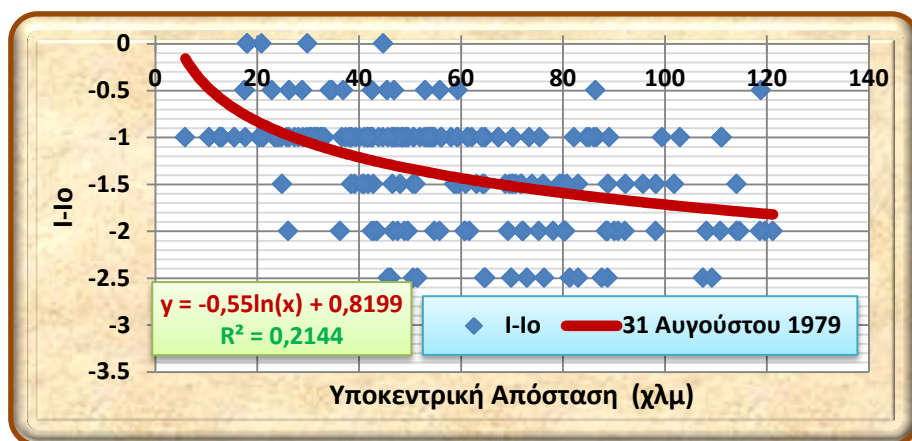
Γράφημα 5-64: 15 Ιουνίου 1979, Κρήτη, 53 παρατηρήσεις.

65. 23 Ιουλίου 1979



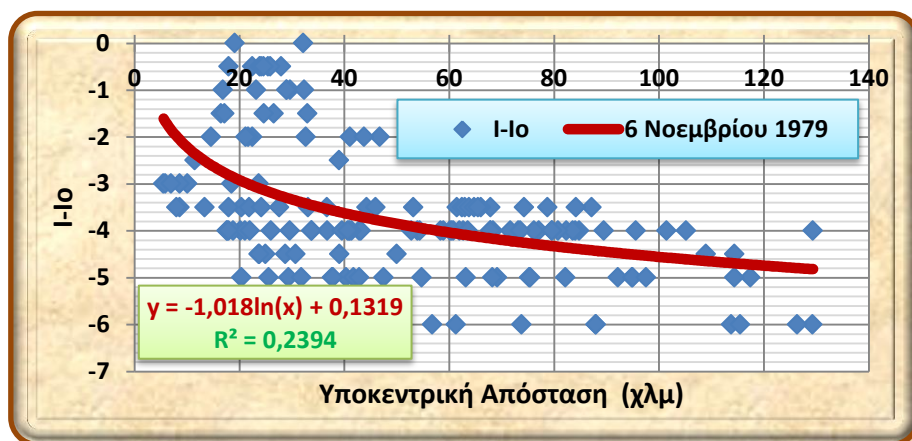
Γράφημα 5-65: 23 Ιουλίου 1979, Δωδεκάνησα, 96 παρατηρήσεις.

66. 31 Αυγούστου 1979



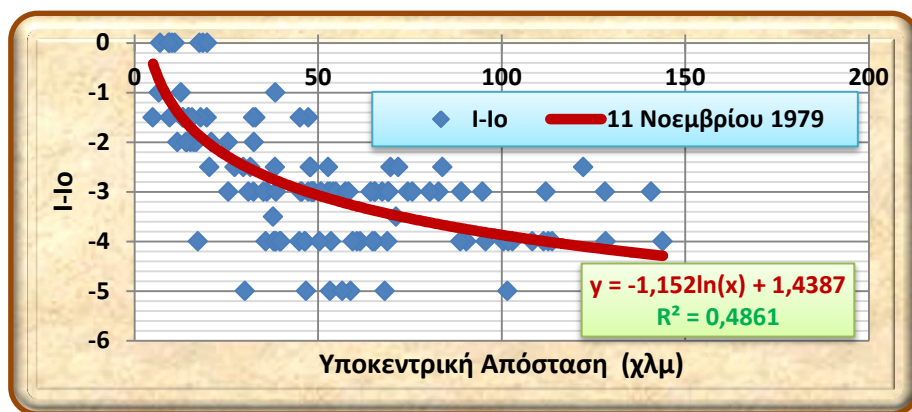
Γράφημα 5-66: 31 Αυγούστου 1979, Βόρεια Ελλάδα, 221 παρατηρήσεις.

67. 6 Νοεμβρίου 1979



Γράφημα 5-67: 6 Νοεμβρίου 1979, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 156 παρατηρήσεις.

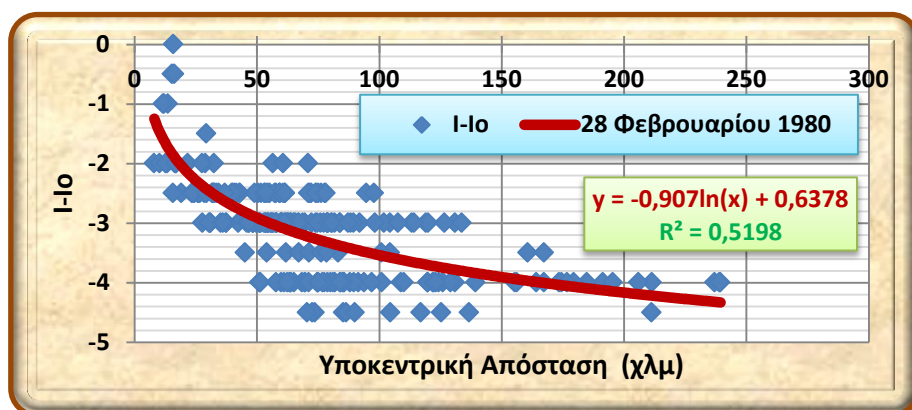
68. 11 Νοεμβρίου 1979



Γράφημα 5-68: 11 Νοεμβρίου 1979, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 121 παρατηρήσεις.

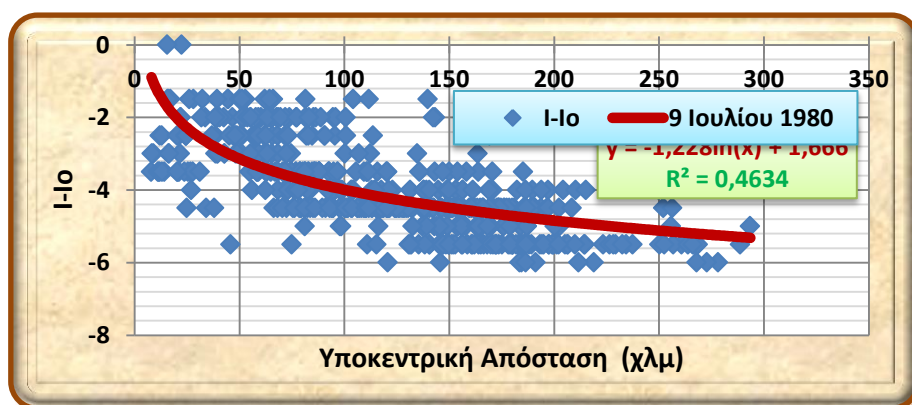
XXII. 1980

69. 28 Φεβρουαρίου 1980



Γράφημα 5-69: 28 Φεβρουαρίου 1980, Κορινθιακός Κόλπος, 249 παρατηρήσεις.

70. 9 Ιουλίου 1980



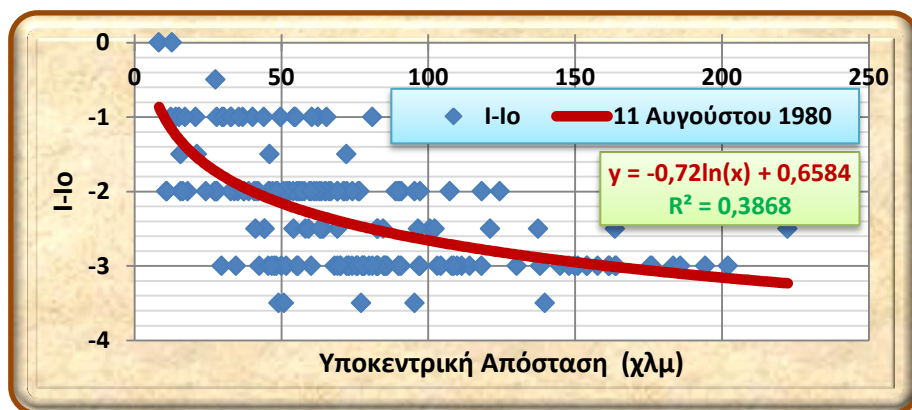
Γράφημα 5-70: 9 Ιουλίου 1980, Κεντρική Ελλάδα, 538 παρατηρήσεις.

71. 10 Ιουλίου 1980



Γράφημα 5-71: 10 Ιουλίου 1980, Κεντρική Ελλάδα, 306 παρατηρήσεις.

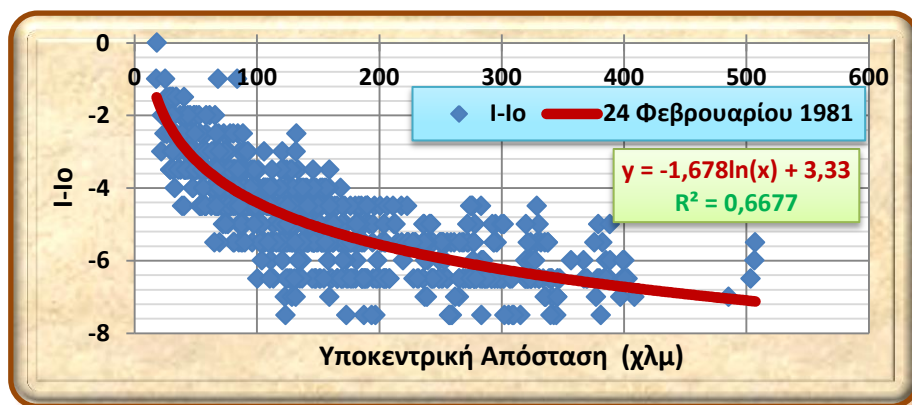
72. 11 Αυγούστου 1980



Γράφημα 5-72: 11 Αυγούστου 1980, Κεντρική Ελλάδα, 183 παρατηρήσεις.

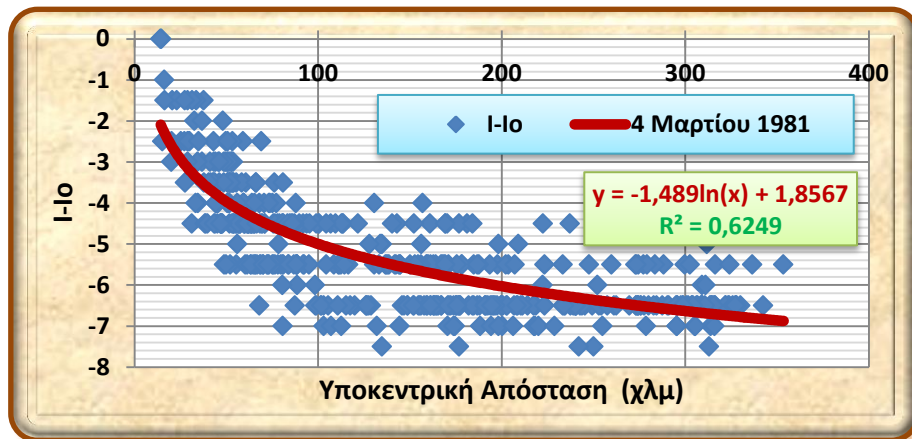
XXIII. 1981

73. 24 Φεβρουαρίου 1981



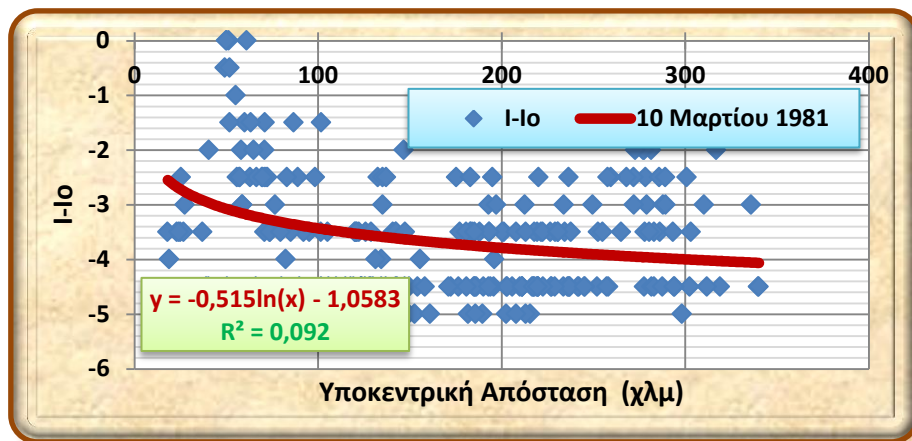
Γράφημα 5-73: 24 Φεβρουαρίου 1981, Κορινθιακός Κόλπος, 925 παρατηρήσεις.

74. 4 Μαρτίου 1981



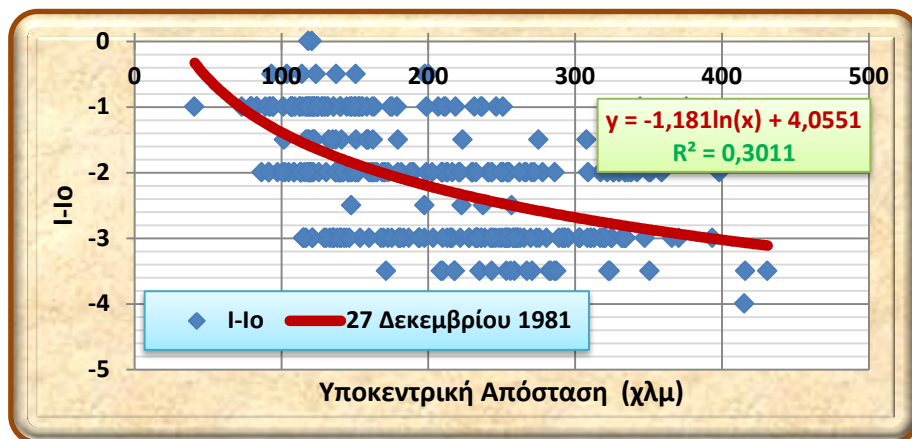
Γράφημα 5-74: 4 Μαρτίου 1981, Κορινθιακός Κόλπος, 484 παρατηρήσεις.

75. 10 Μαρτίου 1981



Γράφημα 5-75: 10 Μαρτίου 1981, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 234 παρατηρήσεις.

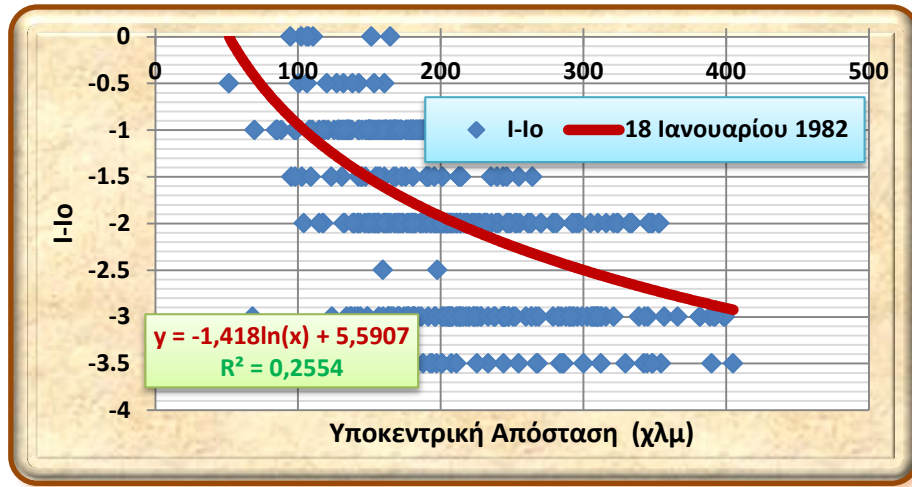
76. 27 Δεκεμβρίου 1981



Γράφημα 5-76: 27 Δεκεμβρίου 1981, Αιγαίο Πέλαγος, 347 παρατηρήσεις.

XXIV. 1982

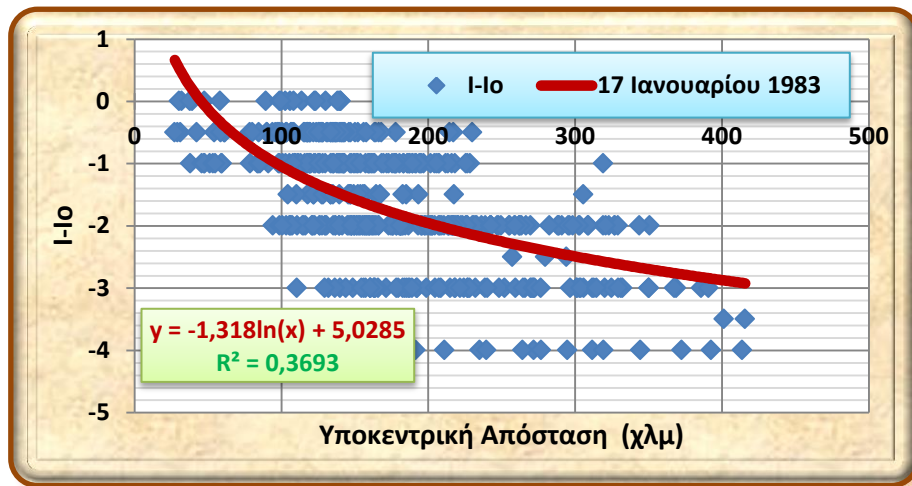
77. 18 Ιανουαρίου 1982



Γράφημα 5-77: 18 Ιανουαρίου 1982, Αιγαίο Πέλαγος, 538 παρατηρήσεις.

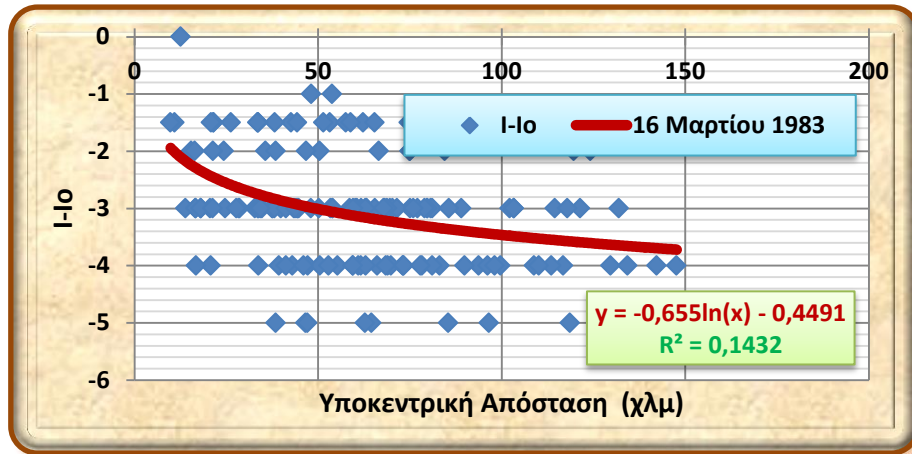
XXV. 1983

78. 17 Ιανουαρίου 1983



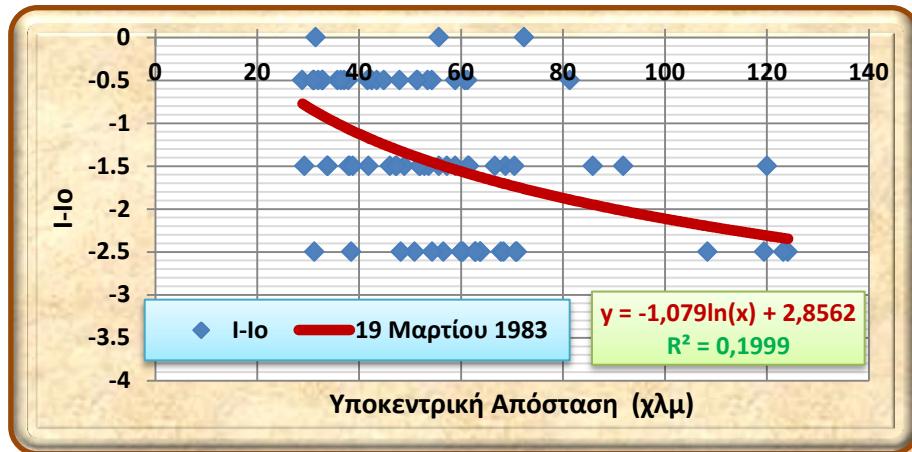
Γράφημα 5-78: 17 Ιανουαρίου 1983, Ιόνια Νησιά, 485 παρατηρήσεις.

79. 16 Μαρτίου 1983



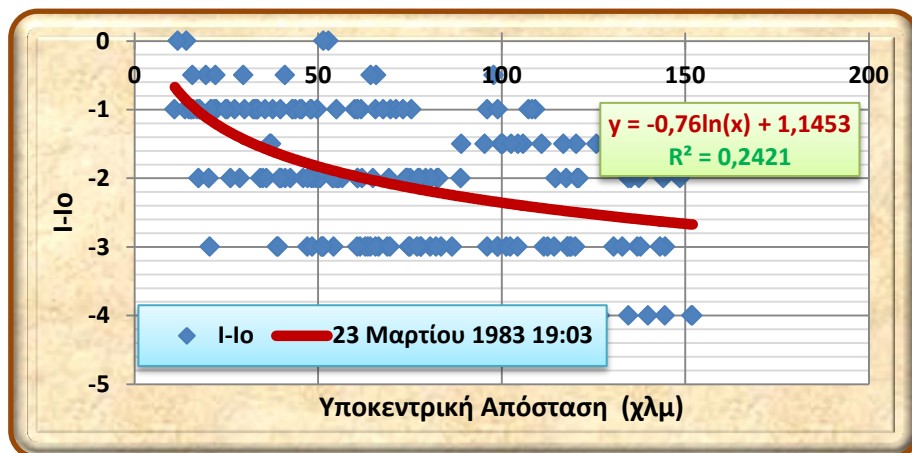
Γράφημα 5-79: 16 Μαρτίου 1983, Ιόνια Νησιά, 149 παρατηρήσεις.

80. 19 Μαρτίου 1983



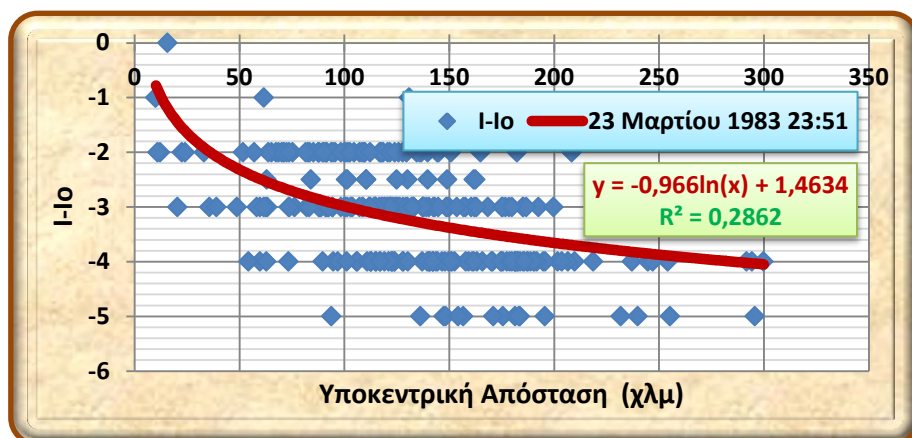
Γράφημα 5-80: 19 Μαρτίου 1983, Κρήτη, 73 παρατηρήσεις.

81. 23 Μαρτίου 1983 19:03:59,8 sec



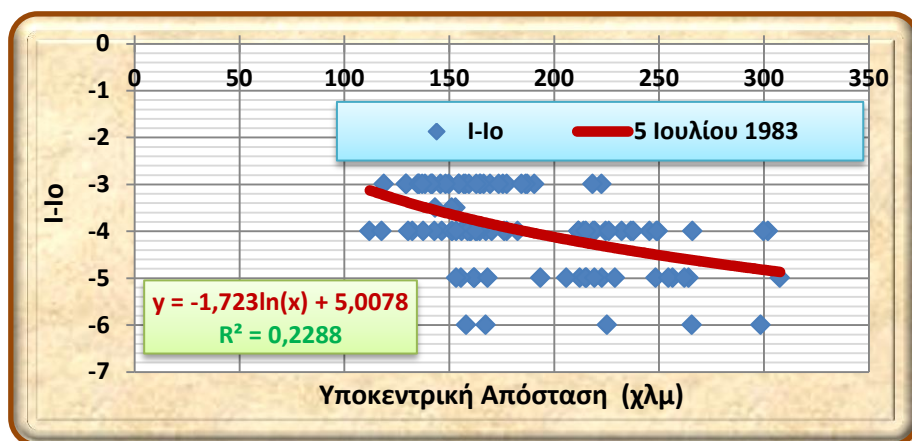
Γράφημα 5-81: 23 Μαρτίου 1983 19:03:59,8 sec, Ιόνια Νησιά, 191 παρατηρήσεις.

82. 23 Μαρτίου 1983 23:51:07,6 sec



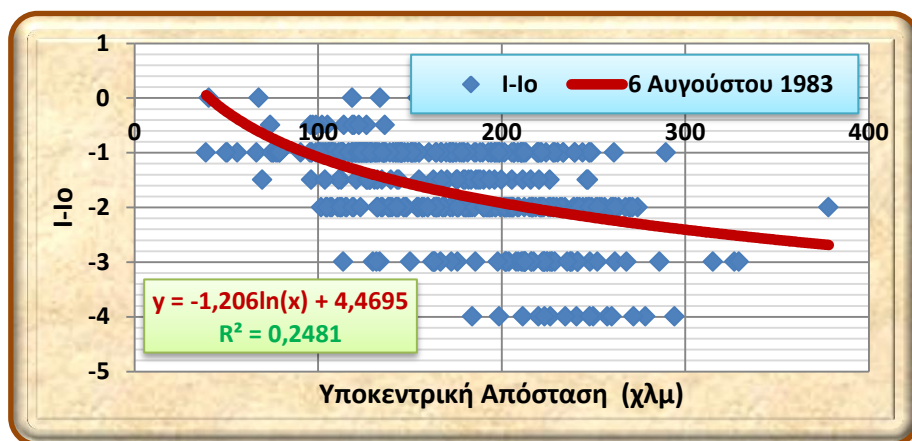
Γράφημα 5-82: 23 Μαρτίου 1983 23:51:07,6 sec, Ιόνια Νησιά, 278 παρατηρήσεις.

83. 5 Ιουλίου 1983



Γράφημα 5-83: 5 Ιουλίου 1983, Δυτική Τουρκία, 99 παρατηρήσεις.

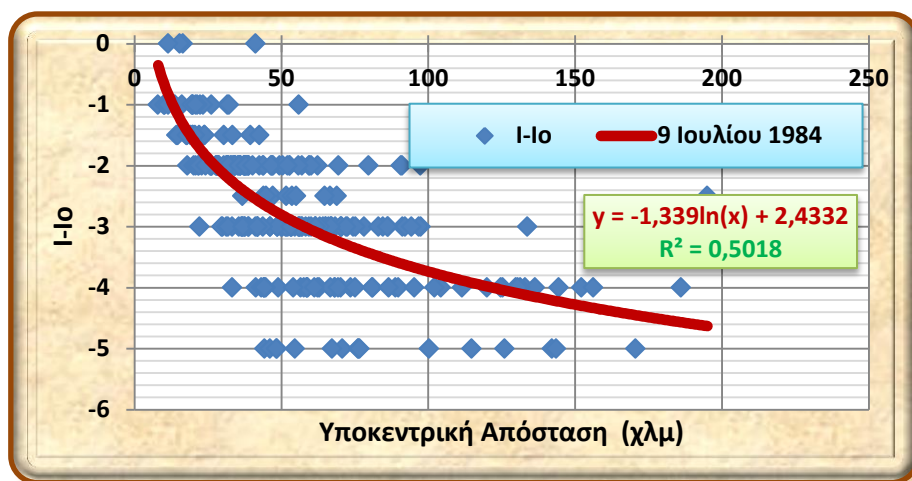
84. 6 Αυγούστου 1983



Γράφημα 5-84: 6 Αυγούστου 1983, Αιγαίο Πέλαγος, 451 παρατηρήσεις.

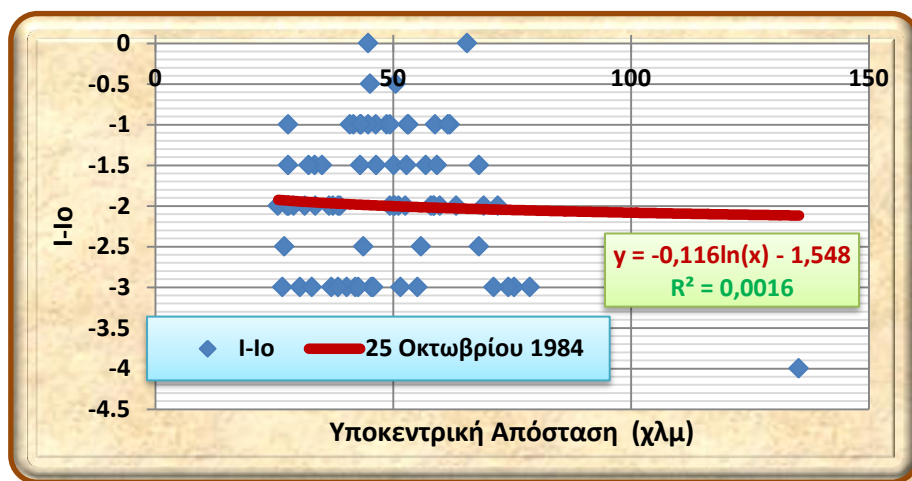
XXVI. 1984

85. 9 Ιουλίου 1984



Γράφημα 5-85: 9 Ιουλίου 1984, Βόρεια Ελλάδα, 256 παρατηρήσεις.

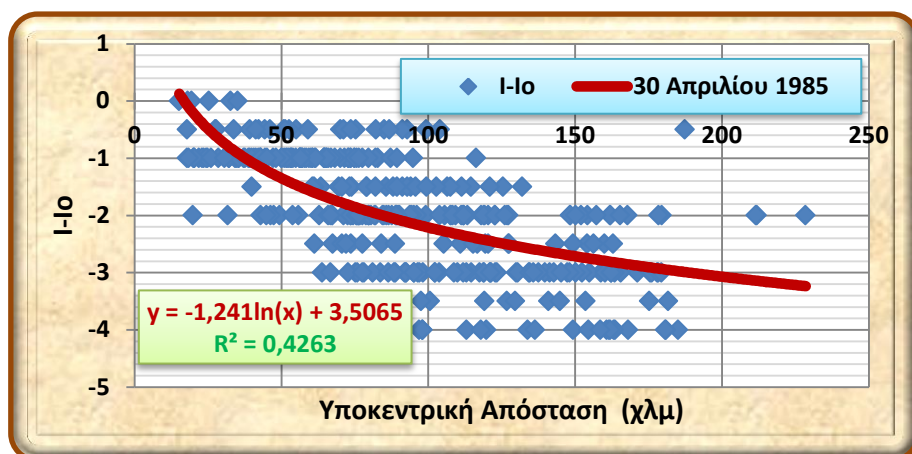
86. 25 Οκτωβρίου 1984



Γράφημα 5-86: 25 Οκτωβρίου 1984, Βόρεια Ελλάδα, 75 παρατηρήσεις.

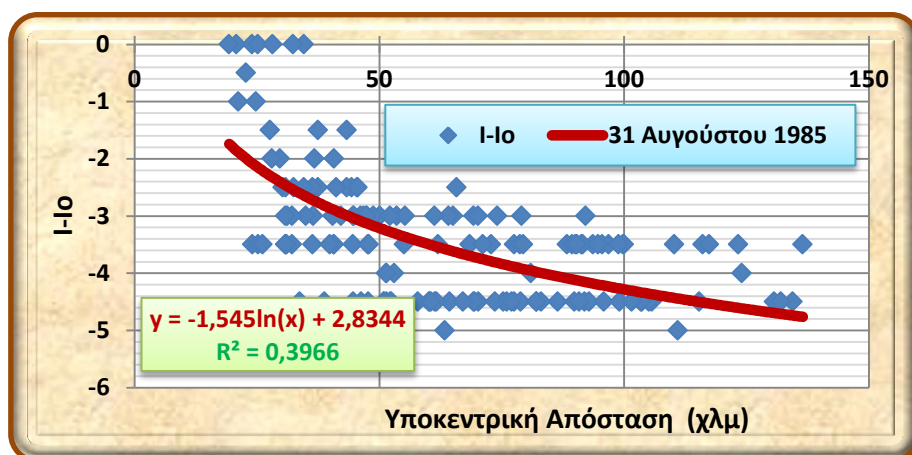
XXVII. 1985

87. 30 Απριλίου 1985



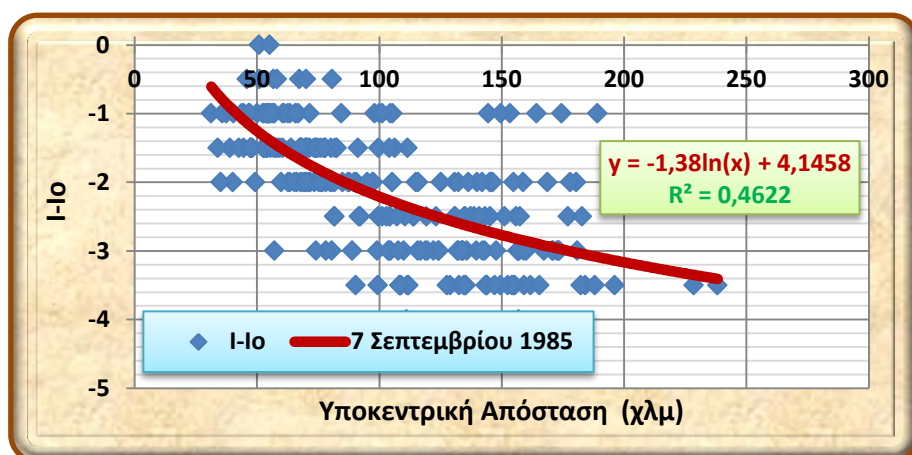
Γράφημα 5-87: 30 Απριλίου 1985, Κεντρική Ελλάδα, 353 παρατηρήσεις.

88. 31 Αυγούστου 1985



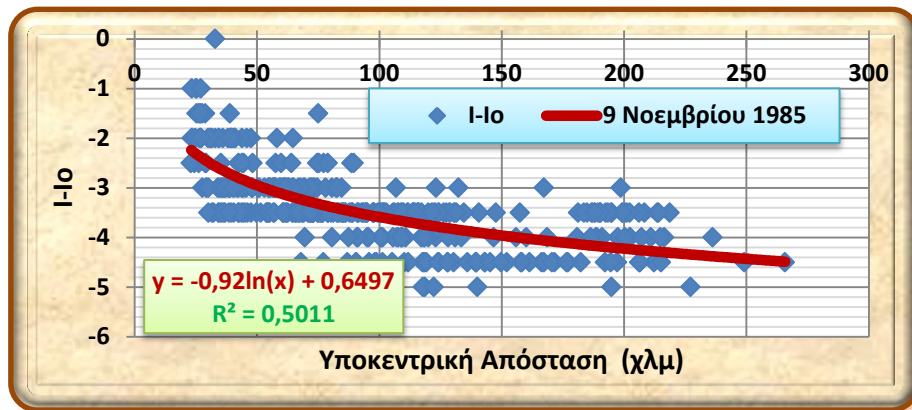
Γράφημα 5-88: 31 Αυγούστου 1985, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 150 παρατηρήσεις.

89. 7 Σεπτεμβρίου 1985



Γράφημα 5-89: 7 Σεπτεμβρίου 1985, Νότια Ελλάδα, 252 παρατηρήσεις.

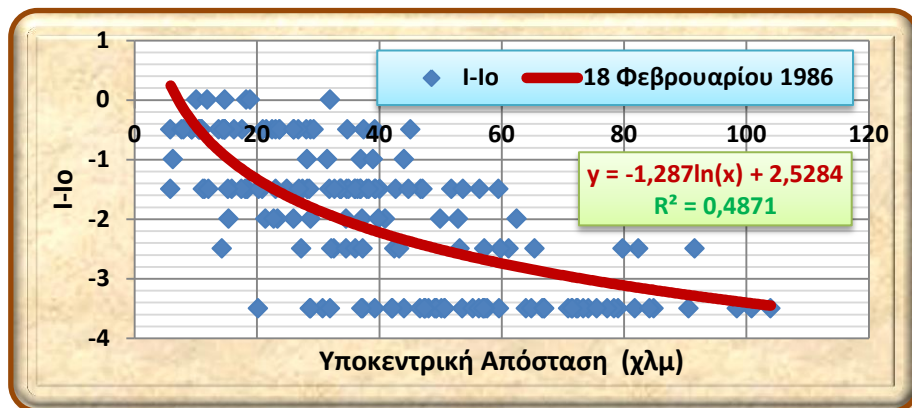
90. 9 Νοεμβρίου 1985



Γράφημα 5-90: 9 Νοεμβρίου 1985, Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας, 396 παρατηρήσεις.

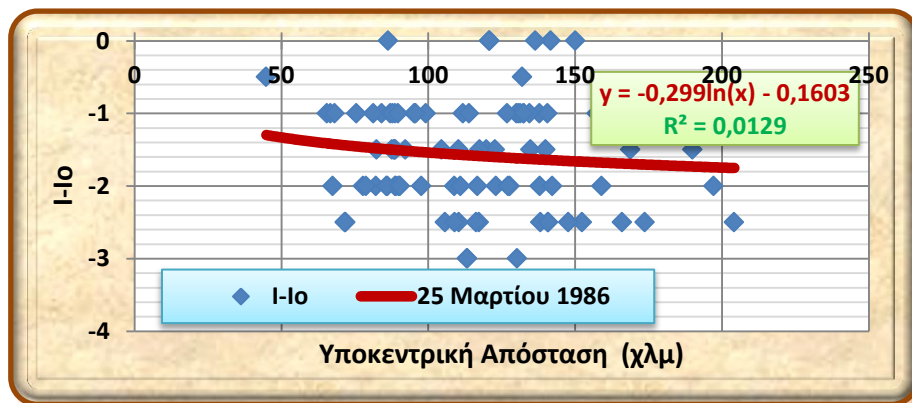
XXVIII. 1986

91. 18 Φεβρουαρίου 1986



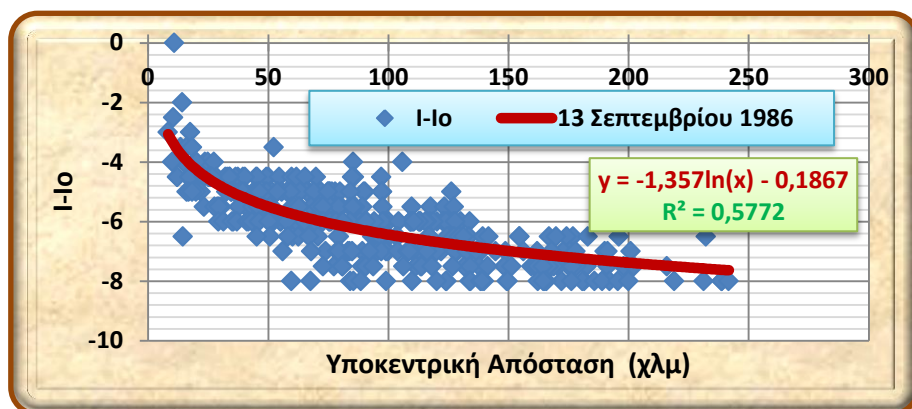
Γράφημα 5-91: 18 Φεβρουαρίου 1986, Βόρεια Ελλάδα, 174 παρατηρήσεις.

92. 25 Μαρτίου 1986



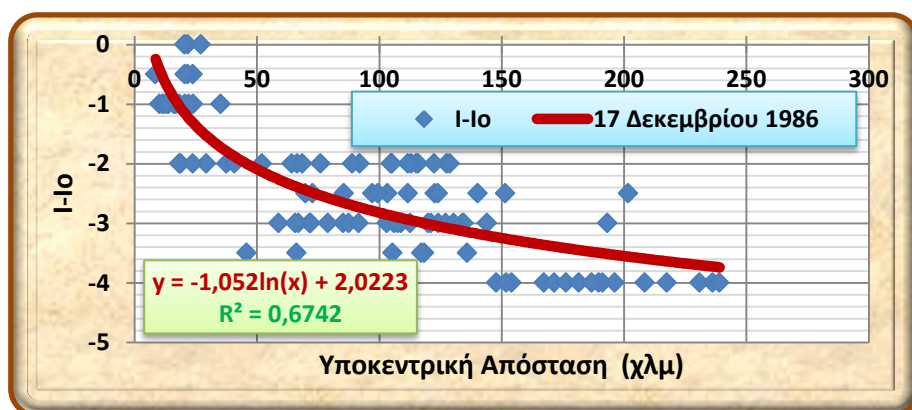
Γράφημα 5-92: 25 Μαρτίου 1986, Αιγαίο Πέλαγος, 88 παρατηρήσεις.

93. 13 Σεπτεμβρίου 1986



Γράφημα 5-93: 13 Σεπτεμβρίου 1986, Νότια Ελλάδα, 359 παρατηρήσεις.

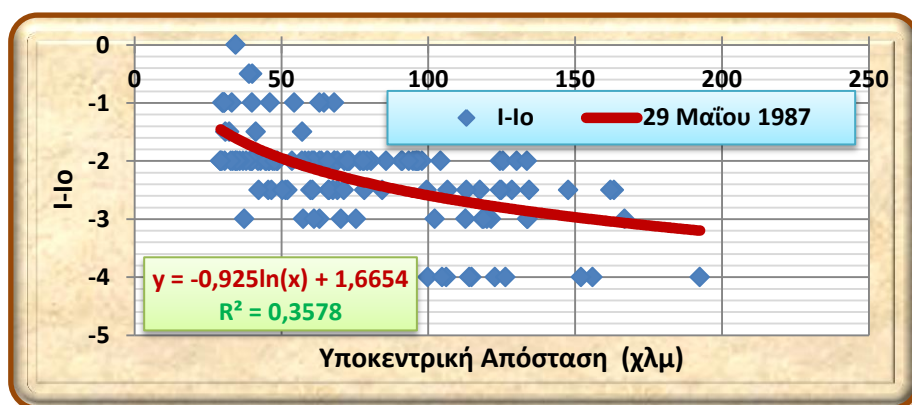
94. 17 Δεκεμβρίου 1986



Γράφημα 5-94: 17 Δεκεμβρίου 1986, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 100 παρατηρήσεις.

XXIX. 1987

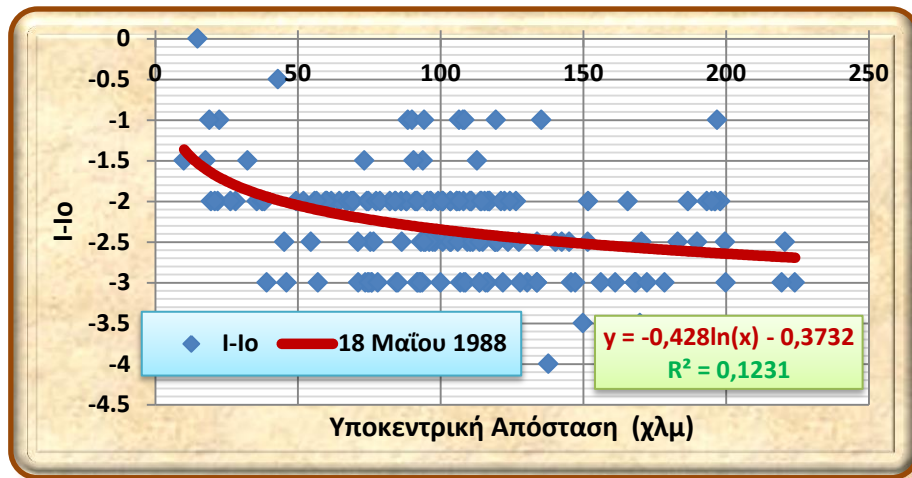
95. 29 Μαΐου 1987



Γράφημα 5-95: 29 Μαΐου 1987, Νότια Ελλάδα, 133 παρατηρήσεις.

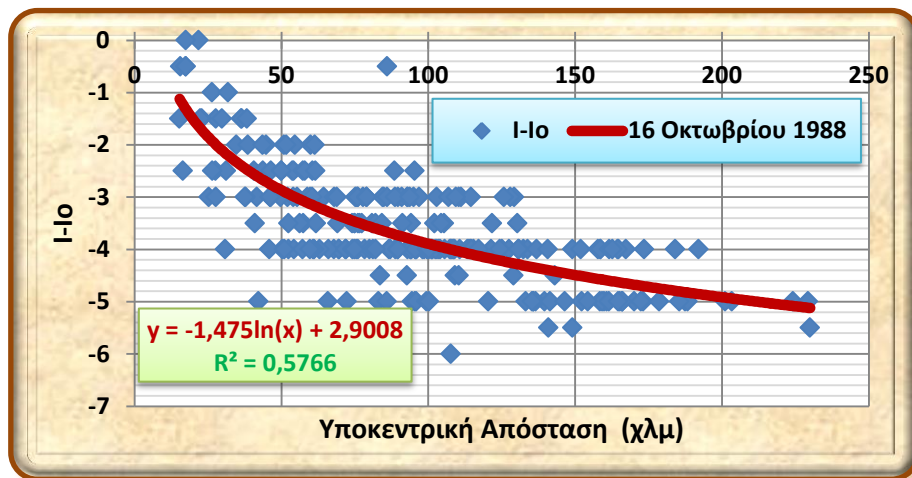
XXX. 1988

96. 18 Μαΐου 1988



Γράφημα 5-96: 18 Μαΐου 1988, Ιόνια Νησιά, 173 παρατηρήσεις.

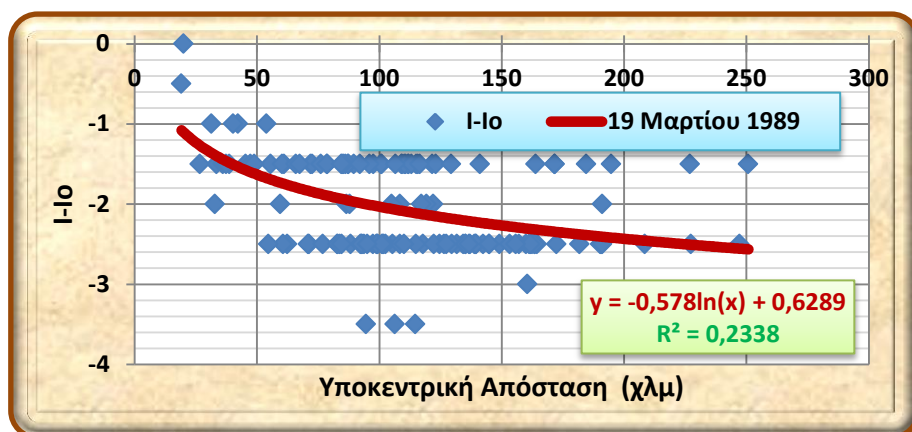
97. 16 Οκτωβρίου 1988



Γράφημα 5-97: 16 Οκτωβρίου 1988, Ιόνια Νησιά, 248 παρατηρήσεις.

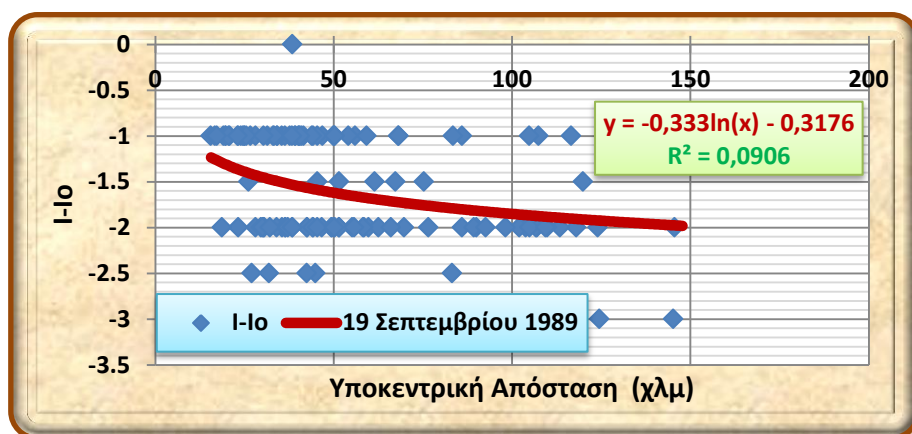
XXXI. 1989

98. 19 Μαρτίου 1989



Γράφημα 5-98: 19 Μαρτίου 1989, Αιγαίο Πέλαγος, 137 παρατηρήσεις.

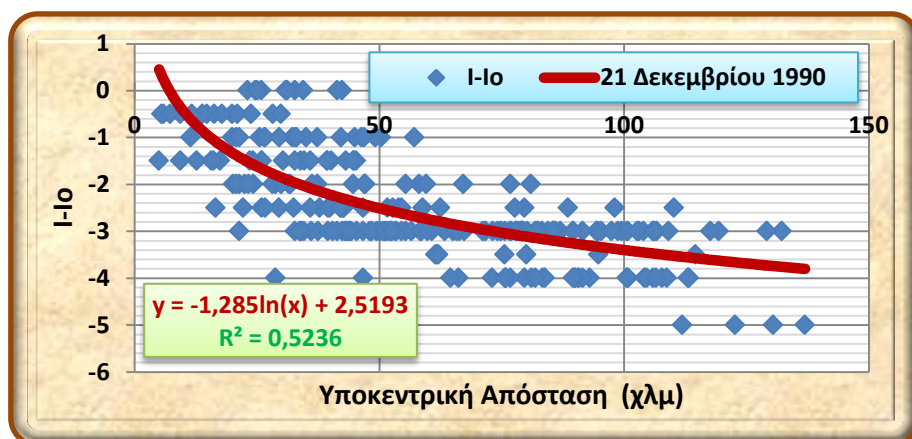
99. 19 Σεπτεμβρίου 1989



Γράφημα 5-99: 19 Σεπτεμβρίου 1989, Κεντρική Ελλάδα, 123 παρατηρήσεις.

XXXII. 1990

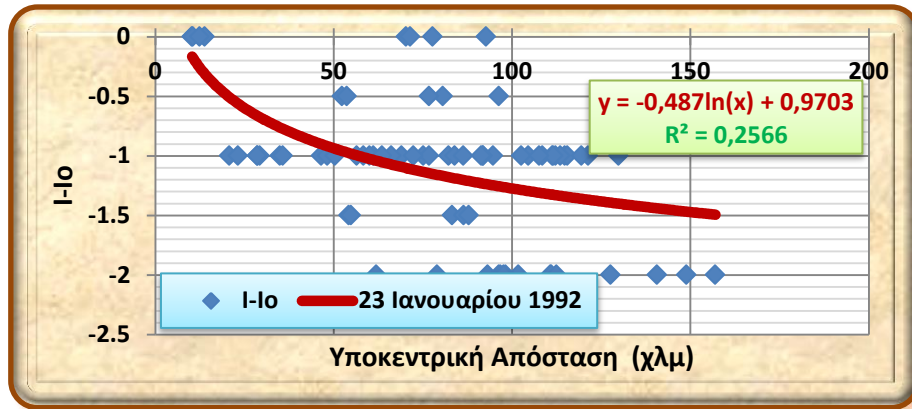
100. 21 Δεκεμβρίου 1990



Γράφημα 5-100: 21 Δεκεμβρίου 1990, Βόρεια Ελλάδα, 253 παρατηρήσεις.

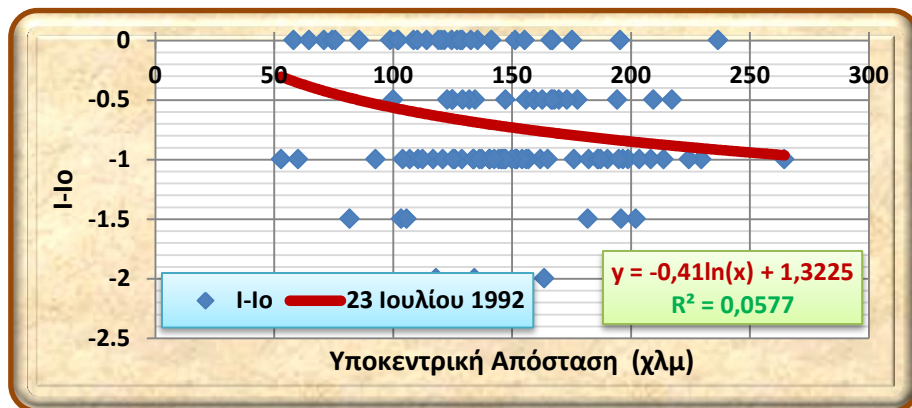
ΧΧΧΙΙΙ. 1992

101. 23 Ιανουαρίου 1992



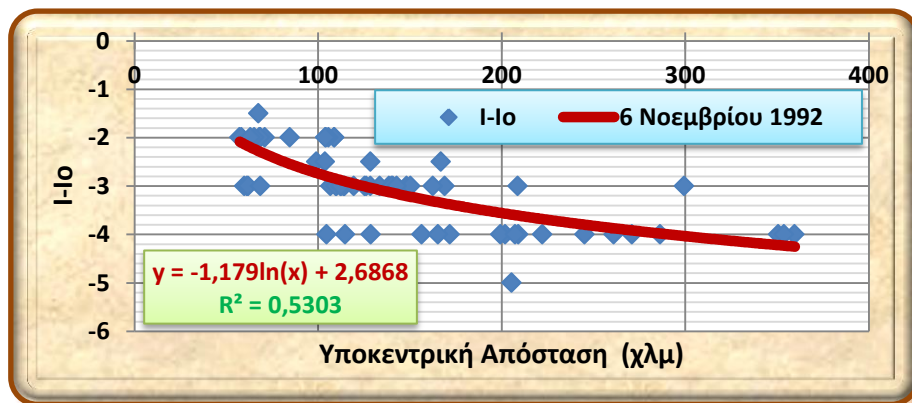
Γράφημα 5-101: 23 Ιανουαρίου 1992, Ιόνια Νησιά, 73 παρατηρήσεις.

102. 23 Ιουλίου 1992



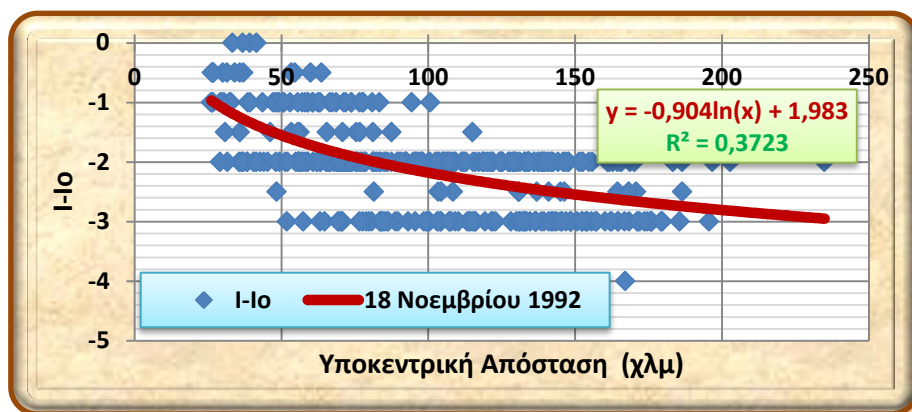
Γράφημα 5-102: 23 Ιουλίου 1992, Αιγαίο Πέλαγος, 111 παρατηρήσεις.

103. 6 Νοεμβρίου 1992



Γράφημα 5-103: 6 Νοεμβρίου 1992, Δυτική Τουρκία, 64 παρατηρήσεις.

104. 18 Νοεμβρίου 1992



Γράφημα 5-104: 18 Νοεμβρίου 1992, Κορινθιακός Κόλπος, 413 παρατηρήσεις.

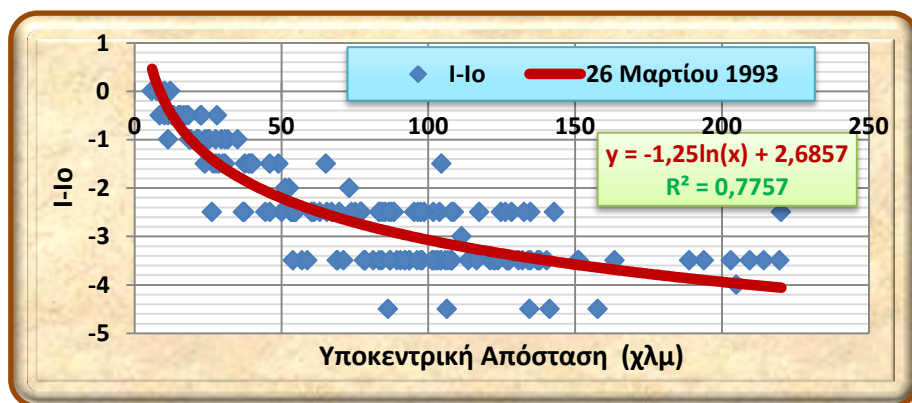
XXXIV. 1993

105. 5 Μαρτίου 1993



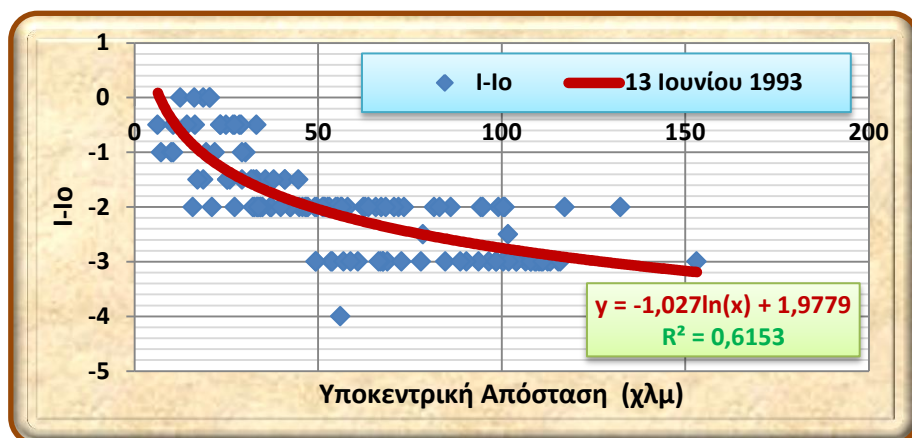
Γράφημα 5-105: 5 Μαρτίου 1993, Νότια Ελλάδα, 57 παρατηρήσεις.

106. 26 Μαρτίου 1993



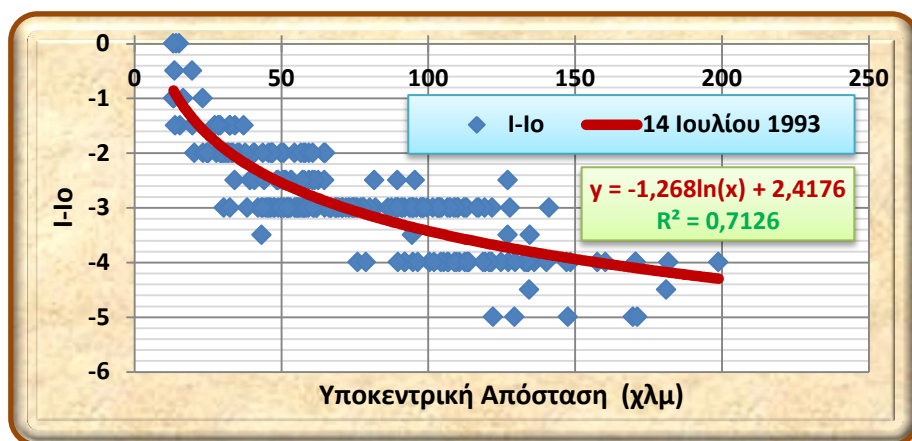
Γράφημα 5-106: 26 Μαρτίου 1993, Νότια Ελλάδα, 169 παρατηρήσεις.

107. 13 Ιουνίου 1993



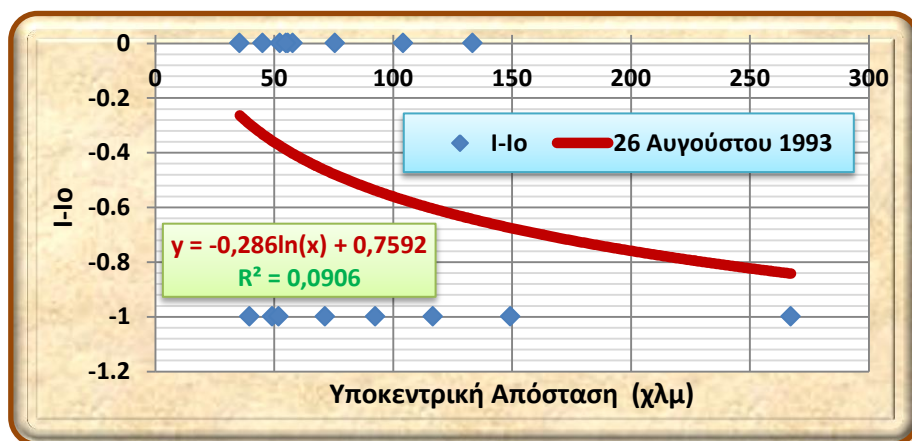
Γράφημα 5-107: 13 Ιουνίου 1993, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 131 παρατηρήσεις.

108. 14 Ιουλίου 1993



Γράφημα 5-108: 14 Ιουλίου 1993, Κορινθιακός Κόλπος, 243 παρατηρήσεις.

109. 26 Αυγούστου 1993



Γράφημα 5-109: 26 Αυγούστου 1993, Δωδεκάνησα, 17 παρατηρήσεις.

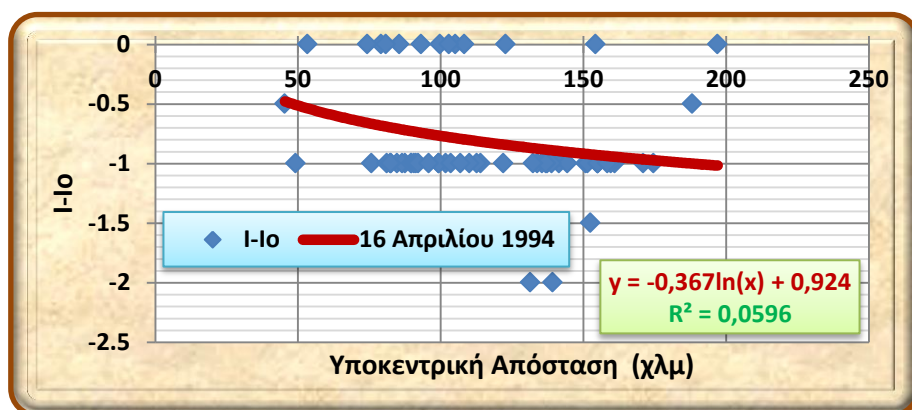
XXXV. 1994

110. 25 Φεβρουαρίου 1994



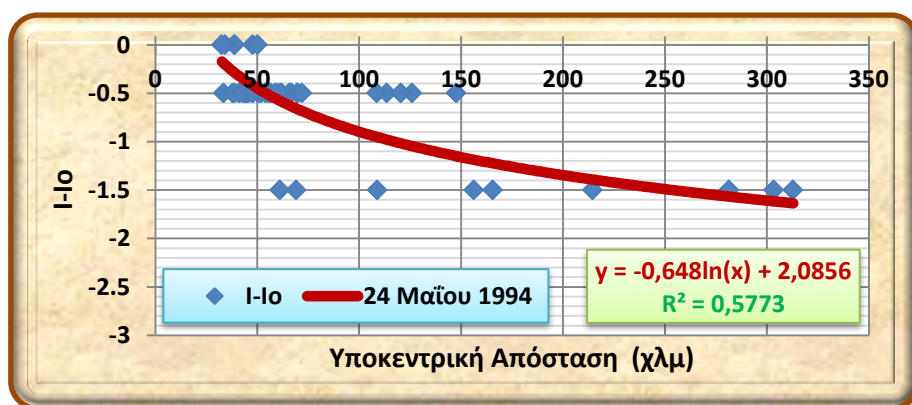
Γράφημα 5-110: 25 Φεβρουαρίου 1994, Ιόνια Νησιά, 143 παρατηρήσεις.

111. 16 Απριλίου 1994



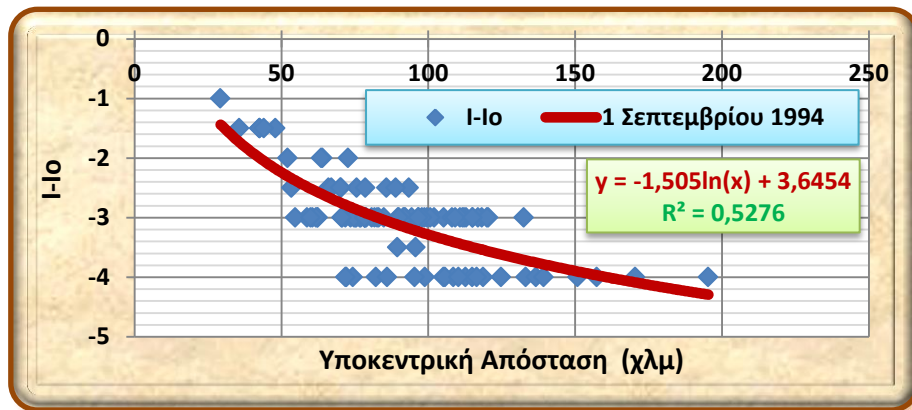
Γράφημα 5-111: 16 Απριλίου 1994, Ιόνια Νησιά, 59 παρατηρήσεις.

112. 24 Μαΐου 1994



Γράφημα 5-112: 24 Μαΐου 1994, Αιγαίο Πέλαγος, 47 παρατηρήσεις.

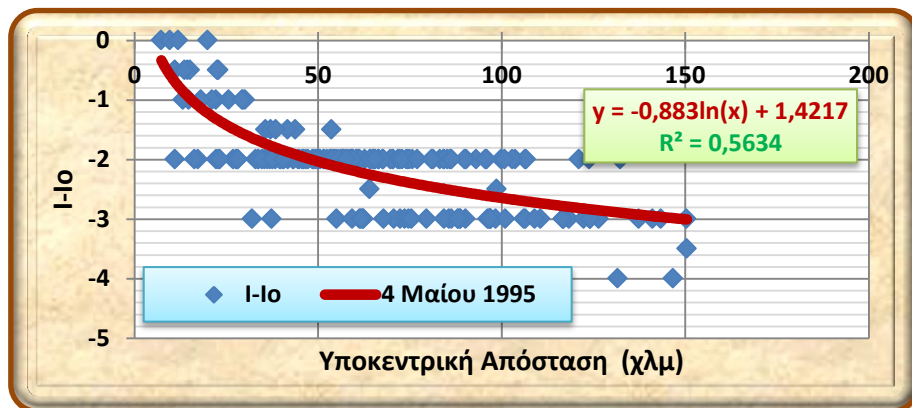
113. 1 Σεπτεμβρίου 1994



Γράφημα 5-113: 1 Σεπτεμβρίου 1994, Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M., 98 παρατηρήσεις.

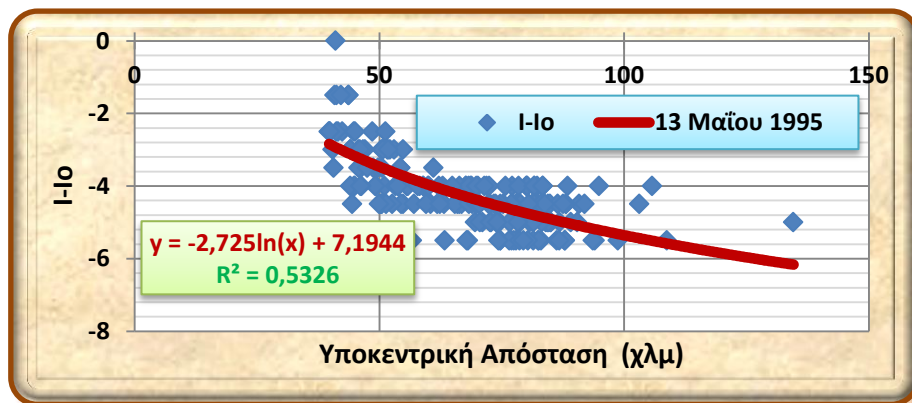
XXXVI. 1995

114. 4 Μαΐου 1995



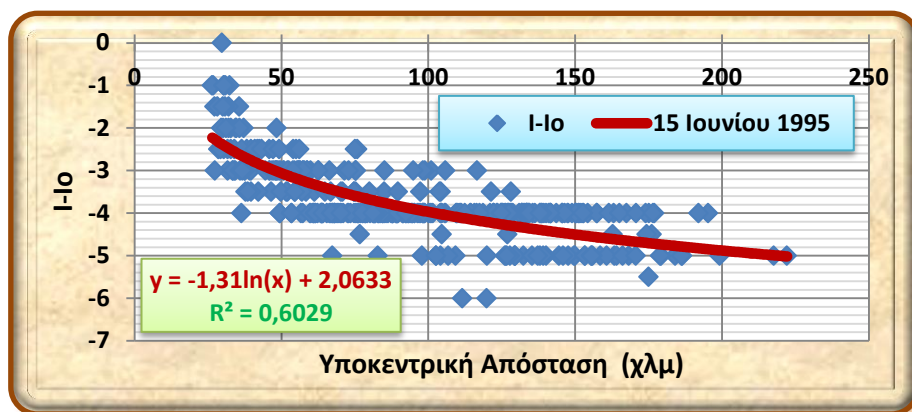
Γράφημα 5-114: 4 Μαΐου 1995, Βόρεια Ελλάδα, 189 παρατηρήσεις.

115. 13 Μαΐου 1995



Γράφημα 5-115: 13 Μαΐου 1995, Βόρεια Ελλάδα, 191 παρατηρήσεις.

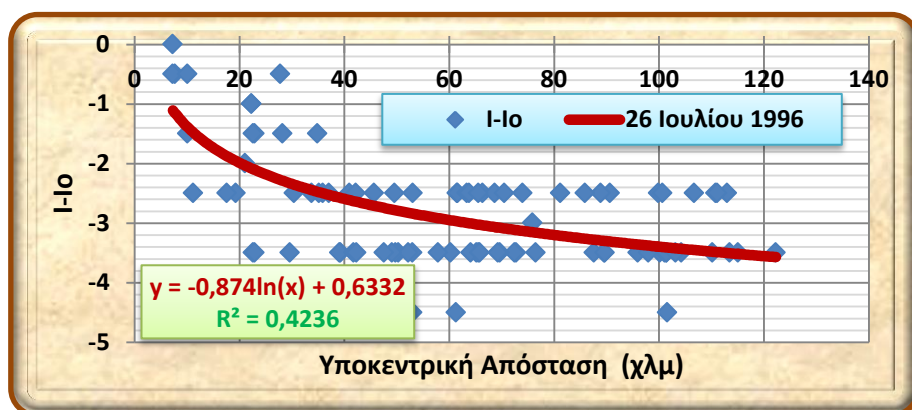
116. 15 Ιουνίου 1995



Γράφημα 5-116: 15 Ιουνίου 1995, Κορινθιακός Κόλπος, 393 παρατηρήσεις.

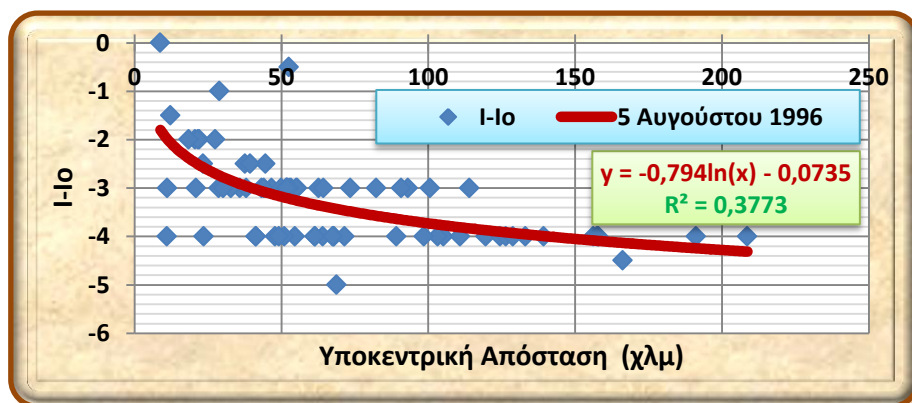
XXXVII. 1996

117. 26 Ιουλίου 1996



Γράφημα 5-117: 26 Ιουλίου 1996, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 88 παρατηρήσεις.

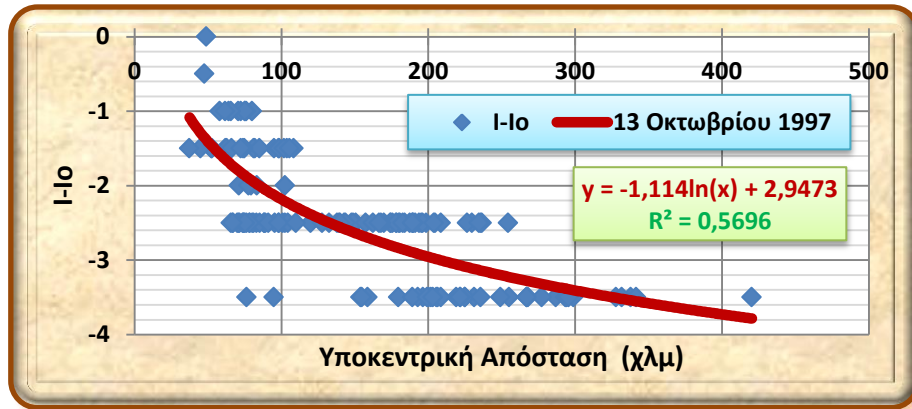
118. 5 Αυγούστου 1996



Γράφημα 5-118: 5 Αυγούστου 1996, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 73 παρατηρήσεις.

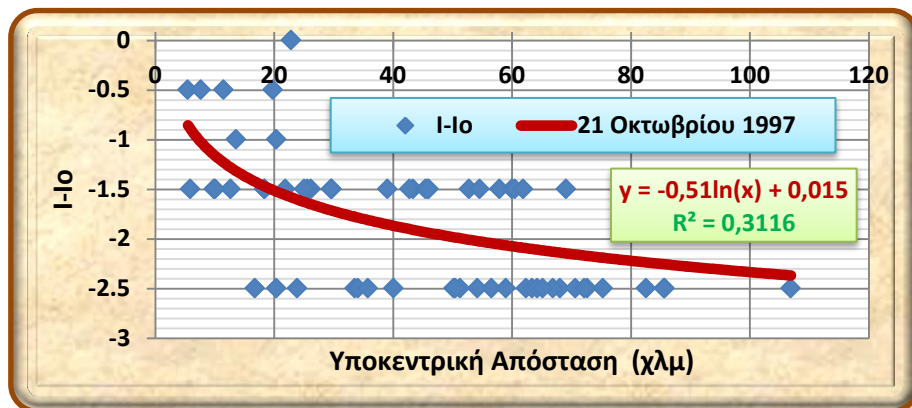
XXXVIII. 1997

119. 13 Οκτωβρίου 1997



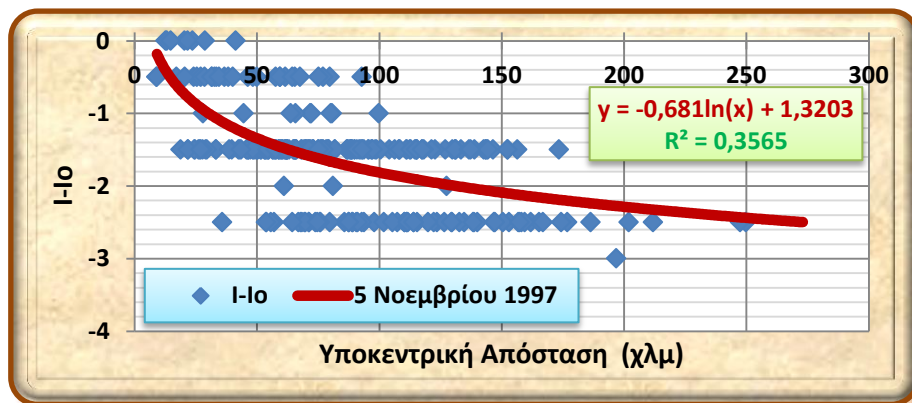
Γράφημα 5-119: 13 Οκτωβρίου 1997, Νότια Ελλάδα, 147 παρατηρήσεις.

120. 21 Οκτωβρίου 1997



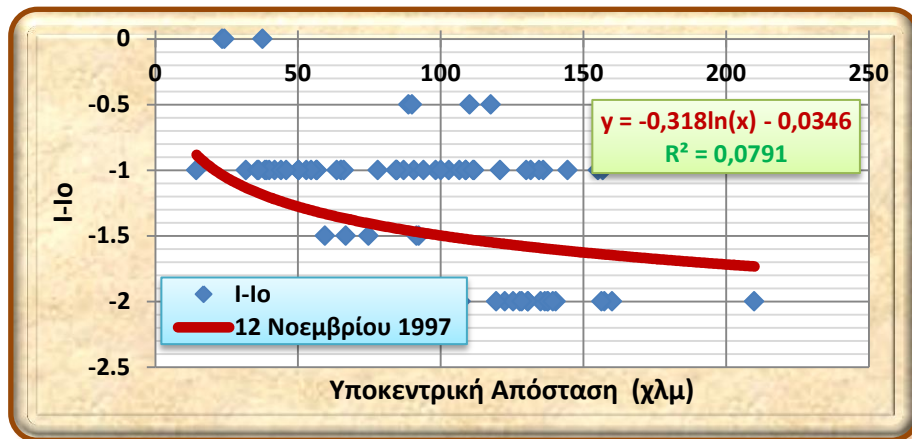
Γράφημα 5-120: 21 Οκτωβρίου 1997, Κεντρική Ελλάδα, 62 παρατηρήσεις.

121. 5 Νοεμβρίου 1997



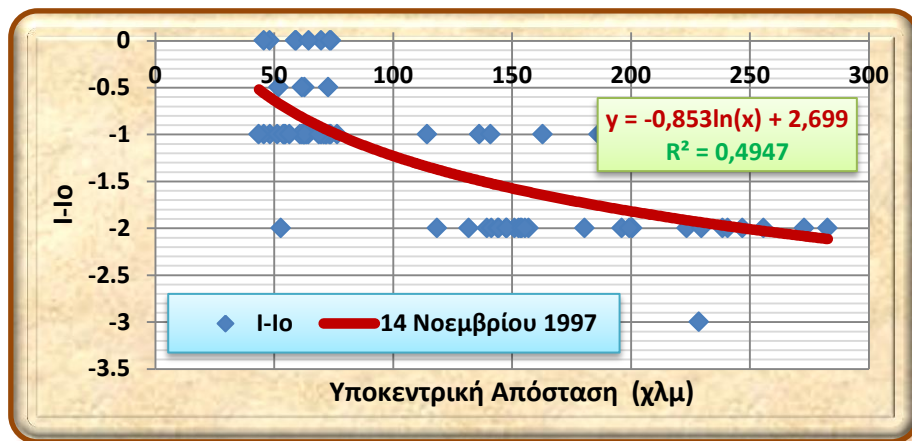
Γράφημα 5-121: 5 Νοεμβρίου 1997, Κορινθιακός Κόλπος, 277 παρατηρήσεις.

122. 12 Νοεμβρίου 1997



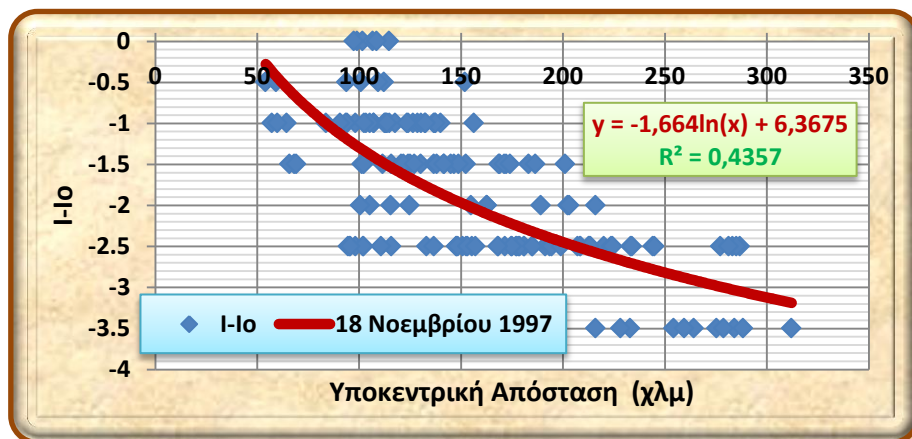
Γράφημα 5-122: 12 Νοεμβρίου 1997, Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας, 99 παρατηρήσεις.

123. 14 Νοεμβρίου 1997



Γράφημα 5-123: 14 Νοεμβρίου 1997, Αιγαίο Πέλαγος παρατηρήσεις.

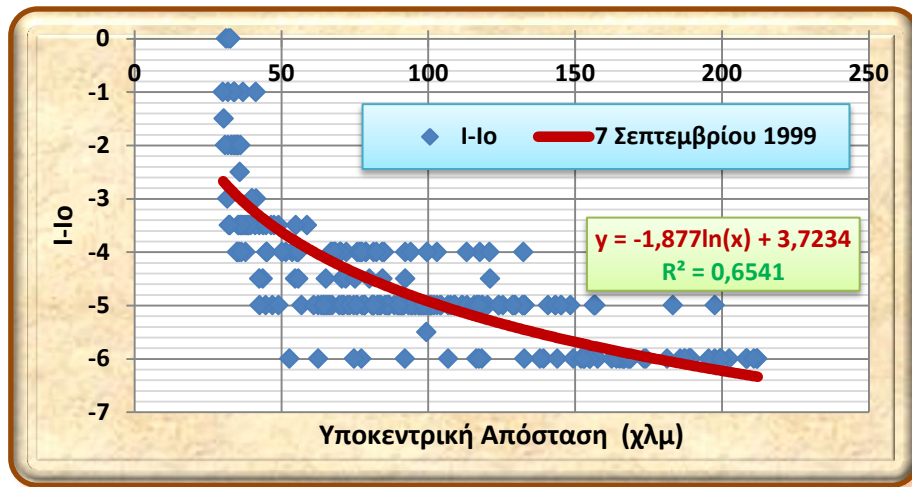
124. 18 Νοεμβρίου 1997



Γράφημα 5-124: 18 Νοεμβρίου 1997, Ιόνια Νησιά, 157 παρατηρήσεις.

XXXIX. 1999

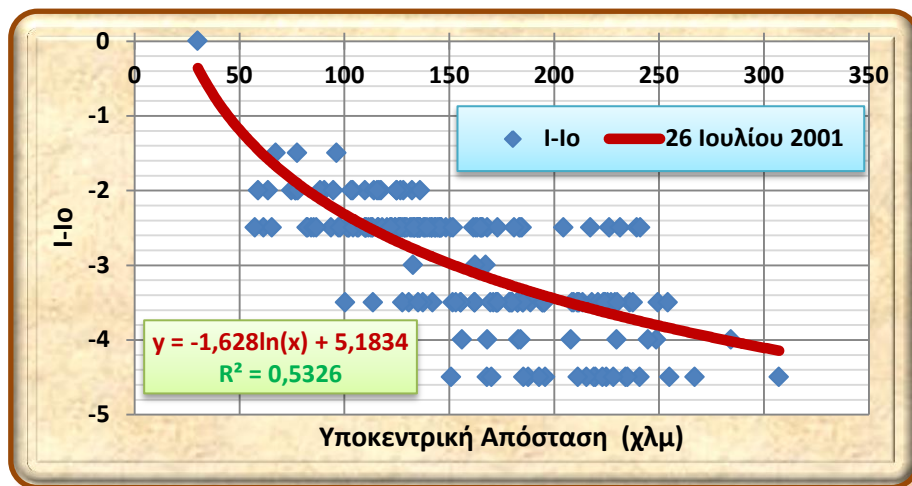
125. 7 Σεπτεμβρίου 1999



Γράφημα 5-125: 7 Σεπτεμβρίου 1999, Κεντρική Ελλάδα, 267 παρατηρήσεις.

XI. 2001

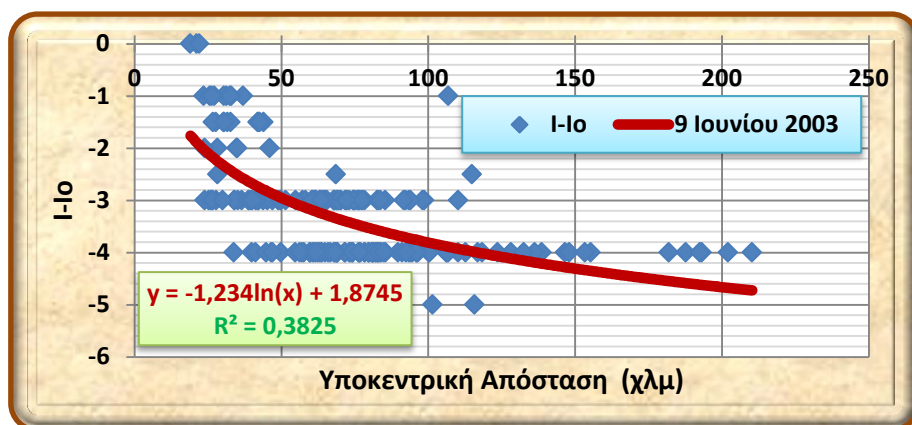
126. 26 Ιουλίου 2001



Γράφημα 5-126: 26 Ιουλίου 2001, Αιγαίο Πέλαγος, 209 παρατηρήσεις.

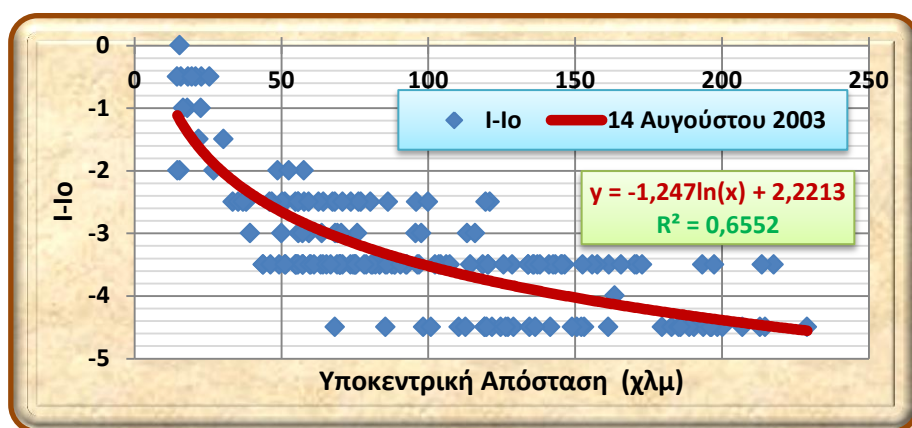
XII. 2003

127. 9 Ιουνίου 2003



Γράφημα 5-127: 9 Ιουνίου 2003, Κεντρική Ελλάδα, 208 παρατηρήσεις.

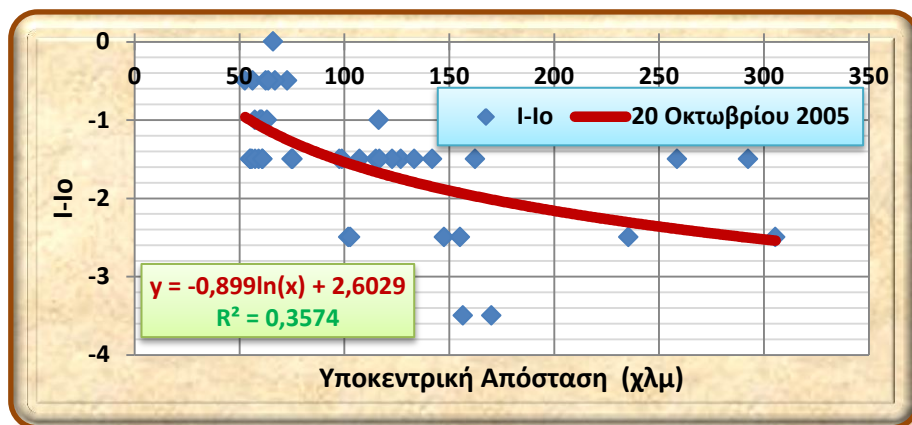
128. 14 Αυγούστου 2003



Γράφημα 5-128: 14 Αυγούστου 2003, Ιόνια Νησιά, 181 παρατηρήσεις.

XLII. 2005

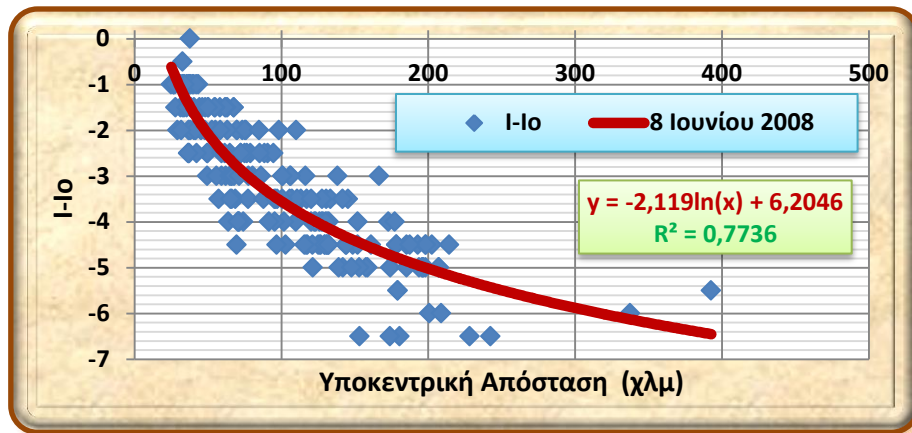
129. 20 Οκτωβρίου 2005



Γράφημα 5-129: 20 Οκτωβρίου 2005, Αιγαίο Πέλαγος, 42 παρατηρήσεις.

XLIII. 2008

130. 8 Ιουνίου 2008



Γράφημα 5-130: 8 Ιουνίου 2008, Νότια Ελλάδα, 197 παρατηρήσεις.

D. Συμπεράσματα

Ο Πίνακας 5-1 συλλέγει όλες τις τιμές των συντελεστών a και b και των συντελεστών συσχέτισης R^2 για όλες τις Εξισώσεις Εξασθένησης των 130 σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013.

Παρατηρούμε ότι όλοι οι συντελεστές a λαμβάνουν αρνητικές τιμές, γεγονός που είναι απόλυτα φυσικό καθώς θα πρέπει η κλίση της καμπύλης εξασθένησης να φθίνει συνέχεια σε συνάρτηση με την αύξηση της απόστασης, επικεντρικής ή υποκεντρικής. Οι τιμές b_I και b_{I-I_0} έχουν απόλυτη εξάρτηση μεταξύ τους γιατί συνδέονται με την Επικεντρική Ένταση. Οι τιμές του b_I είναι πάντα αρνητικές ενώ του b_{I-I_0} πάντα θετικές. Όσο πιο αρνητική τιμή θα έχει ο συντελεστής a τόσο πιο πολύ θα επηρεάζει την λογαριθμική φύση της καμπύλης από την γραμμική φύση της καμπύλης που θα ελέγχεται από τους συντελεστές b_I και b_{I-I_0} . Τέλος, σε απόλυτες τιμές, η τιμή του συντελεστή b_I ή b_{I-I_0} είναι τις περισσότερες φορές μεγαλύτερη από την τιμή του συντελεστή a .

Στη στατιστική, ο Συντελεστής Συσχέτισης, **coefficient of determination (R squared value R^2)**, είναι ένας αριθμός που δεικνύει πόσο καλά ταιριάζουν τα δεδομένα με ένα στατιστικό μοντέλο, μια γραμμή ή μια καμπύλη. Καθορίζει το μέτρο

της διασποράς των δεδομένων και η βέλτιστη τιμή του είναι μονάδα, 1. Στις εξισώσεις εξασθένησης των 130 σεισμών, άλλες φορές έχουμε ικανοποιητικές τιμές του Συντελεστή Συσχέτισης μεγαλύτερες από 0,6 και άλλες φορές μη ικανοποιητικές τιμές κάτω από 0,4. Το γεγονός αυτό φανερώνει την κακή διασπορά των δεδομένων σε σχέση με την εξίσωση ή τον μικρό αριθμό δεδομένων. Δεν πρέπει να αγνοούμε τον τρόπο συλλογής των μακροσεισμικών παρατηρήσεων και τις πολλές ασάφειες που πιθανά να έχουν με την υποκειμενικότητα και την διαφορετική κατάρτιση του κάθε παρατηρητή. Επίσης, δεν πρέπει να αγνοούμε τις ομαδοποιήσεις παρατηρήσεων σε μια συγκεκριμένη απόσταση, όταν για παράδειγμα έχουμε παρατηρήσεις από κάποιο νησί ή κάποια αραιοκατοικημένη περιοχή πίσω από έναν ορεινό όγκο.

Πίνακας 5-1: Συντελεστές a και b και συντελεστής συσχέτισης R^2 για όλες τις εμπειρικές εξισώσεις εξασθένησης των 130 σεισμικών γεγονότων της περιόδου 1953-2013.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	I_0	$I = a \cdot \ln R + b$			$I - I_0 = a \cdot \ln R + b$		
				a	b_I	R^2	a	b_{I-I_0}	R^2
1953	MAR	18	9.5	-4.235	9.631	0.7252	-4.235	19.131	0.7252
1953	AUG	12	10	-2.288	-3.390	0.7748	-2.288	6.6099	0.7748
1954	APR	30	9.5	-1.581	-6.459	0.8113	-1.581	3.0410	0.8113
1955	APR	19	8.5	-1.476	-5.539	0.8538	-1.476	2.9607	0.8538
1956	JUL	9	8	-1.658	-2.746	0.6342	-1.658	5.2542	0.6342
1957	MAR	8	9.5	-1.920	-5.161	0.7505	-1.920	4.3389	0.7505
1959	MAY	14	8.5	-0.991	-8.161	0.3269	-0.991	0.3391	0.3269
1959	NOV	15	7	-0.950	-4.697	0.4528	-0.950	2.3032	0.4528
1964	OCT	6	9	-1.720	-4.533	0.2819	-1.720	4.4670	0.2819
1965	MAR	9	8	-1.319	-5.653	0.3884	-1.319	2.3471	0.3884
1965	MAR	31	8.5	-1.096	-7.125	0.3134	-1.096	1.3749	0.3134
1965	APR	5	10	-1.289	-9.440	0.3294	-1.289	0.5604	0.3294
1965	JUL	6	7.5	-1.128	-5.334	0.3975	-1.128	2.1660	0.3975
1965	AUG	23	5.5	-0.938	-2.564	0.2888	-0.938	2.9361	0.2888
1965	DEC	20	5.5	-0.870	-2.917	0.1727	-0.870	2.5835	0.1727
1966	JAN	2	7	-0.945	-6.281	0.3191	-0.945	0.7189	0.3191
1966	FEB	5	8	-1.425	-5.329	0.6179	-1.425	2.6707	0.6179
1966	SEP	1	8	-1.296	-6.055	0.3773	-1.2960	1.9449	0.3773

1966	OCT	29	8	-0.973	-7.525	0.4189	-0.9730	0.4747	0.4189
1967	JAN	4	7	-1.203	-4.933	0.2948	-1.2030	2.0675	0.2948
1967	FEB	9	6.5	-0.645	-6.545	0.0746	-0.6450	-0.0449	0.0746
1967	MAR	4	5.5	-0.493	-4.680	0.0461	-0.4930	0.8203	0.0461
1967	MAY	1	9	-1.273	-7.869	0.2284	-1.2730	1.1307	0.2284
1968	FEB	19	9	-1.512	-5.985	0.3467	-1.5120	3.0149	0.3467
1968	MAR	28	6	-0.638	-4.980	0.1596	-0.6380	1.0197	0.1596
1968	JUL	4	7	-0.897	-6.016	0.3068	-0.8970	0.9840	0.3068
1969	OCT	13	7	-1.047	-4.676	0.2286	-1.0470	2.3243	0.2286
1970	MAR	28	9	-0.469	-11.699	0.0369	-0.4690	-2.6987	0.0369
1970	APR	8	7	-1.121	-4.682	0.3759	-1.1210	2.3181	0.3759
1972	MAY	8	5	-0.779	-2.686	0.1288	-0.7790	2.3137	0.1288
1972	AUG	12	7	-1.115	-5.931	0.5408	-1.1150	1.0690	0.5408
1972	SEP	13	8	-1.027	-6.680	0.4144	-1.0270	1.3203	0.4144
1972	SEP	17	7	-0.850	-5.905	0.3355	-0.8500	1.0953	0.3355
1972	OCT	30	5	-0.540	-4.018	0.1602	-0.5400	0.9822	0.1602
1972	NOV	24	7	-0.768	-6.570	0.2023	-0.7680	0.4304	0.2023
1972	DEC	5	5	-0.371	-4.914	0.1465	-0.3710	0.0862	0.1465
1973	JAN	10	7.5	-1.020	-6.886	0.5250	-1.0200	0.6139	0.5250
1973	MAR	6	5	-0.239	-5.798	0.0878	-0.2390	-0.7983	0.0878
1973	JUL	14	7	-0.792	-7.082	0.2499	-0.7920	-0.0821	0.2499
1973	NOV	4	7.5	-1.486	-4.190	0.3787	-1.4860	3.3099	0.3787
1973	NOV	29	7.5	-1.258	-4.716	0.5411	-1.2580	2.7845	0.5411
1974	JUN	22	6	-0.908	-4.676	0.4116	-0.9080	1.3244	0.4116
1974	JUL	9	4.5	-0.235	-3.978	0.0627	-0.2350	0.5222	0.0627
1974	NOV	14	7	-1.157	-5.244	0.5694	-1.1570	1.7557	0.5694
1975	JAN	8	5.5	-1.031	-2.661	0.3735	-1.0310	2.8391	0.3735
1975	MAR	17	5	-0.660	-3.139	0.0830	-0.6600	1.8614	0.0830
1975	MAR	27	7.5	-1.361	-4.504	0.3321	-1.3610	2.9964	0.3321
1975	APR	4	6	-0.879	-4.301	0.2201	-0.8790	1.6993	0.2201
1975	JUN	30	7.5	-0.970	-7.088	0.4288	-0.9700	0.4117	0.4288
1975	DEC	31	9	-1.210	-8.924	0.4818	-1.2100	0.0765	0.4818
1976	FEB	22	7.5	-1.722	-3.933	0.3596	-1.7220	3.5670	0.3596
1976	MAY	11	5	-0.949	-1.441	0.1935	-0.9490	3.5593	0.1935
1977	FEB	24	4.5	0.315	-7.519	0.0119	0.3153	-3.0186	0.0119
1977	MAY	13	6.5	-0.787	-5.986	0.2559	-0.7870	0.5140	0.2559
1977	SEP	11	4	-0.351	-2.869	0.1025	-0.3510	1.1314	0.1025
1978	JAN	29	7.5	-0.987	-6.626	0.5026	-0.9870	0.8743	0.5026

1978	APR	27	5	-0.364	-4.974	0.0793	-0.3640	0.0257	0.0793
1978	MAY	23	7	-1.099	-5.173	0.6262	-1.0990	1.8269	0.6262
1978	JUN	20	8.5	-1.095	-7.464	0.6060	-1.0950	1.0365	0.6060
1978	JUL	4	6.5	-0.653	-6.442	0.2600	-0.6530	0.0579	0.2600
1979	FEB	16	4	-0.248	-3.257	0.0884	-0.2480	0.7431	0.0884
1979	APR	15	9	-0.999	-8.699	0.1134	-0.9990	0.3008	0.1134
1979	JUN	14	6	-1.451	-1.347	0.5114	-1.4510	4.6533	0.5114
1979	JUN	15	5	-1.378	-0.143	0.0806	-1.3780	4.8574	0.0806
1979	JUL	23	5	-0.379	-4.524	0.0699	-0.3790	0.4762	0.0699
1979	AUG	31	5	-0.550	-4.180	0.2144	-0.5500	0.8199	0.2144
1979	NOV	6	8	-1.018	-7.868	0.2394	-1.0180	0.1319	0.2394
1979	NOV	11	7	-1.152	-5.561	0.4861	-1.1520	1.4387	0.4861
1980	FEB	28	7	-0.907	-6.362	0.5198	-0.9070	0.6378	0.5198
1980	JUL	9	8.5	-1.228	-6.834	0.4634	-1.2280	1.6660	0.4634
1980	JUL	10	7	-0.826	-6.398	0.2586	-0.8260	0.6024	0.2586
1980	AUG	11	6	-0.720	-5.342	0.3868	-0.7200	0.6584	0.3868
1981	FEB	24	9.5	-1.678	-6.170	0.6677	-1.6780	3.3300	0.6677
1981	MAR	4	9.5	-1.489	-7.643	0.6249	-1.4890	1.8567	0.6249
1981	MAR	10	7.5	-0.515	-8.558	0.0920	-0.5150	-1.0583	0.0920
1981	DEC	27	6	-1.181	-1.945	0.3011	-1.1810	4.0551	0.3011
1982	JAN	18	6	-1.418	-0.409	0.2554	-1.4180	5.5907	0.2554
1983	JAN	17	6	-1.318	-0.972	0.3693	-1.3180	5.0285	0.3693
1983	MAR	16	7	-0.655	-7.449	0.1432	-0.6550	-0.4491	0.1432
1983	MAR	19	5.5	-1.079	-2.644	0.1999	-1.0790	2.8562	0.1999
1983	MAR	23	6	-0.760	-4.855	0.2421	-0.7600	1.1453	0.2421
1983	MAR	23	7	-0.966	-5.537	0.2862	-0.9660	1.4634	0.2862
1983	JUL	5	8	-1.723	-2.992	0.2288	-1.7230	5.0078	0.2288
1983	AUG	6	6	-1.206	-1.531	0.2491	-1.2060	4.4695	0.2491
1984	JUL	9	7	-1.339	-4.567	0.5018	-1.3390	2.4332	0.5018
1984	OCT	25	7	-0.116	-8.548	0.0016	-0.1160	-1.5480	0.0016
1985	APR	30	6	-1.241	-2.494	0.4263	-1.2410	3.5065	0.4263
1985	AUG	31	7.5	-1.545	-4.666	0.3966	-1.5450	2.8344	0.3966
1985	SEP	7	6	-1.380	-1.854	0.4622	-1.3800	4.1458	0.4622
1985	NOV	9	7.5	-0.920	-6.850	0.5011	-0.9200	0.6497	0.5011
1986	FEB	18	5.5	-1.287	-2.972	0.4871	-1.2870	2.5284	0.4871
1986	MAR	25	5	-0.299	-5.160	0.0129	-0.2990	-0.1603	0.0129
1986	SEP	13	10	-1.357	-10.187	0.5772	-1.3570	-0.1867	0.5772
1986	DEC	17	6	-1.052	-3.978	0.6742	-1.0520	2.0223	0.6742

1987	MAY	29	6	-0.925	-4.335	0.3578	-0.9250	1.6654	0.3578
1988	MAY	18	6	-0.428	-6.373	0.1231	-0.4284	-0.3732	0.1231
1988	OCT	16	8	-1.475	-5.099	0.5766	-1.4750	2.9008	0.5766
1989	MAR	19	5.5	-0.578	-4.871	0.2338	-0.5780	0.6289	0.2338
1989	SEP	19	5	-0.333	-5.318	0.0906	-0.3330	-0.3176	0.0906
1990	DEC	21	7	-1.285	-4.481	0.5236	-1.2850	2.5193	0.5236
1992	JAN	23	5	-0.487	-4.030	0.2566	-0.4870	0.9703	0.2566
1992	JUL	23	4	-0.410	-2.678	0.0577	-0.4100	1.3225	0.0577
1992	NOV	6	7	-1.179	-4.313	0.5303	-1.1790	2.6868	0.5303
1992	NOV	18	6	-0.904	-4.017	0.3723	-0.9040	1.9830	0.3723
1993	MAR	5	5.5	-0.972	-3.083	0.4994	-0.9720	2.4175	0.4994
1993	MAR	26	6.5	-1.250	-3.814	0.7757	-1.2500	2.6857	0.7757
1993	JUN	13	6	-1.027	-4.022	0.6153	-1.0270	1.9779	0.6153
1993	JUL	14	7	-1.268	-4.582	0.7126	-1.2680	2.4176	0.7126
1993	AUG	26	4	-0.286	-3.241	0.0906	-0.2860	0.7592	0.0906
1994	FEB	25	5.5	-0.742	-4.163	0.5344	-0.7420	1.3371	0.5344
1994	APR	16	4	-0.367	-3.076	0.0596	-0.3670	0.9240	0.0596
1994	MAY	24	4.5	-0.648	-2.414	0.5773	-0.6480	2.0856	0.5773
1994	SEP	1	7	-1.505	-3.355	0.5276	-1.5050	3.6454	0.5276
1995	MAY	4	6	-0.883	-4.578	0.5634	-0.8830	1.4217	0.5634
1995	MAY	13	9.5	-2.725	-2.306	0.5326	-2.7250	7.1944	0.5326
1995	JUN	15	8	-1.310	-5.937	0.6029	-1.3100	2.0633	0.6029
1996	JUL	26	6.5	-0.874	-5.867	0.4236	-0.8740	0.6332	0.4236
1996	AUG	5	7	-0.794	-7.074	0.3773	-0.7940	-0.0735	0.3773
1997	OCT	13	6.5	-1.114	-3.553	0.5696	-1.1140	2.9473	0.5696
1997	OCT	21	5.5	-0.510	-5.485	0.3116	-0.5098	0.0150	0.3116
1997	NOV	5	5.5	-0.681	-4.180	0.3565	-0.6810	1.3203	0.3565
1997	NOV	12	5	-0.318	-5.035	0.0791	-0.3180	-0.0346	0.0791
1997	NOV	14	5	-0.853	-2.301	0.4947	-0.8530	2.6990	0.4947
1997	NOV	18	6.5	-1.664	-0.133	0.4357	-1.6640	6.3675	0.4357
1999	SEP	7	9	-1.877	-5.277	0.6541	-1.8770	3.7234	0.6541
2001	JUL	26	6.5	-1.628	-1.317	0.5326	-1.6280	5.1834	0.5326
2003	JUN	9	7	-1.234	-5.126	0.3825	-1.2339	1.8745	0.3825
2003	AUG	14	7.5	-1.247	-5.279	0.6555	-1.2470	2.2213	0.6555
2005	OCT	20	5.5	-0.899	-2.897	0.3574	-0.8990	2.6029	0.3574
2008	JUN	8	8.5	-2.119	-2.295	0.7736	-2.1190	6.2046	0.7736

Κεφάλαιο Έκτο

6. Εξισώσεις Εξασθένησης για Σεισμικές Ακολουθίες

A. Εισαγωγή

Τα μακροσεισμικά δεδομένα του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. δεν αποτελούνται μόνο από μεμονωμένα ανεξάρτητα μεταξύ τους σεισμικά γεγονότα, αλλά και από σεισμικά γεγονότα που έπονται ενός ισχυρού κύριου σεισμού σχηματίζοντας μια μετασεισμική ακολουθία. Οι μετασεισμικές ακολουθίες εντοπίζονται στον ίδιο εστιακό χώρο και επομένως γενικά οι παράγοντες που εξασθενούν την Μακροσεισμική Ένταση παραμένουν ίδιοι. Συνήθως δεν αλλάζει η ζώνη διάρρηξης, ο μηχανισμός γένεσης των μετασεισμών, η γεωμετρική εξασθένηση και η απόσβεση των σεισμικών κυμάτων αφού προελαύνουν σε παρόμοιες τροχιές μέσα στο φλοιό και ασφαλώς δεν μεταβάλλονται οι τοπικές εδαφικές και γεωλογικές συνθήκες. Τι μεταβάλλεται όμως;

B. Μεταβολή της τρωτότητας

Στις μετασεισμικές ακολουθίες μεταβάλλεται αρνητικά:

- η *τρωτότητα των συνοδών φυσικών γεωδυναμικών φαινομένων*,
- η *τρωτότητα του δομικού πλούτου* της πληγείσας περιοχής,
- η *τρωτότητα των ανθρώπων*,
- η *τρωτότητα της απόκρισης έκτακτης ανάγκης της πολιτείας*,
- η *οικονομική τρωτότητα* της περιοχής και τέλος,
- η *περιβαλλοντική τρωτότητα*.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες δρουν ερπυστικά και αυξάνουν τα αρνητικά αποτελέσματα ενός επερχόμενου ισχυρού σεισμικού γεγονότος χωρίς την πάροδο ικανοποιητικού χρόνου αποκατάστασης των οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων της κύριας σεισμικής δόνησης. Τις περισσότερες φορές η μετασεισμική

ακολουθία εξελίσσεται κατά την διάρκεια της Περιόδου Έκτακτης Ανάγκης, χωρίς ακόμα να έχει εισέλθει η πληγείσα περιοχή σε Περίοδο Αποκατάστασης των Βλαβών.

C. Μετασεισμικές Ακολουθίες

Οι μετασεισμικές ακολουθίες που θα μελετήσουμε είναι οι εξής τρεις:

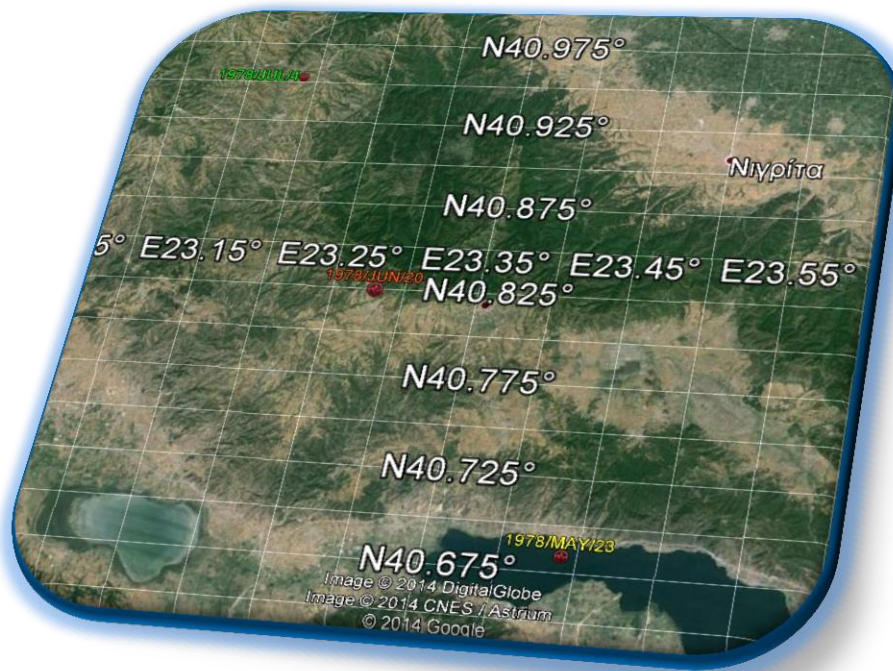
- Η μετασεισμική ακολουθία της *Μυγδονίας λεκάνης* την περίοδο *Μαΐου-Ιουλίου 1978*,
- Η ακολουθία της *Μαγνησίας* την περίοδο *Ιουλίου-Αυγούστου 1980* και τέλος,
- Η ακολουθία του *Ιονίου Πελάγους* την περίοδο *Ιανουάριος-Μάρτιος 1983*.

I. Νομός Θεσσαλονίκης 1978

Η **Εικόνα 6-1** εντοπίζει τα επίκεντρα και την πληγείσα περιοχή των σεισμών του 1978 στο τεκτονικό βύθισμα της Μυγδονίας λεκάνης, περιοχή των Λιμνών Βόλβης και Κορώνειας, ενώ ο **Πίνακας 6-1** μας φανερώνει για ποια κύρια σεισμικά γεγονότα αναφερόμαστε. Η μετασεισμική ακολουθία έπληξε ολόκληρη την περιοχή της Χαλκιδικής και οι καταστροφές είναι χαραγμένες στις μνήμες όλων των κατοίκων της Μακεδονίας. Ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι 1.095 από 3 σεισμικά γεγονότα.

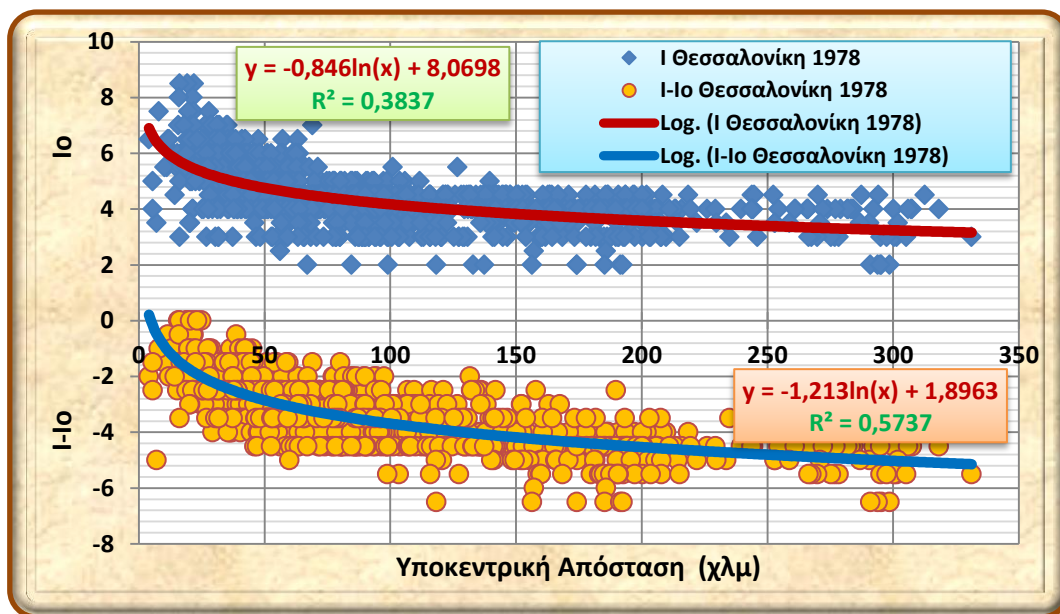
Πίνακας 6-1: Οι σεισμοί της σεισμικής ακολουθίας του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου
1978	MAY	23	40.68	23.44	5,5	7	Λίμνη Βόλβη
1978	JUN	20	40.82	23.28	6,1	8,5	Σοχός
1978	JUL	4	40.95	23.19	4,8	6,5	Λαχανάς



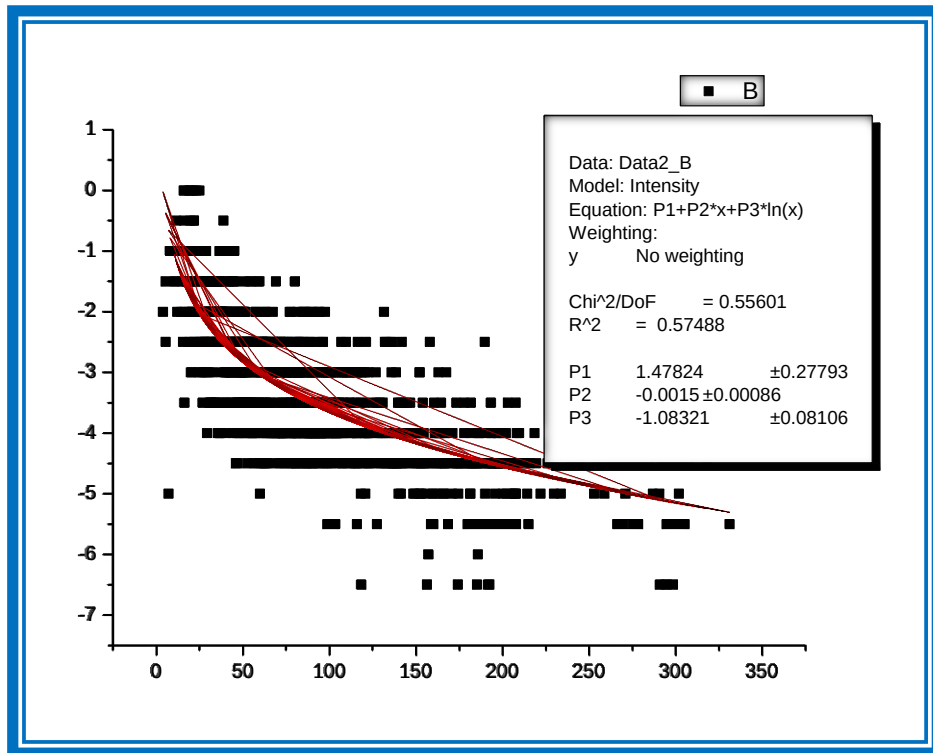
Εικόνα 6-1: Η σεισμική ακολουθία του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.

Το Γράφημα 6-1 παρουσιάζει τις καμπύλες εξασθένησης της έντασης της μορφής $I=a*\ln R+b$ και της μεταβολής της έντασης $I-I_0=a*\ln R+b$ για την μετασεισμική ακολουθία του 1978.



Γράφημα 6-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.

Επίσης, το Γράφημα 6-2 παρουσιάζει την καμπύλη εξασθένησης της έντασης της μορφής $I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*LnR$ για την ίδια μετασεισμική ακολουθία του 1978.



Γράφημα 6-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1978 στο Νομό Θεσσαλονίκης.

II. Νομός Μαγνησίας 1980

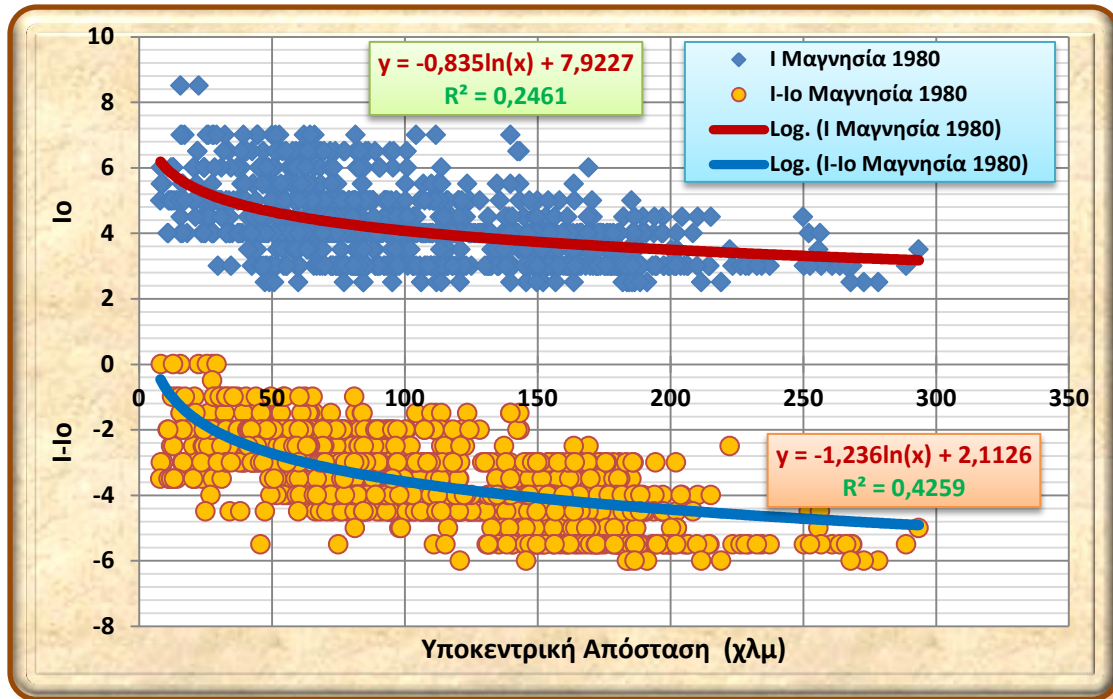
Ο Πίνακας 6-2 δηλώνει ποια κύρια σεισμικά γεγονότα απαρτίζουν την σεισμική ακολουθία της Μαγνησίας του 1980. Η ακολουθία έπληξε ολόκληρη την περιοχή της Μαγνησίας, με μεγαλύτερες καταστροφές στην Νέα Αγχίαλο και την λεκάνη του Αλμυρού. Η Εικόνα 6-2 εντοπίζει τα επίκεντρα μέσα στον Παγασητικό Κόλπο και την πληγείσα περιοχή της Μαγνησίας. Τέλος το Γράφημα 6-3 παρουσιάζει τις καμπύλες εξασθένησης της έντασης της μορφής $I=a*\ln R+b$ και της μεταβολής της έντασης $I-I_0=a*\ln R+b$ για την μετασεισμική ακολουθία του 1980, ενώ το Γράφημα 6-4 παρουσιάζει την καμπύλη εξασθένησης της έντασης της μορφής $I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*LnR$ για την ίδια μετασεισμική ακολουθία του 1980. Ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι 1.103 από 3 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 6-2: Οι σεισμοί της σεισμικής ακολουθίας του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.

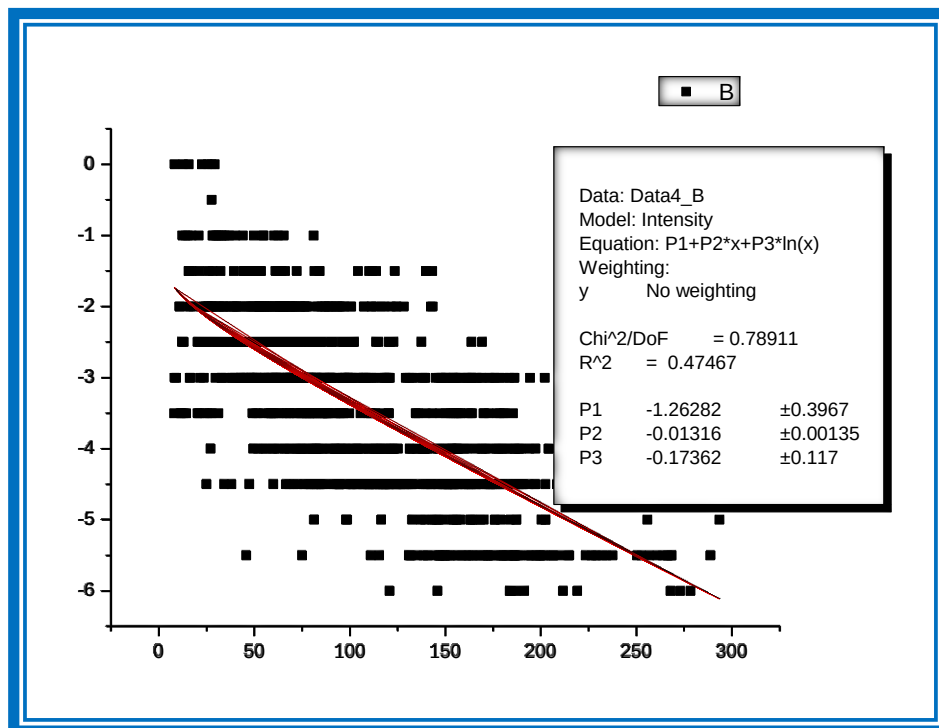
Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου
1980	JUL	9	39.28	22.99	6,3	8,5	Παγασητικός Κόλπος
1980	JUL	10	39.27	22.97	5,0	7	Παγασητικός Κόλπος
1980	AUG	11	39.28	22.87	4,8	6	Νέα Αγχίαλος



Εικόνα 6-2: Η σεισμική ακολουθία του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.



Γράφημα 6-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.



Γράφημα 6-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας του 1980 στο Νομό Μαγνησίας.

III. Ιόνιο Πέλαγος 1983

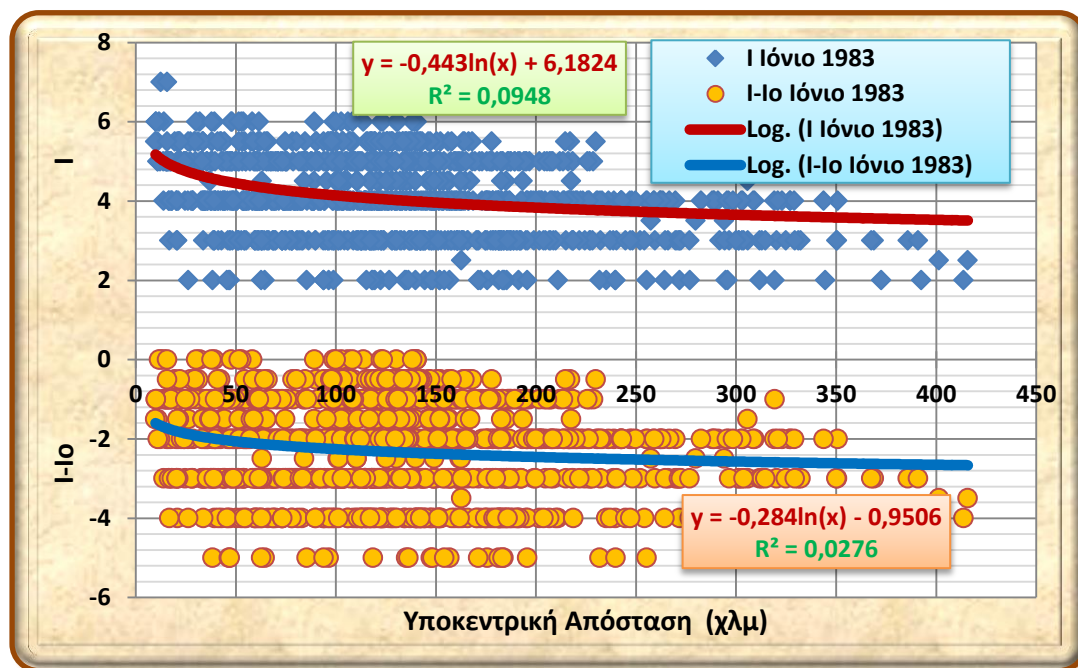
Ο Πίνακας 6-3 δηλώνει ποια κύρια σεισμικά γεγονότα απαρτίζουν την σεισμική ακολουθία του Ιονίου Πελάγους του 1983. Η ακολουθία έπληξε τα Ιόνια Νησιά, με μεγαλύτερες καταστροφές στην Κεφαλονιά και την Λευκάδα. Η Εικόνα 6-3 εντοπίζει τα επίκεντρα στην Χερσόνησο της Παλυκής στην Κεφαλονιά και της Πάλαιρου στην Αιτωλοακαρνανία. Τέλος, το Γράφημα 6-5 παρουσιάζει τις καμπύλες εξασθένησης της έντασης της μορφής $I=a*\ln R+b$ και της μεταβολής της έντασης $I-I_0=a*\ln R+b$ για την μετασεισμική ακολουθία του 1983, ενώ το Γράφημα 6-6 παρουσιάζει την καμπύλη εξασθένησης της έντασης της μορφής $I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$ για την ίδια μετασεισμική ακολουθία του 1983. Ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι 1.027 από 4 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 6-3: Οι σεισμοί της σεισμικής ακολουθίας 1983 στα Ιόνια Νησιά.

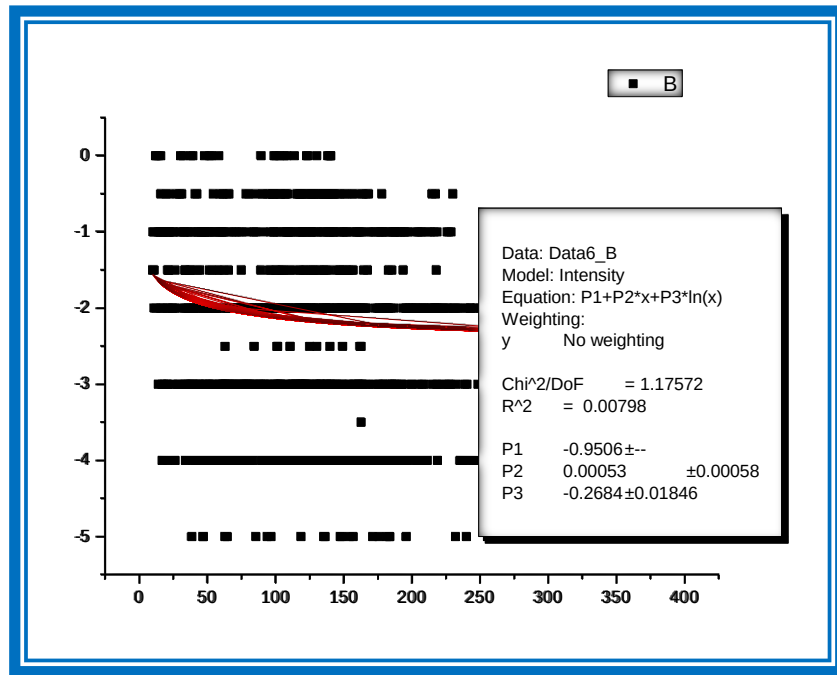
Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου
1983	JAN	17	37.97	20.25	6,2	6	ΝΔ Κεφαλλονιάς, ΒΔ Ζακύνθου
1983	MAR	16	38.79	20.81	5,0	7	Πάλαιρος
1983	MAR	23	38.78	20.81	4,9	6	Πάλαιρος
1983	MAR	23	38.19	20.40	5,7	7	Κεφαλονιά



Εικόνα 6-3: Η σεισμική ακολουθία του 1983 στα Ιόνια Νησιά.



Γράφημα 6-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας 1983 στα Ιόνια Νησιά.



Γράφημα 6-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης της σεισμικής ακολουθίας 1983 στα Ιόνια Νησιά.

D. Συμπεράσματα

Ο παρακάτω Πίνακας συνοψίζει τα αποτελέσματα μας με τις τιμές των παραμέτρων.

Πίνακας 6-4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα τιμών των παραμέτρων των Συντελεστών a , b , P_1 , P_2 , P_3 και των συντελεστών συσχέτισης R^2 για τις εμπειρικές εξισώσεις εξασθένησης των μετασεισμικών ακολουθιών Θεσσαλονίκης 1978, Μαγνησίας 1980 και Ιονίου Πελάγους 1983.

Σεισμική Ακολουθία	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$			$I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$			
	a	b	R^2	a	b	R^2	P_1	P_2	P_3	R^2
1978	-0.846	8.0698	0.3837	-1.213	1.8963	0.5737	1.47824	-0.0015	-1.08321	0.57488
1980	-0.835	7.9227	0.2461	-1.236	2.1126	0.4259	-1.26282	-0.01316	-0.17362	0.47467
1983	-0.443	6.1824	0.0948	-0.284	-0.9506	0.0276	-0.9506	0.00053	-0.2684	0.00798

Παρατηρούμε ότι όλοι οι συντελεστές a λαμβάνουν αρνητικές τιμές καθώς η ένταση πρέπει να φθίνει με την αύξηση της απόστασης, ενώ οι τιμές των συντελεστών b είναι σχεδόν πάντα θετικές. Παρατηρούμε παρόμοια αποτελέσματα μεταξύ της χερσαίας σεισμικής ακολουθίας της Μυγδονίας του 1978 και της Μαγνησίας του 1980 σε αντίθεση με την θαλάσσια ακολουθία του Ιονίου Πελάγους του 1983. Πιθανά το χερσαίο επίκεντρο του κύριου σεισμού να έχει παίξει σημαντικό ρόλο καθώς θα υπήρχαν πιο πολλές παρατηρήσεις στην επικεντρική περιοχή σε αντίθεση με την θαλάσσια ακολουθία. Θα πρέπει όμως να συγκρίνουμε αυτές τις τιμές με τις τιμές των μεμονωμένων σεισμών της κάθε μετασεισμικής ακολουθίας.

Ο παρακάτω Πίνακας συγκεντρώνει τις παραμέτρους από τους μεμονωμένους σεισμούς των σεισμικών ακολουθιών.

Πίνακας 6-5: Παράμετροι των μεμονωμένων σεισμών των σεισμικών ακολουθιών.

Σεισμική Ακολουθία	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$		
	a	b	R^2	a	b	R^2
1978	-1.099	-5.173	0.6262	-1.0990	1.8269	0.6262
	-1.095	-7.464	0.6060	-1.0950	1.0365	0.6060
	-0.653	-6.442	0.2600	-0.6530	0.0579	0.2600
1980	-1.228	-6.834	0.4634	-1.2280	1.6660	0.4634
	-0.826	-6.398	0.2586	-0.8260	0.6024	0.2586
	-0.720	-5.342	0.3868	-0.7200	0.6584	0.3868
1983	-1.318	-0.972	0.3693	-1.3180	5.0285	0.3693
	-0.655	-7.449	0.1432	-0.6550	-0.4491	0.1432
	-0.760	-4.855	0.2421	-0.7600	1.1453	0.2421
	-0.966	-5.537	0.2862	-0.9660	1.4634	0.2862

Επίσης, οι συντελεστές P_1 , P_2 και P_3 , με θετικές και αρνητικές τιμές, έχουν ανομοιομορφία τιμών, με τον P_2 να είναι πολύ μικρότερος των άλλων. Τέλος, αν και υπάρχει ερπυστική κόπωση και ελάττωση της τρωτότητας του δομικού πλούτου και των ανθρώπων στις Σεισμικές Ακολουθίες, εντούτοις δεν φάνηκε ιδιαίτερη μεταβολή των τιμών των συντελεστών.

Κεφάλαιο Έβδομο

7. Εξισώσεις Εξασθένησης για διαφορετικό βάθος υποκέντρου

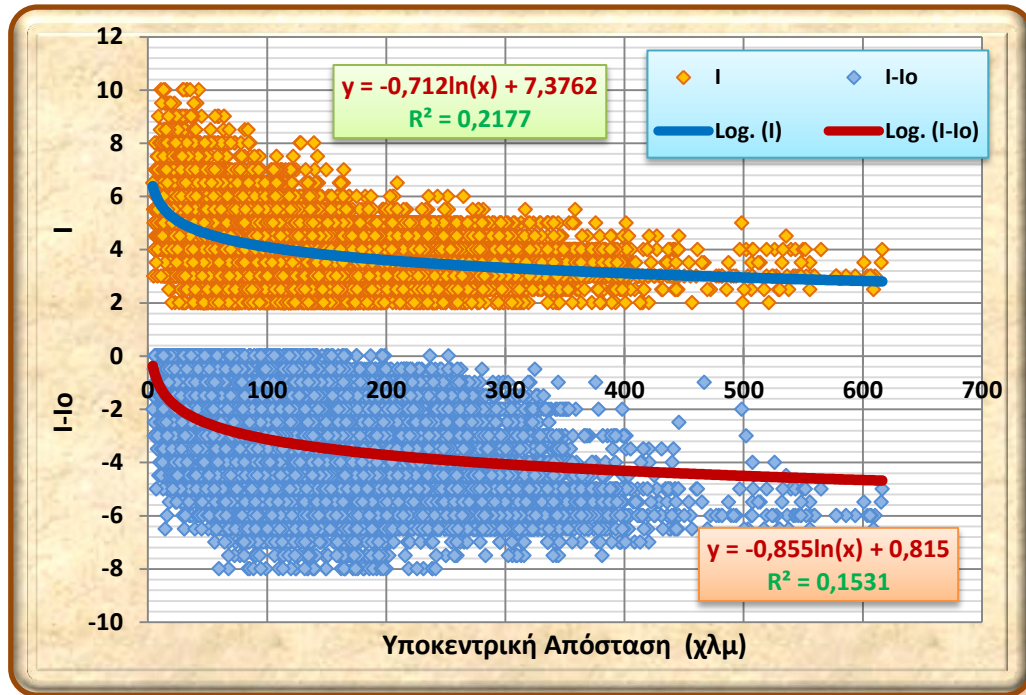
A. Εισαγωγή

Όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενα εδάφια, το υποκεντρικό βάθος παίζει σημαντικό ρόλο στον τρόπο ακτινοβολίας της σεισμικής ενέργειας στο χώρο, με συνέπεια την διαφορετική ενεργοποίηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ένταση. Θα προσπαθήσουμε να διαπιστώσουμε τι επενέργεια εμφανίζει το εστιακό βάθος στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα. Για αυτό το λόγο θα επεξεργαστούμε τα δεδομένα μας συγκρίνοντας πρώτα τις παρατηρήσεις *σεισμών με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και > 40 χλμ.*. Σε δεύτερη φάση θα συγκρίνουμε τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις μας για τους *επιφανειακούς σεισμούς για κάθε 10 χλμ. βάθους*.

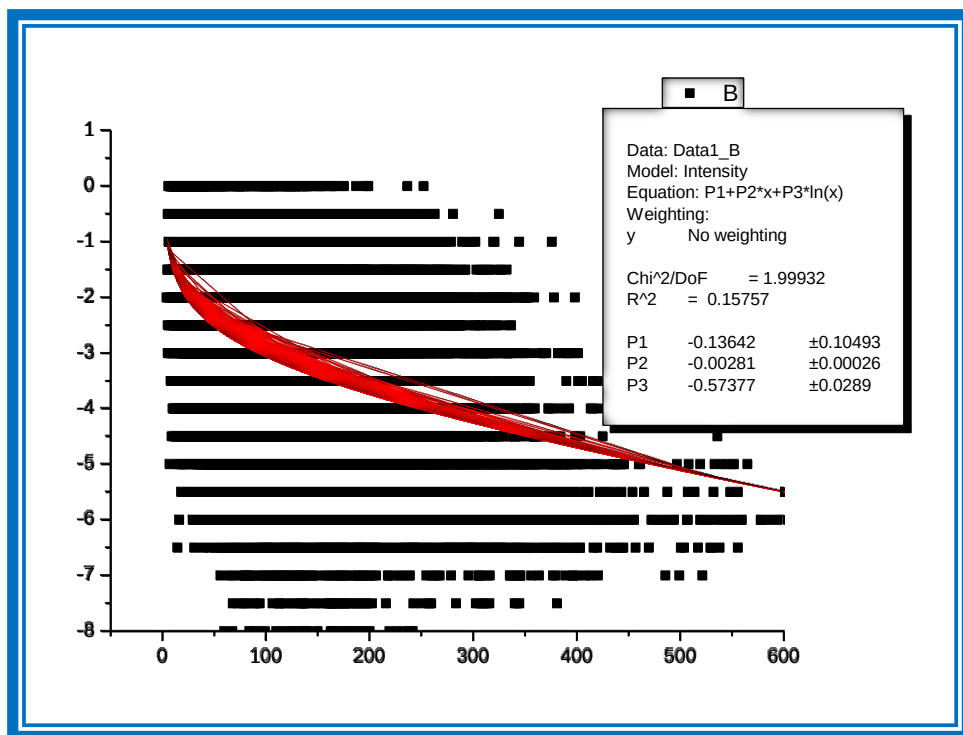
B. Επιφανείας-Βάθους

I. Σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.

Οι παρατηρήσεις που επεξεργαστήκαμε ήταν 26.129 από 130 σεισμικά γεγονότα. Τα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζουν τις καμπύλες εξασθένησης για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. (βλέπε **Γράφημα 7-1** και **Γράφημα 7-2**).



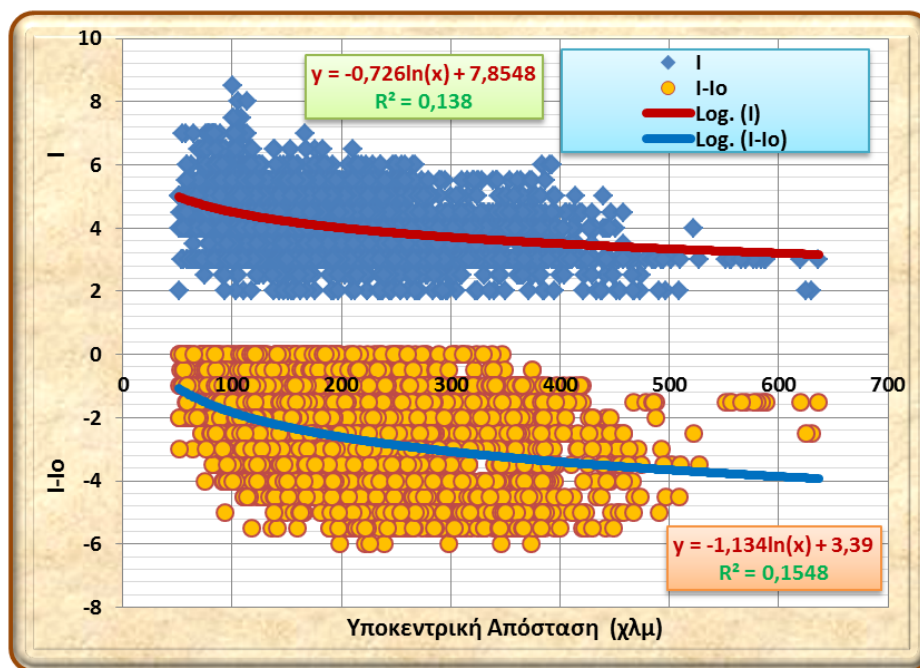
Γράφημα 7-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $0 < d \leq 40$ χλμ. .



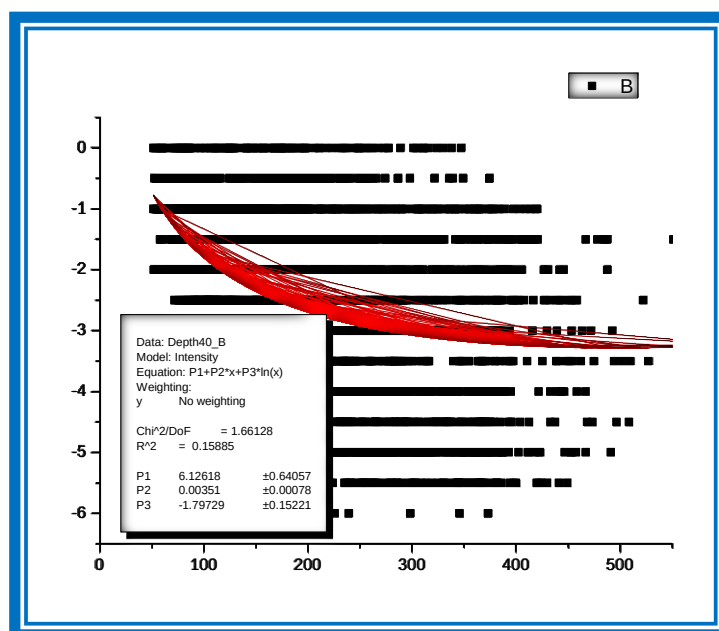
Γράφημα 7-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $0 < d \leq 40$ χλμ..

II. Σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ.

Οι παρατηρήσεις που επεξεργαστήκαμε ήταν 4.180 από 21 σεισμούς. Τα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζουν τις καμπύλες εξασθένησης για τους σεισμούς με εστιακό βάθος > 40 χλμ. (βλέπε **Γράφημα 7-3** και **Γράφημα 7-4**).



Γράφημα 7-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $d > 40$ χλμ..



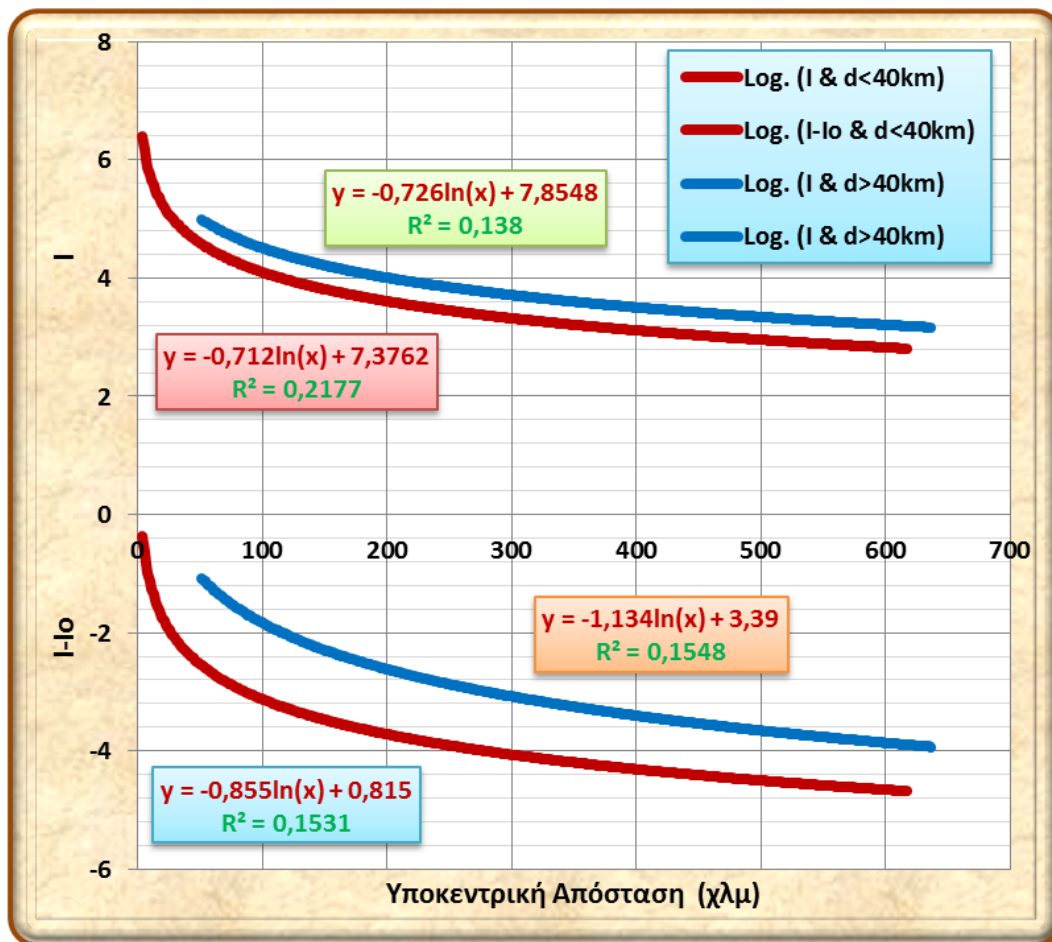
Γράφημα 7-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $d > 40$ χλμ..

III. Συνολικά

Συνολικά θα έχουμε τους παρακάτω συντελεστές του Πίνακας 7-1, ενώ το Γράφημα 7-5 μας παρουσιάζει την σύγκριση των καμπυλών.

Πίνακας 7-1: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για μεταβολή του εστιακού βάθους άνω ή κάτω από τα 40 χλμ..

Εστιακό Βάθος	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$			$I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$			
	a	b	R ²	a	b	R ²	P ₁	P ₂	P ₃	R ²
≤ 40 χλμ.	-0,712	7,3762	0,2177	-0,855	0,815	0,1531	-0,13642	-0,00281	-0,57377	0,15757
> 40 χλμ.	-0,726	7,8548	0,138	-1,134	3,39	0,1548	6,12618	0,00351	-1,79729	0,15885



Γράφημα 7-5: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών διαφορετικού εστιακού βάθους άνω ή κάτω από τα 40 χλμ..

Παρατηρούμε ότι οι παράμετροι έχουν όλες αρνητικές τιμές για την παράμετρο a , γεγονός που θα φθίνει τις καμπύλες με λογαριθμικό τρόπο. Οι συντελεστές συσχέτισης έχουν πάρα πολύ μικρές τιμές, γεγονός που φανερώνει την κακή διασπορά των δεδομένων. Επίσης, οι τιμές του συντελεστή P_2 είναι ελάχιστες, γεγονός που φανερώνει και την συμμετοχή τους στη καμπύλη.

Από το **γράφημα α** μπορούμε να διακρίνουμε τις αντιπροσωπευτικές αναμενόμενες υποκεντρικές αποστάσεις πάνω από τις οποίες επιφανειακοί σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και σεισμοί ενδιάμεσου βάθους > 40 χλμ. γίνονται αισθητοί.

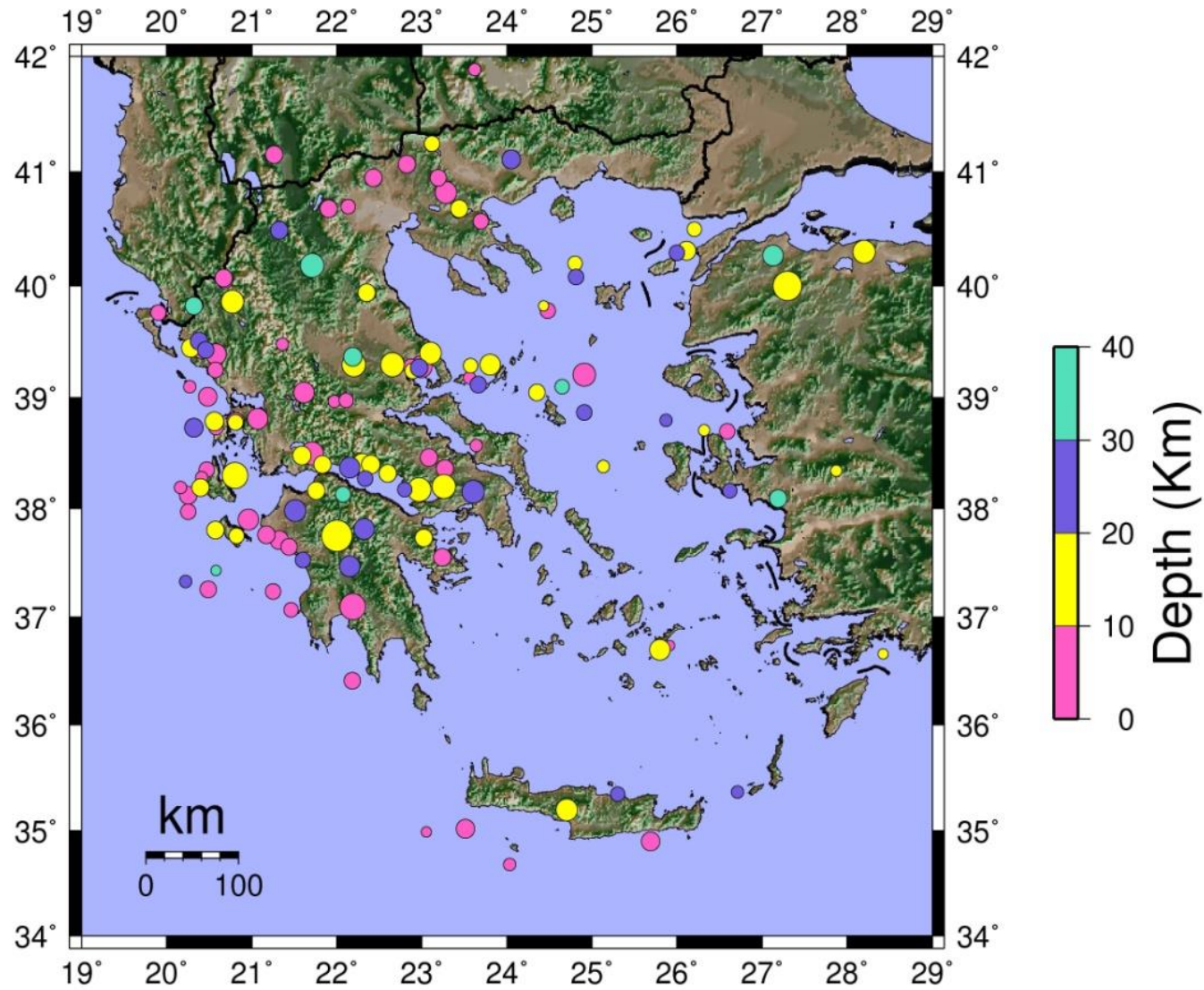
Είναι φανερό ότι η επίδραση του εστιακού βάθους, είναι πολύ σημαντική στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα ενός σεισμού. Οι 4 καμπύλες παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη φθίνουσα μορφή με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης, χωρίς μάλιστα να τέμνονται πουθενά μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις δίνουν καθαρές απαντήσεις στο θέμα του εστιακού βάθους. Οι επιφανειακοί σεισμοί αρχίζουν να προκαλούν βλάβες σε μικρότερες υποκεντρικές αποστάσεις από ότι οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ.. Αυτό είναι λογικό, αφού η σεισμική ενέργεια φθάνει γρηγορότερα στην επιφάνεια και τα σεισμικά κύματα έχουν υποστεί μικρότερη γεωμετρική εξασθένηση και απόσβεση. Οι βλάβες αυτές των επιφανειακών σεισμών είναι εντονότερες καθώς λαμβάνουν υψηλότερες τιμές έντασης στην επικεντρική περιοχή. Παρουσιάζουν όμως, μια πιο απότομη ελάττωση όταν βρισκόμαστε έξω από την πλειόσειστο περιοχή και ακολουθούν το μοτίβο της καμπύλης των βαθύτερων σεισμών. Επομένως, οι επιφανειακοί σεισμοί παρουσιάζουν μεγαλύτερες μεταβολές της έντασης μεταξύ πλειόσειστης περιοχής και μακροσεισμικής επιφάνειας. Δεν πρέπει να λησμονούμε ότι οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ. θα πρέπει να εμφανίζουν στις καμπύλες μας μακροσεισμικά αποτελέσματα μετά τα 40 χλμ., αφού αναφερόμαστε στην υποκεντρική απόσταση και όχι στην επικεντρική.

Από την άλλη πλευρά όμως, οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ. γίνονται πιο αισθητοί σε μεγαλύτερες αποστάσεις και με μεγαλύτερες τιμές έντασης από τους επιφανειακούς σεισμούς στην ίδια υποκεντρική απόσταση. Αυτό σημαίνει ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιφάνεια βλαβών και μεγαλύτερη αισθητότητα καθώς η σεισμική ενέργεια διαχέεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Για το **γράφημα β** όπου απεικονίζονται οι μεταβολές της έντασης με την υποκεντρική απόσταση παρατηρούμε ότι οι καμπύλες παρουσιάζουν μια επίσης ομοιόμορφη κατανομή. Η διαφορά $I-I_0$ λαμβάνει τις μεγαλύτερες διαφορές της σε απόλυτη τιμή όσο περισσότερο αυξάνεται η υποκεντρική απόσταση. Οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 40 χλμ. παρουσιάζουν μικρότερες μεταβολές έντασης μεταξύ πλειόσειστης περιοχής και μακροσεισμικής επιφάνειας. Η επιφάνεια της αισθητότητας τους όμως είναι μεγαλύτερη από ότι στους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.

C. Μεταβολή του βάθους για τους σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ.

Ο αριθμός των παρατηρήσεων που επεξεργαστήκαμε ήταν 26.129 για 130 σεισμικά γεγονότα της περιόδου 1953-2013. Θα δημιουργηθούν 4 ομαδοποιήσεις δεδομένων με παρατηρήσεις από σεισμούς ανά 10 χλμ. μεταβολής του εστιακού βάθους. Οι παρακάτω Πίνακες και τα Γραφήματα θα μας δώσουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να συγκρίνουμε στο τέλος τις καμπύλες εξασθένησης και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας μας.



Εικόνα 7-1: Χάρτης του ευρύτερου Ελληνικού χώρου με τον εντοπισμό των 130 σεισμών του καταλόγου του Ε.Α.Α.-Γ.Ι. της περιόδου 1953-2013 για τους οποίους υπάρχουν Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις ανά μεταβολή 10 χλμ. εστιακού βάθους.

I. 0-10

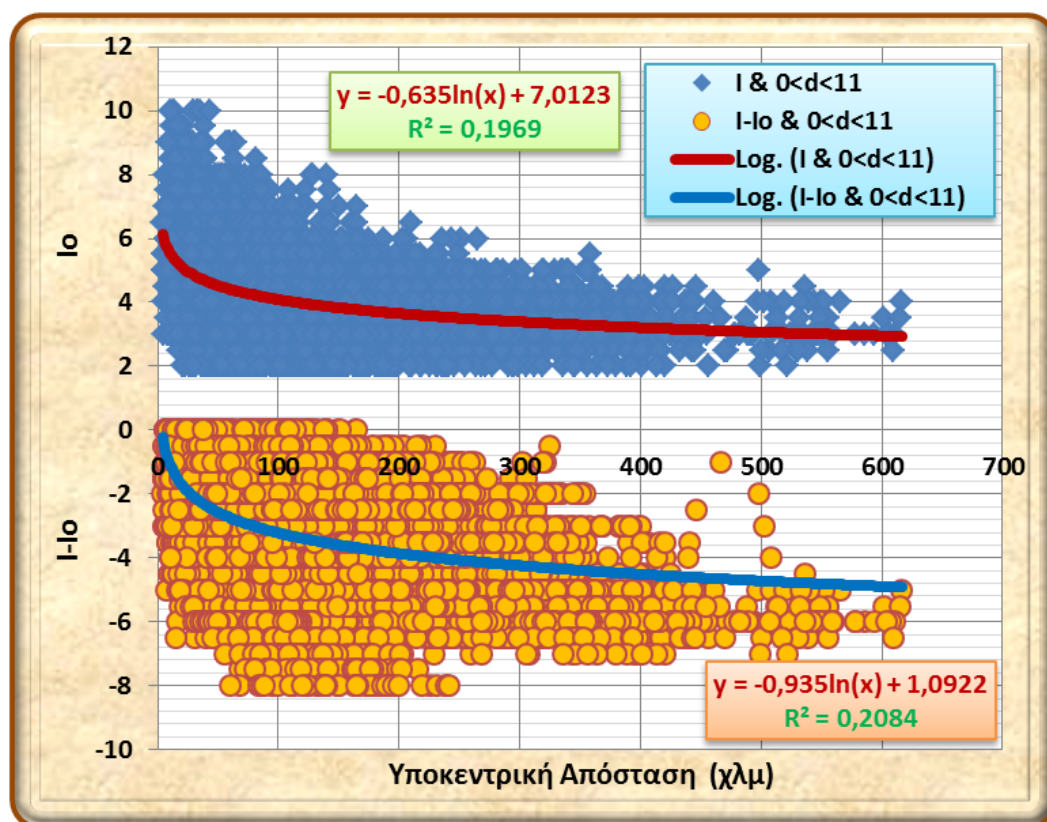
Οι παρατηρήσεις που επεξεργαστήκαμε ήταν 14.634 από 78 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 7-2: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος ≤ 10 χλμ..

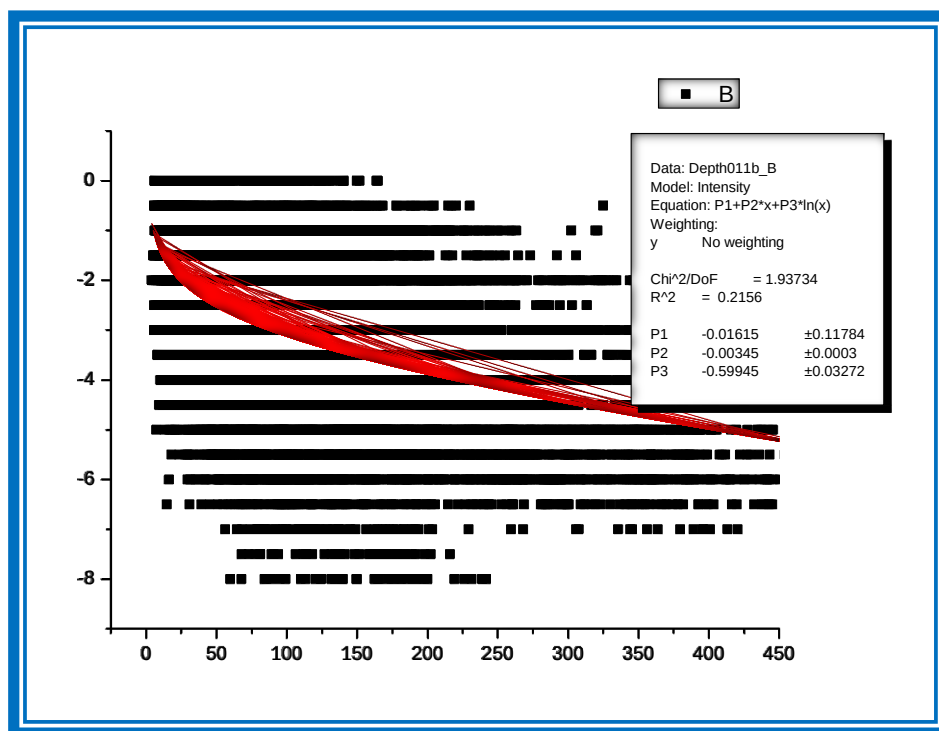
Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Βάθος	Μέγεθος	I_0
1953	MAR	18	40.00	27.30	10	6,5	9,5
1953	AUG	12	38.30	20.80	10	6,7	10
1954	APR	30	39.30	22.20	10	6,4	9,5
1955	APR	19	39.40	23.10	10	5,5	8,5
1956	JUL	9	36.70	25.80	10	7,0	8
1957	MAR	8	39.30	22.65	10	6,3	9,5
1959	MAY	14	35.20	24.70	10	5,8	8,5
1959	NOV	15	37.80	20.57	10	6,2	7
1964	OCT	6	40.30	28.20	10	6,0	9
1965	MAR	9	39.30	23.80	10	5,4	8
1965	MAR	31	38.40	22.30	10	6,0	8,5
1965	APR	5	37.75	22.00	10	5,6	10
1965	JUL	6	38.40	22.40	10	5,7	7,5
1965	AUG	23	40.50	26.20	10	5,0	5,5
1965	DEC	20	40.20	24.80	10	4,7	5,5
1966	JAN	2	37.73	23.02	10	4,7	7
1966	FEB	5	39.05	21.61	5	5,9	8
1966	OCT	29	38.81	21.07	5	5,5	8
1968	FEB	19	39.21	24.91	5	6,7	9
1968	JUL	4	37.55	23.24	5	5,0	7
1970	MAR	28	39.16	29.42	10	7,1	9
1972	MAY	8	41.89	23.62	5	5,1	5
1972	AUG	12	41.07	22.82	5	4,4	7
1972	SEP	17	38.12	20.25	5	5,9	7
1972	OCT	30	38.19	20.16	7	5,2	5
1972	DEC	5	39.18	23.56	6	4,5	5
1973	JAN	10	37.71	21.32	5	4,7	7,5
1973	MAR	6	38.57	23.64	5	3,9	5

1973	JUL	14	37.76	21.17	5	5,1	7
1973	NOV	29	35.02	23.51	5	5,5	7,5
1974	JUL	9	36.32	29.17	5	5,1	4,5
1974	NOV	14	38.46	23.08	5	4,7	7
1975	DEC	31	38.50	21.71	5	5,0	9
1977	SEP	11	34.99	23.05	5	5,9	4
1978	JAN	29	34.90	25.69	5	5,3	7,5
1978	APR	27	38.97	21.97	5	4,4	5
1978	MAY	23	40.68	23.44	10	5,5	7
1978	JUN	20	40.82	23.28	4	6,1	8,5
1978	JUL	4	40.95	23.19	5	4,8	6,5
1979	FEB	16	36.74	25.91	5	5,0	4
1979	APR	15	42.06	19.14	10	6,6	9
1979	JUN	14	38.70	26.59	7	5,5	6
1979	JUN	15	34.68	24.03	5	5,1	5
1979	AUG	31	40.65	23.42	5	4,3	5
1979	NOV	6	39.39	20.58	5	4,9	8
1979	NOV	11	39.43	20.41	5	4,7	7
1980	FEB	28	38.36	23.27	5	4,3	7
1980	JUL	9	39.28	22.99	5	6,3	8,5
1980	AUG	11	39.28	22.87	7	4,8	6
1982	JAN	18	39.78	24.48	5	6,3	6
1983	JAN	17	37.97	20.25	9	6,2	6
1983	MAR	16	38.79	20.81	9	5,0	7
1983	MAR	23	38.78	20.81	10	4,9	6
1983	MAR	23	38.19	20.40	10	5,7	7
1984	JUL	9	40.68	21.90	5	4,9	7
1985	AUG	31	39.01	20.48	5	4,8	7,5
1985	SEP	7	37.24	21.25	5	5,2	6
1986	FEB	18	40.70	22.13	5	4,6	5,5
1986	SEP	13	37.10	22.19	5	5,5	10
1986	DEC	17	39.76	19.90	5	5,1	6
1988	MAY	18	38.35	20.47	5	5,3	6
1988	OCT	16	37.90	20.96	4	5,5	8
1989	SEP	19	39.48	21.36	5	4,5	5
1990	DEC	21	40.95	22.43	5	5,4	7

1992	JAN	23	38.28	20.41	5	5,0	5
1993	MAR	5	37.07	21.46	5	5,3	5,5
1993	MAR	26	37.65	21.44	5	5,0	6,5
1993	JUN	13	39.25	20.57	5	5,4	6
1994	FEB	25	38.73	20.58	5	5,3	5,5
1994	SEP	1	41.15	21.26	5	5,9	7
1995	MAY	4	40.57	23.69	7	5,0	6
1996	JUL	26	40.05	20.68	5	4,9	6,5
1996	AUG	5	40.07	20.67	5	5,2	7
1997	OCT	13	36.41	22.18	6	5,6	6,5
1997	OCT	21	38.98	22.11	5	4,2	5,5
1997	NOV	5	38.34	22.31	5	4,9	5,5
1997	NOV	12	39.10	20.27	5	4,8	5
1997	NOV	18	37.26	20.49	5	6,1	6,5



Γράφημα 7-6: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος ≤ 10 χλμ..



Γράφημα 7-7: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος ≤ 10 χλμ..

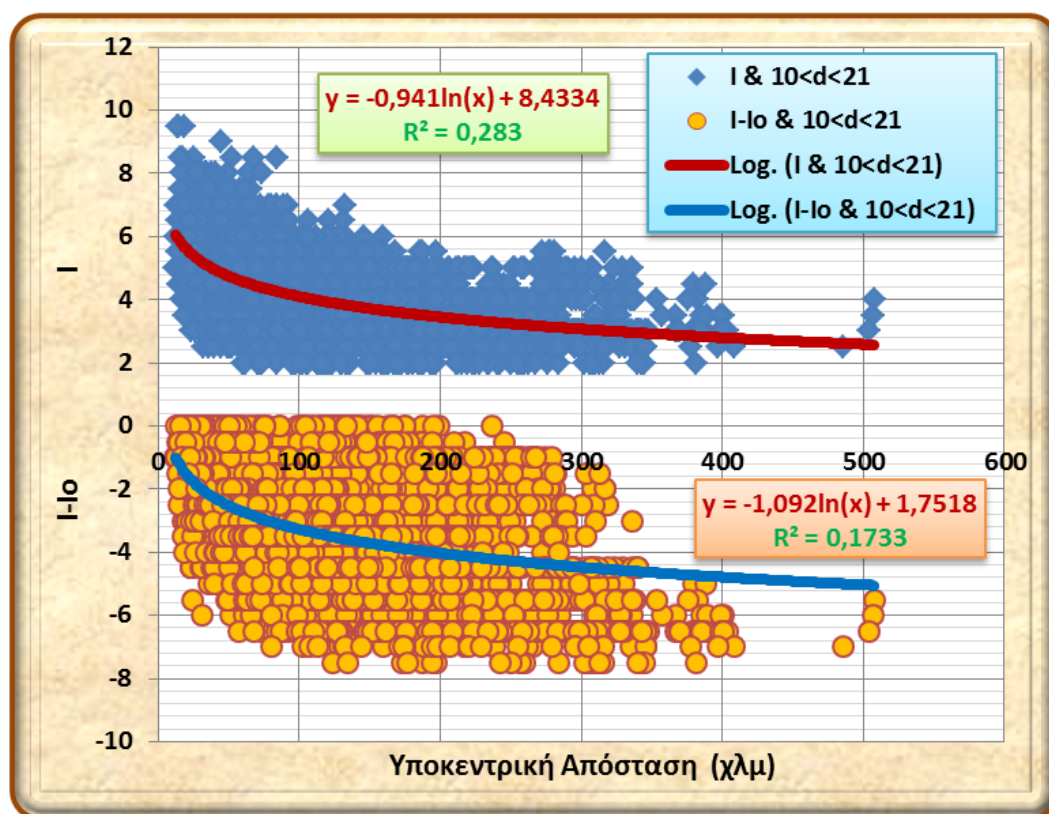
II. 11-20

Οι παρατηρήσεις που επεξεργαστήκαμε ήταν 5.519 από 26 σεισμούς.

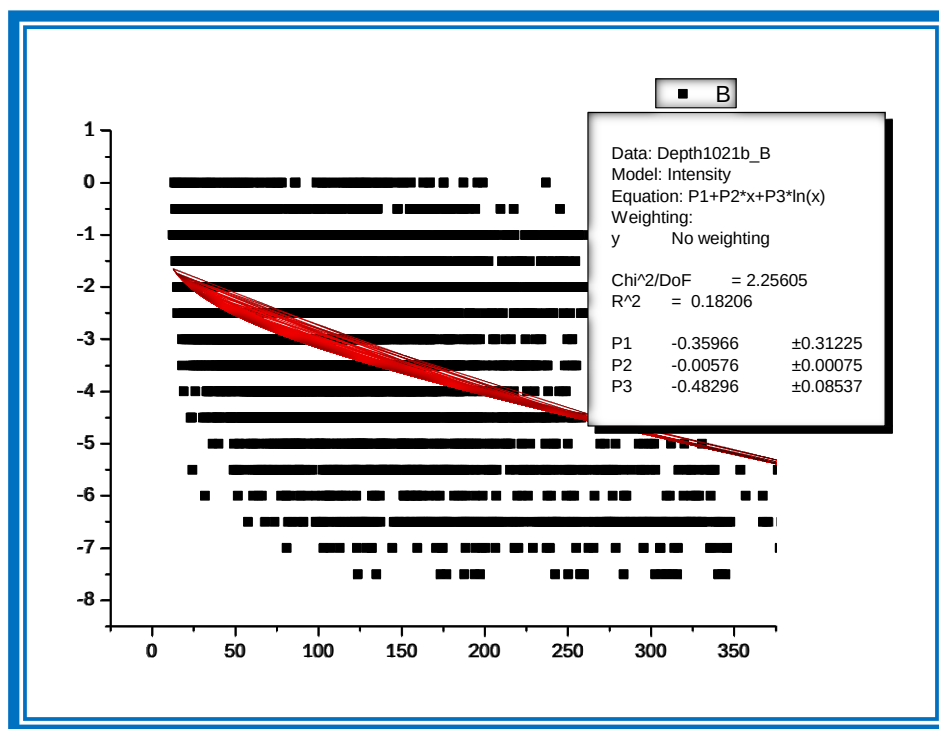
Πίνακας 7-3: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $11 < d \leq 20$ χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Βάθος	Μέγεθος	I_0
1967	JAN	4	38.40	21.83	16	4,9	7
1967	MAY	1	39.86	20.77	17	5,9	9
1968	MAR	28	37.75	20.82	12	5,6	6
1970	APR	8	38.32	22.60	19	5,3	7
1973	NOV	4	38.73	20.32	20	5,5	7,5
1974	JUN	22	41.25	23.12	12	4,6	6
1975	MAR	27	40.31	26.11	16	5,6	7,5
1975	JUN	30	38.48	21.59	17	4,9	7,5
1976	MAY	11	37.33	20.22	20	5,3	5
1977	FEB	24	38.34	27.87	11	5,0	4,5
1977	MAY	13	39.12	23.66	20	4,7	6,5

1979	JUL	23	35.37	26.71	20	5,1	5
1981	FEB	24	38.17	22.97	14	6,3	9,5
1981	MAR	4	38.20	23.26	14	5,8	9,5
1981	MAR	10	39.45	20.28	17	5,4	7,5
1984	OCT	25	40.49	21.32	20	5,1	7
1985	APR	30	39.24	22.89	13	5,3	6
1986	MAR	25	38.38	25.13	16	5,2	5
1989	MAR	19	39.29	23.57	13	5,3	5,5
1992	JUL	23	39.82	24.43	19	5,0	4
1993	JUL	14	38.16	21.76	13	5,1	7
1993	AUG	26	36.66	28.42	17	5,2	4
1994	MAY	24	38.71	26.32	12	5,6	4,5
2001	JUL	26	39.05	24.35	19	5,3	6,5
2003	JUN	9	39.94	22.35	18	5,0	7
2003	AUG	14	38.79	20.56	12	5,9	7,5



Γράφημα 7-8: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $11 < d \leq 20$ χλμ..



Γράφημα 7-9: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $11 < d \leq 20$ χλμ..

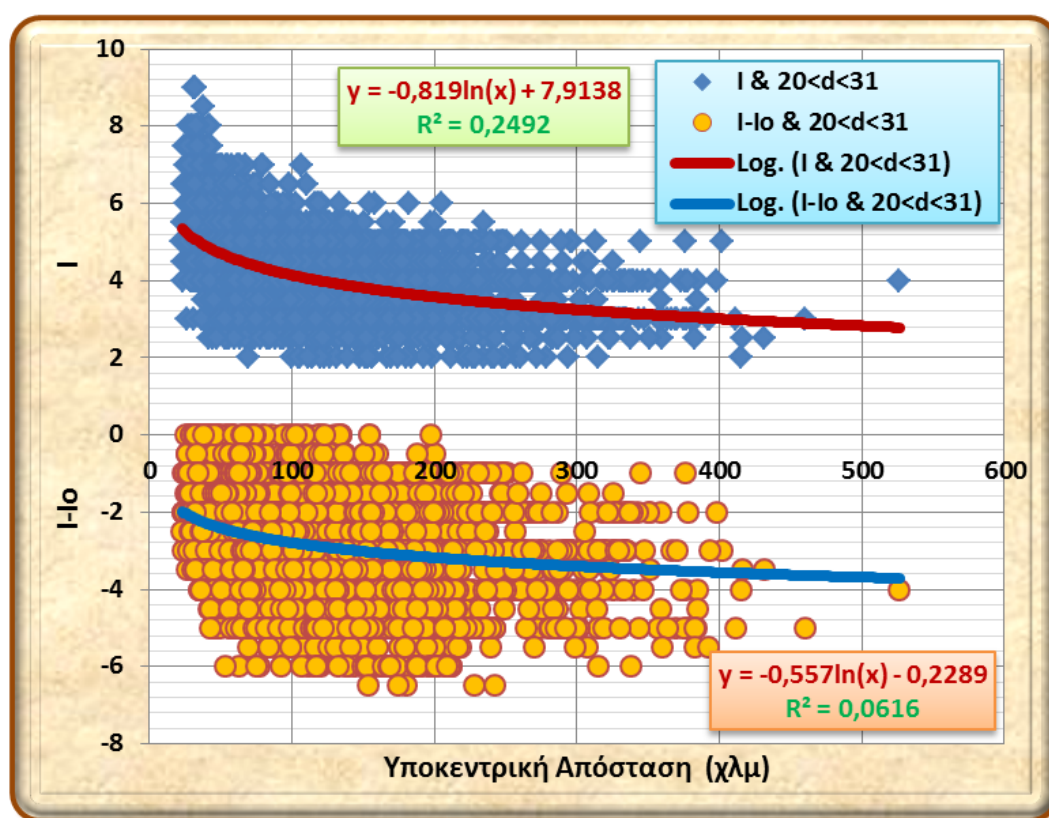
III. 21-30

Οι παρατηρήσεις που επεξεργαστήκαμε ήταν 4.516 από 19 σεισμούς.

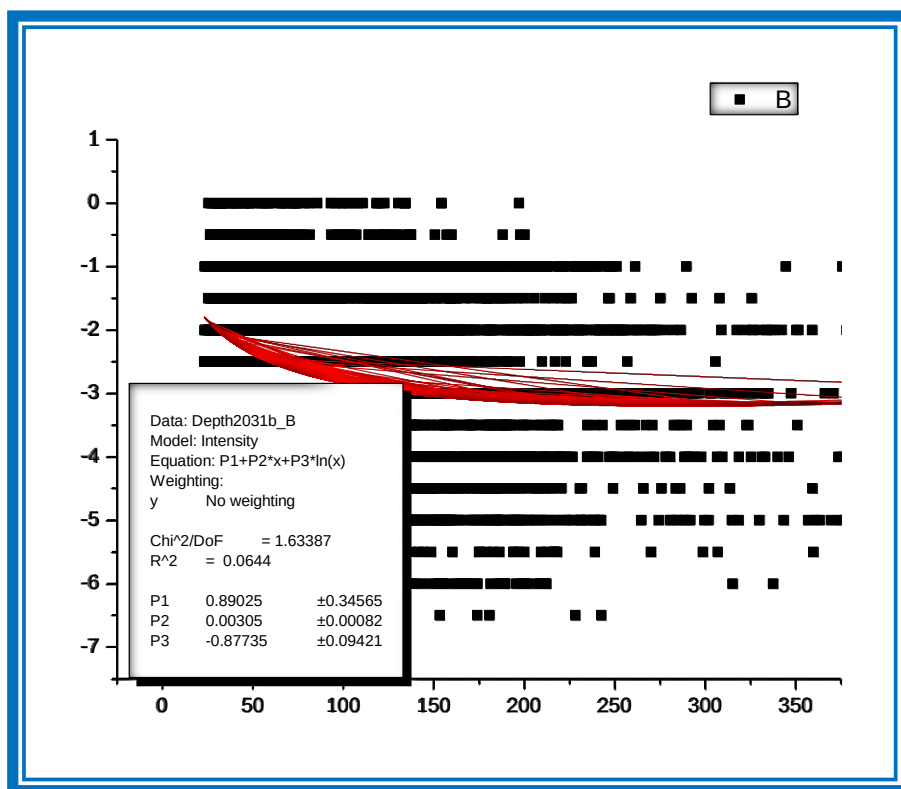
Πίνακας 7-4: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $21 < d \leq 30$ χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Βάθος	Μέγεθος	I_0
1966	SEP	1	37.47	22.15	26	5,4	8
1967	FEB	9	39.43	20.46	25	5,3	6,5
1972	SEP	13	37.81	22.32	29	5,4	8
1972	NOV	24	39.51	20.38	23	5,2	7
1975	JAN	8	38.17	22.80	25	4,7	5,5
1975	MAR	17	40.29	26.00	26	5,1	5
1980	JUL	10	39.27	22.97	22	5,0	7
1981	DEC	27	38.87	24.91	25	5,9	6
1983	MAR	19	35.35	25.30	28	5,2	5,5

1983	AUG	6	40.08	24.81	22	6,6	6
1985	NOV	9	41.11	24.05	23	5,1	7,5
1987	MAY	29	37.53	21.60	29	5,0	6
1992	NOV	18	38.27	22.33	23	5,2	6
1994	APR	16	37.43	20.58	30	5,3	4
1995	JUN	15	38.37	22.15	26	5,6	8
1997	NOV	14	38.80	25.87	25	5,4	5
1999	SEP	7	38.15	23.60	29	5,4	9
2005	OCT	20	38.16	26.62	25	5,6	5,5
2008	JUN	8	37.98	21.51	25	6,5	8,5



Γράφημα 7-10: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $21 < d \leq 30$ χλμ..



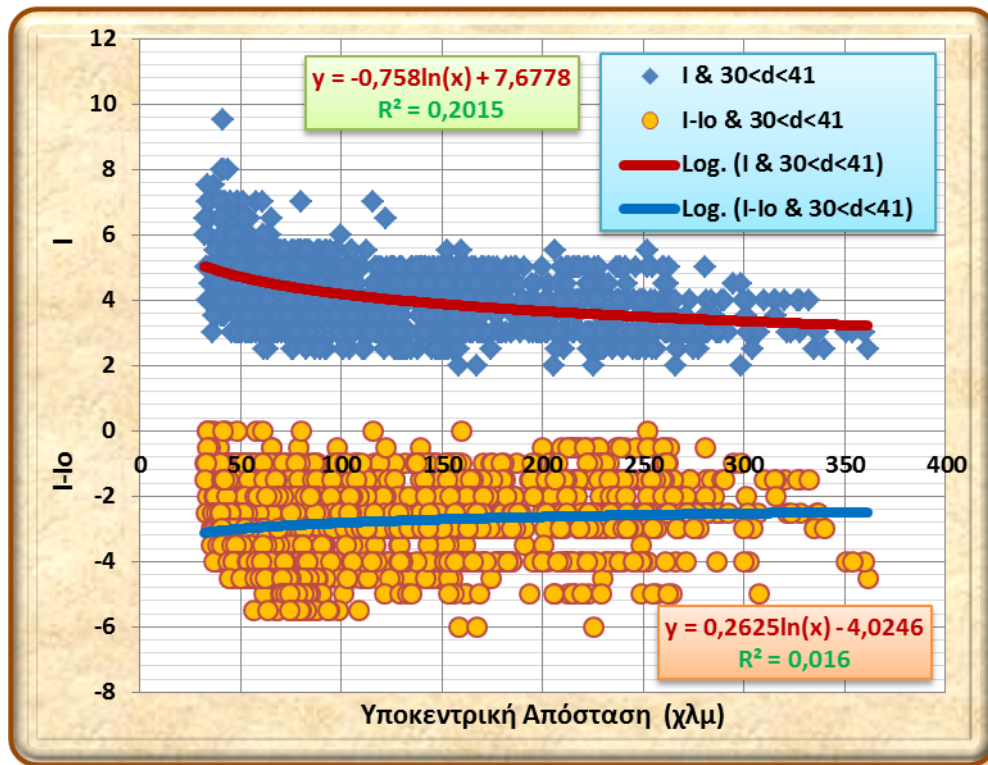
Γράφημα 7-11: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $21 < d \leq 30$ χλμ..

IV. 31-40

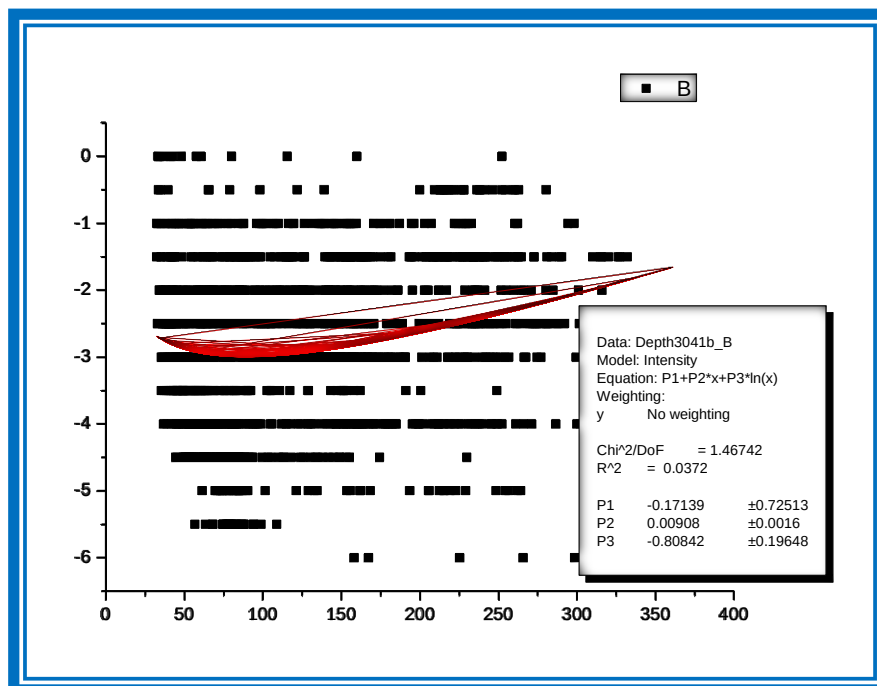
Οι παρατηρήσεις που επεξεργαστήκαμε ήταν 1.460 από 7 σεισμούς.

Πίνακας 7-5: Οι σεισμοί της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $31 < d \leq 40$ χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Βάθος	Μέγεθος	I_0
1967	MAR	4	39.10	24.65	35	6,3	5,5
1969	OCT	13	39.82	20.32	38	5,7	7
1975	APR	4	38.13	22.07	33	5,2	6
1976	FEB	22	39.37	22.19	32	4,6	7,5
1983	JUL	5	40.27	27.13	35	5,9	8
1992	NOV	6	38.09	27.19	39	5,7	7
1995	MAY	13	40.18	21.71	39	6,1	9,5



Γράφημα 7-12: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $31 < d \leq 40$ χλμ..



Γράφημα 7-13: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών της περιόδου 1953-2013 με υποκεντρικό βάθος $31 < d \leq 40$ χλμ..

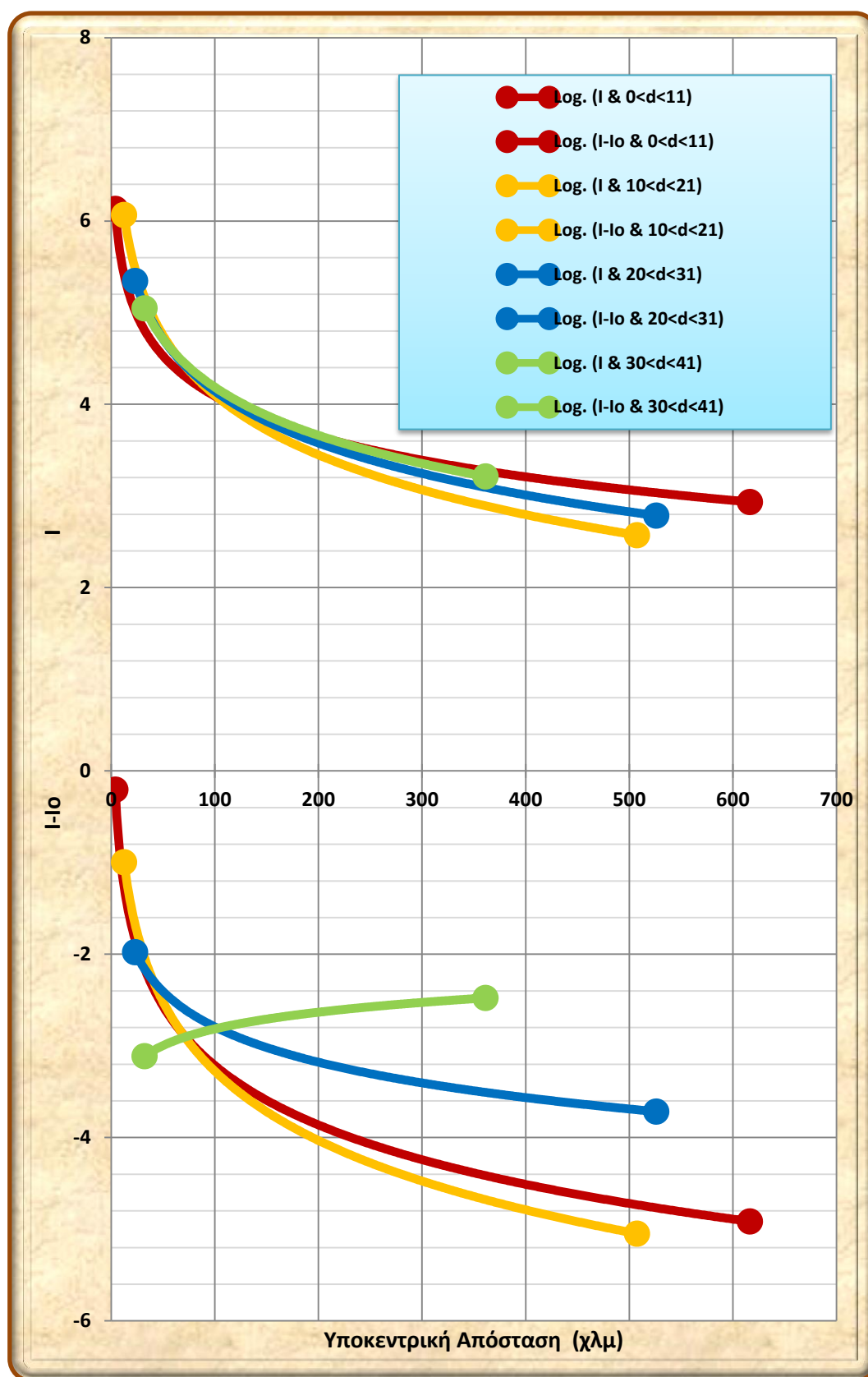
D. Συνολικά για την μεταβολή του βάθους ανά 10 χλμ. μέχρι τα 40 χλμ.

Ο παρακάτω Πίνακας και το συγκριτικό Γράφημα παρουσιάζουν τα συνολικά αποτελέσματα της επεξεργασίας ομαδοποίησης των μακροσεισμικών παρατηρήσεων σύμφωνα με σεισμικά γεγονότα με μεταβολή του εστιακού βάθους ανά 10 χλμ. μέχρι τα 40 χλμ..

Πίνακας 7-6: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για μεταβολή του εστιακού βάθους ανά 10 χλμ. μέχρι τα 40 χλμ..

Εστιακό Βάθος (χλμ.)	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$			$I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$			
	a	b	R ²	a	b	R ²	P ₁	P ₂	P ₃	R ²
≥ 10	-0,635	7,0123	0,1969	-0,935	1,0922	0,2084	-0,01615	-0,00345	-0,59945	0,2156
≥ 20	-0,941	8,4334	0,283	-1,092	1,7518	0,1733	-0,35966	-0,00576	-0,48296	0,18206
≥ 30	-0,819	7,9138	0,2492	-0,557	-0,2289	0,0616	0,89025	0,00305	-0,87735	0,0644
≥ 40	-0,758	7,6778	0,2015	0,2625	-4,0246	0,016	-0,17139	0,00908	-0,80842	0,0372

Παρατηρούμε ότι οι τιμές όλων των παραμέτρων έχουν, εκτός από μια, αρνητικές τιμές για την παράμετρο a. Αυτό υποδηλώνει ότι η μορφή των καμπυλών εξασθένησης φθίνει τις με λογαριθμικό τρόπο. Οι τιμές της παραμέτρου b παρουσιάζει θετικές αλλά και αρνητικές τιμές. Οι συντελεστές συσχέτισης έχουν πάρα πολύ μικρές τιμές, γεγονός που φανερώνει την πολύ κακή διασπορά των δεδομένων.



Γράφημα 7-14: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών διαφορετικού εστιακού βάθους ανά 10 χλμ. μέχρι τα 40 χλμ..

Από το **γράφημα α** μπορούμε να διακρίνουμε τις αντιπροσωπευτικές αναμενόμενες υποκεντρικές αποστάσεις πάνω από τις οποίες οι επιφανειακοί σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και με διαφοροποίηση ανά 10 χλμ. γίνονται αισθητοί. Τα αποτελέσματα μας δεν εμφανίζουν μια διαφοροποίηση όπως είχαμε στην περίπτωση επιφανειακών σεισμών και ενδιαμέσου βάθους σεισμών > 40 χλμ.. Σε αυτή την περίπτωση όπου και οι 4 καμπύλες εξασθένησης της έντασης με την απόσταση σχεδόν ταυτίζονται, φαίνεται ότι η επίδραση της μεταβολής του εστιακού βάθους με διαφοροποίηση ανά 10 χλμ. δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα. Οι 4 καμπύλες παρουσιάζουν μια ταυτόμορφη ομοιόμορφη μείωση με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης, γεγονός που μεταβάλλεται όμως σε υποκεντρικές αποστάσεις μεγαλύτερες των 300 χλμ. καθώς εμφανίζεται ένας διαχωρισμός των καμπυλών εξασθένησης. Όσο μικρότερο είναι το εστιακό βάθος, τόσο γρηγορότερα αρχίζουν οι σεισμοί αυτοί να προκαλούν βλάβες στην επικεντρική περιοχή σε μικρότερες υποκεντρικές αποστάσεις από ότι οι σεισμοί με εστιακό βάθος 30-40 χλμ.. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση αυτό είναι λογικό, αφού η σεισμική ενέργεια φθάνει γρηγορότερα στην επιφάνεια και τα σεισμικά κύματα έχουν υποστεί μικρότερη γεωμετρική εξασθένηση και απόσβεση. Οι βλάβες των επιφανειακότερων σεισμών είναι εντονότερες από ότι των βαθύτερων υποκέντρων καθώς λαμβάνουν υψηλότερες τιμές έντασης στην επικεντρική περιοχή.

Εκτός όμως από αυτό, φαίνεται ότι οι επιφανειακότεροι σεισμοί γίνονται πιο αισθητοί σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τους λίγο βαθύτερους σεισμούς. Αυτό πιθανά να οφείλεται στα μεγαλύτερα μεγέθη που πιθανά να έχουν, για αυτό και η μεγαλύτερη απόσταση στην αισθητότητα τους. Δεν παρουσιάζεται όμως μεγάλη διαφοροποίηση στις τιμές της έντασης και για τις 4 κατηγορίες σε μεγάλες αποστάσεις από το επίκεντρο.

Για το **γράφημα β** όπου απεικονίζονται οι μεταβολές της έντασης με την υποκεντρική απόσταση παρατηρούμε ότι οι δυο καμπύλες των επιφανειακότερων υποκέντρων παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη κατανομή. Η καμπύλη της κλάσης των 30 χλμ. γενικά ακολουθεί την ομοιομορφία με τις μικρότερες τιμές μεταβολής της έντασης. Η διαφορά $I-I_0$ λαμβάνει τις μεγαλύτερες διαφορές της σε απόλυτη τιμή όσο περισσότερο αυξάνεται η υποκεντρική απόσταση. Επίσης, οι επιφανειακότεροι σεισμοί παρουσιάζουν μεγαλύτερες μεταβολές της έντασης μεταξύ πλειόσειστης περιοχής και μακροσεισμικής επιφάνειας.

Η καμπύλη με τις παρατηρήσεις των σεισμών με εστιακό βάθος μεταξύ 30-40 χλμ. παρουσιάζει μια ελαφρώς αυξητική τροχιά, δείχνοντας ότι οι μεταβολές της έντασης μειώνεται με την αύξηση της απόστασης. Πιθανά να έχουμε αλλοίωση των δεδομένων αφού έχουμε δυο μακρινούς σεισμούς στα δεδομένα μας, της 5^{ης} Ιουλίου 1983 με επίκεντρο την Επαρχία Canakkale της Τουρκίας και το σεισμό της 6^{ης} Νοεμβρίου 1992 με επίκεντρο την Σμύρνη της Ιωνίας.

Κεφάλαιο Όγδοο

8. Εξισώσεις Εξασθένησης για Σεισμικές Ζώνες του Ελληνικού Χώρου

A. Εισαγωγή

Σκοπός μας είναι να δημιουργήσουμε εξισώσεις εξασθένησης της έντασης με κριτήριο την συνάφεια των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων του Γ.Ι.-Ε.Α.Α. με ζώνες του Ελληνικού χώρου. Θα μοιράσουμε τον Ελληνικό χώρο και τις γειτνιάζουσες περιοχές σε ζώνες με κριτήριο σεισμολογικά, σεισμοτεκτονικά, γεωλογικά και γεωγραφικά. Στις ζώνες αυτές θα αναπροσαρμοσθούν τα μακροσεισμικά δεδομένα μας, ώστε να κατασκευάσουμε εξισώσεις εξασθένησης. Η επεξεργασία θα γίνει με δυο τρόπους:

- Θα επιλέξουμε *τα δεδομένα των σεισμών που έχουν επίκεντρο εντός του γεωγραφικού χώρου της ζώνης*, και
- Θα επιλέξουμε *τα δεδομένα των σεισμών που οι τοποθεσίες παρατήρησης εντοπίζονται μέσα στην γεωγραφική επιφάνεια της ζώνης*.

Η σεισμική ενέργεια που εκλύεται από κάποιο σεισμό μπορεί με δύο τρόπους να πλήξει μια τοποθεσία, είτε από κάποιο σεισμό στην εγγύς περιοχή, είτε από σεισμούς σε μια πιο απομακρυσμένη περιοχή. Συνήθως η πρώτη περίπτωση είναι η πιο επικίνδυνη, αλλά υπάρχουν και παραδείγματα που υπήρξαν μεγάλες καταστροφές από σεισμούς εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά. Ήταν όμως τέτοιες οι παράμετρες του σεισμού που τα σεισμικά κύματα συντονίστηκαν με τις ιδιοπεριόδους του κτιριακού αποθέματος της περιοχής την οποία έπληξαν με μανία. Τέτοιο παράδειγμα είναι ο **Σεισμός της Πόλης του Μεξικού την 19^η Σεπτεμβρίου 1985, Mw 8,3 R**, όπου οι τοπικές γεωλογικές συνθήκες έδρασης και το κτιριακό απόθεμα της πόλης του Μεξικό ήταν τέτοιες που ήταν πολύ ευάλωτες από σεισμικό κίνδυνο από μακριά.

B. Δημιουργία ζωνών

Μετά από πάρα πολύ ώριμη σκέψη ώστε να τμήσουμε τον ελληνικό χώρο με τέτοιο τρόπο ώστε τα κριτήρια μας να μην είναι απλά γεωγραφικά, αλλά να λαβαίνουμε υπόψη την σεισμικότητα, την σεισμοτεκτονική, την γεωλογία μιας περιοχής καταλήξαμε στις εξής ζώνες:

- *Ιόνια Νησιά,*
- *Κορινθιακός Κόλπος,*
- *Νότια Ελλάδα,*
- *Κεντρική Ελλάδα,*
- *Βόρεια Ελλάδα,*
- *Κρήτη,*
- *Δωδεκάνησα,*
- *Κυκλάδες Νήσοι,*
- *Αιγαίο Πέλαγος,*
- *Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας,*
- *Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M.,*
- *Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας,*
- *Δυτική Τουρκία,*
- *Αλβανία,*
- *Μεσόγειος Θάλασσα, και τέλος*
- *Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα.*

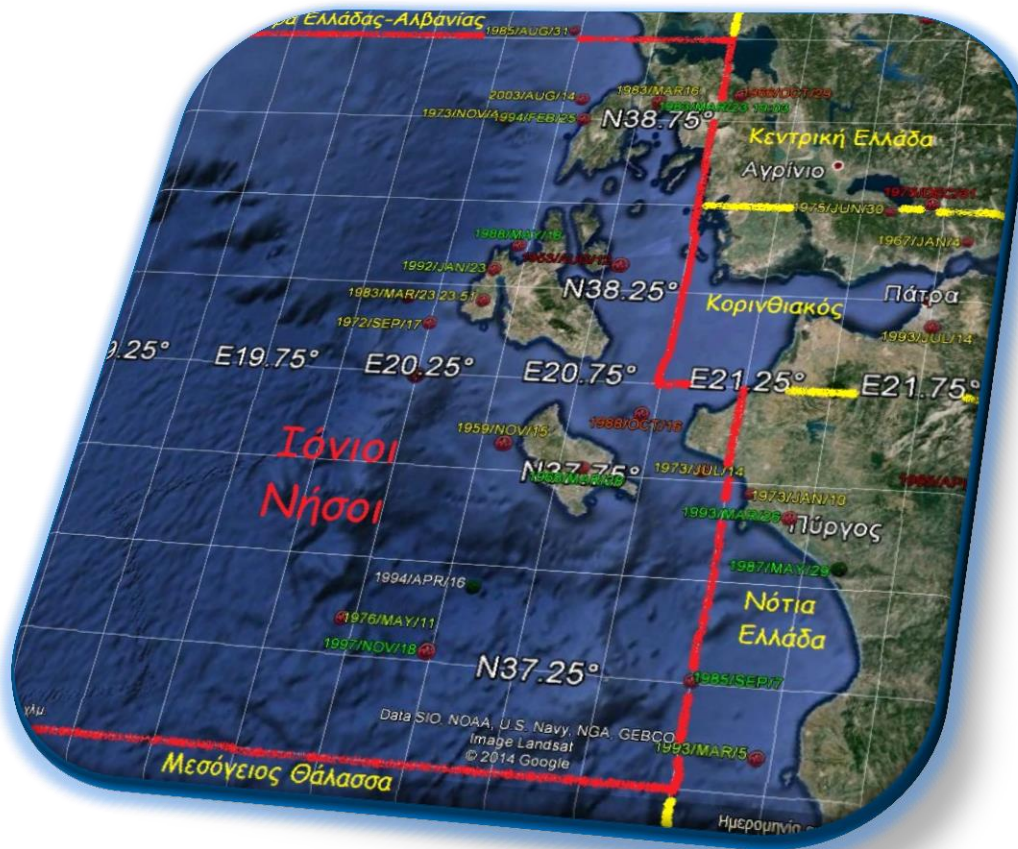
Οι ζώνες αυτές θα έχουν πολύπλοκα όρια συντεταγμένων για να εισάγουμε στη ζώνη που πρέπει τους ανάλογους σεισμογόνους χώρους.

Γ. Ζώνωση με κριτήριο τα σεισμικά επίκεντρα

Αρχικά θα εντοπίσουμε το πλήθος των σεισμικών γεγονότων από τους 130 επιφανειακούς σεισμούς για τους οποίους έχουμε παρατηρήσεις και που εντοπίζονται σε κάθε ζώνη. Στην συνέχεια θα ενοποιήσουμε τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις των σεισμών αυτών. Θα επεξεργασθούμε τα δεδομένα και θα καταλήξουμε στους παρακάτω, Πίνακες, Εικόνες και Γραφήματα που θα μας δώσουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να συγκρίνουμε στο τέλος τις καμπύλες εξασθένησης, τις καμπύλες μεταβολής της εξασθένησης και τις παραμέτρους τους.

Ι. Ιόνια Νησιά

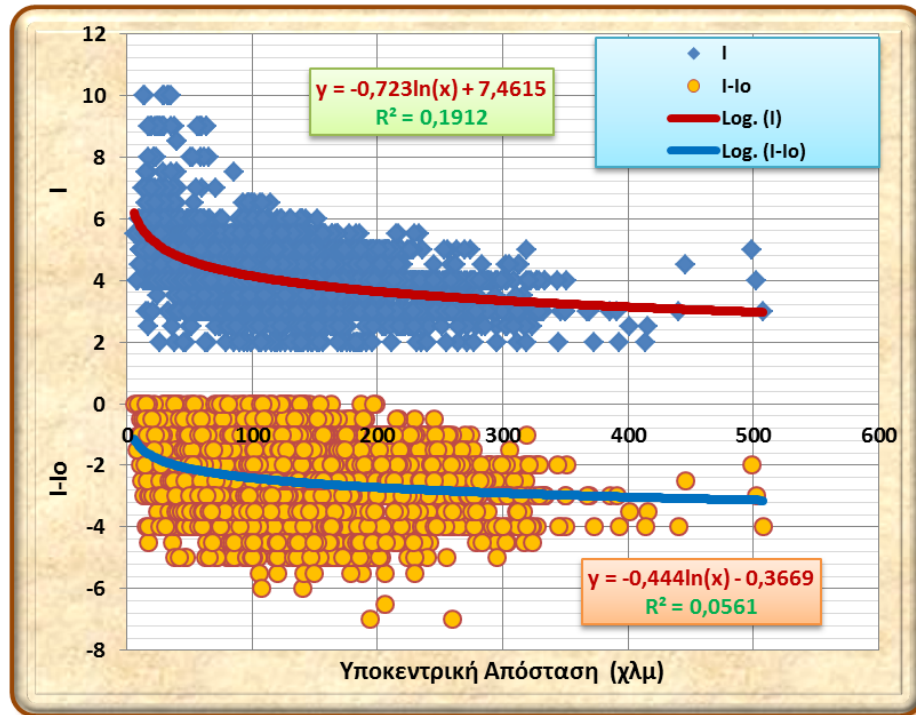
Τα μακροσεισμικά δεδομένα ήταν 3.541 από 19 σεισμικά γεγονότα.



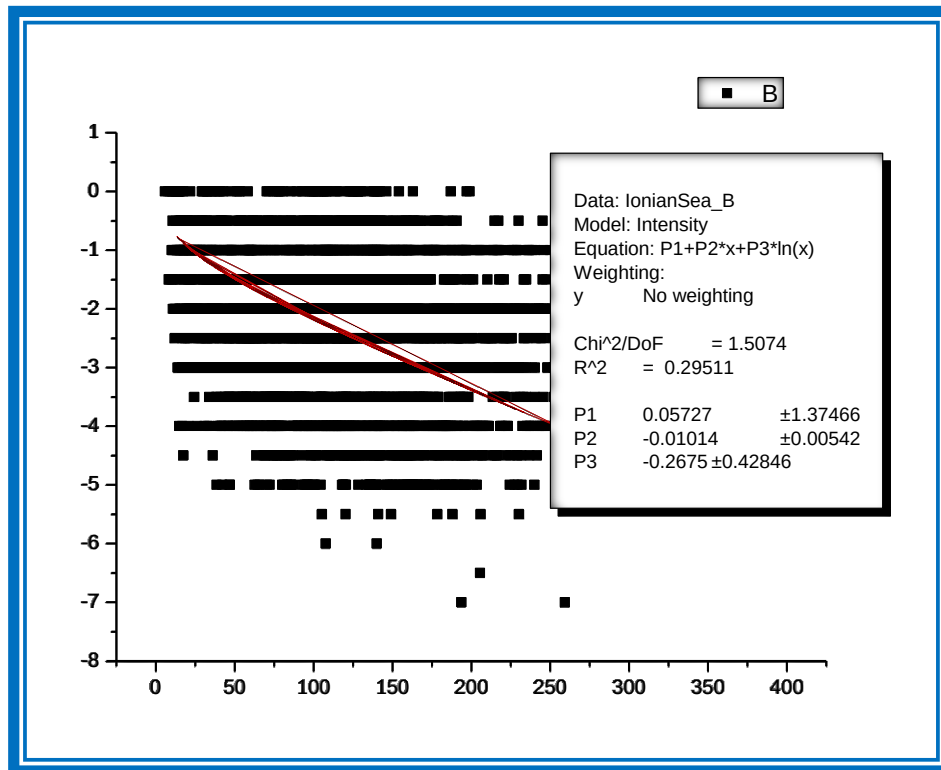
Εικόνα 8-1: Η ζώνη των Ιονίων Νήσων.

Πίνακας 8-1: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Ιονίων Νήσων.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1953	AUG	12	38.30	20.80	6,7	10	Κεφαλονιά-Ιθάκη	62
1959	NOV	15	37.80	20.57	6,2	7	Δυτικά Ζακύνθου	166
1968	MAR	28	37.75	20.82	5,6	6	Ζάκυνθος	169
1972	SEP	17	38.12	20.25	5,9	7	Δυτικά Κεφαλονιάς	306
1972	OCT	30	38.19	20.16	5,2	5	Δυτικά Κεφαλονιάς	88
1973	JUL	14	37.76	21.17	5,1	7	Α Νήσου Ζακύνθου	101
1973	NOV	4	38.73	20.32	5,5	7,5	Ιόνιο Πέλαγος Δ Λευκάδας	263
1976	MAY	11	37.33	20.22	5,3	5	Ιόνιο Πέλαγος	249
1983	JAN	17	37.97	20.25	6,2	6	ΝΔ Κεφαλλονιάς, ΒΔ Ζακύνθου	485
1983	MAR	16	38.79	20.81	5,0	7	Πάλαιρος	149
1983	MAR	23	38.78	20.81	4,9	6	Πάλαιρος	191
1983	MAR	23	38.19	20.40	5,7	7	Κεφαλονιά	278
1988	MAY	18	38.35	20.47	5,3	6	Κεφαλονιά	173
1988	OCT	16	37.90	20.96	5,5	8	Α Ζακύνθου	248
1992	JAN	23	38.28	20.41	5,0	5	Κεφαλονιά	73
1994	FEB	25	38.73	20.58	5,3	5,5	Λευκάδα	143
1994	APR	16	37.43	20.58	5,3	4	Ιόνιο Πέλαγος	59
1997	NOV	18	37.26	20.49	6,1	6,5	Ιόνιο Πέλαγος	157
2003	AUG	14	38.79	20.56	5,9	7,5	θαλ Δ Λευκάδας	181



Γράφημα 8-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Ιονίων Νήσων.



Γράφημα 8-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Ιονίων Νήσων.

II. Κορινθιακός Κόλπος

Επεξεργασθήκαμε 5.282 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 15 σεισμούς.

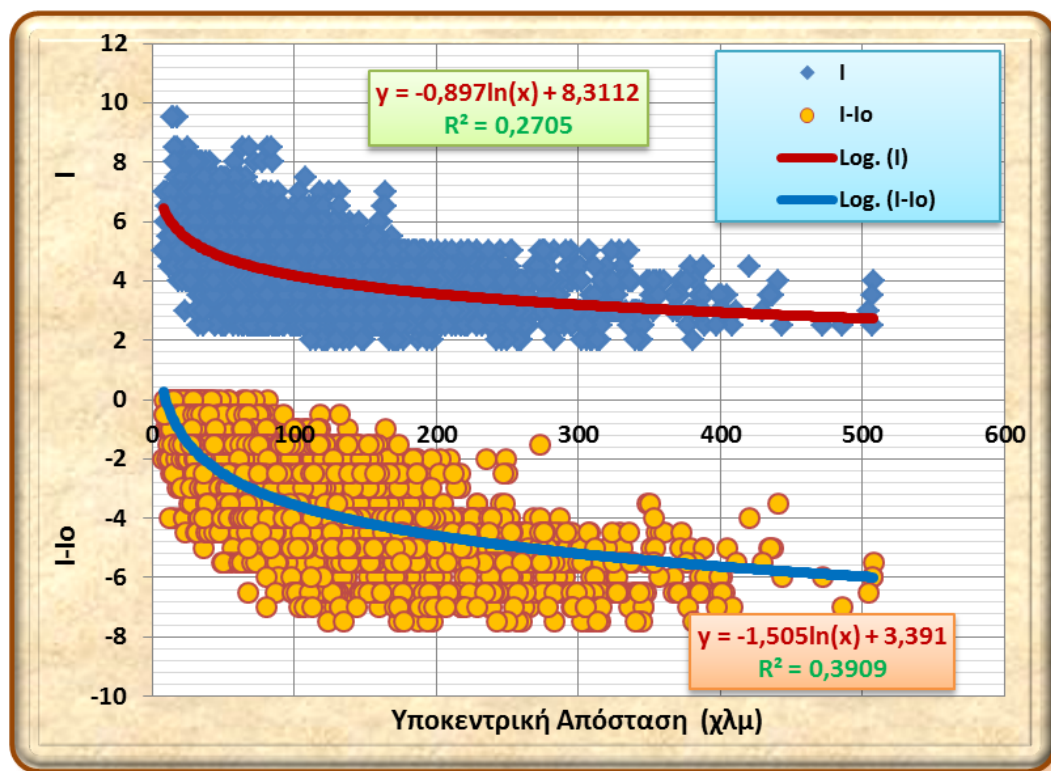


Εικόνα 8-2: Η ζώνη του Κορινθιακού Κόλπου.

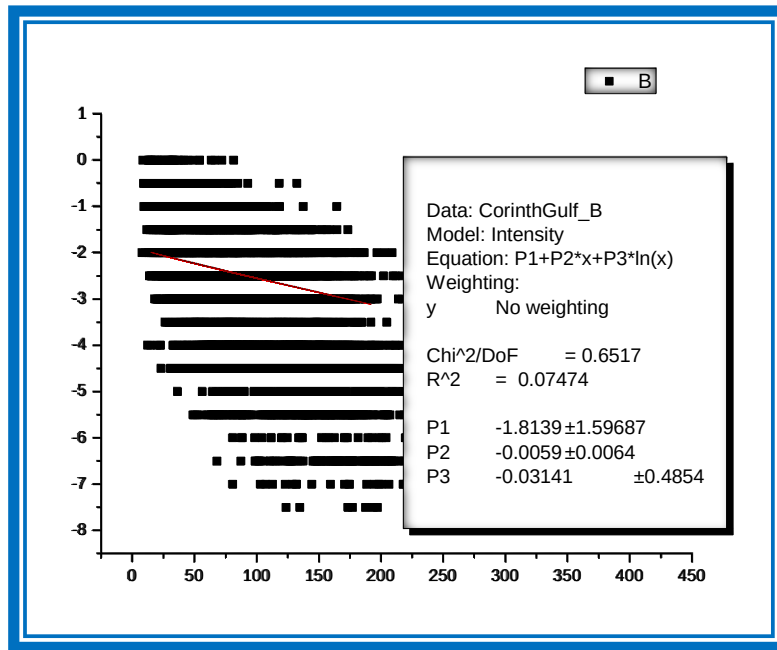
Πίνακας 8-2: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1965	MAR	31	38.40	22.30	6,0	8,5	Όρη Γαλαξειδίου	571
1965	JUL	6	38.40	22.40	5,7	7,5	Ιτέα-Γαλαξίδι	293
1967	JAN	4	38.40	21.83	4,9	7	Ναύπακτος	84
1970	APR	8	38.32	22.60	5,3	7	Κόλπος Αντίκυρας	399
1974	NOV	14	38.46	23.08	4,7	7	Ορχομενός-Αλιάρτος	219
1975	JAN	8	38.17	22.80	4,7	5,5	ανατολικός Κορινθιακός Κόλπος	264

1975	APR	4	38.13	22.07	5,2	6	Βόρεια Καλάβρυτα	238
1975	JUN	30	38.48	21.59	4,9	7,5	Τριχωνίδα	230
1980	FEB	28	38.36	23.27	4,3	7	Θήβα	249
1981	FEB	24	38.17	22.97	6,3	9,5	Αλκυονίδες	925
1981	MAR	4	38.20	23.26	5,8	9,5	Καπαρέλλι-Πλαταιές	484
1992	NOV	18	38.27	22.33	5,2	6	Κεντρικός Κορινθιακός Κόλπος	413
1993	JUL	14	38.16	21.76	5,1	7	Καλλιθέα Αχαΐας	243
1995	JUN	15	38.37	22.15	5,6	8	Αίγιο, Άγιος Σπυρίδων Φωκίδας	393
1997	NOV	5	38.34	22.31	4,9	5,5	Κόλπος Ερατεινής	277



Γράφημα 8-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.



Γράφημα 8-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.

III. Νότια Ελλάδα

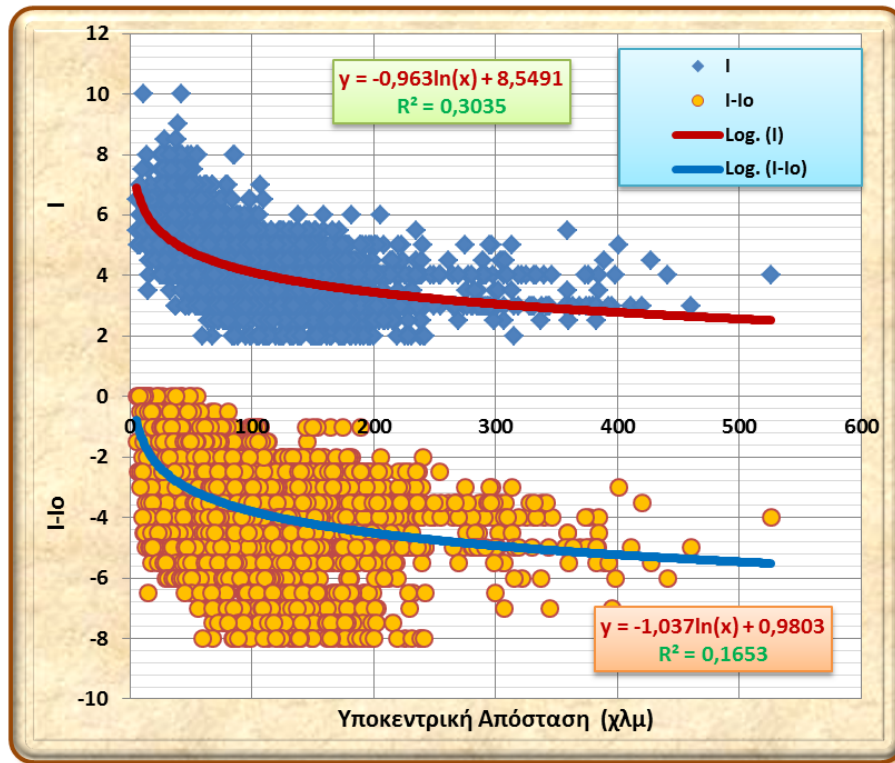
Επεξεργασθήκαμε 2.841 μακροσεισμικά δεδομένα από 13 σεισμούς.



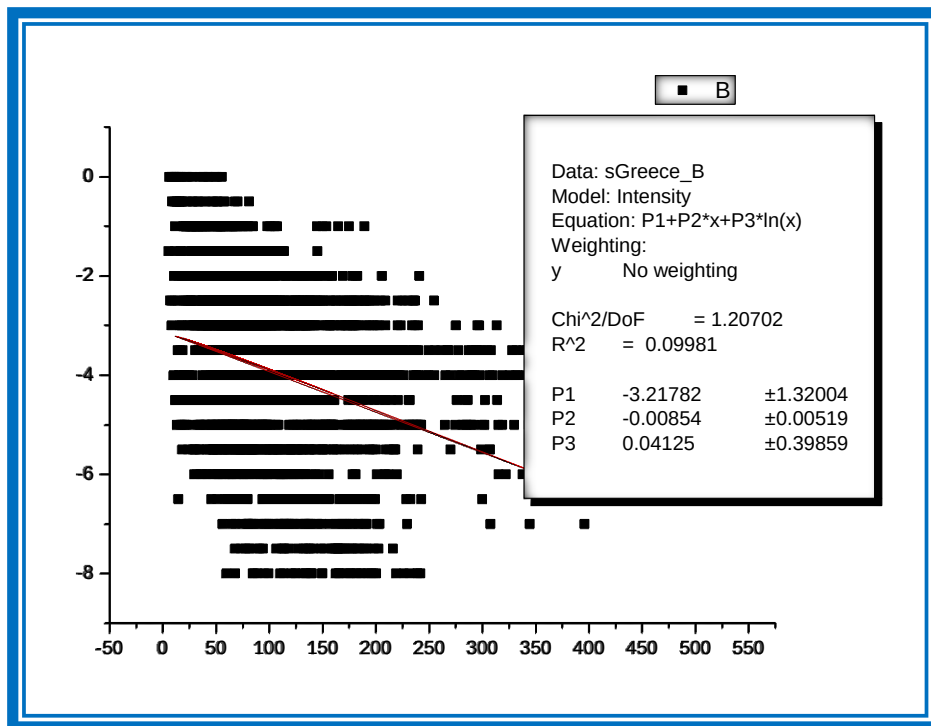
Εικόνα 8-3: Η ζώνη της Νότιας Ελλάδας.

Πίνακας 8-3: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Νότιας Ελλάδας.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	<i>b</i>	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1965	APR	5	37.75	22.00	5,6	10	Βυτίνα	322
1966	JAN	2	37.73	23.02	4,7	7	Σοφικό Κορινθίας	101
1966	SEP	1	37.47	22.15	5,4	8	Μεγαλόπολη	220
1968	JUL	4	37.55	23.24	5,0	7	Μέθανα	212
1972	SEP	13	37.81	22.32	5,4	8	Λεβίδι	584
1973	JAN	10	37.71	21.32	4,7	7,5	Κατάκολο-Αμαλιάδα Ηλείας	88
1985	SEP	7	37.24	21.25	5,2	6	Κυπαρισσιακός Κόλπος	252
1986	SEP	13	37.10	22.19	5,5	10	Καλαμάτα	359
1987	MAY	29	37.53	21.60	5,0	6	Ζαχάρω Ηλείας	133
1993	MAR	5	37.07	21.46	5,3	5,5	Κυπαρισσιακός Κόλπος	57
1993	MAR	26	37.65	21.44	5,0	6,5	Πύργος	169
1997	OCT	13	36.41	22.18	5,6	6,5	Μεσσηνιακός Κόλπος, Ακρωτήριο Ταίναρο	147
2008	JUN	8	37.98	21.51	6,5	8,5	Χαλανδρίτσα	197



Γράφημα 8-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Νότιας Ελλάδας.



Γράφημα 8-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Νότιας Ελλάδας.

IV. Κεντρική Ελλάδα

Αναλύσαμε αριθμό 3.639 μακροσεισμικών παρατηρήσεων από 17 σεισμούς.

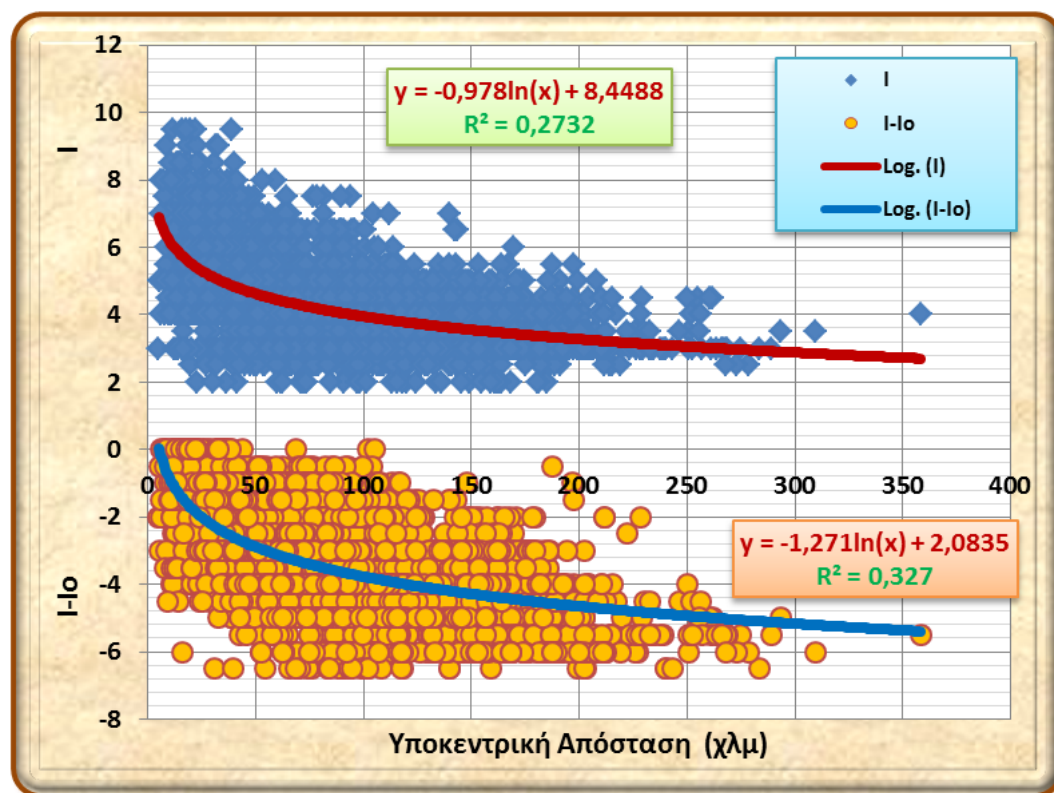


Εικόνα 8-4: Η ζώνη Κεντρικής Ελλάδας.

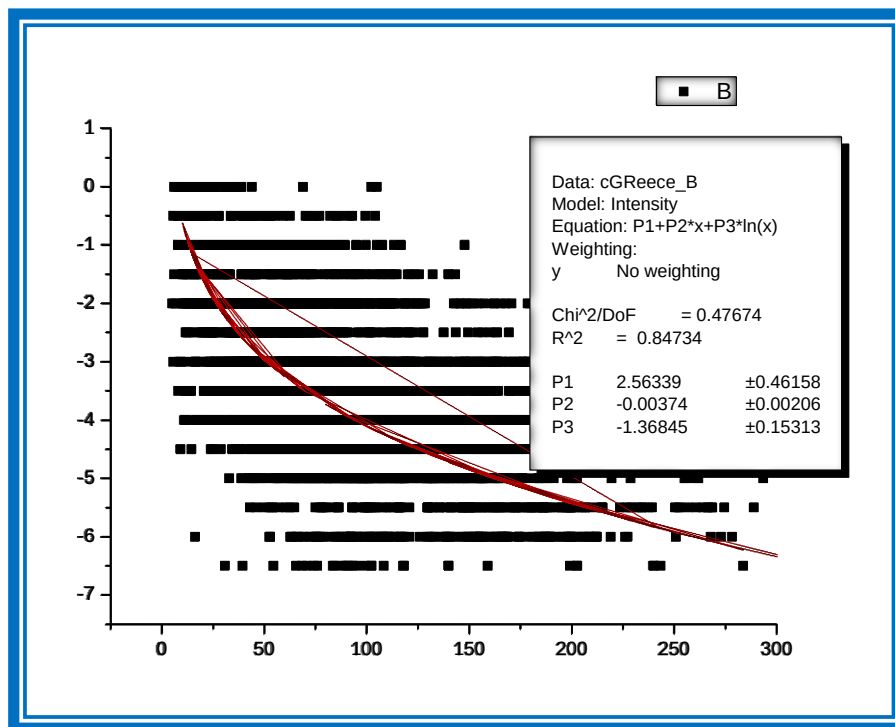
Πίνακας 8-4: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1954	APR	30	39.30	22.20	6,4	9,5	Δυτικά Φαρσάλων	119
1955	APR	19	39.40	23.10	5,5	8,5	Πήλιο	64
1957	MAR	8	39.30	22.65	6,3	9,5	ΝΔ Βελεστίνου	163
1966	FEB	5	39.05	21.61	5,9	8	Τριχωνίδα	328
1966	OCT	29	38.81	21.07	5,5	8	Αμφιλοχία	242
1973	MAR	6	38.57	23.64	3,9	5	Ψαχνά Ευβοίας	41
1975	DEC	31	38.50	21.71	5,0	9	Τριχωνίδα	290

1976	FEB	22	39.37	22.19	4,6	7,5	ΒΔ Φαρσάλων	259
1978	APR	27	38.97	21.97	4,4	5	Καρπενήσι	93
1980	JUL	9	39.28	22.99	6,3	8,5	Παγασητικός Κόλπος	538
1980	JUL	10	39.27	22.97	5,0	7	Παγασητικός Κόλπος	306
1980	AUG	11	39.28	22.87	4,8	6	Νέα Αγχίαλος	183
1985	APR	30	39.24	22.89	5,3	6	Παγασητικός Κόλπος	353
1989	SEP	19	39.48	21.36	4,5	5	Πίνδος Κεντρική	123
1997	OCT	21	38.98	22.11	4,2	5,5	Μακρακώμη	62
1999	SEP	7	38.15	23.60	5,4	9	Φυλή Πάρνηθας	267
2003	JUN	9	39.94	22.35	5,0	7	Ελασσόνα	208



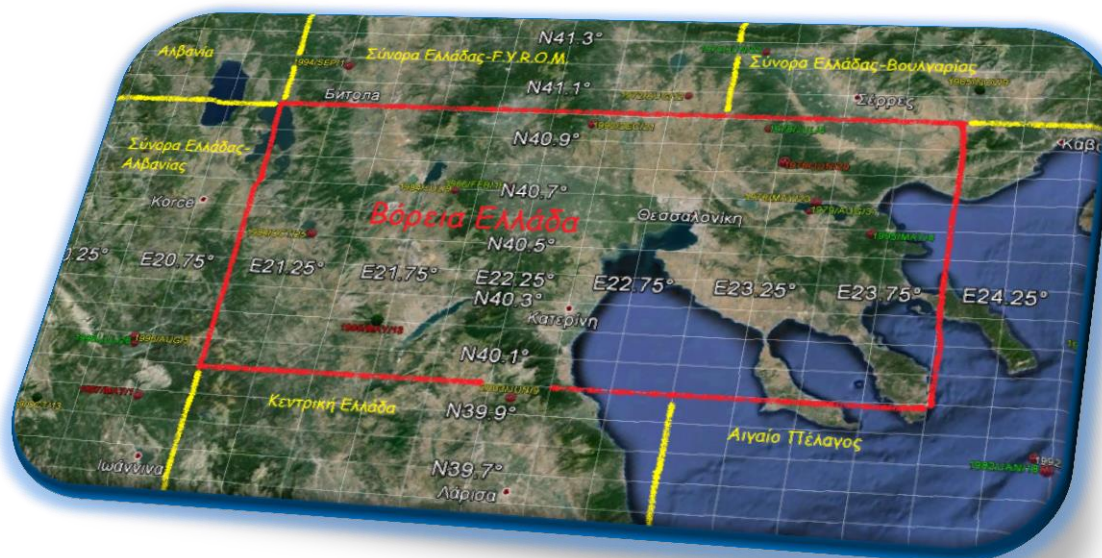
Γράφημα 8-7: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κεντρικής Ελλάδας.



Γράφημα 8-8: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κεντρικής Ελλάδας.

V. Βόρεια Ελλάδα

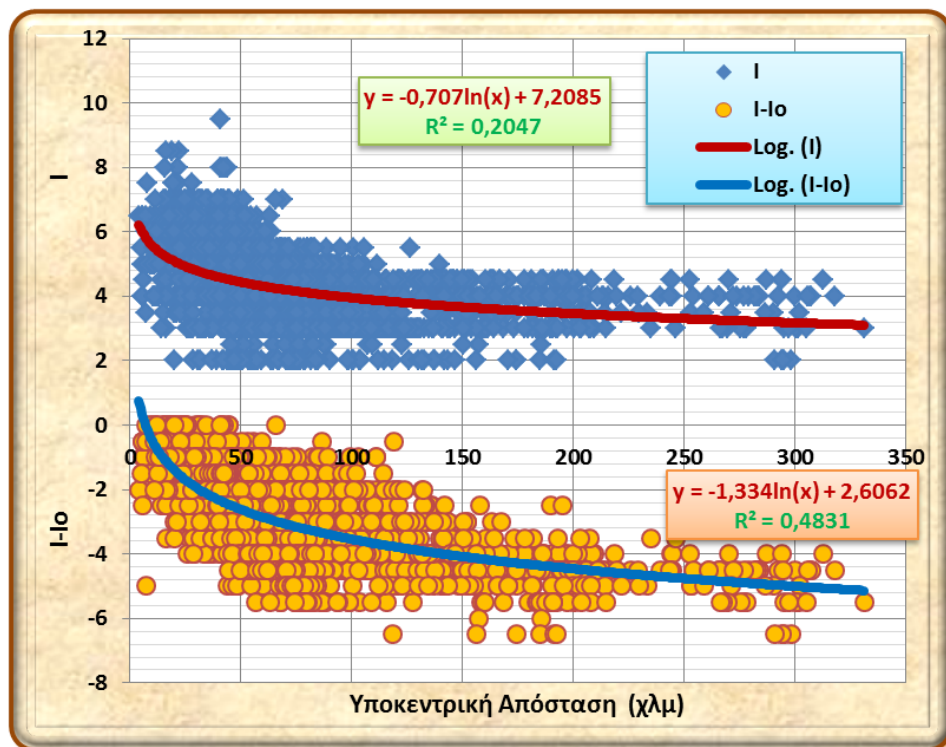
Αριθμός 2.454 παρατηρήσεων εντοπίζονται ζώνη από 10 σεισμούς.



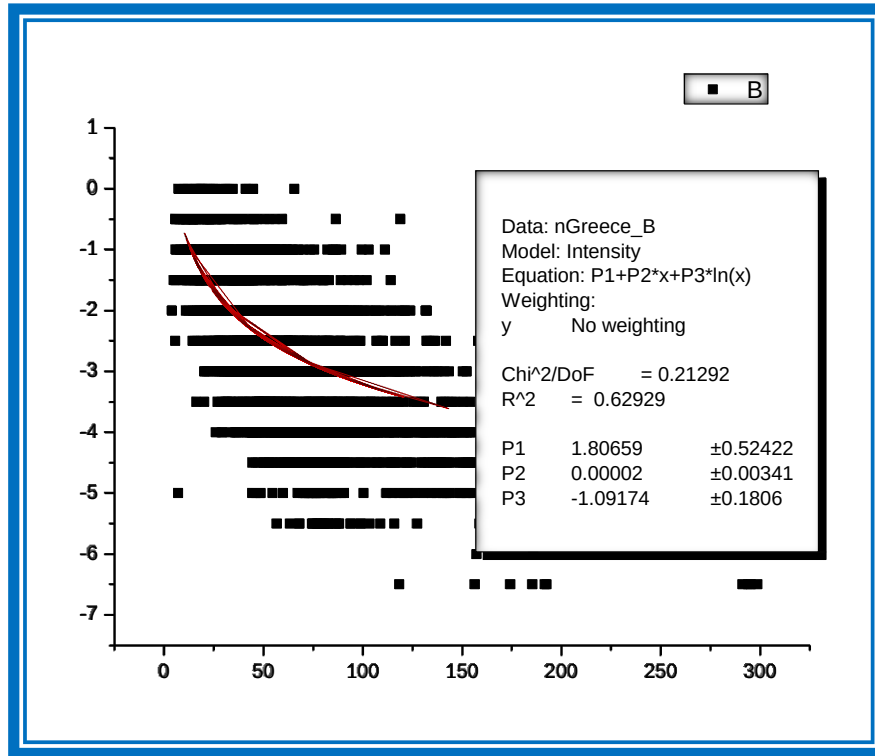
Εικόνα 8-5: Η ζώνη Βόρειας Ελλάδας.

Πίνακας 8-5: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Βόρειας Ελλάδας.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1978	MAY	23	40.68	23.44	5,5	7	Λίμνη Βόλβη	257
1978	JUN	20	40.82	23.28	6,1	8,5	Σοχός	634
1978	JUL	4	40.95	23.19	4,8	6,5	Λαχανάς	204
1979	AUG	31	40.65	23.42	4,3	5	Λουτρά Βόλβης	221
1984	JUL	9	40.68	21.90	4,9	7	ΒΔ Νάουσας	256
1984	OCT	25	40.49	21.32	5,1	7	Καστοριά	75
1986	FEB	18	40.70	22.13	4,6	5,5	ΒΑ Νάουσα	174
1990	DEC	21	40.95	22.43	5,4	7	Γουμένισα Δυτικά Μακεδονίας	253
1995	MAY	4	40.57	23.69	5,0	6	Αρναία Χαλκιδικής	189
1995	MAY	13	40.18	21.71	6,1	9,5	Ν Κοζάνης	191



Γράφημα 8-9: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Βόρειας Ελλάδας.



Γράφημα 8-10: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Βόρειας Ελλάδας.

VI. Κρήτη

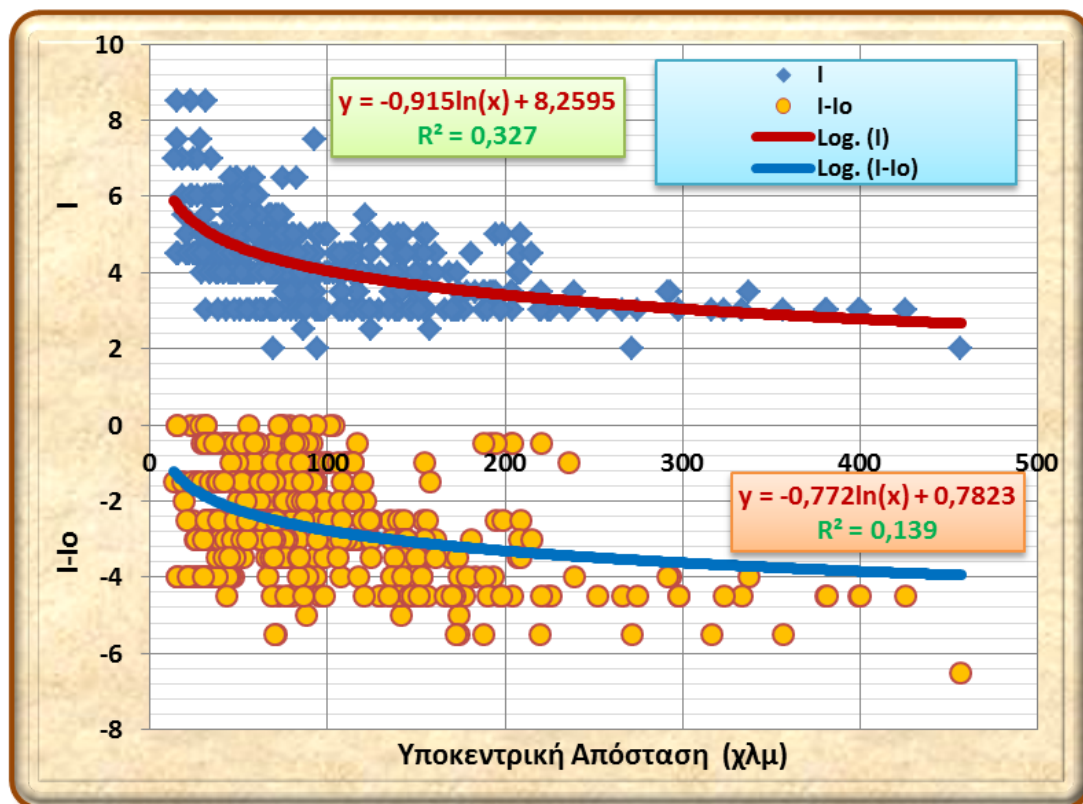
Επεξεργασθήκαμε 432 παρατηρήσεις από 6 σεισμικά γεγονότα.



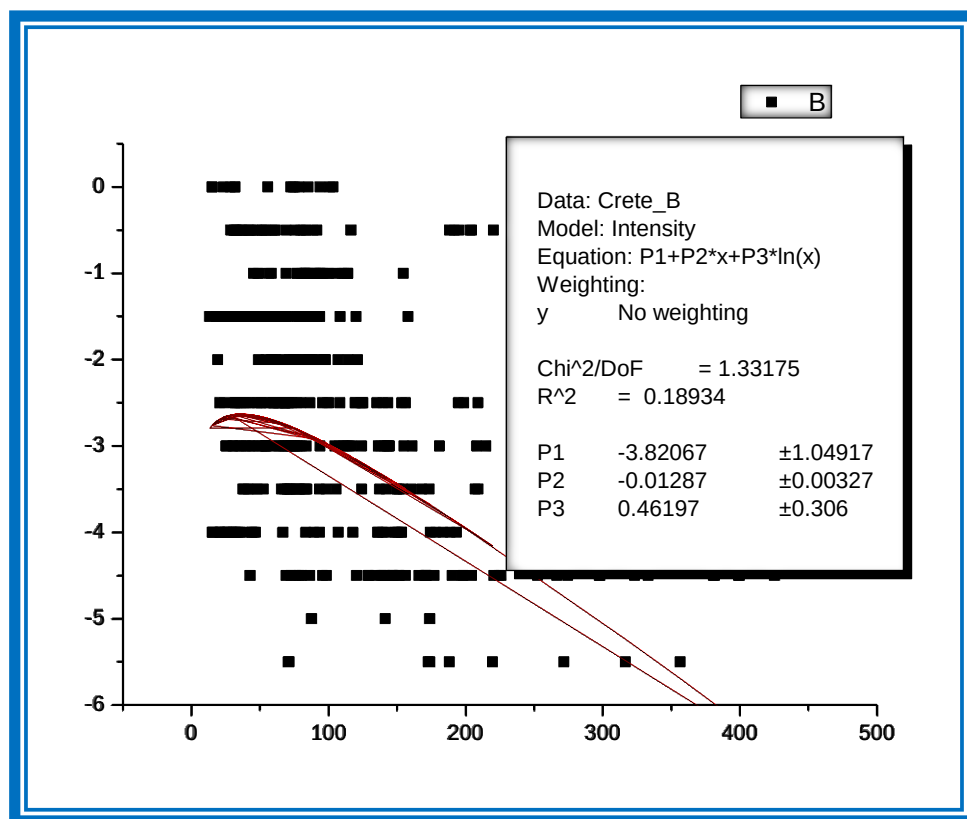
Εικόνα 8-6: Η ζώνη της Κρήτης.

Πίνακας 8-6: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Κρήτης.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1959	MAY	14	35.20	24.70	5,8	8,5	Πετροχώρι Κρήτης	74
1973	NOV	29	35.02	23.51	5,5	7,5	Τόξο ΝΔ Παλαιόχωρας	154
1977	SEP	11	34.99	23.05	5,9	4	Τόξο ΝΔ Παλαιόχωρας	21
1978	JAN	29	34.90	25.69	5,3	7,5	Νήσος Χρυσή	57
1979	JUN	15	34.68	24.03	5,1	5	θ Ν Νήσου Γαύδου	53
1983	MAR	19	35.35	25.30	5,2	5,5	θ Ηράκλειο Κρήτης	73



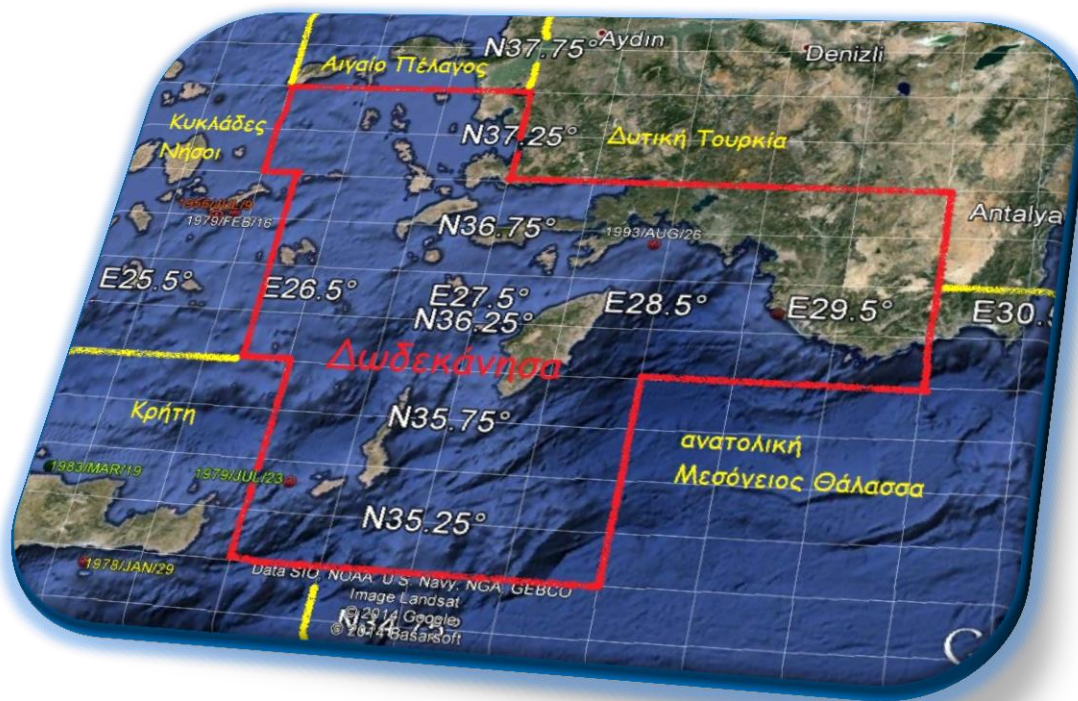
Γράφημα 8-11: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κρήτης.



Γράφημα 8-12: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Κρήτης.

VII. Δωδεκάνησα

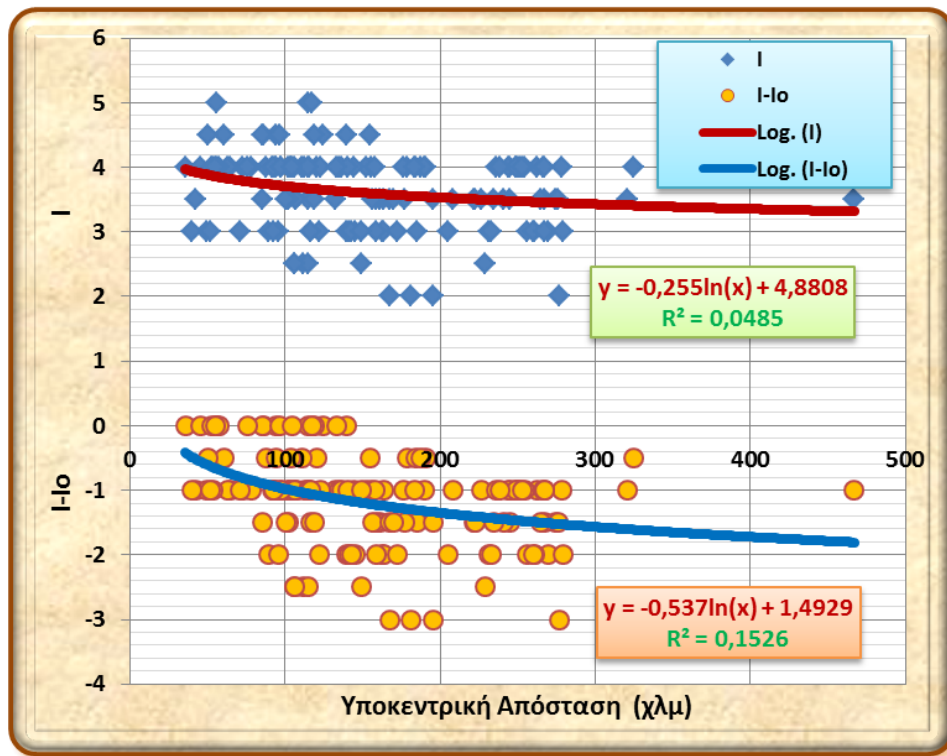
Αναλύσαμε μόλις 143 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 3 σεισμικά γεγονότα.



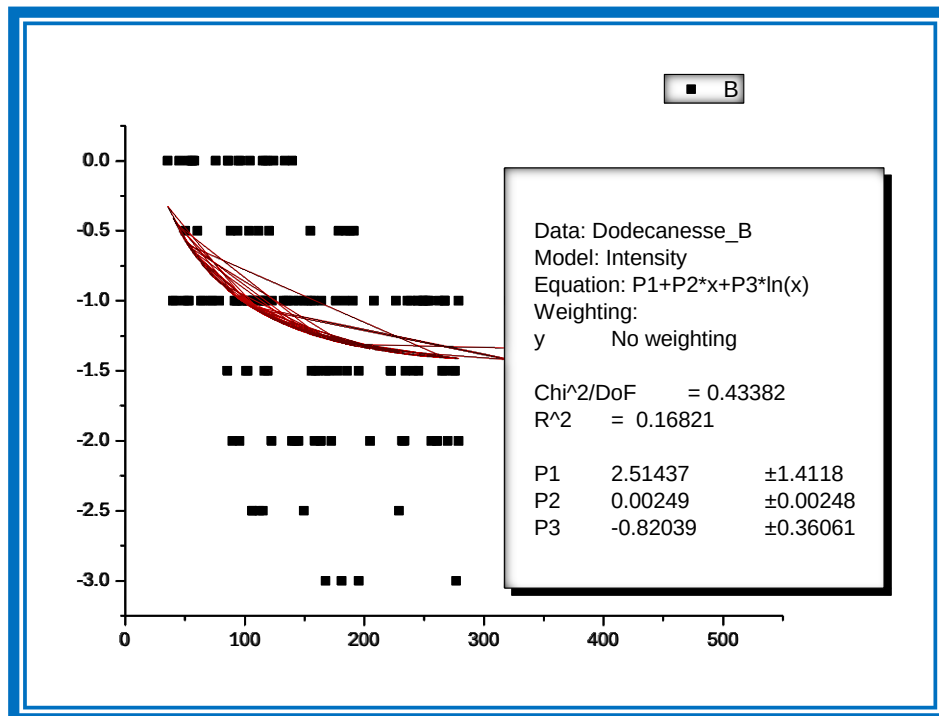
Εικόνα 8-7: Η ζώνη Δωδεκανήσων.

Πίνακας 8-7: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Δωδεκανήσων.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1974	JUL	9	36.32	29.17	5,1	4,5	Τουρκικά παράλια Α Νήσου Ρόδου	30
1979	JUL	23	35.37	26.71	5,1	5	θ Δ Νήσου Κάσου	96
1993	AUG	26	36.66	28.42	5,2	4	θαλ Β Νήσου Ρόδου, Κόλπος Μαρμαρίδος	17



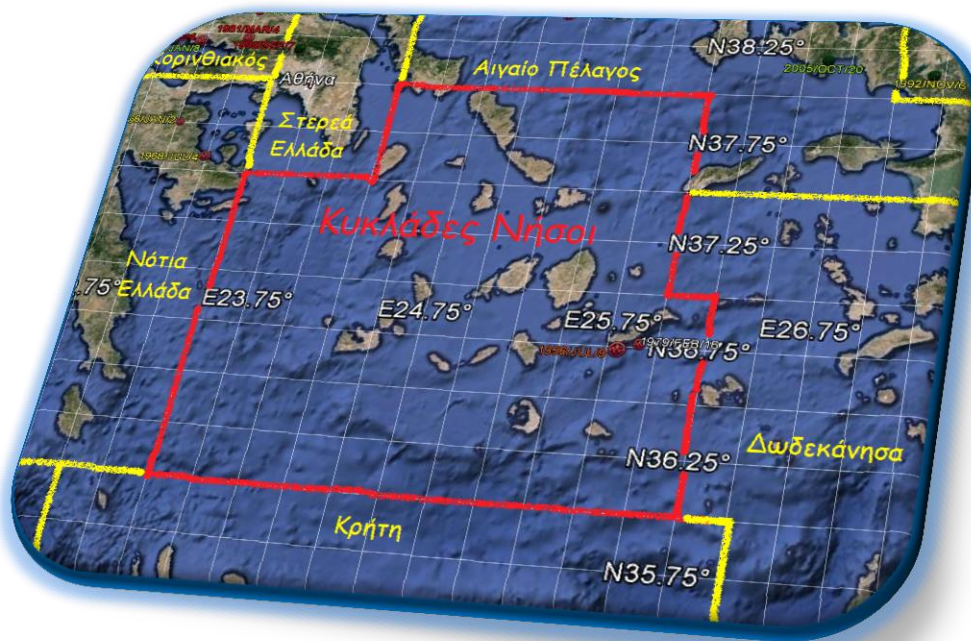
Γράφημα 8-13: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Δωδεκανήσων.



Γράφημα 8-14: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Δωδεκανήσων.

VIII. Κυκλάδες Νήσοι

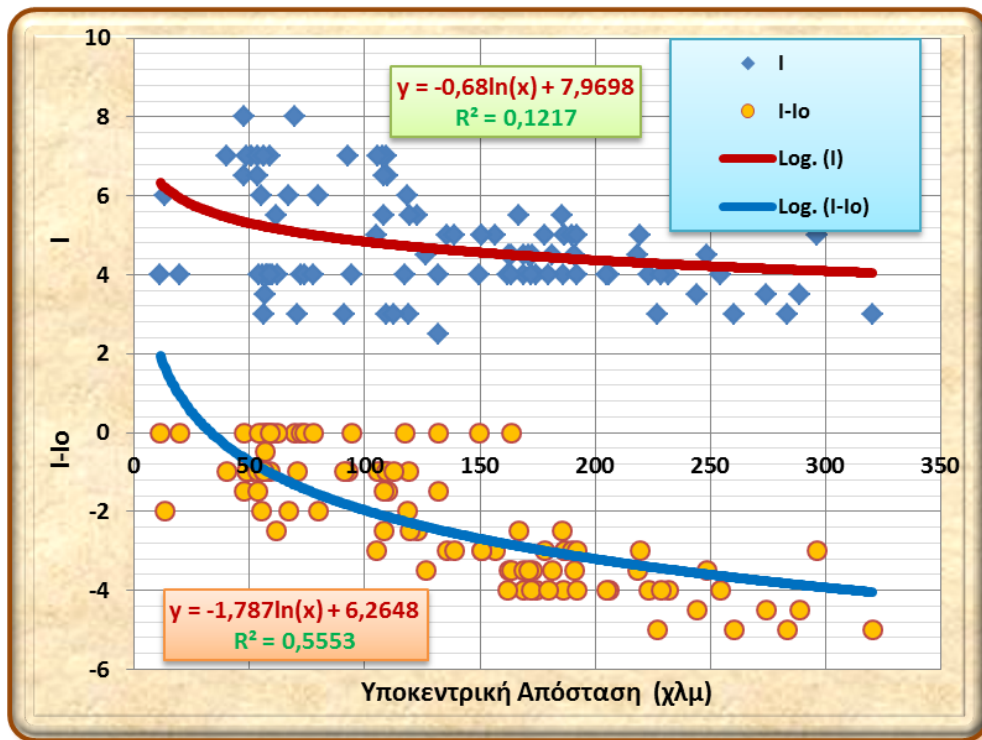
Εντοπίζονται μόλις 95 παρατηρήσεις στη ζώνη από μόλις 2 σεισμούς.



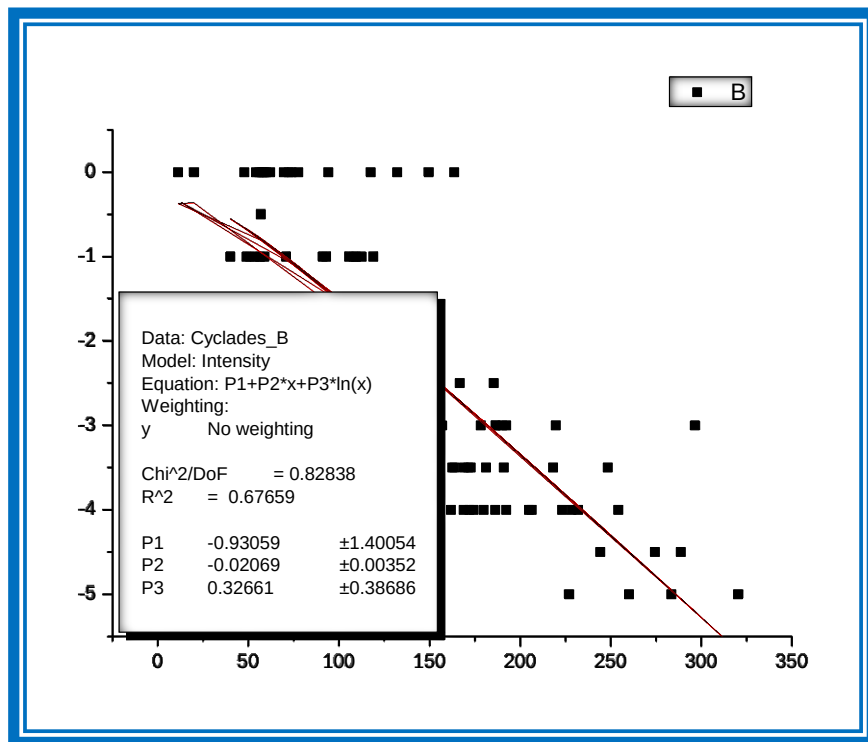
Εικόνα 8-8: Η ζώνη των Κυκλάδων Νήσων.

Πίνακας 8-8: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Κυκλάδων Νήσων.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1956	JUL	9	36.70	25.80	7,0	8	θαλ Ν Νήσου Αμοργού	70
1979	FEB	16	36.74	25.91	5,0	4	Θ Ν Νήσου Αμοργού	25



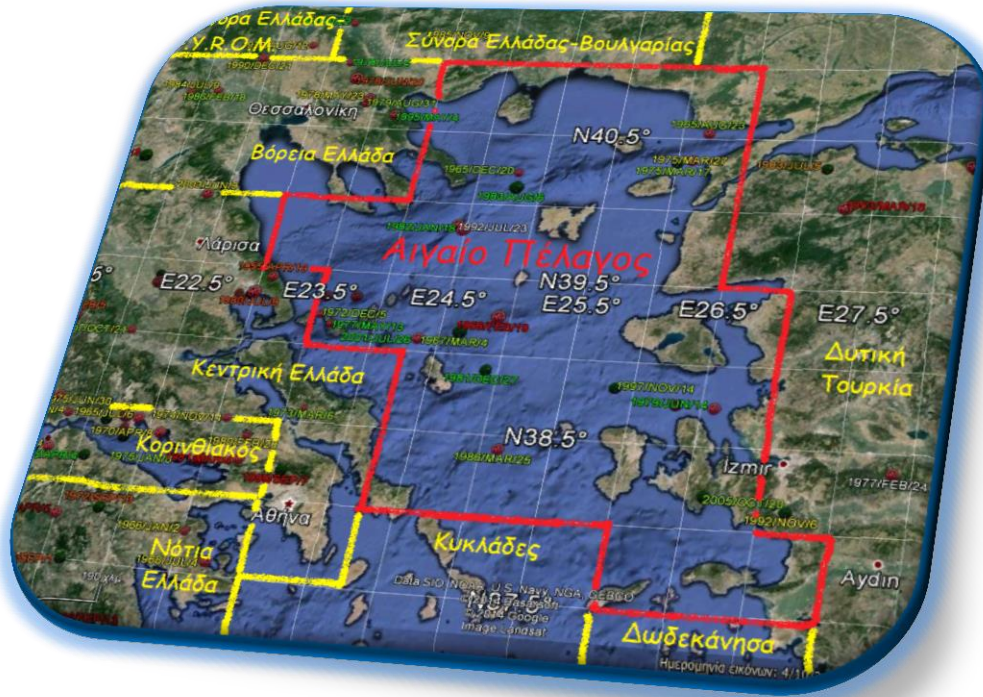
Γράφημα 8-15: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Κυκλάδων Νήσων.



Γράφημα 8-16: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Κυκλάδων Νήσων.

ΙΧ. Αιγαίο Πέλαγος

Επεξεργασθήκαμε 4.072 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 20 σεισμικά γεγονότα που εντοπίζονται στη Ζώνη Αιγαίου Πελάγους.

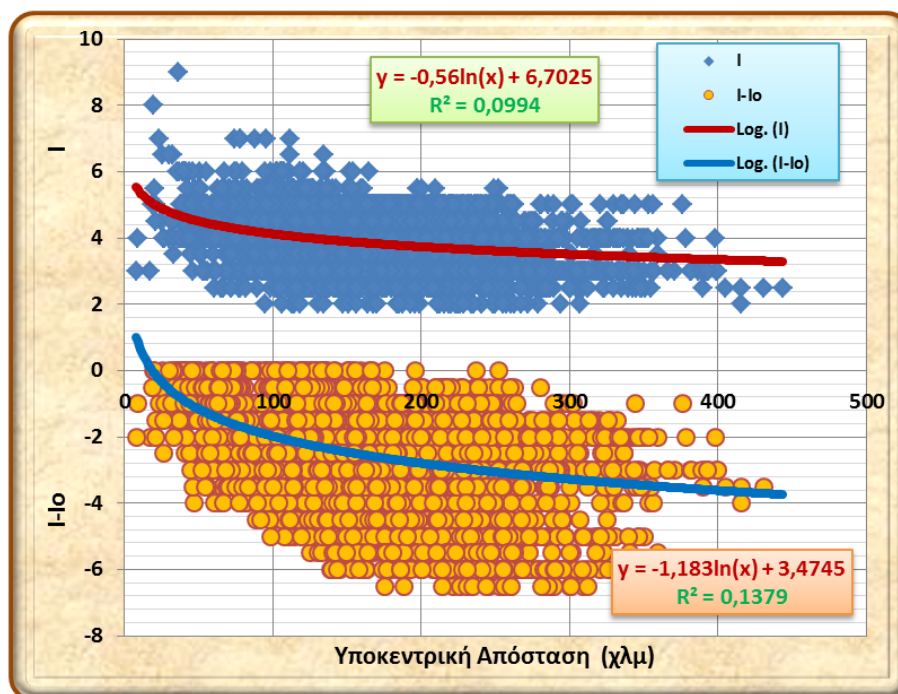


Εικόνα 8-9: Η ζώνη του Αιγαίου Πελάγους.

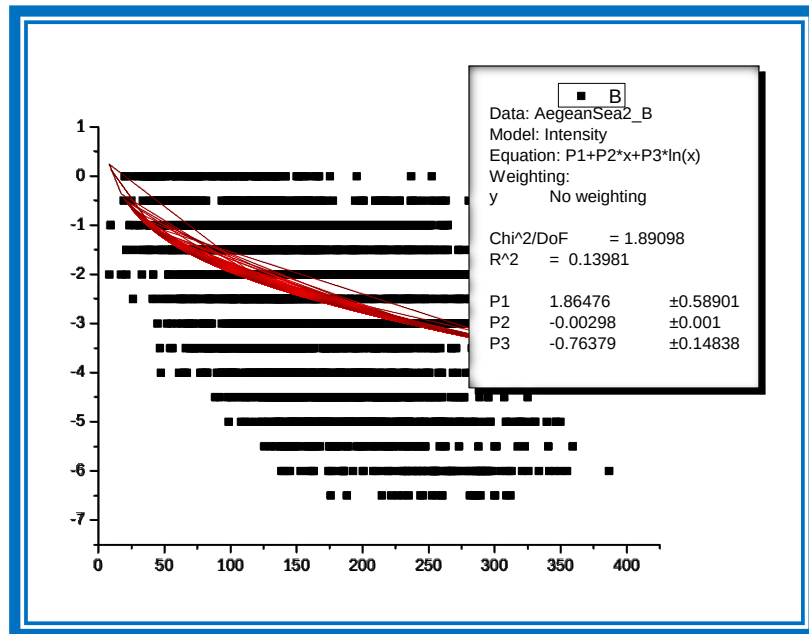
Πίνακας 8-9: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Αιγαίου Πελάγους.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	b	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1965	MAR	9	39.30	23.80	5,4	8	θαλ Β Αλόνησος	345
1965	AUG	23	40.50	26.20	5,0	5,5	Κόλπος Σάρρου	127
1965	DEC	20	40.20	24.80	4,7	5,5	Τάφος Βορείου Αιγαίου	192
1967	MAR	4	39.10	24.65	6,3	5,5	Β Νήσου Σκύρου	371
1968	FEB	19	39.21	24.91	6,7	9	Λεκάνη Βόρειας Σκύρου, Άγιος Ευστράτιος	482

1972	DEC	5	39.18	23.56	4,5	5	Σκιάθος-Σκόπελος	55
1975	MAR	17	40.29	26.00	5,1	5	Κόλπος Σάρρου-Ίμβρος	128
1975	MAR	27	40.31	26.11	5,6	7,5	Κόλπος Σάρρου-Ίμβρος	166
1977	MAY	13	39.12	23.66	4,7	6,5	Σκόπελος	80
1979	JUN	14	38.70	26.59	5,5	6	ΒΑ Νήσου Χίου, Κόλπος Σμύρνης	84
1981	DEC	27	38.87	24.91	5,9	6	Α Νήσου Σκύρου	347
1982	JAN	18	39.78	24.48	6,3	6	Τάφος Βορείου Αιγαίου	538
1983	AUG	6	40.08	24.81	6,6	6	Τάφος Βορείου Αιγαίου	451
1986	MAR	25	38.38	25.13	5,2	5	Αιγαίο Πέλαγος ΝΔ Ψαρών	88
1989	MAR	19	39.29	23.57	5,3	5,5	Θαλ Β Ν'σου Σκιάθου- Σκοπέλου	137
1992	JUL	23	39.82	24.43	5,0	4	Τάφος Βορείου Αιγαίου	111
1994	MAY	24	38.71	26.32	5,6	4,5	ΒΑ Νήσου Χίου	47
1997	NOV	14	38.80	25.87	5,4	5	Χίος-Λέσβος	72
2001	JUL	26	39.05	24.35	5,3	6,5	ΒΔ Νήσου Σκύρου	209
2005	OCT	20	38.16	26.62	5,6	5,5	Επαρχία Σμύρνης, Τουρκία	42



Γράφημα 8-17: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Αιγαίου Πελάγους.



Γράφημα 8-18: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης του Αιγαίου Πελάγους.

Χ. Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας

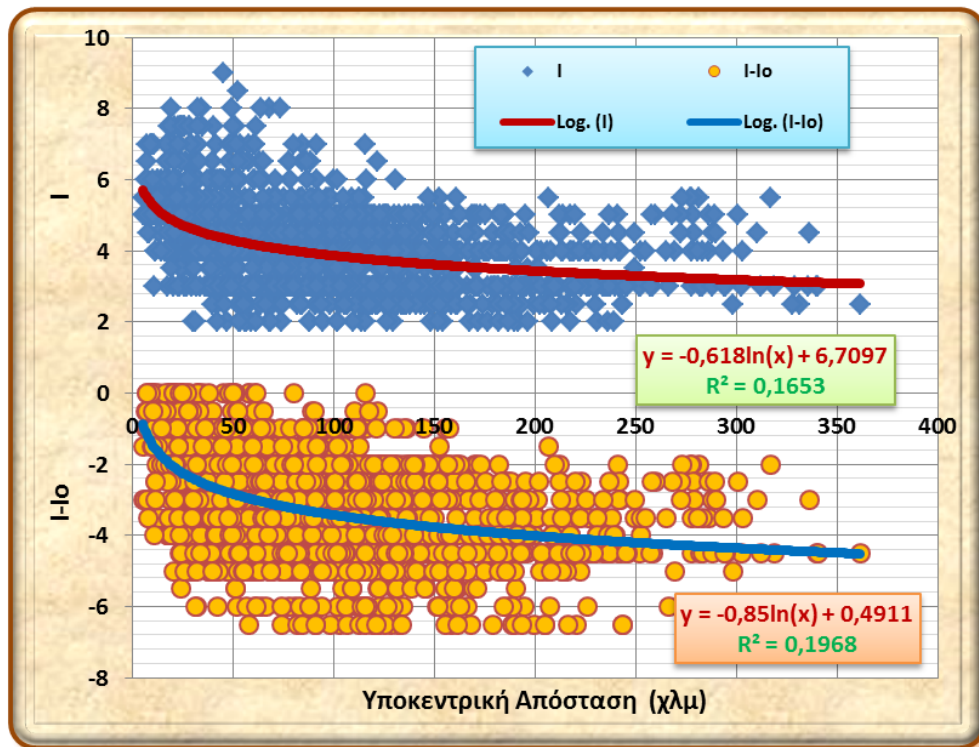
Επεξεργασθήκαμε 1.843 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 13 σεισμούς.



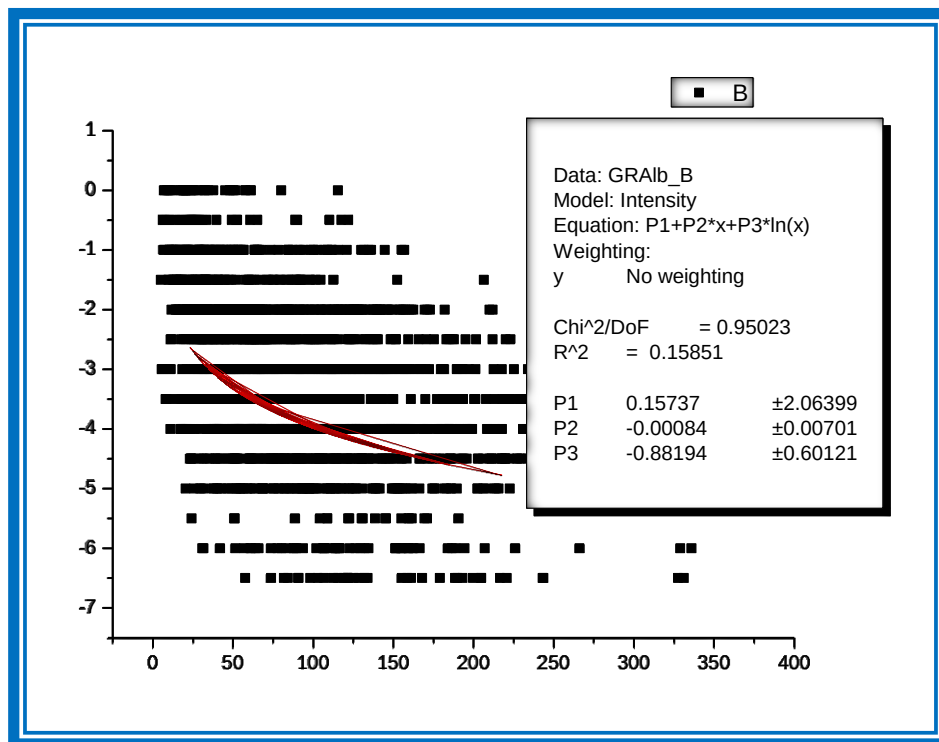
Εικόνα 8-10: Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.

Πίνακας 8-10: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1967	FEB	9	39.43	20.46	5,3	6,5	Παραμυθιά Ηπείρου	62
1967	MAY	1	39.86	20.77	5,9	9	Καλπάκι	282
1969	OCT	13	39.82	20.32	5,7	7	Βόρεια Ήπειρος	238
1972	NOV	24	39.51	20.38	5,2	7	Ηγουμενίτσα	109
1979	NOV	6	39.39	20.58	4,9	8	Ήπειρος	156
1979	NOV	11	39.43	20.41	4,7	7	Παραμυθιά Ηπείρου	121
1981	MAR	10	39.45	20.28	5,4	7,5	Ηγουμενίτσα	234
1985	AUG	31	39.01	20.48	4,8	7,5	Ιόνιο Πέλαγος- νότια Παξών	150
1986	DEC	17	39.76	19.90	5,1	6	Κέρκυρα	100
1993	JUN	13	39.25	20.57	5,4	6	Ανατολικά Πάργας	131
1996	JUL	26	40.05	20.68	4,9	6,5	Κόνιτσα	88
1996	AUG	5	40.07	20.67	5,2	7	Κόνιτσα	73
1997	NOV	12	39.10	20.27	4,8	5	Νότια Παξών	99



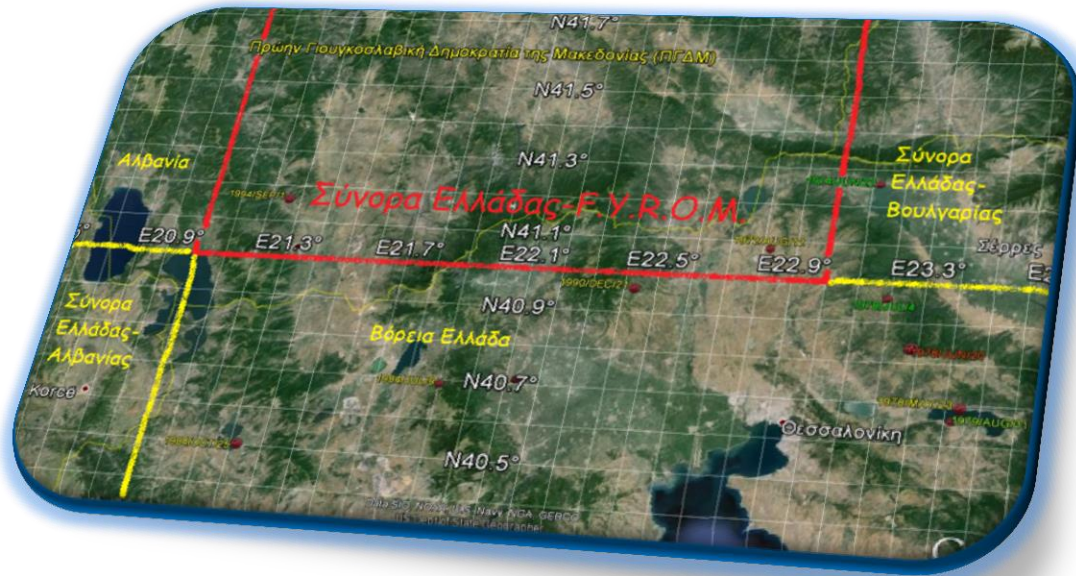
Γράφημα 8-19: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.



Γράφημα 8-20: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.

XI. Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M.

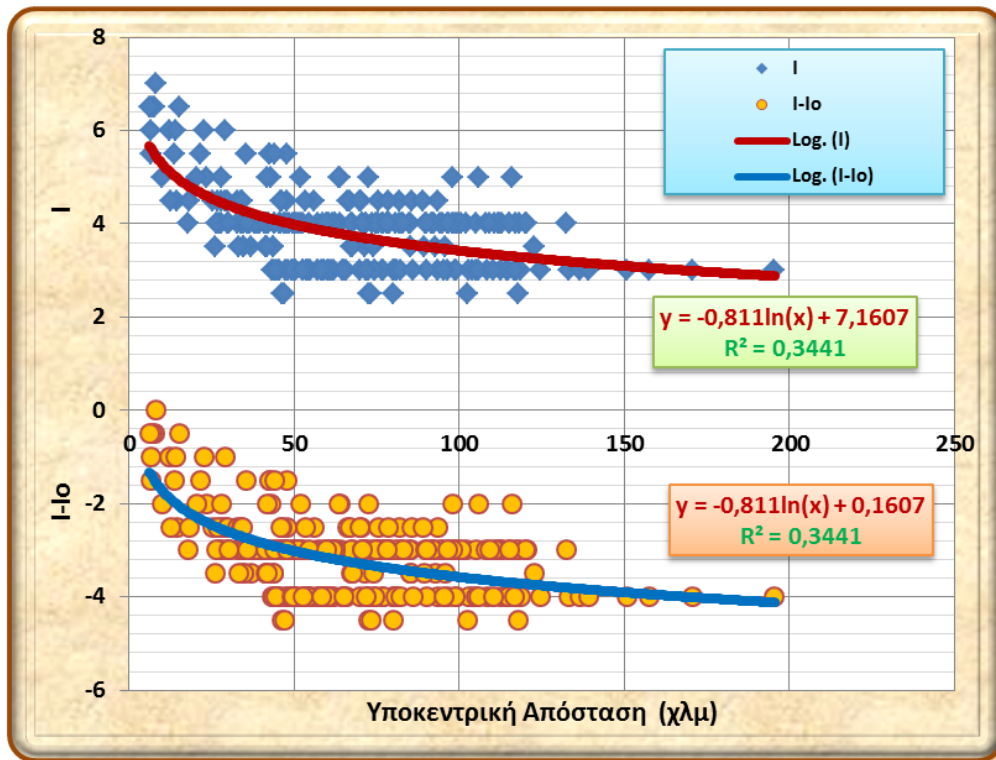
Εντοπίζονται 254 μακροσεισμικές παρατηρήσεις εντός της Ζώνης Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. προερχόμενες από μόλις 2 σεισμούς.



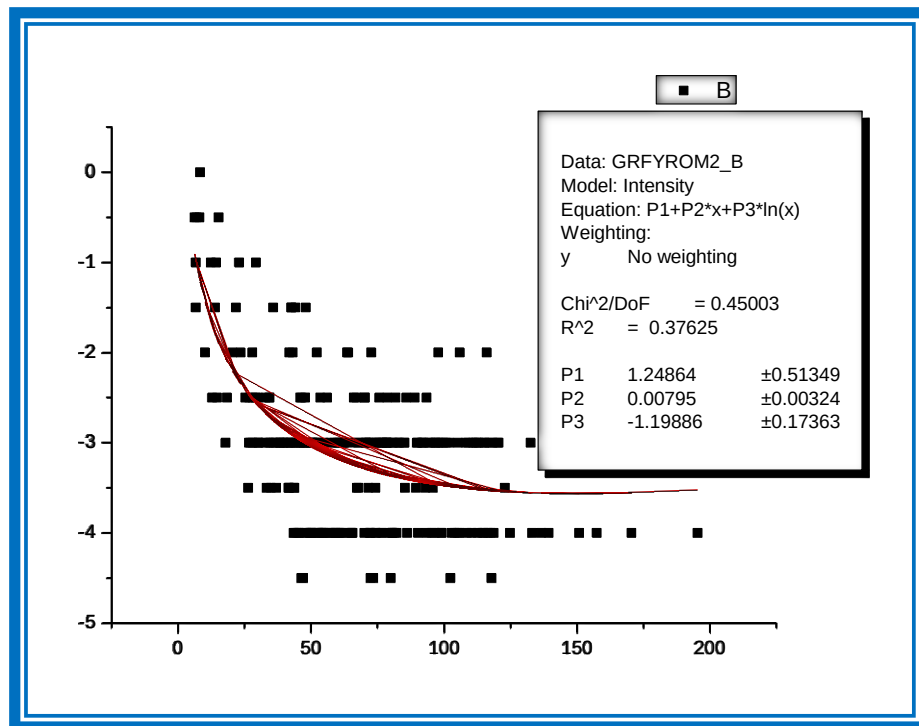
Εικόνα 8-11: Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..

Πίνακας 8-11: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1972	AUG	12	41.07	22.82	4,4	7	Κιλκίς	156
1994	SEP	1	41.15	21.26	5,9	7	Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας	98



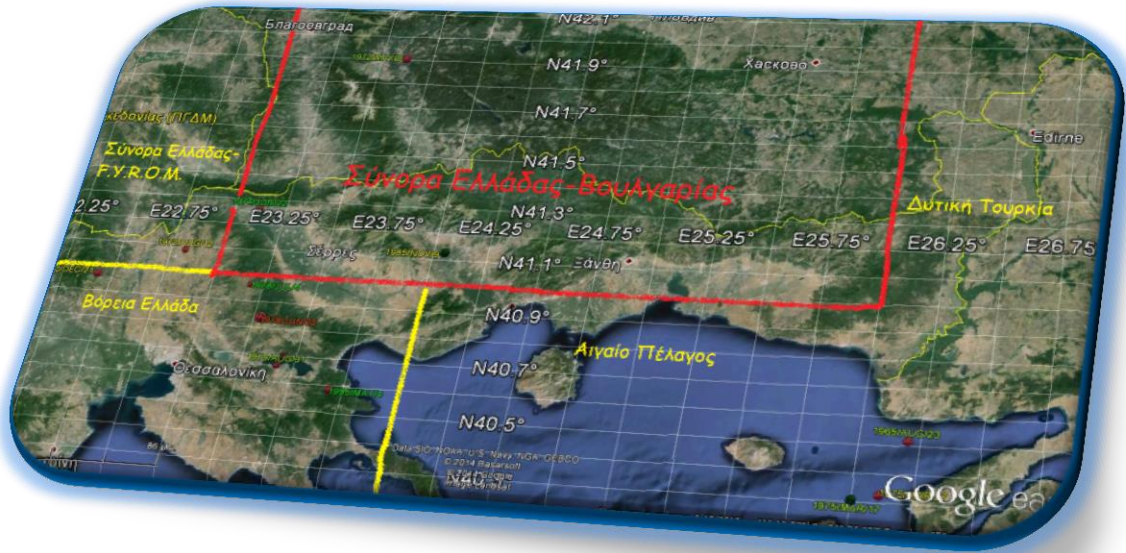
Γράφημα 8-21: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..



Γράφημα 8-22: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..

XII. Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας

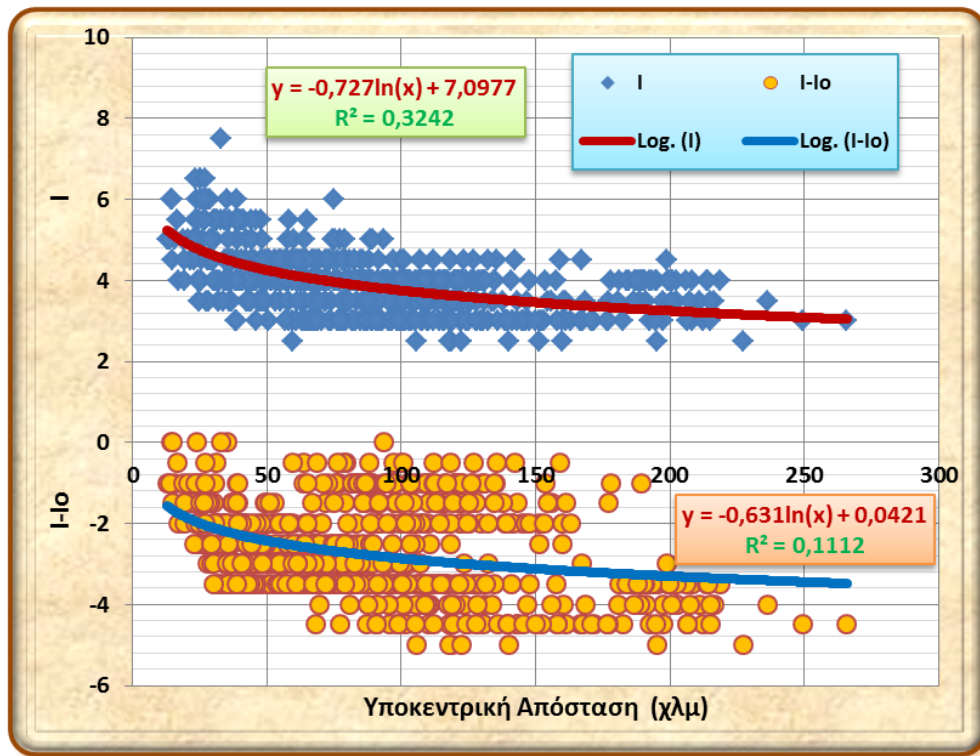
Επεξεργασθήκαμε 700 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 3 σεισμικά γεγονότα που εντοπίζονται στη Ζώνη Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.



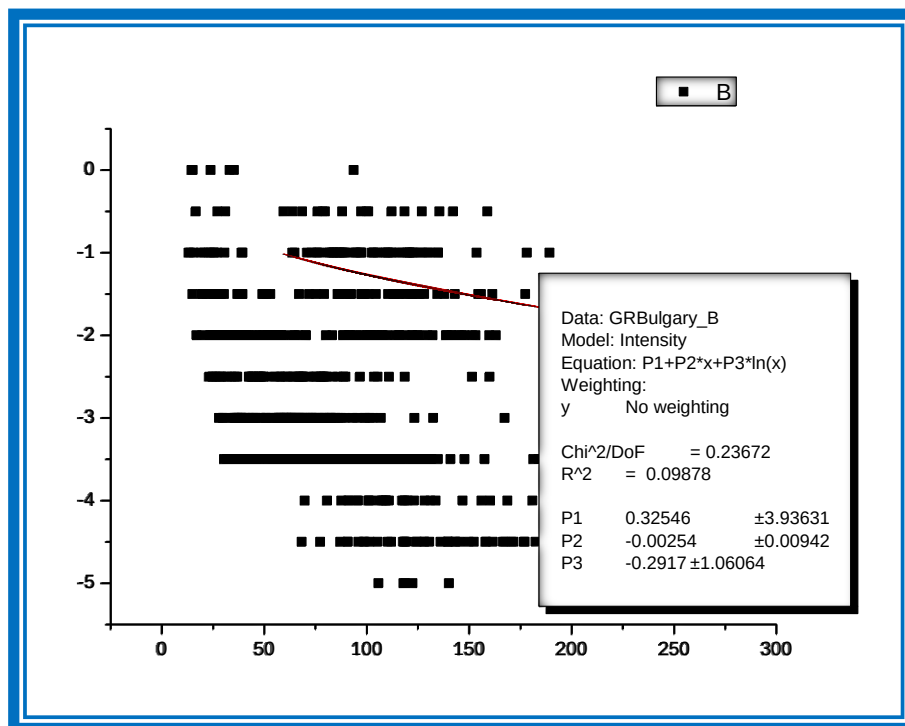
Εικόνα 8-12: Η ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.

Πίνακας 8-12: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1972	MAY	8	41.89	23.62	5,1	5	Επαρχία Blagoevgrad, Βουλγαρία	145
1974	JUN	22	41.25	23.12	4,6	6	Λίμνη Κερκίνη	159
1985	NOV	9	41.11	24.05	5,1	7,5	Δράμα	396



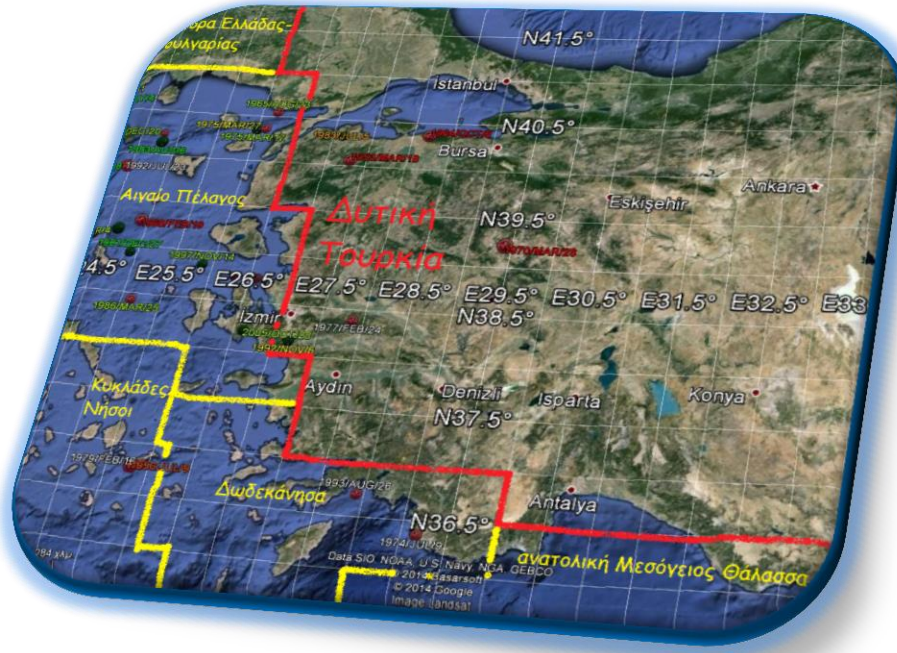
Γράφημα 8-23: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.



Γράφημα 8-24: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.

XIII. Δυτική Τουρκία

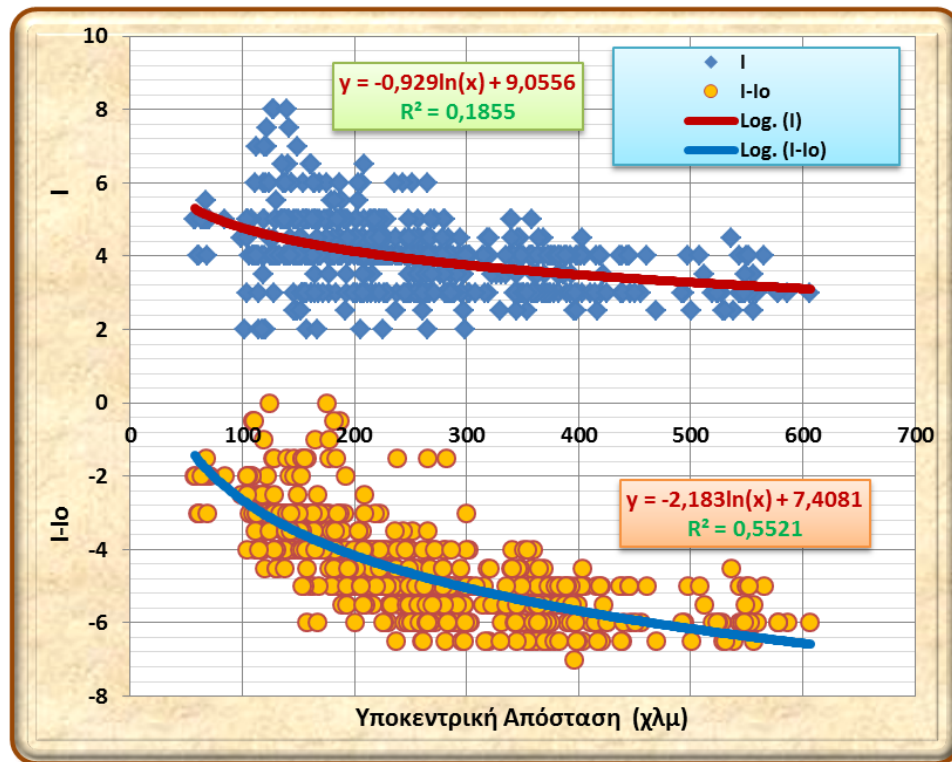
Αριθμός 579 μακροσεισμικών παρατηρήσεων προέρχονται από την Ζώνη Δυτικής Τουρκίας από 6 μακρινούς σεισμούς.



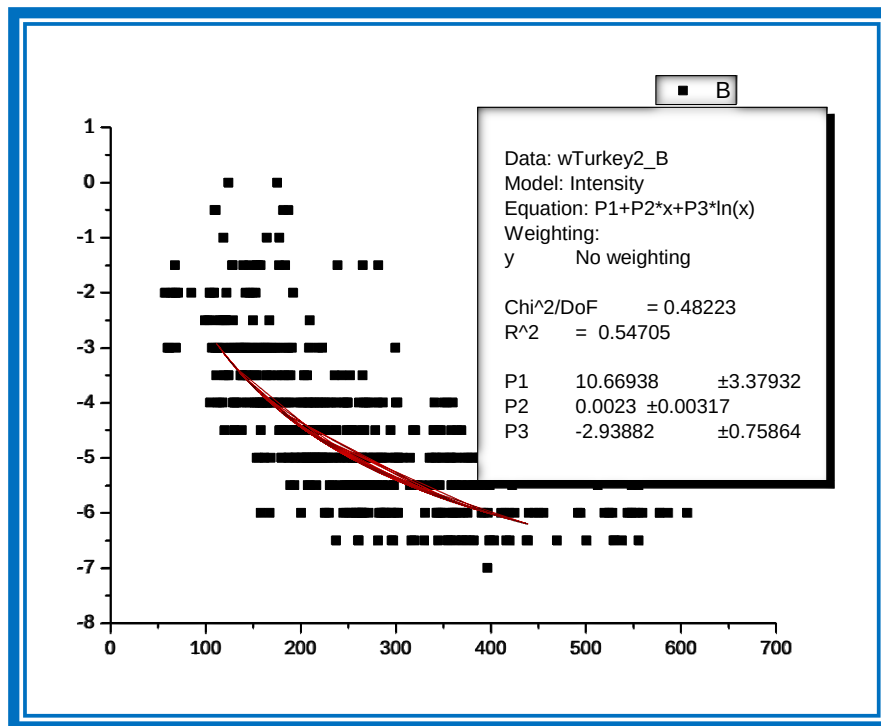
Εικόνα 8-13: Η ζώνη Δυτικής Τουρκίας.

Πίνακας 8-13: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Δυτικής Τουρκίας.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1953	MAR	18	40.00	27.30	6,5	9,5	Επαρχία Canakkale, Τουρκία	115
1964	OCT	6	40.30	28.20	6,0	9	Επαρχία Προύσας, Τουρκία	131
1970	MAR	28	39.16	29.42	7,1	9	Επαρχία Κιουτάχειας, Τουρκία	141
1977	FEB	24	38.34	27.87	5,0	4,5	Επαρχία Σμύρνης, Τουρκία	30
1983	JUL	5	40.27	27.13	5,9	8	Επαρχία Canakkale, Τουρκία	99
1992	NOV	6	38.09	27.19	5,7	7	Σμύρνη-Κουσάντασι, Τουρκία	64



Γράφημα 8-25: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Δυτικής Τουρκίας.



Γράφημα 8-26: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Δυτικής Τουρκίας.

XIV. Αλβανία

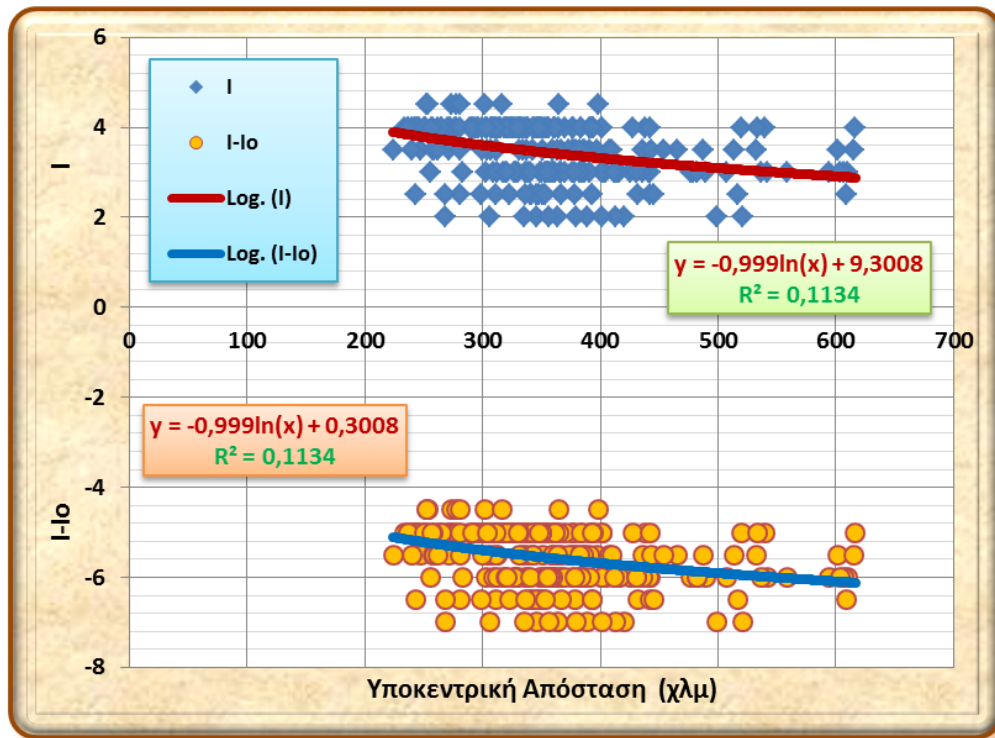
Επεξεργασθήκαμε 253 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από μόλις 1 μακρινό σεισμικό γεγονός που εντοπίζεται στη Ζώνη Αλβανίας.



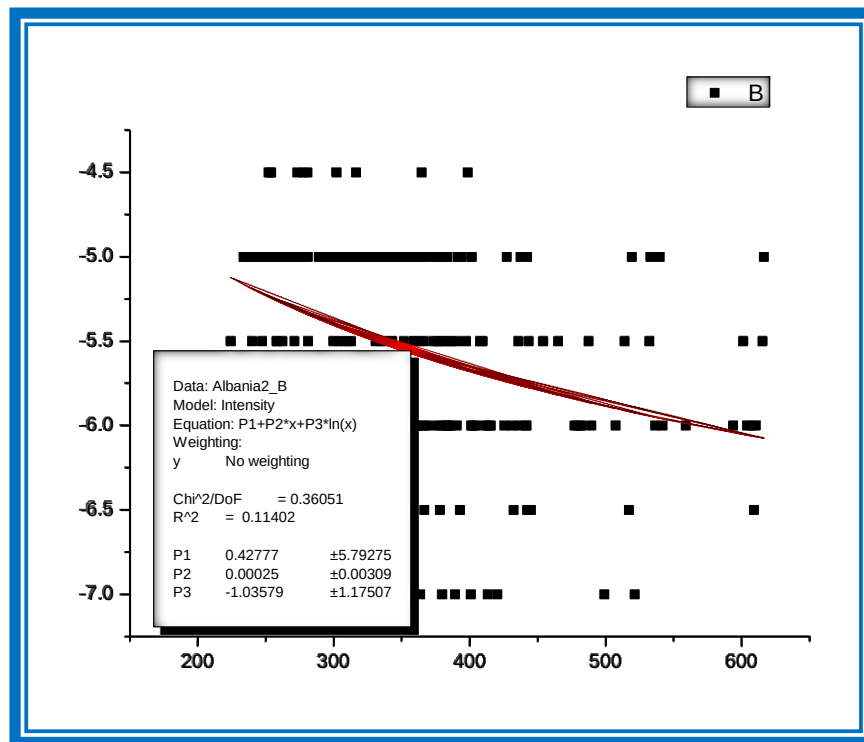
Εικόνα 8-14: Η ζώνη Αλβανίας.

Πίνακας 8-14: Οι σεισμοί που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης Αλβανίας.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. Μήκος	Μέγεθος	I_0	Θέση επικέντρου	Παρατηρήσεις
1979	APR	15	42.06	19.14	6,6	9	Σκόδρα Αλβανίας - Ποντγκόριτσα Μαυροβούνιου	253



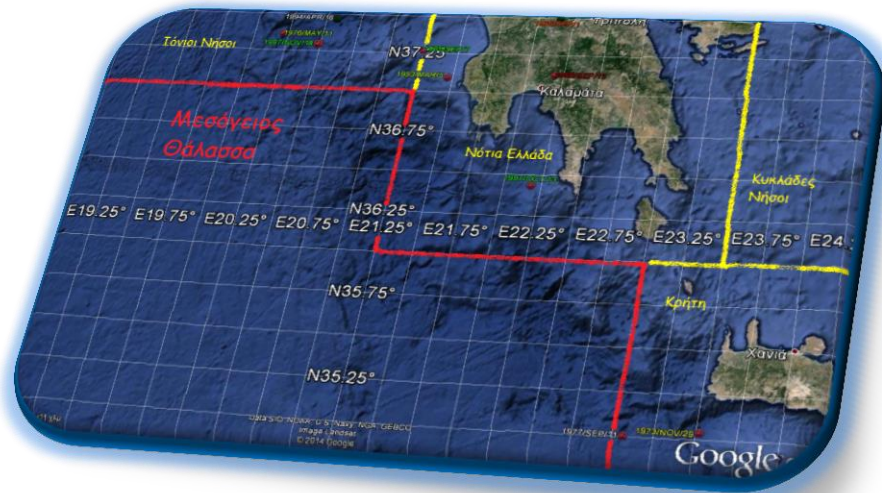
Γράφημα 8-27: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Αλβανίας.



Γράφημα 8-28: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των σεισμών που έχουν το μικροσεισμικό επίκεντρο τους εντός της ζώνης της Αλβανίας.

XV. Μεσόγειος Θάλασσα

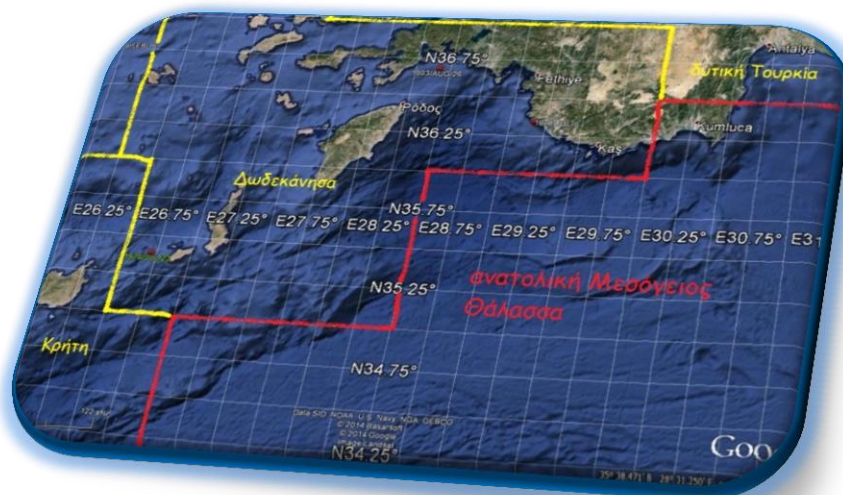
Δεν εντοπίζονται μακροσεισμικές παρατηρήσεις από σεισμικά γεγονότα εντός της Ζώνης Μεσογείου Θάλασσας.



Γράφημα 8-29: Η ζώνη της Μεσογείου Θάλασσας.

XVI. Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα

Δεν εντοπίζονται μακροσεισμικές παρατηρήσεις από σεισμικά γεγονότα εντός της Ζώνης Μεσογείου Θάλασσας.

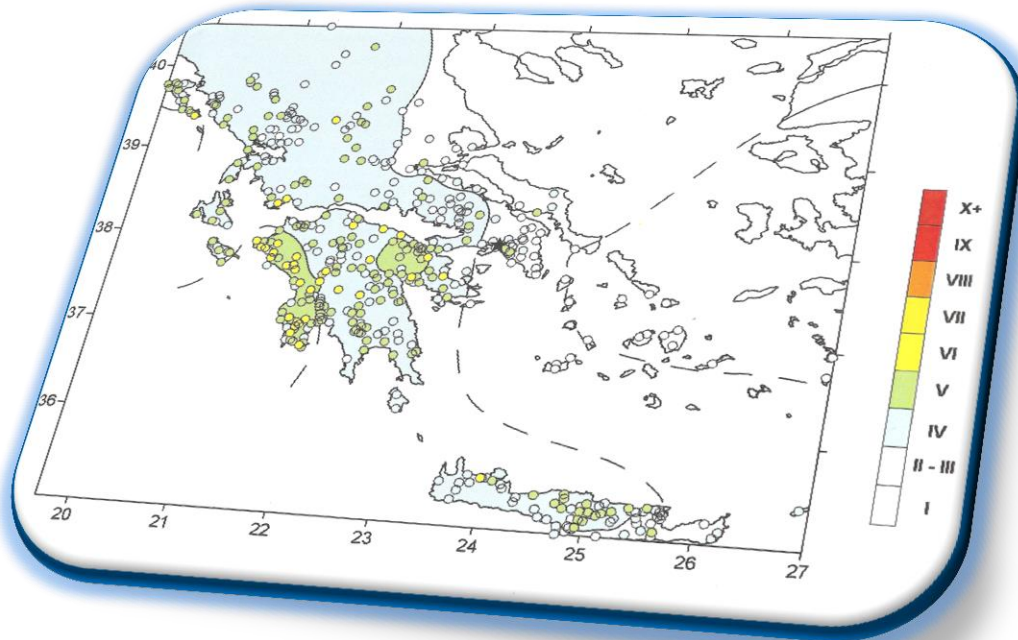


Γράφημα 8-30: Η ζώνη ανατολικής Μεσογείου Θάλασσας.

D. Ζώνωση με κριτήριο τις τοποθεσίες παρατήρησης

Την **17^η Ιουλίου 1964** στις 02:34 π.μ. επλήγη η Μεσσηνία και η Ηλεία από σεισμό βάθους με το Μικροσεισμικό Επίκεντρο να βρίσκεται στην περιοχή της Αττικής 200 χλμ. μακριά. Οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις που συλλέχθηκαν για το σεισμό, 456 τον αριθμό, από το Γ.Ι.-Ε.Α.Α. μαρτυρούσαν ότι η πληγείσες περιοχές ήταν η Μεσσηνία (VI Mercalli στο Βλαχόπουλο, Κρεμμύδια, Πύργος, Κυνηγός) και στην Ηλεία (VI στο Πελόπιο) και όχι η Αττική (βλέπε **Εικόνα 8-15**). Ο σεισμός είχε γίνει αισθητός στο Τριέστε της Σλοβενίας και στην Αδριανούπολη της Τουρκίας.

Παρόμοιο παράδειγμα αποτελεί ο **Σεισμός της Πόλης του Μεξικού την 19^η Σεπτεμβρίου 1985, Mw 8,3 R**. Το κύριο επίκεντρο του σεισμού καθώς και η μετασεισμική ακολουθία εντοπιζόταν περίπου 350 χλμ. δυτικά της πόλεως. Παρόλα αυτά, οι ανθρώπινες απώλειες ξεπέρασαν τις 10.000 νεκρούς, ενώ πάνω από 700.000 άνθρωποι έχασαν τις οικίες τους. Η Πόλη του Μεξικού είχε εδρασθεί πάνω σε εδάφη επικίνδυνης γεωλογικής προέλευσης, πολύ κακών γεωτεχνικών ιδιοτήτων, όντας περιοχή λιμνώδους προϊστορίας που είχε αποξηρανθεί.



Εικόνα 8-15: Ο χάρτης ισοσειστών καμπυλών για το σεισμό της 17^{ης} Ιουλίου 1964 με μικροσεισμικό επίκεντρο στην περιοχή της Αττικής και μακροσεισμικό επίκεντρο στη Μεσσηνία.

Ασφαλώς δεν είναι ο κανόνας το Μικροσεισμικό Επίκεντρο να είναι σε μεγάλη απόσταση από την πληγείσα μακροσεισμικά επικεντρική περιοχή. Είναι δυνατόν όμως μια τοποθεσία να μην πληγεί από κάποιο σεισμικό γεγονός με επίκεντρο εντός της ζώνης, αλλά και από σεισμικά γεγονότα που εντοπίζονται σε διπλανές ζώνες. Επομένως, μπορούμε να ομαδοποιήσουμε τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις με κριτήριο τις τοποθεσίες που βρίσκονται εντός της ζώνης και όχι με κριτήριο τα σεισμικά γεγονότα που έχουν επίκεντρο εντός της ζώνης. Με τον τρόπο αυτό θα διαπιστώσουμε ποια είναι η σεισμική ενέργεια που **“εισέρχεται στη ζώνη”** και όχι αυτή που **“εξέρχεται από τη ζώνη”**.

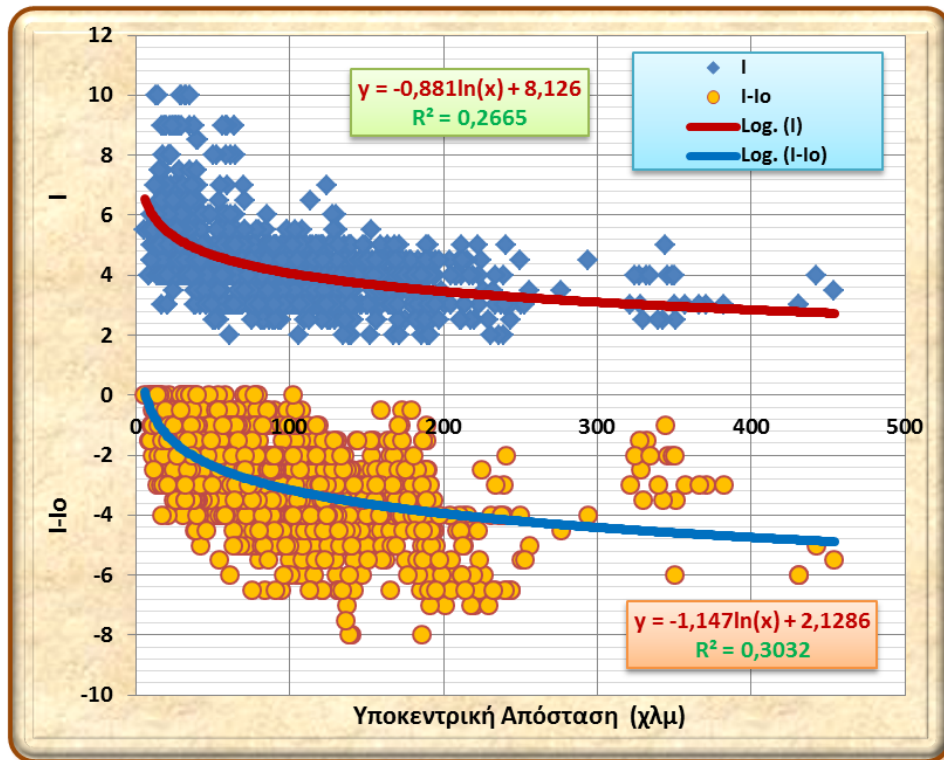
Θα ακολουθήσουν Πίνακες και Γραφήματα Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της έντασης, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων με την σύγκριση τους.

I. Ιόνια Νησιά

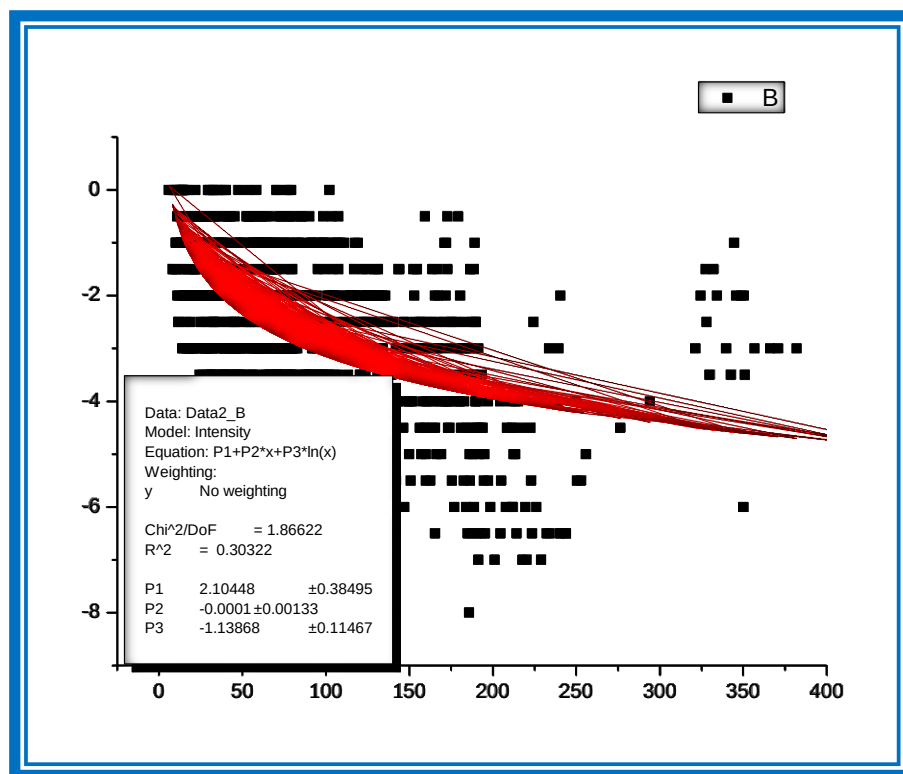
Επεξεργασθήκαμε 1.145 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 97 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνης Ιονίων Νήσων.

Πίνακας 8-15: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Ιονίων Νήσων.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
37.72	20.78	AGALAS	ZAKYNTHOS
38.30	20.60	AGIA EFIMIA	KEFALLINIA
-----	-----	-----	-----
37.87	20.65	VOLIMES	ZAKYNTHOS
38.92	20.88	VONITSA	AITOLOAKARNANIA
37.78	20.89	ZAKYNTHOS	ZAKYNTHOS



Γράφημα 8-31: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Ιονίων Νήσων.



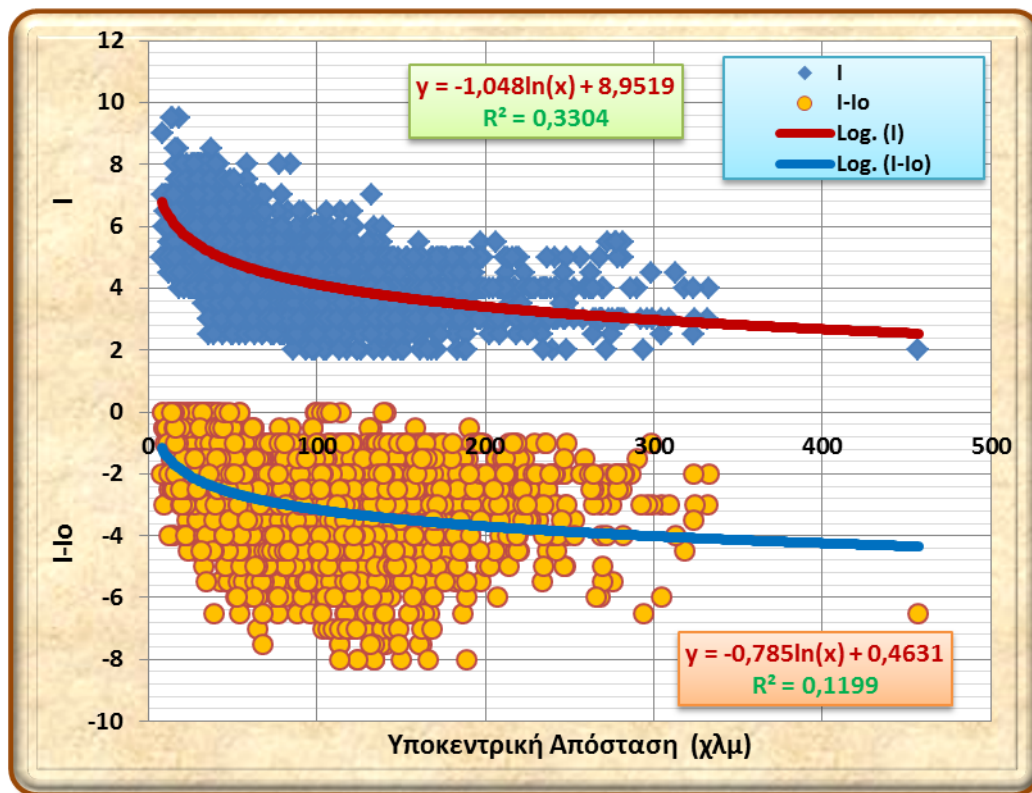
Γράφημα 8-32: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Ιονίων Νήσων.

II. Κορινθιακός Κόλπος

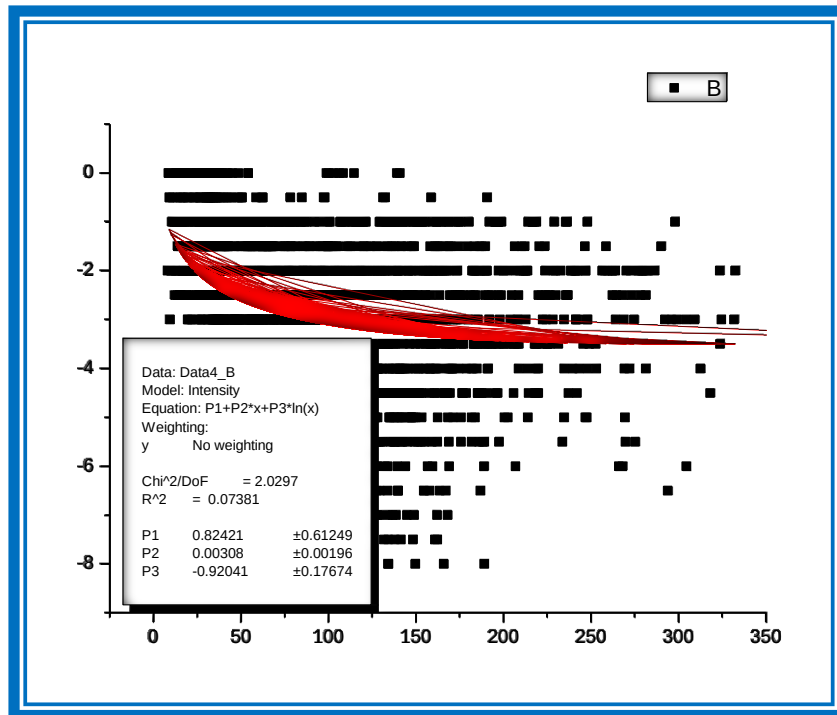
Επεξεργασθήκαμε 2.471 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 209 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Κορινθιακού Κόλπου.

Πίνακας 8-16: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
38.42	21.78	AFROXYLIA	AITOLOAKARNANIA
38.48	22.37	AGIA EFTHYMIA	FOKIDA
-----	-----	-----	-----
38.18	22.18	ZACHLORITIKA	ACHAIA
38.08	22.62	ZEVGOLATEIO	KORINTHOS
38.30	21.98	ZIRIA	ACHAIA



Γράφημα 8-33: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.



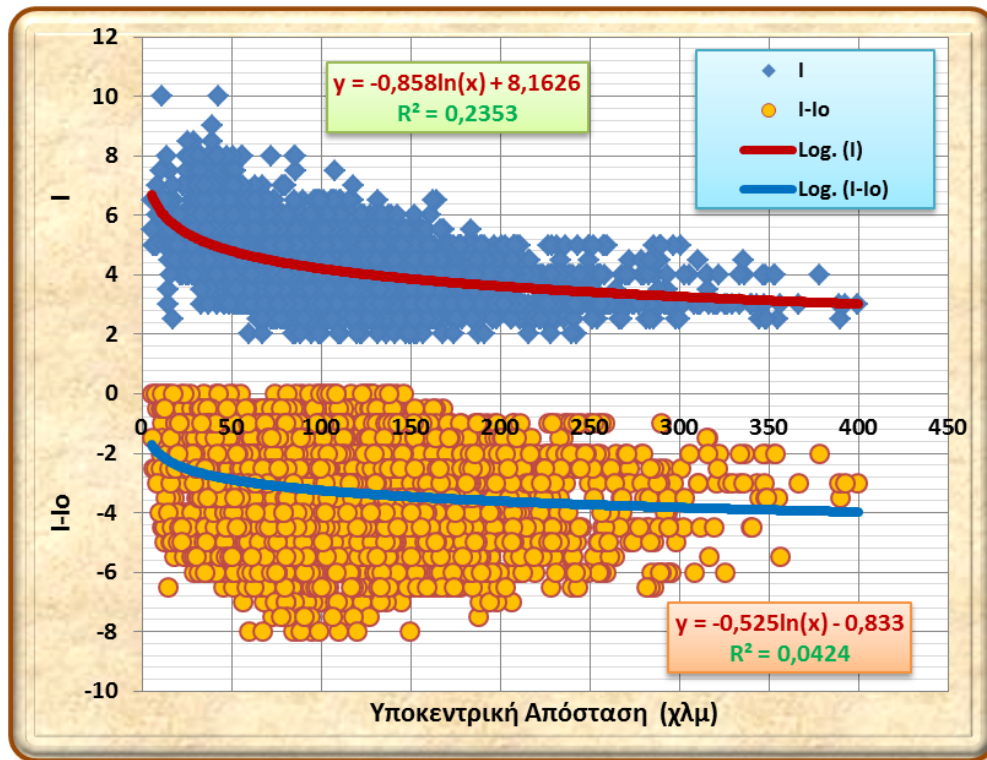
Γράφημα 8-34: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου.

III. Νότια Ελλάδα

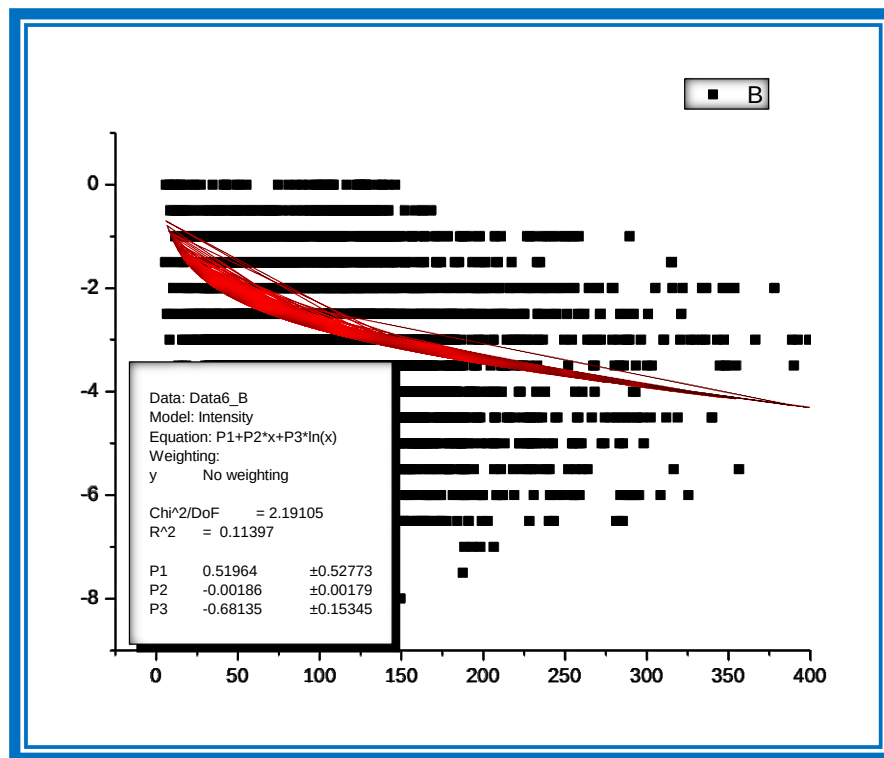
Επεξεργασθήκαμε 4.129 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 512 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Νότιας Ελλάδας.

Πίνακας 8-17: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Νότιας Ελλάδας.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
37.13	21.78	ACHLADINI	ILEIA
36.92	21.90	ACHLADOCHORI	MESSINIA
-----	-----	-----	-----
37.48	21.65	ZACHARO	ILEIA
37.25	21.97	ZEVGOLATEIO	MESSINIA
37.52	22.43	ZEVGOLATEIO	ARKADIA



Γράφημα 8-35: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Νότιας Ελλάδας.



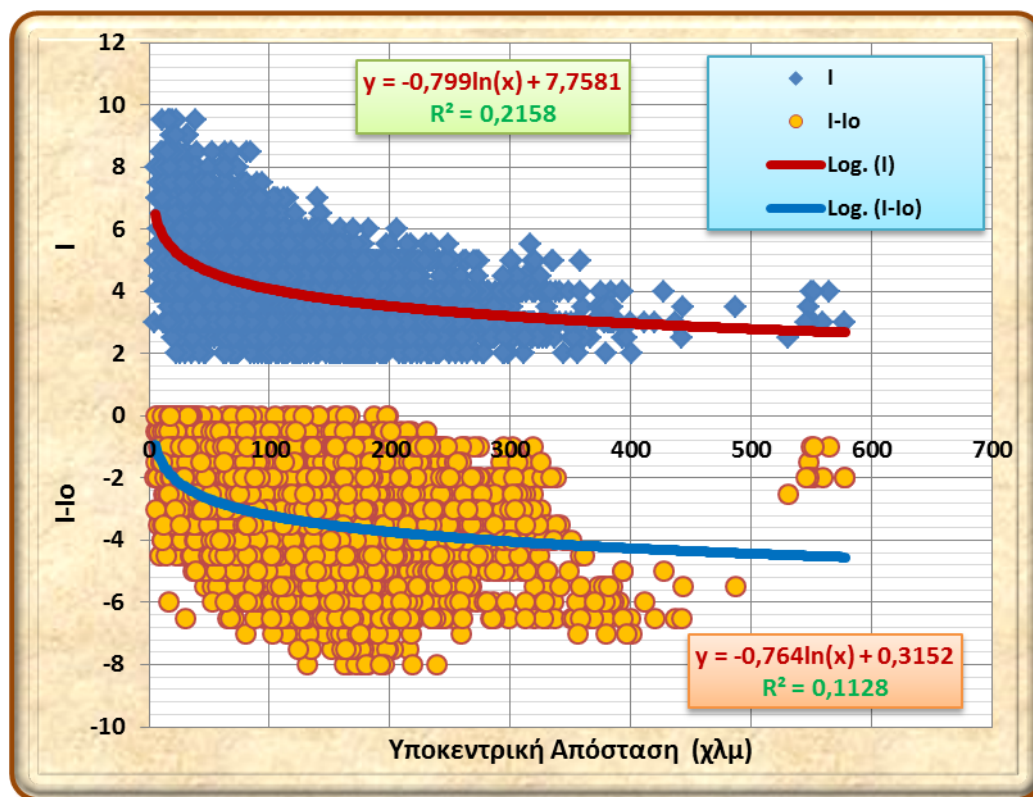
Γράφημα 8-36: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Νότιας Ελλάδας.

IV. Κεντρική Ελλάδα

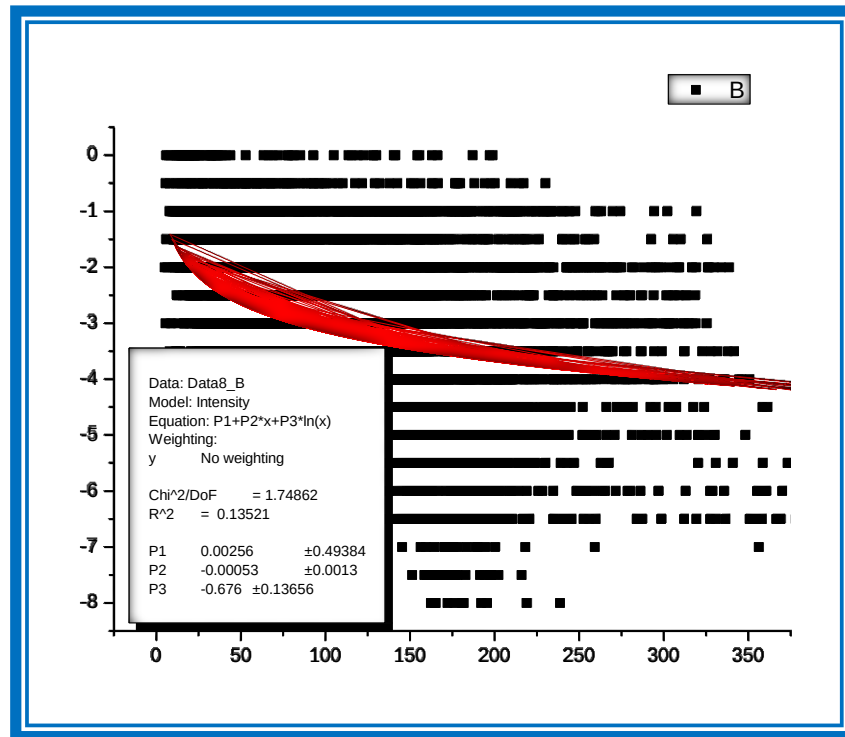
Επεξεργασθήκαμε 8.476 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 822 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Κεντρικής Ελλάδας.

Πίνακας 8-18: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
38.08	23.73	ACHARNES	ΑΤΤΙΚΗ
39.03	22.97	ACHILLEIO	ΜΑΓΝΗΣΙΑ
-----	-----	-----	-----
38.53	21.42	ZEVGARAKI	ΑΙΤΟΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑ
39.58	21.82	ZILEFTI	ΤΡΙΚΑΛΑ
37.97	23.85	ZOGRAFOS	ΑΤΤΙΚΗ



Γράφημα 8-37: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.



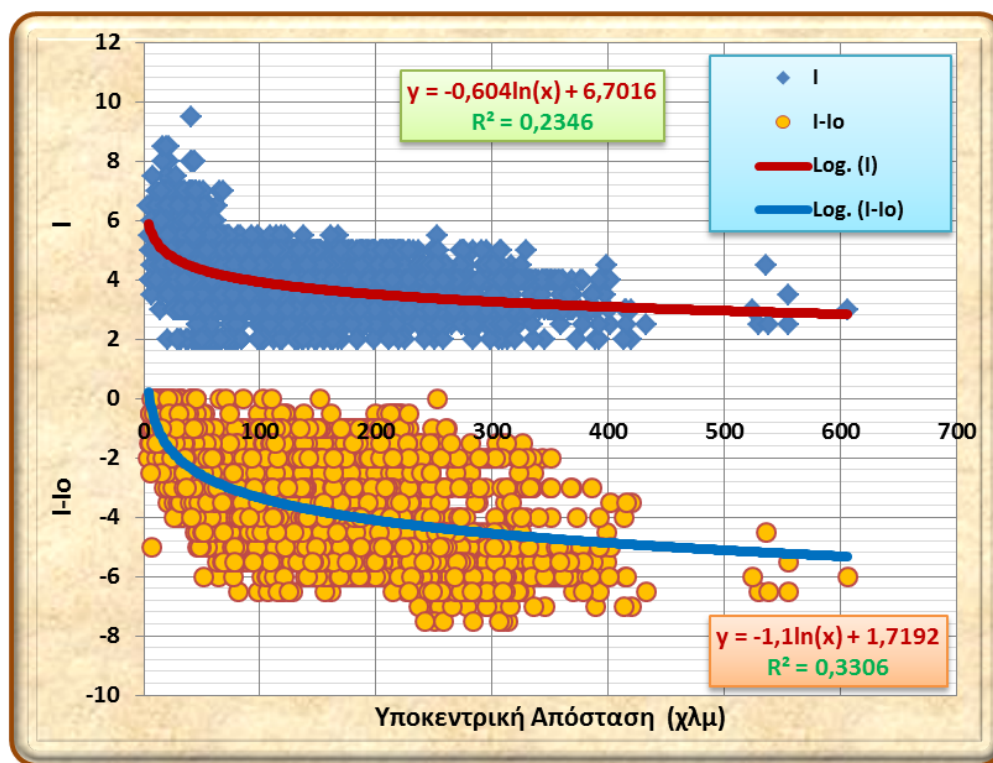
Γράφημα 8-38: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κεντρικής Ελλάδας.

V. Βόρεια Ελλάδα

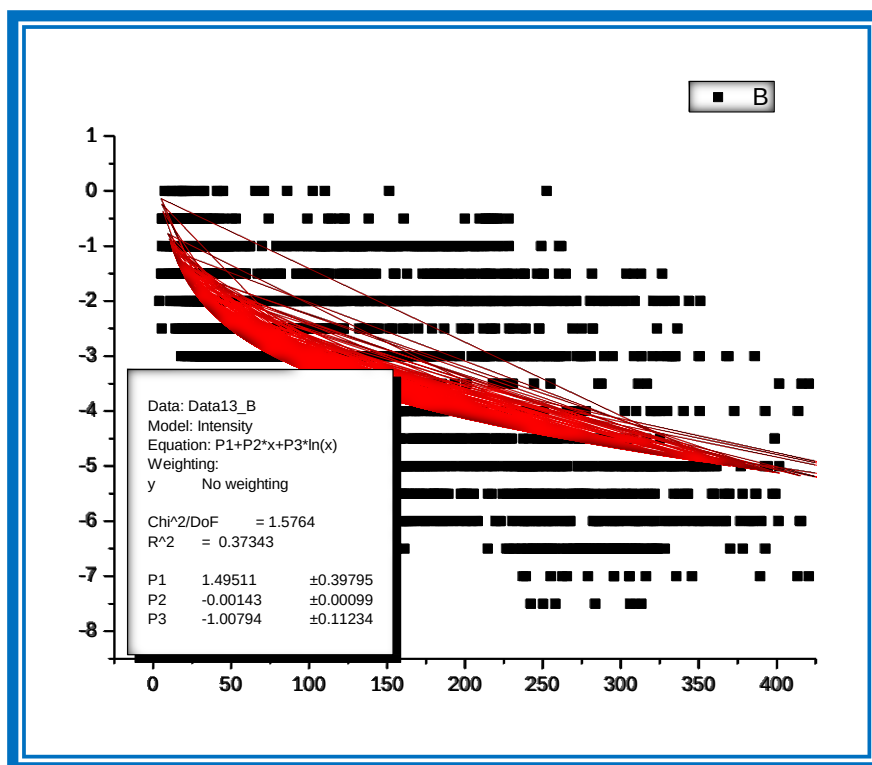
Αριθμός 3.646 μακροσεισμικών παρατηρήσεων εντοπίζονται στη Ζώνη Βόρειας Ελλάδας από 586 τοποθεσίες.

Πίνακας 8-19: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Βόρειας Ελλάδας.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
40.92	23.65	ACHINOS	SERRES
40.87	21.62	ACHLADA	FLORINA
-----	-----	-----	-----
40.03	21.26	ZAKAS	GREVENA
40.57	23.28	ZANKLIVERI	THESSALONIKI
40.65	22.23	ZERVOCHORI	IMATHIA



Γράφημα 8-39: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Βόρειας Ελλάδας.



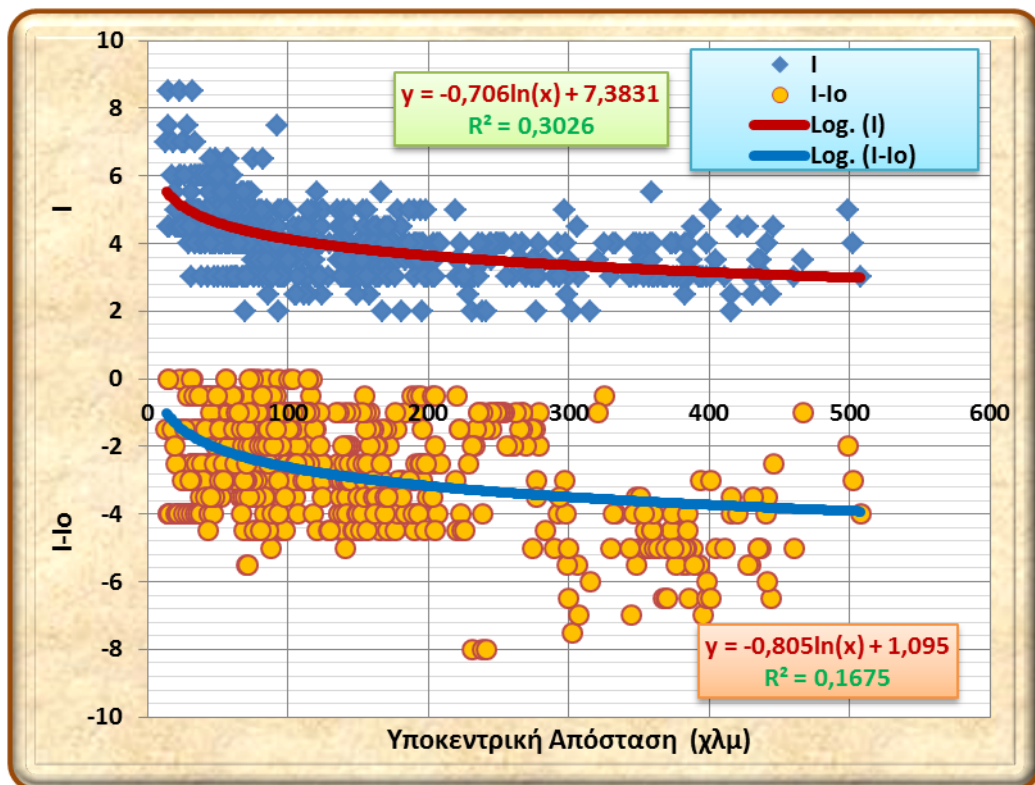
Γράφημα 8-40: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Βόρειας Ελλάδας.

VI. Κρήτη

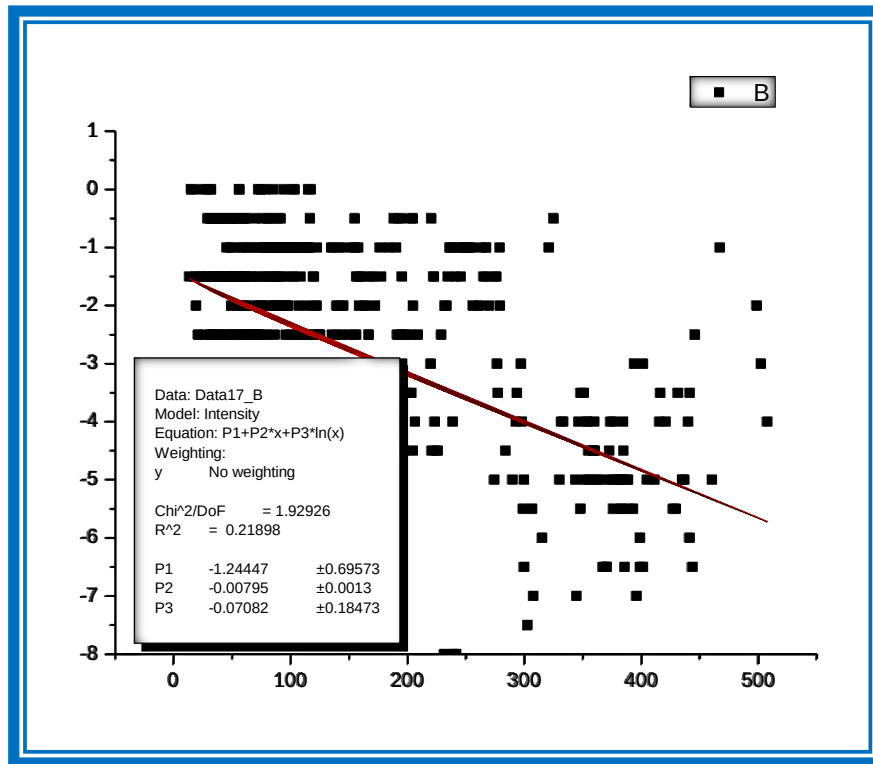
Επεξεργασθήκαμε 612 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 253 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Κρήτης.

Πίνακας 8-20: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Κρήτης.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
34.98	25.22	ACHENTRIAS	IRAKLEIO
35.40	24.98	ACHLADA	IRAKLEIO
-----	-----	-----	-----
35.08	26.13	ZIROS	LASITHI
35.30	24.83	ZONIANA	RETHYMNO
35.43	23.75	ZYMPRAGOS	CHANIA



Γράφημα 8-41: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κρήτης.



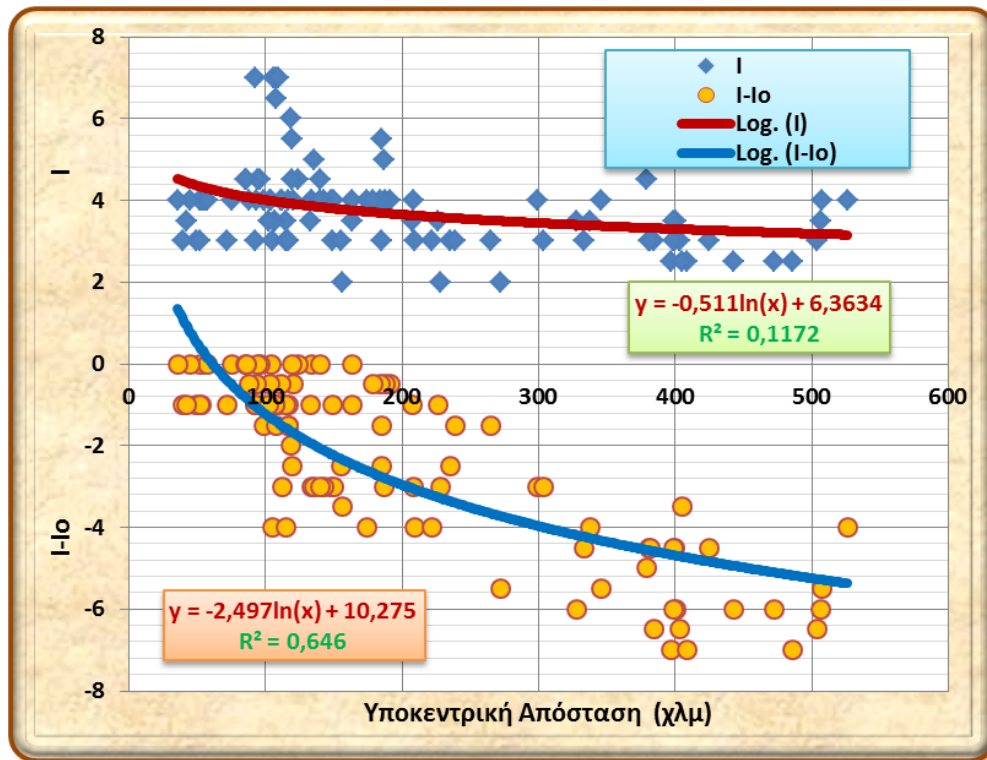
Γράφημα 8-42: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κρήτης.

VII. Δωδεκάνησα

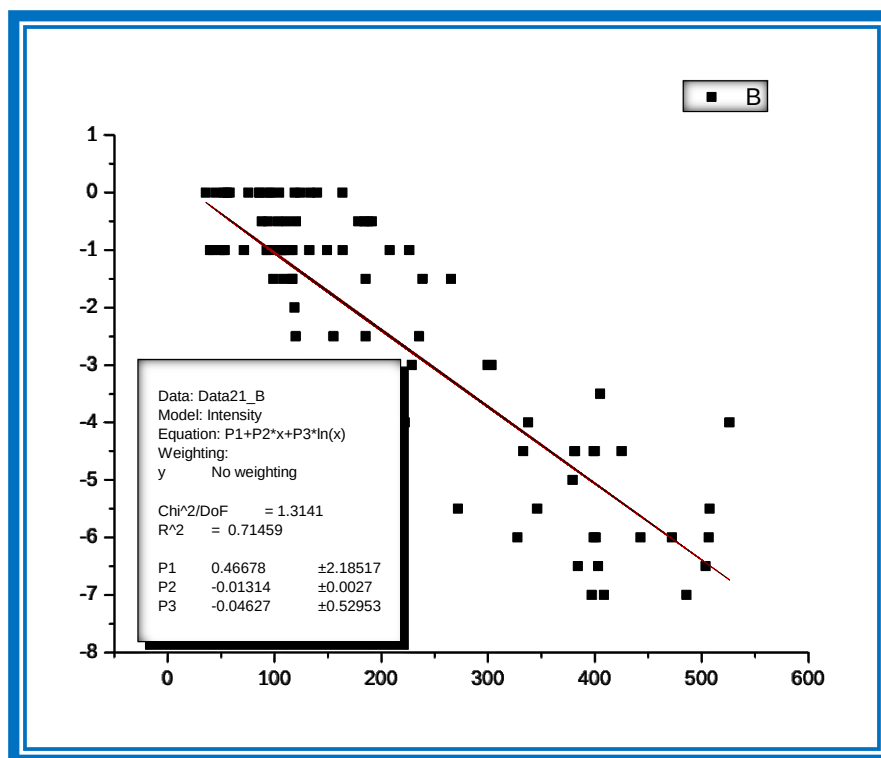
Αριθμός 102 μακροσεισμικών παρατηρήσεων εντοπίζονται στη Ζώνη Δωδεκανήσων από 58 τοποθεσίες.

Πίνακας 8-21: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Δωδεκανήσων.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
36.28	28.17	AFANTOU	DODEKANISA
37.47	27.00	AGATHONISI	DODEKANISA
-----	-----	-----	-----
36.35	28.02	SORONI	DODEKANISA
36.60	27.83	SYMI	DODEKANISA
36.37	28.05	THEOLOGOS	DODEKANISA



Γράφημα 8-43: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δωδεκανήσων.



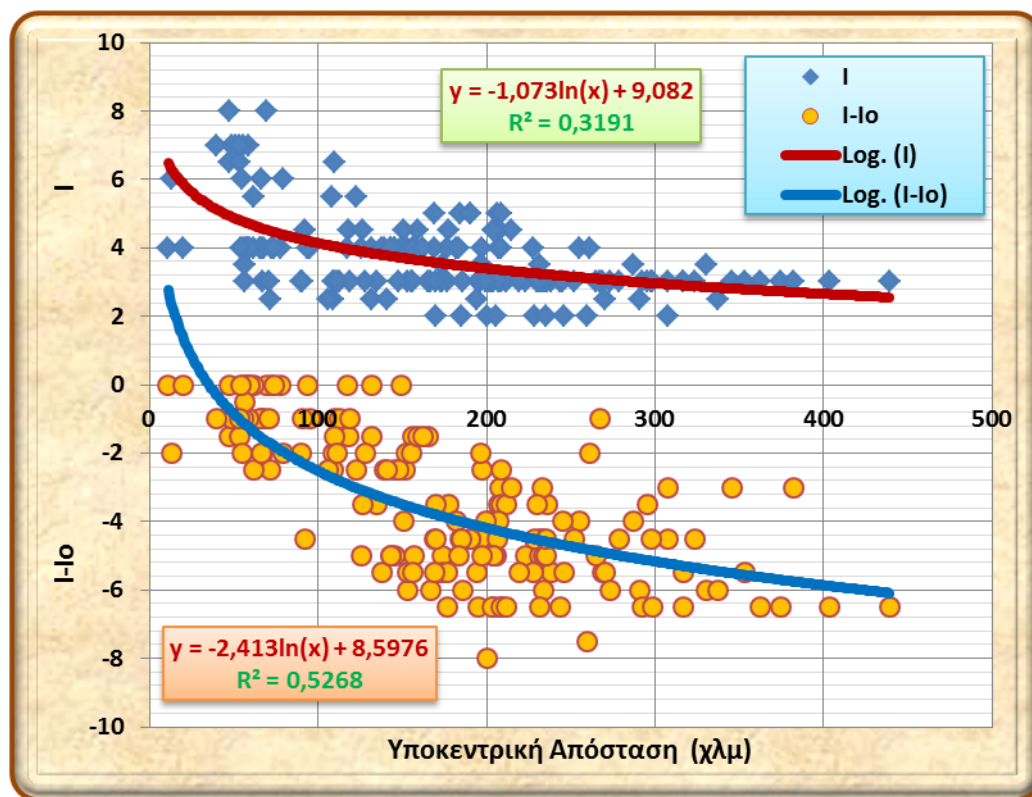
Γράφημα 8-44: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δωδεκανήσων.

VIII. Κυκλάδες Νήσοι

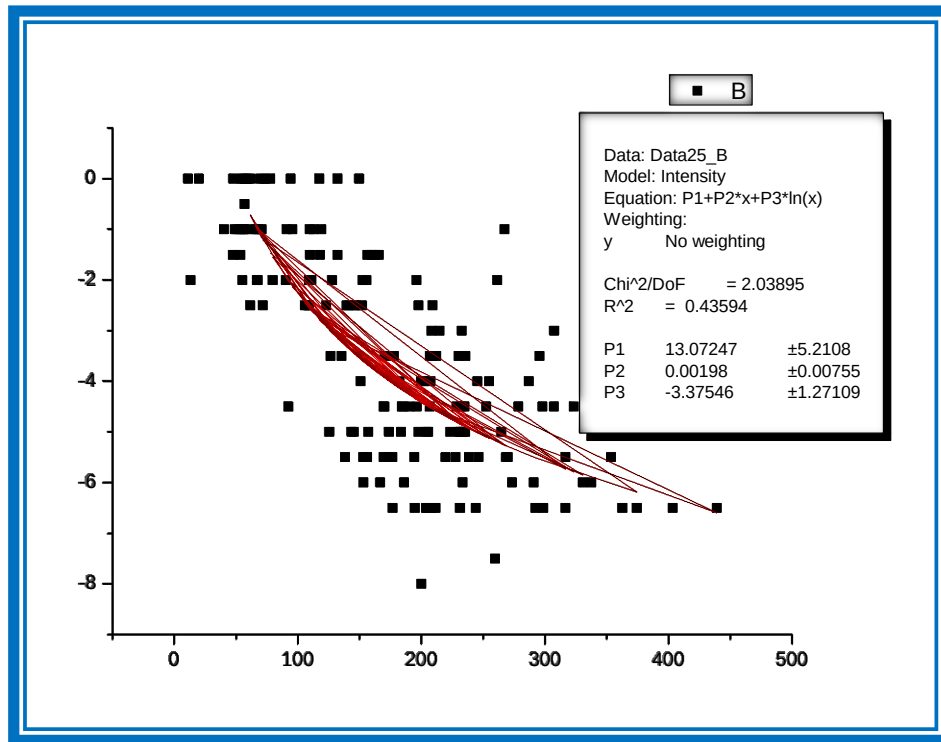
Επεξεργασθήκαμε 173 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 62 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Κυκλάδων Νήσων.

Πίνακας 8-22: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Κυκλάδων Νήσων.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
36.73	24.43	ADAMAS	KYKLADES
37.08	25.42	AGIOS ARSENIOS	KYKLADES
-----	-----	-----	-----
37.40	24.95	VARI	KYKLADES
37.05	25.40	VIVLOS	KYKLADES
37.60	25.19	VOLAX	KYKLADES



Γράφημα 8-45: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κυκλάδων Νήσων.



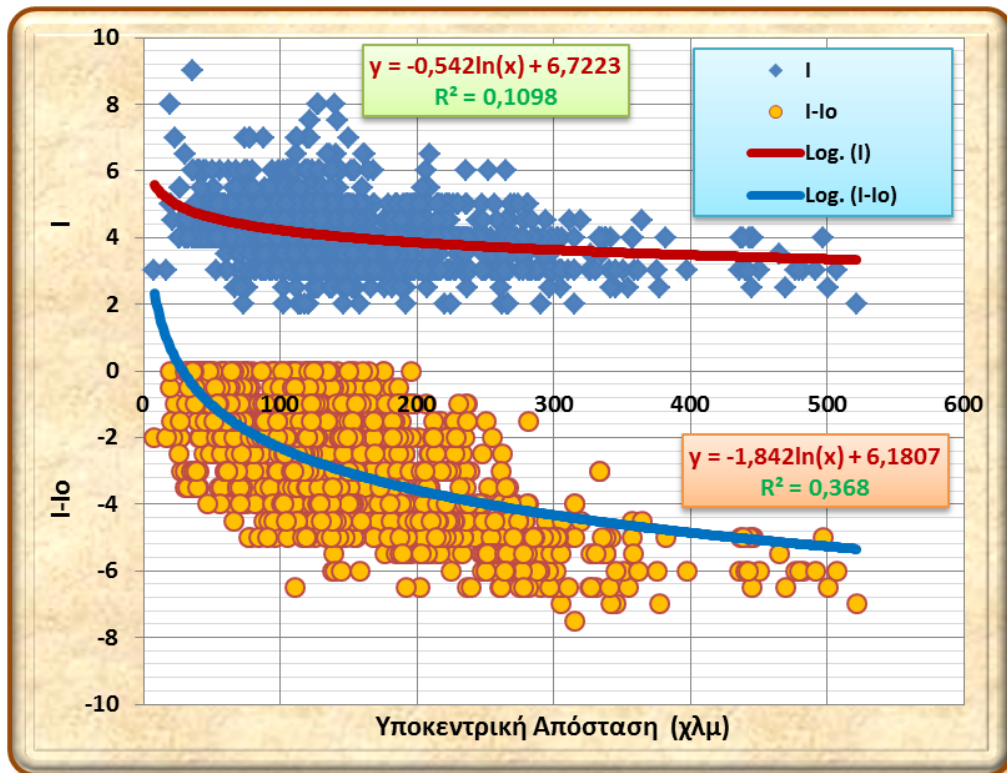
Γράφημα 8-46: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Κυκλάδων Νήσων.

ΙΧ. Αιγαίο Πέλαγος

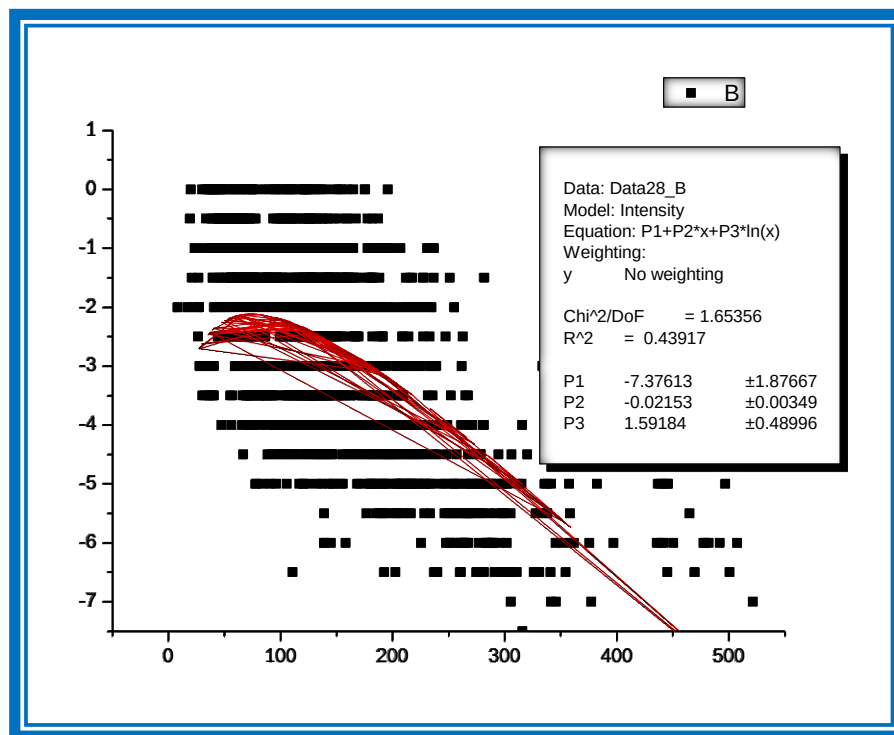
Επεξεργασθήκαμε 1.574 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 204 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνης Αιγαίου Πελάγους.

Πίνακας 8-23: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Αιγαίου Πελάγους.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
39.16	26.52	AFALONAS	LESVOS
39.07	26.58	AGIA MARINA	LESVOS
-----	-----	-----	-----
39.03	26.20	VRISA	LESVOS
38.42	26.13	VRONTADOS	CHIOS
40.99	25.42	XYLAGANI	RODOPI



Γράφημα 8-47: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Αιγαίου Πελάγους.



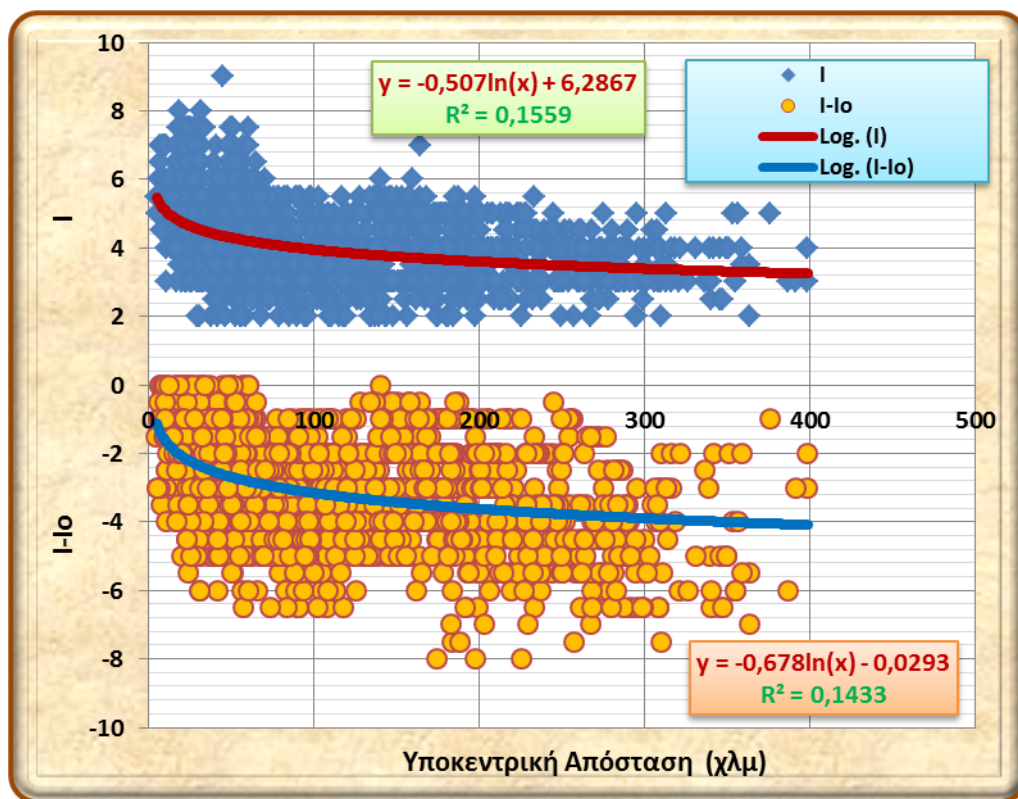
Γράφημα 8-48: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Αιγαίου Πελάγους.

Χ. Σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας

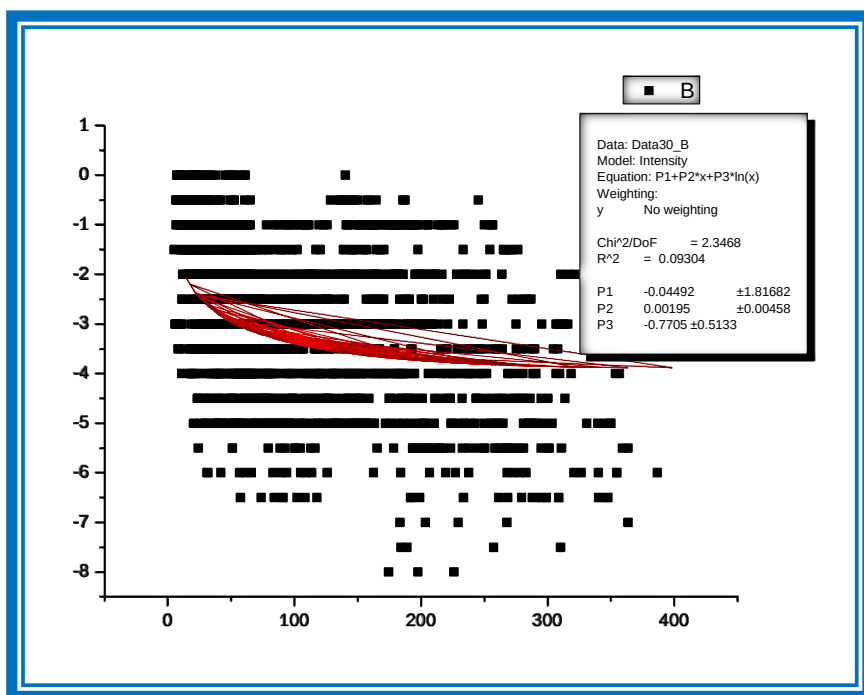
Επεξεργασθήκαμε 1.839 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 262 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.

Πίνακας 8-24: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
39.77	20.53	ΑΕΤΟΡΕΤΡΑ	ΙΟΑΝΝΙΝΑ
39.62	19.85	ΑΦΡΑ	ΚΕΡΚΥΡΑ
-----	-----	-----	-----
39.42	20.57	ΖΕΡΒΟΧΟΡΙ	ΘΕΣΠΡΟΤΙΑ
39.75	20.65	ΖΙΤΣΑ	ΙΟΑΝΝΙΝΑ
39.47	20.67	ΖΟΤΙΚΟ	ΙΟΑΝΝΙΝΑ



Γράφημα 8-49: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.



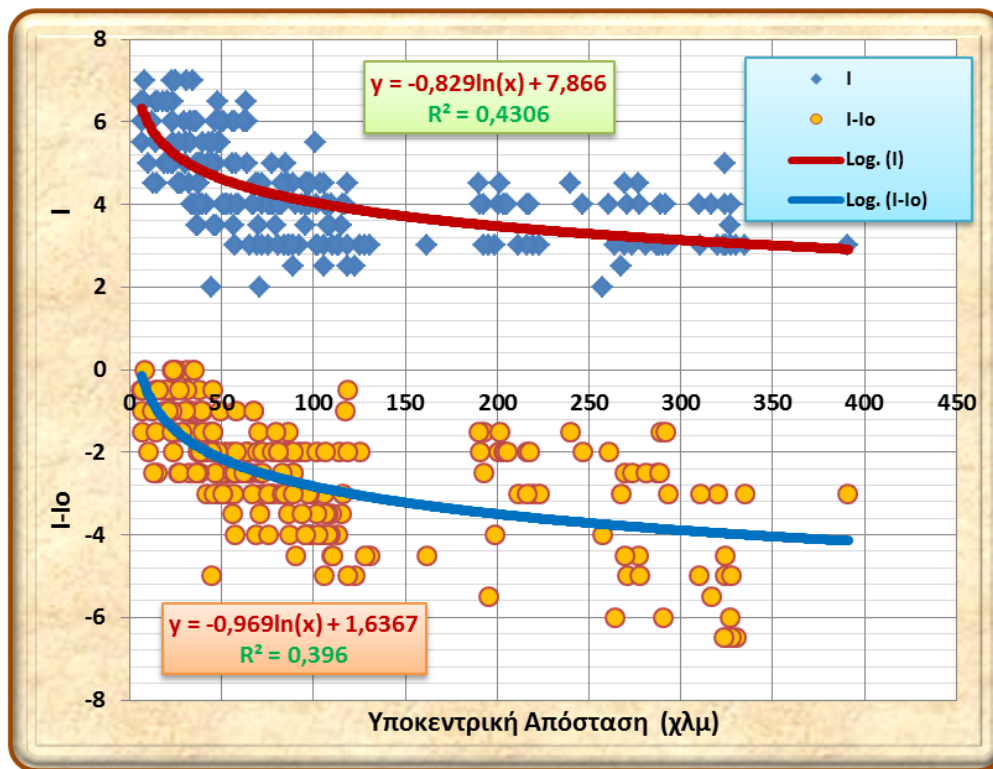
Γράφημα 8-50: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Αλβανίας.

XI. Σύνορα Ελλάδας-F.Y.R.O.M.

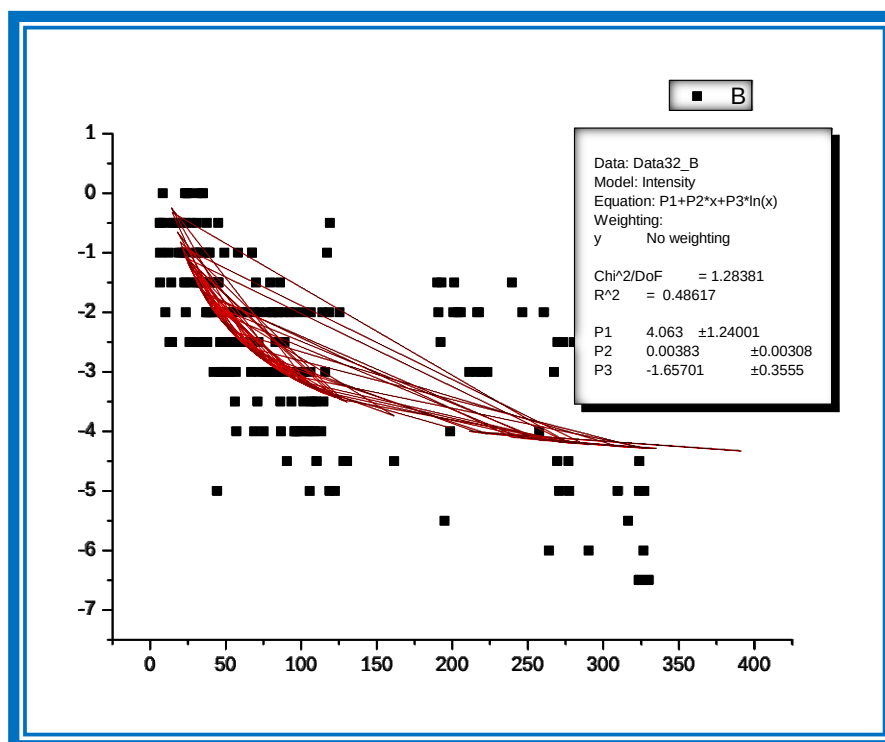
Αριθμός 225 μακροσεισμικών παρατηρήσεων εντοπίζονται στη Ζώνη Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. από 41 τοποθεσίες.

Πίνακας 8-25: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
41.15	22.75	AKRITAS	KILKIS
41.20	22.82	AMARANTA	KILKIS
-----	-----	-----	-----
41.00	22.77	VAPTISTIS	KILKIS
41.15	22.97	VATHI	KILKIS
41.03	22.08	VOREINO	PELLA



Γράφημα 8-51: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M..



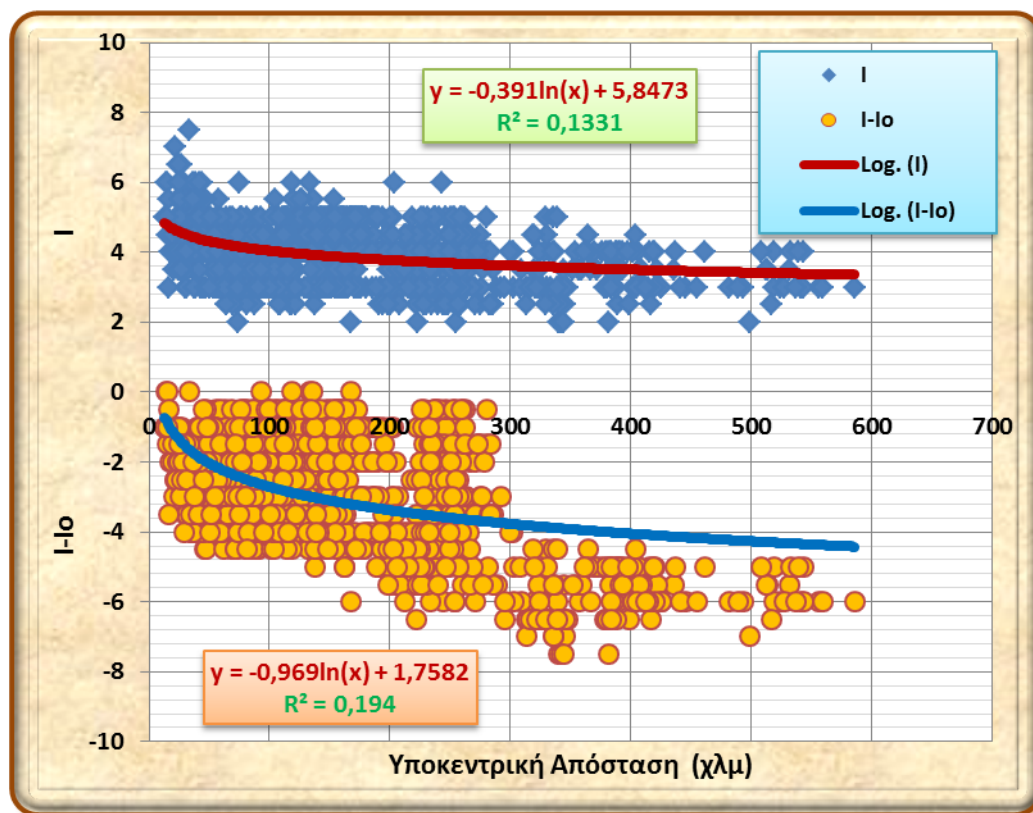
Γράφημα 8-52: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας- F.Y.R.O.M..

XII. Σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας

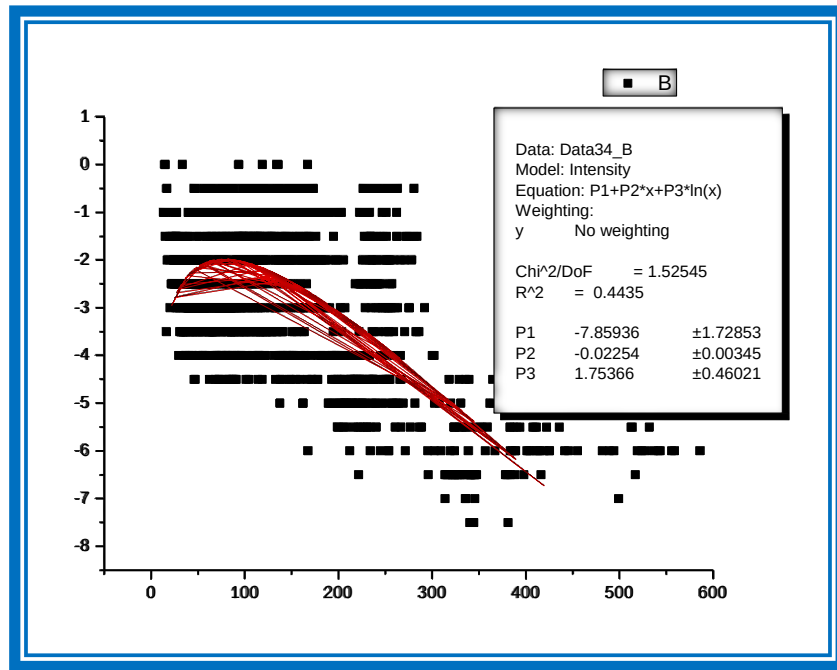
Επεξεργασθήκαμε 1.373 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 198 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.

Πίνακας 8-26: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
41.32	23.55	ACHLADOCHORI	SERRES
41.02	23.47	ADELPHIKO	SERRES
-----	-----	-----	-----
41.22	24.35	YPSILI RACHI	DRAMA
41.02	24.63	ZARKADIA	KAVALA
41.02	24.38	ZYGOS	KAVALA



Γράφημα 8-53: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.



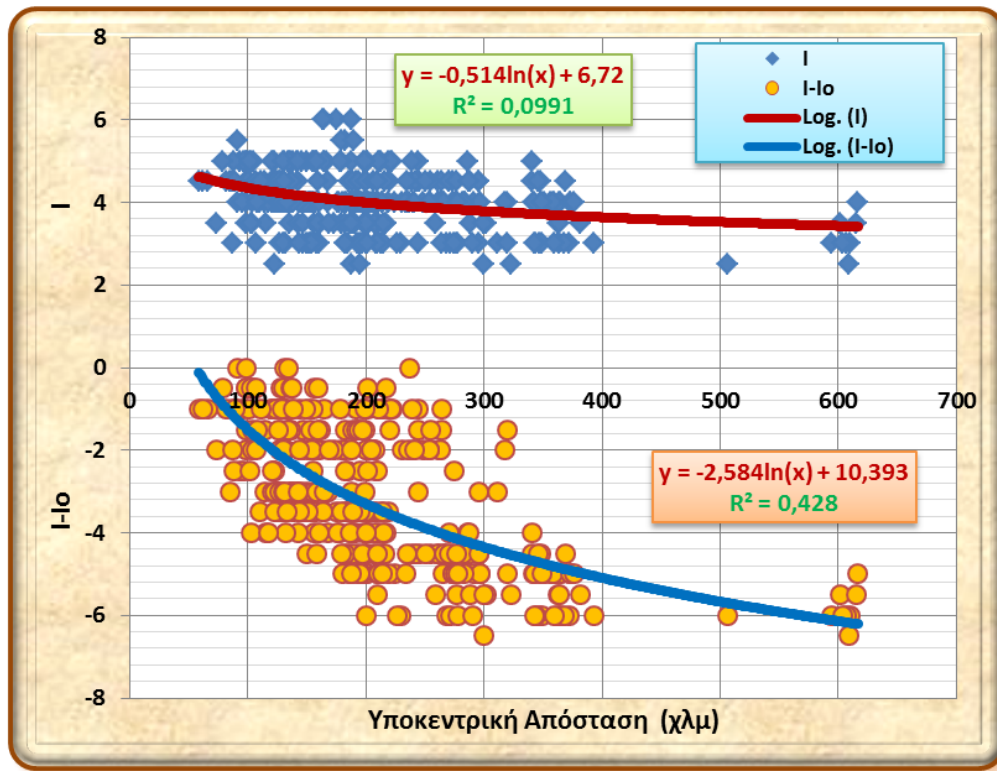
Γράφημα 8-54: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας.

XIII. Δυτική Τουρκία

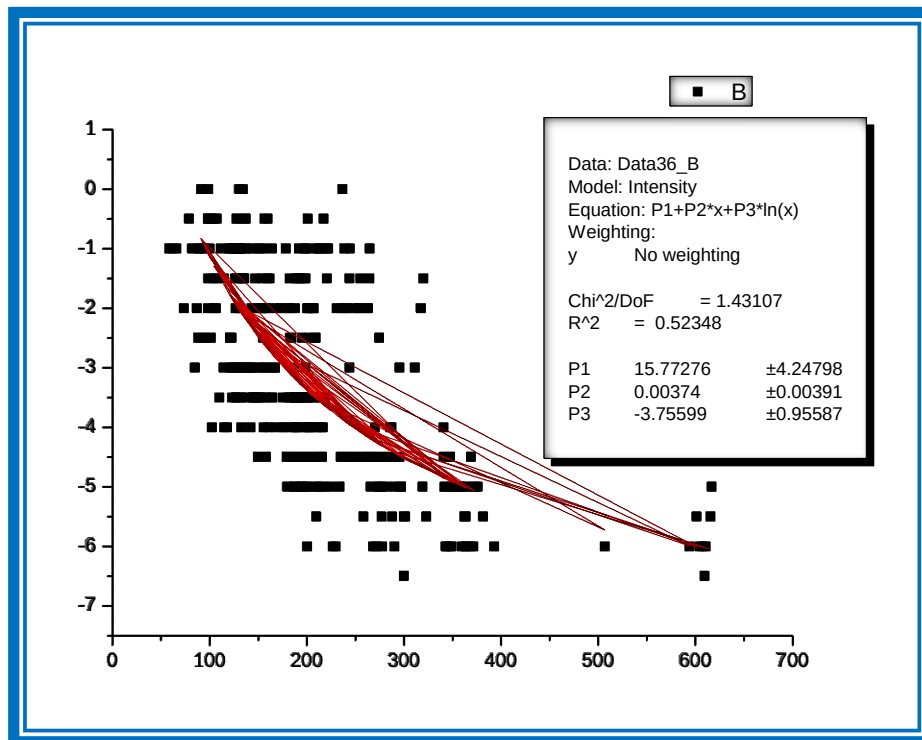
Επεξεργασθήκαμε 364 μακροσεισμικές παρατηρήσεις που προέρχονται από 59 τοποθεσίες που εντοπίζονται στη Ζώνη Δυτικής Τουρκίας.

Πίνακας 8-27: Οι τοποθεσίες που εντοπίζονται εντός της ζώνης Δυτικής Τουρκίας.

Γεωγρ. Πλάτος Κοινότητας	Γεωγρ. Μήκος Κοινότητας	Κοινότητα	Νομός
41.43	26.20	ALEPOCHORI	EVROS
41.30	26.43	AMORIO	EVROS
-----	-----	-----	-----
41.53	26.35	VALTOS	EVROS
41.40	26.33	VRYSIKA	EVROS
41.50	26.22	ZONI	EVROS



Γράφημα 8-55: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δυτικής Τουρκίας.



Γράφημα 8-56: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης των τοποθεσιών της ζώνης Δυτικής Τουρκίας.

XIV. Αλβανία

Δεν υπάρχουν ελληνικές θέσεις συλλογής μακροσεισμικών παρατηρήσεων στην Αλβανία.

XV. Μεσόγειος Θάλασσα

Θάλασσα γαρ, ούτε το τσουνάμι δεν θα μπορέσουν οι ναυτικοί να νοιώσουν...

XVI. Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα

Η ανατολική Μεσόγειος είναι ο τόπος γένεσης ενός από τους ισχυρότερους σεισμούς της τελευταίας χιλιετία το 365 μ.Χ.. Δυστυχώς όμως, δεν μπορεί να μας βοηθήσει στη συλλογή μακροσεισμικών παρατηρήσεων.

Ε. Συμπεράσματα

Ο Πίνακας 8-28 που ακολουθεί καταγράφει πόσες τοποθεσίες συλλογής πληροφοριών υπάρχουν σε κάθε μια από τις ζώνες.

Πίνακας 8-28: Αριθμός τοποθεσιών παρατηρήσεων σε κάθε ζώνη.

Ζώνη	Αριθμός Κοινοτήτων
Ιόνια Νησιά	97
Σύνορα Ελλάδας - Αλβανίας	262
Κυκλάδες Νήσοι	62
Νότια Ελλάδα	512
Κορινθιακός Κόλπος	208
Κεντρική Ελλάδα	822
Βόρεια Ελλάδα	586
Αιγαίο Πέλαγος	204

Σύνορα Ελλάδας – Βουλγαρίας	197
Σύνορα Ελλάδας – F.Y.R.O.M.	41
Αλβανία	0
Δωδεκάνησα	58
Κρήτη	253
Μεσόγειος Θάλασσα	0
Δυτική Τουρκία	59
Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα	0

Ο Πίνακας 8-29 καταγράφει τις τιμές των παραμέτρων των εξισώσεων εξασθένησης και μεταβολής της εξασθένησης για ζώνες με κριτήριο τους σεισμούς.

Πίνακας 8-29: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για ζώνες με κριτήριο τους σεισμούς.

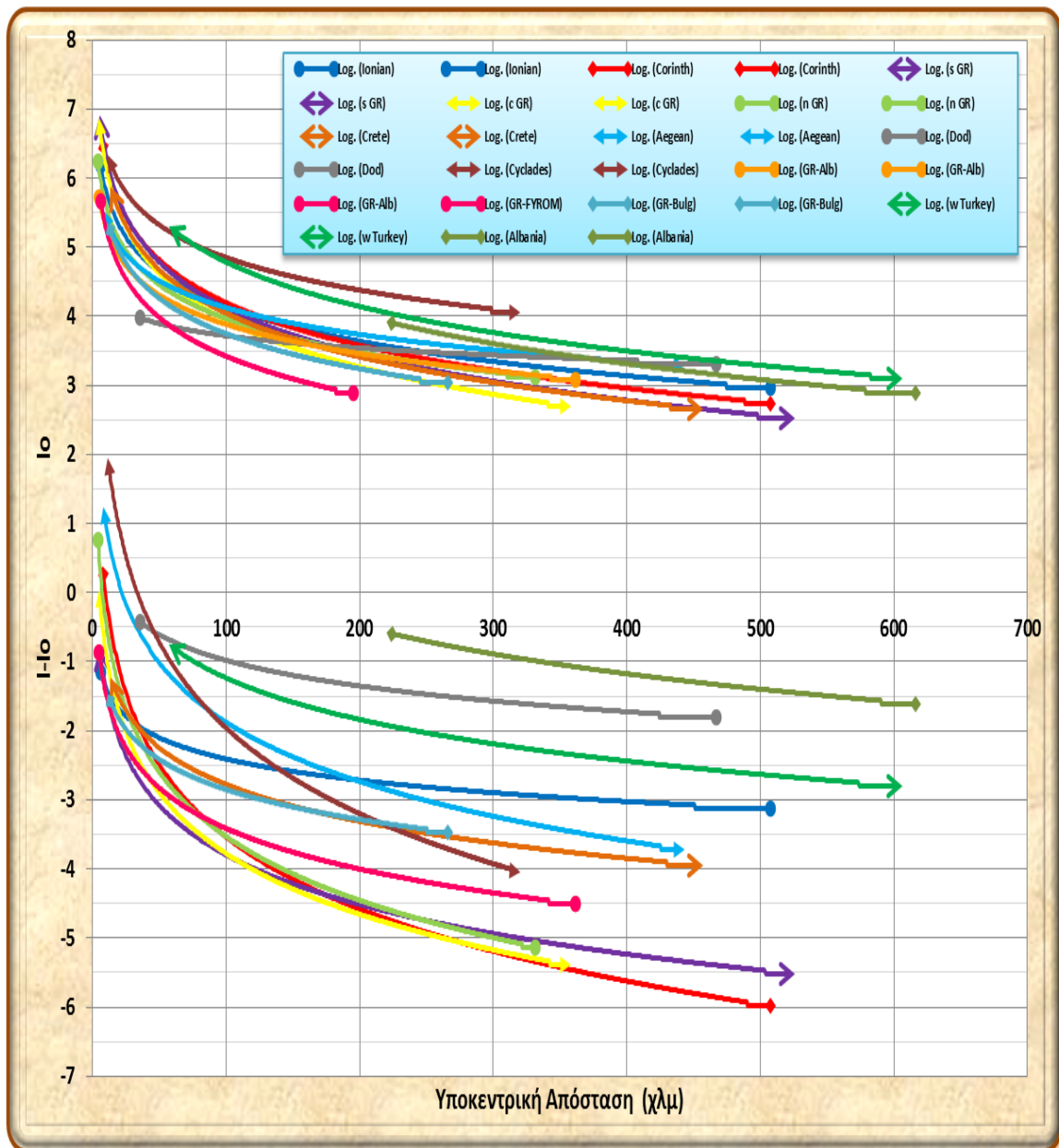
Ζώνη	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$			$I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$			
	a	b	R ²	a	b	R ²	P ₁	P ₂	P ₃	R ²
Ιόνια Νησιά	-0.723	7.4615	0.1912	-0.444	-0.3669	0.0561	0.05727	-0.01014	-0.2675	0,29511
Κορινθιακός	-0.897	8.3112	0.2705	-1.505	3.391	0.3909	-1.813370	-0.005900	-0.031580	0,07474
Νότια Ελλάδα	-0.963	8.5491	0.3035	-1.037	0.9803	0.1653	-3.21782	-0.00854	0.04125	0,09981
Κεντρική Ελλάδα	-0.978	8.4488	0.2732	-1.271	2.0835	0.327	2.56339	-0.00374	-1.36845	0,84734
Βόρεια Ελλάδα	-0.707	7.2085	0.2047	-1.334	2.6062	0.4831	1.80659	0.00002	-1.09174	0,62929
Κρήτη	-0.915	8.2595	0.327	-0.772	0.7823	0.139	-3.82067	-0.01287	0.46197	0,18934
Δωδεκάνησα	-0.255	4.8808	0.0485	-0.537	1.4929	0.1526	2.51437	0.00249	-0.82039	0,16821
Κυκλάδες	-0.68	7.9698	0.1217	-1.787	6.2648	0.5553	-0.93059	-0.02069	0.32661	0,67659
Αιγαίο	-0.56	6.7025	0.0994	-1.183	3.4745	0.1379	1.20198	-0.00482	-0.55489	0,13981
Ελλάς-Αλβανία	-0.618	6.7097	0.1653	-0.85	0.4911	0.1968	0.15737	-0.00084	-0.88194	0,15851
Ελλάς-F.Y.R.O.M.	-0.811	7.1607	0.3441	-0.811	0.1607	0.3441	3.42978	0.02888	-2.11442	0,37625
Ελλάς-Βουλγαρία	-0.727	7.0977	0.3242	-0.631	0.0421	0.1112	0.32546	-0.00254	-0.2917	0,09878
Δυτική Τουρκία	-0.929	9.0556	0.1855	-2.183	7.4081	0.5521	10.39818	0.00737	-2.61801	0,54705
Αλβανία	-0.999	9.3008	0.1134	-0.999	0.3008	0.1134	12.68069	0.00422	-2.60303	0,11402
Μεσόγειος										
Ανατολική Μεσόγειος										

Ο Πίνακας 8-30 καταγράφει τις τιμές των παραμέτρων των καμπυλών εξασθένησης για ζώνες με κριτήριο τις τοποθεσίες συλλογής παρατηρήσεων.

Πίνακας 8-30: Παράμετροι των καμπυλών εξασθένησης για ζώνες με κριτήριο τις τοποθεσίες συλλογής παρατηρήσεων.

Θέση	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$			$I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$			
	a	b	R ²	a	b	R ²	P ₁	P ₂	P ₃	R ²
Ιόνια Νησιά	-0.881	8.126	0.2665	-1.147	2.1286	0.3032	2,10448	-0,0001	-1,13868	0,30322
Κορινθιακός	-1.048	8.9519	0.3304	-0.785	0.4631	0.1199	0,82421	0,0308	-0,92041	0,07381
Νότια Ελλάδα	-0.858	8.1626	0.2353	-0.525	-0.833	0.0424	0,51964	-0,00186	-0,68135	0,11397
Κεντρική Ελλάδα	-0.799	7.7581	0.2158	-0.764	0.3152	0.1128	0,00256	-0,00053	-0,676	0,13521
Βόρεια Ελλάδα	-0.604	6.7016	0.2346	-1.1	1.7192	0.3306	1,49511	-0,00143	-1,00794	0,37343
Κρήτη	-0.706	7.3831	0.3026	-0.805	1.095	0.1675	-1,24447	-0,00795	-0,07082	0,21898
Δωδεκάνησα	-0.511	6.3634	0.1172	-2.497	10.275	0.646	0,46678	-0,01314	-0,04627	0,71459
Κυκλάδες	-1.073	9.082	0.3191	-2.413	8.5976	0.5268	13,07247	0,00198	-3,37546	0,43594
Αιγαίο	-0.542	6.7223	0.1098	-1.842	6.1807	0.368	-7,37613	-0,02153	1,59184	0,43917
Ελλάς-Αλβανία	-0.507	6.2867	0.1559	-0.678	-0.0293	0.1433	-0,04492	0,00195	-0,7705	0,09304
Ελλάς-F.Y.R.O.M.	-0.829	7.866	0.4306	-0.969	1.6367	0.396	4,063	0,00383	-1,65701	0,48617
Ελλάς-Βουλγαρία	-0.391	5.8473	0.1331	-0.969	1.7582	0.194	-7,85936	-0,02254	1,75366	0,4435
Δυτική Τουρκία	-0.514	6.72	0.0991	-2.584	10.393	0.428	15,77276	0,00374	-3,75599	0,52348
Αλβανία										
Μεσόγειος										
Ανατολική Μεσόγειος										

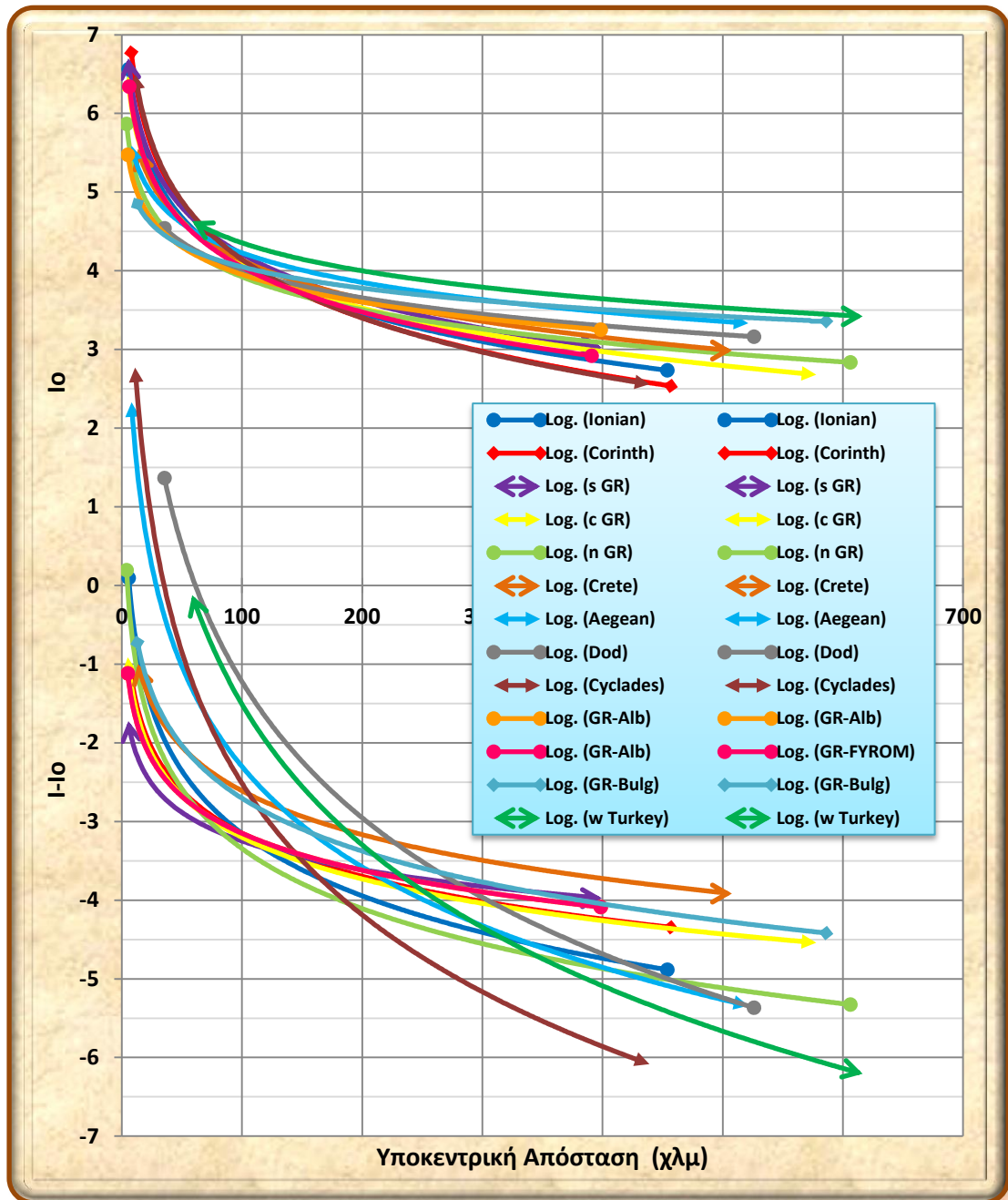
Όλες οι τιμές της παραμέτρου a είναι αρνητικές, γεγονός που δηλώνει την φθίνουσα κλίση των καμπυλών. Από την άλλη, οι τιμές της παραμέτρου b είναι θετικές και μερικές φορές με μεγάλες τιμές. Οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης είναι ικανοποιητικές.



Γράφημα 8-57: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών εντοπισμένοι σε ζώνες με κριτήριο τους σεισμούς εντός της ζώνης.

Στη ζώνωση με σεισμολογικά κριτήρια παρατηρούμε ότι η Ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. και η Ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας έχουν την γρηγορότερη εξασθένηση της μακροσεισμικής έντασης με την υποκεντρική απόσταση. Η Ζώνη των Κυκλάδων Νήσων και η Ζώνη της Δυτικής Τουρκίας έχουν την ηπιότερη φθίνουσα εξασθένηση της έντασης. Η Ζώνη Δωδεκανήσων παρουσιάζει την μικρότερη συνολικά εξασθένηση της έντασης. Διαφορές υπάρχουν επίσης και στις μέγιστες τιμές έντασης που παρουσιάζει η κάθε ζώνη.

Οι καμπύλες μεταβολής των εντάσεων μας φανερώνουν ότι η Ζώνη της Αλβανίας και των Δωδεκανήσων έχουν την πιο μικρή μεταβολή της έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Οι υπόλοιπες ζώνες μας δίνουν συγκεχυμένα αποτελέσματα καθώς η μεταβολή της έντασης παρουσιάζει μεγάλη ανομοιομορφία ανάμεσα σε κάθε ζώνη. Τέλος, διαφέρει η απόσταση μέχρι την οποία γίνεται αισθητή η κάθε ζώνη.



Γράφημα 8-58: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης παρατηρήσεων εντοπισμένων σε ζώνες με κριτήριο την τοποθεσία συλλογής παρατηρήσεων.

Στη ζώνωση με κριτήριο τις τοποθεσίες παρατήρησης συμπεραίνουμε ότι η Ζώνη του Κορινθιακού Κόλπου, η Ζώνη των Ιόνιων Νήσων και η Ζώνη της Νότιας Ελλάδας έχουν την γρηγορότερη εξασθένηση της έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Η Ζώνη Δυτικής Τουρκίας έχει την ηπιότερη φθίνουσα εξασθένηση της έντασης και την μικρότερη συνολικά εξασθένηση. Επίσης, η Ζώνη Κρήτης έχει την πιο μικρή μεταβολή της έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης.

Οι καμπύλες εξασθένησης για όλες τις ζώνες παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη φθίνουσα πορεία, χωρίς κάποια να ξεχωρίζει σε μικρές αποστάσεις. Όσο αυξάνεται η υποκεντρική απόσταση εμφανίζεται μια διαφοροποίηση των τιμών. Διαφορές υπάρχουν στις μέγιστες τιμές της μακροσεισμικής έντασης που έχει κάθε ζώνη, αλλά και στην απόσταση που οι σεισμοί της κάθε ζώνης μπορούν να γίνουν αισθητοί. Τέλος, οι μεταβολές της έντασης παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιομορφία ανάμεσα σε κάθε ζώνη.

Κεφάλαιο Ένατο

9. Εξισώσεις Εξασθένησης για διαφορετικό εύρος Μεγέθους

A. Εισαγωγή

Θα προσδιορισθούν Εξισώσεις Εξασθένησης με ομαδοποίηση των 26.129 μακροσεισμικών παρατηρήσεων επιφανειακών σεισμών σε σχέση με το Μέγεθος του σεισμικού γεγονότος. Θα προσπαθήσουμε να ανιχνεύσουμε αν υπάρχει μεταβολή της εξασθένησης σε μικρές τιμές και μεγάλες τιμές σεισμικού Μεγέθους. Ταυτόχρονα, για να διερευνήσουμε την επίδραση του εστιακού βάθους για το ίδιο εύρος μεγεθών, θα έχουμε κατηγοριοποίηση για εστιακό βάθος μικρότερο ή ίσο, ή μεγαλύτερο από 20 χλμ..

B. Ομαδοποίηση Μεγέθους

Η ομαδοποίηση του Μεγέθους θα γίνει ανά 5 τιμές μεγεθών σε σειρά. Οι κλάσεις που δημιουργούνται θα είναι ανάλογα με το εύρος του μεγέθους:

- 3,8-4,2 *R*,
- 4,3-4,7 *R*,
- 4,8-5,2 *R*,
- 5,3-5,7 *R*,
- 5,8-6,2 *R*,
- 6,3-6,7 *R* και τέλος,
- 6,8-7,1 *R*.

Για κάθε μια ομαδοποίηση τιμής μεγεθών θα υπάρχουν δυο υποκατηγορίες εστιακού βάθους, μεγαλύτερη και μικρότερη ή ίσο από τα 20 χλμ.. Οι παρακάτω

Πίνακες, και τα Γραφήματα θα μας δώσουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να συγκρίνουμε στο τέλος τις καμπύλες και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας μας.

1. Εύρος Μεγέθους 3,8-4,2 της Κλίμακας Richter

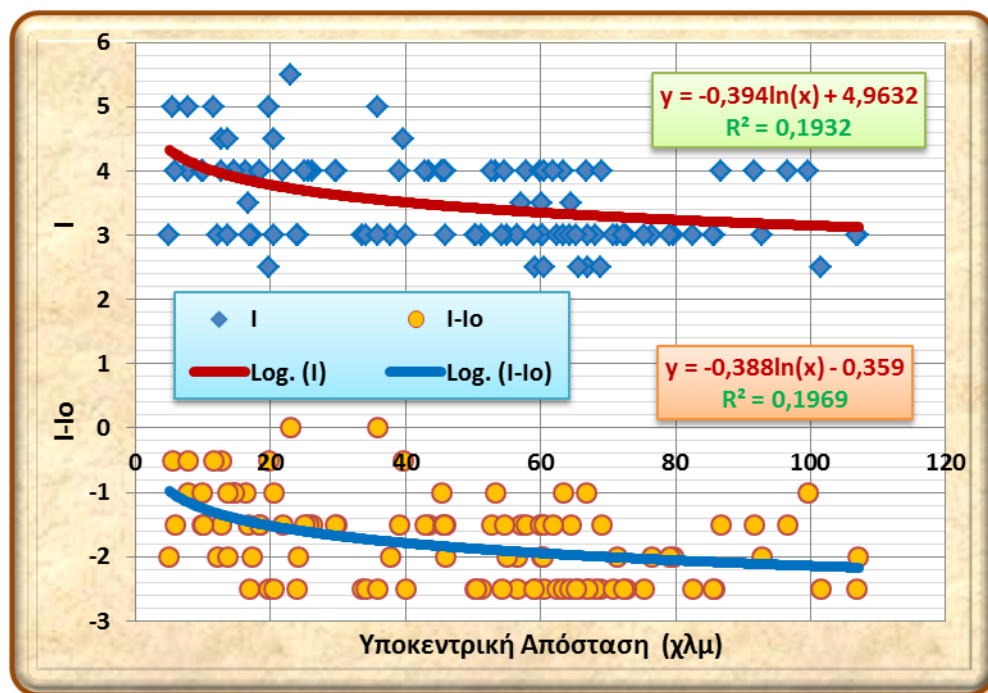
Τα μικρότερα μεγέθη για τα οποία είχαμε μακροσεισμικές παρατηρήσεις μικρών εντάσεων μέχρι τιμή V Mercalli.

α. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

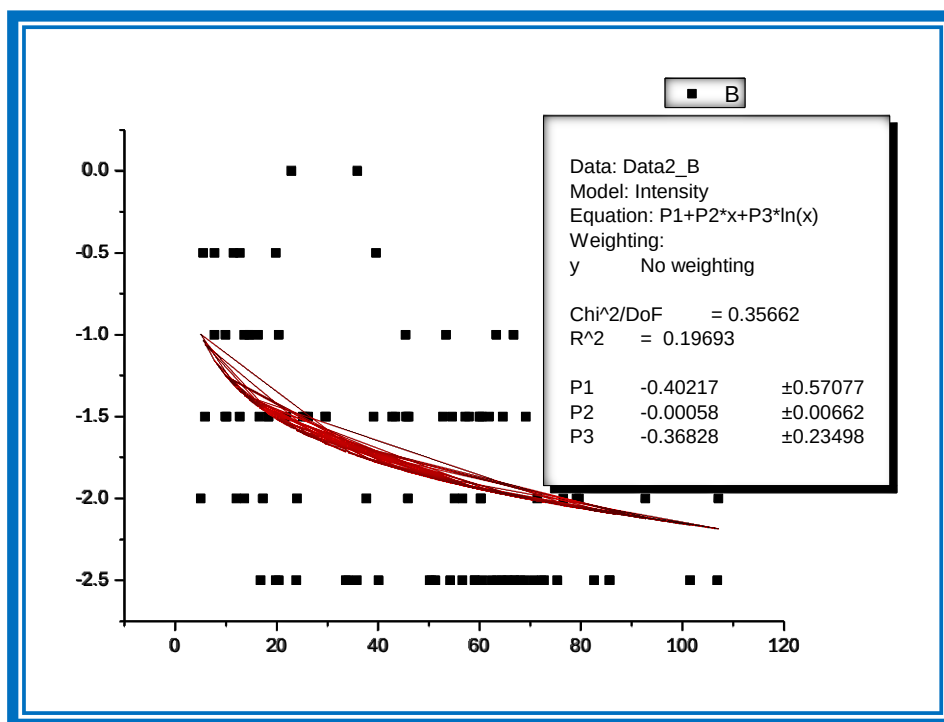
Οι παρατηρήσεις που επεξεργαστήκαμε ήταν μόλις 104 από 2 μόλις σεισμούς.

Πίνακας 9-1: Οι σεισμοί με εύρος 3,8-4,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	I_{max} παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1973	MAR	6	5	3.9	5	5	Ψαχνά Ευβοίας	Κεντρική Ελλάδα
1997	OCT	21	5	4.2	5.5	5.5	Μακρακώμη	Κεντρική Ελλάδα



Γράφημα 9-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-4,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..



Γράφημα 9-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-4,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

b. Εστιακό βάθος > 20 χλμ.

Δεν υπάρχουν παρατηρήσεις για εστιακό βάθος μεγαλύτερο από τα 20 χλμ.

II. Εύρος Μεγέθους 4,3-4,7 της Κλίμακας Richter

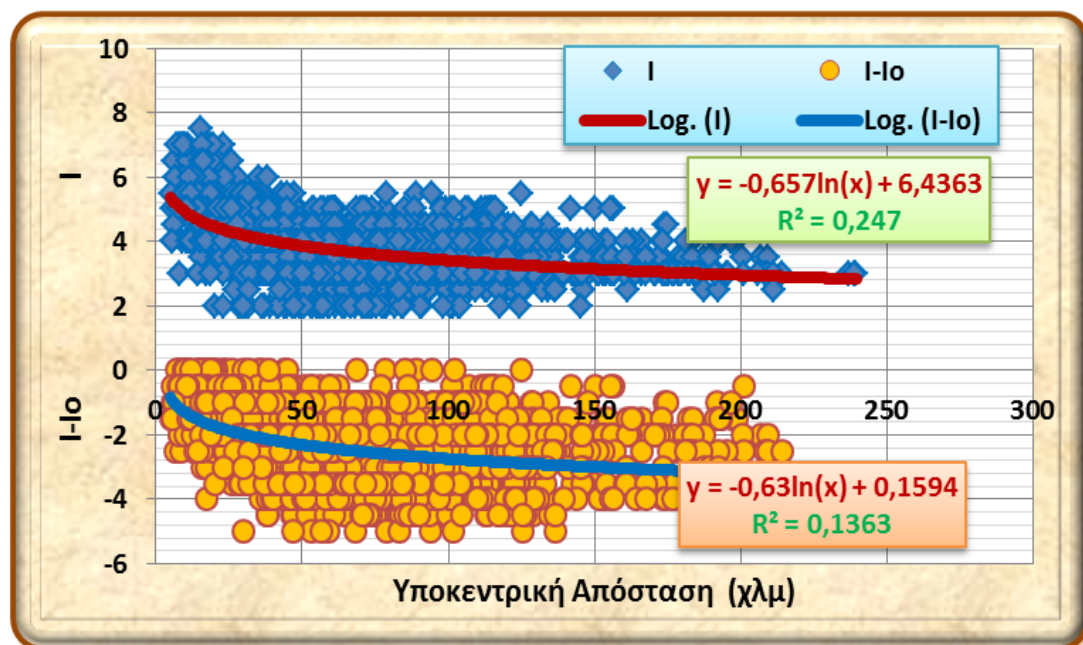
a. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

Υπάρχουν 2.031 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 14 σεισμούς με μέγιστη τιμή έντασης που έχει παρατηρηθεί VII+ Mercalli.

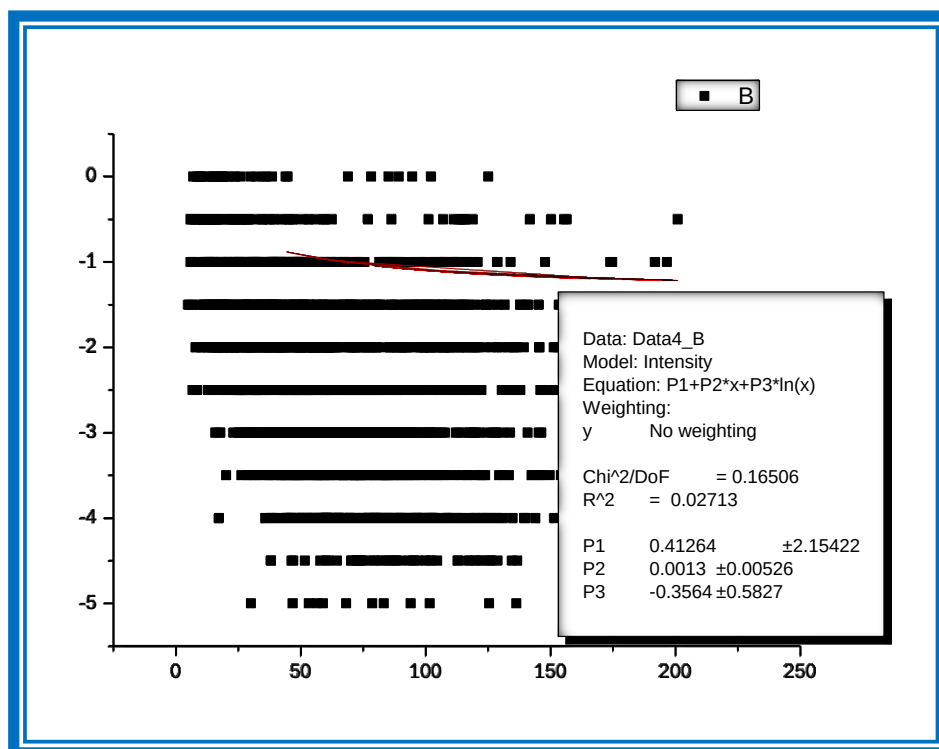
Πίνακας 9-2: Οι σεισμοί με εύρος 4,3-4,7 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	Μέγιστη παρατηρηθείσα ένταση	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1965	DEC	20	10	4.7	5.5	5.5	Τάφρος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος
1966	JAN	2	10	4.7	7	7	Σοφικό Κορινθίας	Νότια Ελλάδα

1972	AUG	12	5	4.4	7	7	Κιλκίς	FYROM
1972	DEC	5	6	4.5	5	5	Σκιάθος-Σκόπελος	Αιγαίο Πέλαγος
1973	JAN	10	5	4.7	7.5	7.5	Κατάκολο-Αμαλιάδα Ηλείας	Νότια Ελλάδα
1974	JUN	22	12	4.6	6	6	Λίμνη Κερκίνη	Ελληνο-βουλγαρικά σύνορα
1974	NOV	14	5	4.7	7	7	Ορχομενός-Αλίαρτος	Κορινθιακός
1977	MAY	13	20	4.7	6.5	6.5	Σκόπελος	Αιγαίο Πέλαγος
1978	APR	27	5	4.4	5	5	Καρπενήσι	Κεντρική Ελλάδα
1979	AUG	31	5	4.3	5	5	Λουτρά Βόλβης	Βόρεια Ελλάδα
1979	NOV	11	5	4.7	7	7	Παραμυθιά Ηπείρου	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1980	FEB	28	5	4.3	7	7	Θήβα	Κορινθιακός
1986	FEB	18	5	4.6	5.5	5.5	ΒΑ/κά Νάουσα	Βόρεια Ελλάδα
1989	SEP	19	5	4.5	5	5	Πίνδος Κεντρική	Κεντρική Ελλάδα



Γράφημα 9-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..



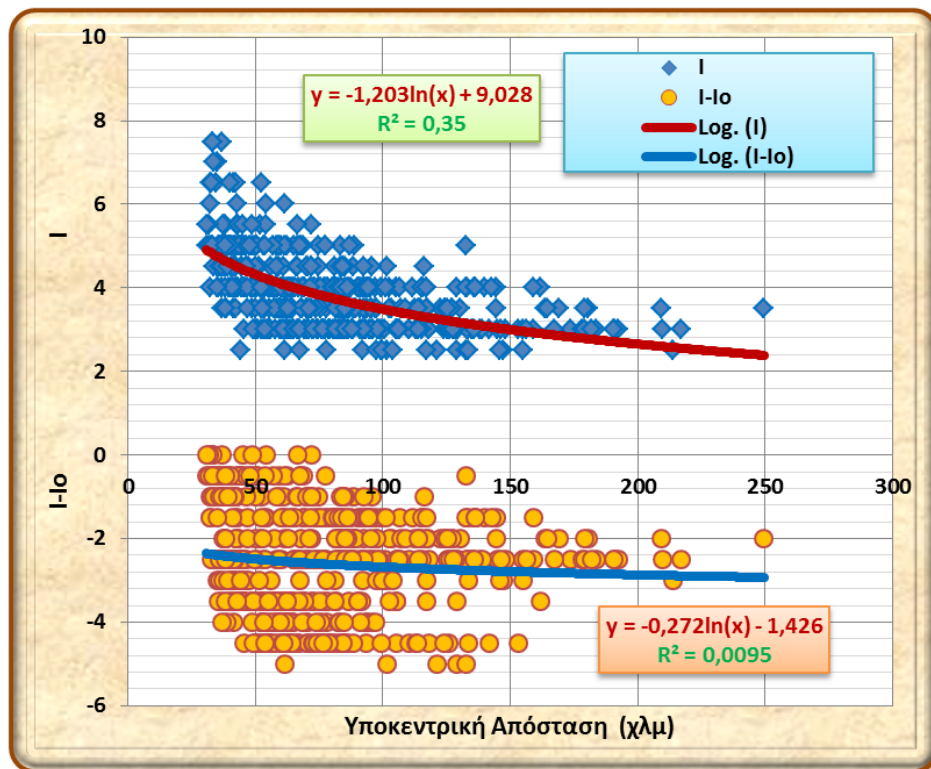
Γράφημα 9-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

α. Εστιακό βάθος > 20 χλμ.

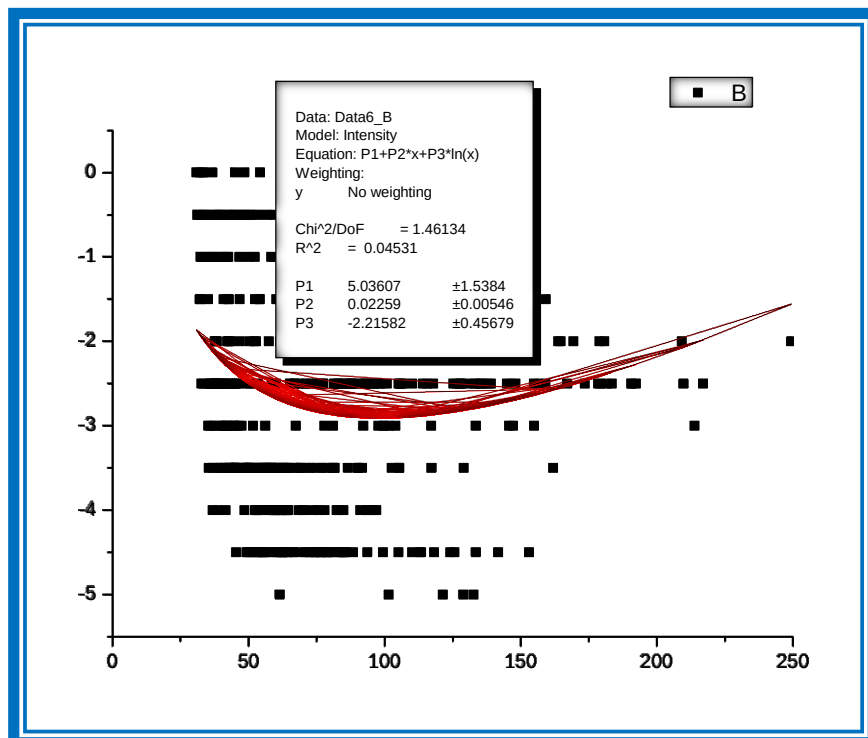
Οι συνολικές παρατηρήσεις είναι 523 από 2 μόλις σεισμούς με μέγιστη τιμή έντασης VII+ Mercalli.

Πίνακας 9-3: Οι σεισμοί με εύρος 4,3-4,7 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	I_{max} παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1975	JAN	8	25	4.7	5.5	5.5	ανατολικός Κορινθιακός Κόλπος	Κορινθιακός
1976	FEB	22	32	4.6	7.5	7.5	ΒΔ/κά Φαρσάλων	Κεντρική Ελλάδα



Γράφημα 9-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..



Γράφημα 9-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,3-4,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..

III. Εύρος Μεγέθους 4,8-5,2 της Κλίμακας Richter

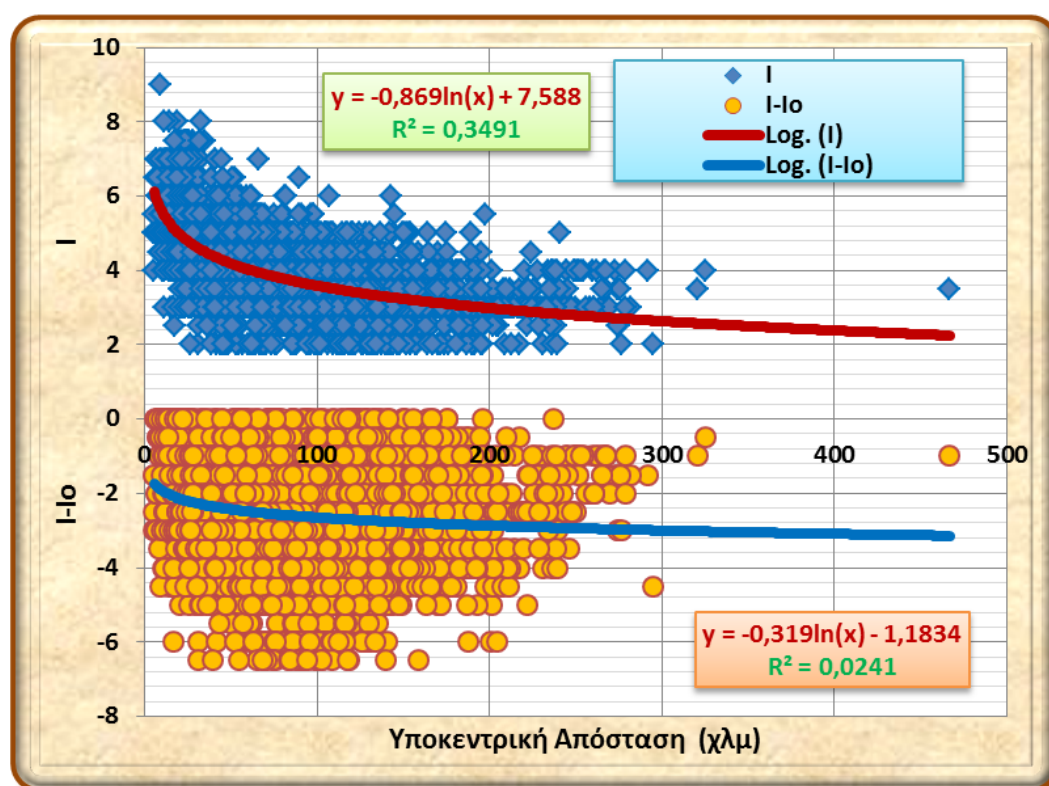
a. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

Οι συνολικές παρατηρήσεις είναι 4.862 από 35 σεισμικά γεγονότα με μέγιστη τιμή έντασης VII+ Mercalli.

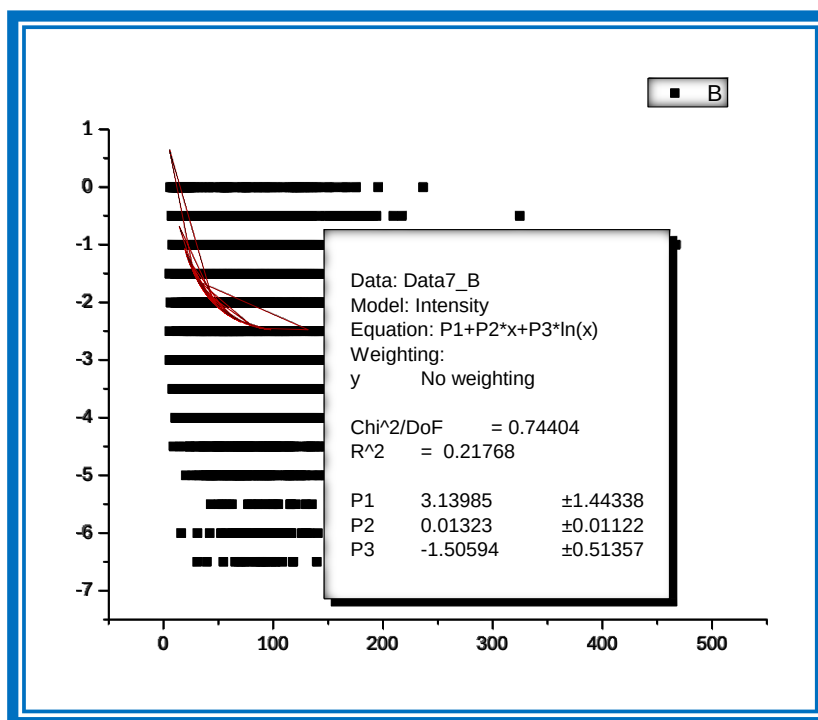
Πίνακας 9-4: Οι σεισμοί με εύρος 4,8-5,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	Ισχύς παρατηρήσιμης Ελλάδας	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1965	AUG	23	10	5.0	5.5	5.5	Κόλπος Σάρρου	Αιγαίο Πέλαγος
1967	JAN	4	16	4.9	7	7	Ναύπακτος	Κορινθιακός
1968	JUL	4	5	5.0	7	7	Μέθανα	Νότια Ελλάδα
1972	MAY	8	5	5.1	5	5	Επαρχία Blagoevgrad, Βουλγαρία	Ελληνο-βουλγαρικά σύνορα
1972	OCT	30	7	5.2	5	5	δυτικά Κεφαλονιάς	Ιόνια Θάλασσα
1973	JUL	14	5	5.1	7	7	ανατολικά Νήσου Ζακύνθου	Ιόνια Θάλασσα
1974	JUL	9	5	5.1	4.5	4.5	Τουρκικά παράλια ανατολικά Νήσου Ρόδου	Δωδεκάνησα
1975	JUN	30	17	4.9	7.5	7.5	Τριχωνίδα	Κορινθιακός
1975	DEC	31	5	5.0	9	9	Τριχωνίδα	Κεντρική Ελλάδα
1977	FEB	24	11	5.0	4.5	4.5	Επαρχία Σμύρνης, Τουρκία	Δυτική Τουρκία
1978	JUL	4	5	4.8	6.5	6.5	Λαχανάς	Βόρεια Ελλάδα
1979	FEB	16	5	5.0	4	4	θάλασσα νότια Νήσου Αμοργού	Κυκλάδες
1979	JUN	15	5	5.1	5	5	θάλασσα νότια Νήσου Γαύδου	Κρήτη
1979	JUL	23	20	5.1	5	5	θάλασσα δυτικά Νήσου Κάσου	Δωδεκάνησα
1979	NOV	6	5	4.9	8	8	Ήπειρος	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1980	AUG	11	7	4.8	6	6	Νέα Αγχίαλος	Κεντρική Ελλάδα
1983	MAR	16	9	5.0	7	7	Πάλαιρος	Ιόνια Θάλασσα
1983	MAR	23	10	4.9	6	6	Πάλαιρος	Ιόνια Θάλασσα
1984	JUL	9	5	4.9	7	7	ΒΔ/κά Νάουσας	Βόρεια Ελλάδα
1984	OCT	25	20	5.1	7	7	Καστοριά	Βόρεια Ελλάδα
1985	AUG	31	5	4.8	7.5	7.5	Ιόνιο Πέλαγος-νότια Παξών	Ελληνο-αλβανικά σύνορα

1985	SEP	7	5	5.2	6	6	Κυπαρισσιακός Κόλπος	Νότια Ελλάδα
1986	MAR	25	16	5.2	5	5	Αιγαίο Πέλαγος ΝΔ/κά Ψαρών	Αιγαίο Πέλαγος
1986	DEC	17	5	5.1	6	6	Κέρκυρα	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1992	JAN	23	5	5.0	5	5	Κεφαλονιά	Ιόνια Θάλασσα
1992	JUL	23	19	5.0	4	4	Τάφος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος
1993	MAR	26	5	5.0	6.5	6.5	Πύργος	Νότια Ελλάδα
1993	JUL	14	13	5.1	7	7	Καλλιθέα Αχαΐας	Κορινθιακός
1993	AUG	26	17	5.2	4	4	Θάλασσα βόρεια Νήσου Ρόδου, Κόλπος Μαρμαρίδος	Δωδεκάνησσα
1995	MAY	4	7	5.0	6	6	Αρναία Χαλκιδικής	Βόρεια Ελλάδα
1996	JUL	26	5	4.9	6.5	6.5	Κόνιτσα	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1996	AUG	5	5	5.2	7	7	Κόνιτσα	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1997	NOV	5	5	4.9	5.5	5.5	Κόλπος Ερατεινής	Κορινθιακός
1997	NOV	12	5	4.8	5	5	Νότια Παξών	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
2003	JUN	9	18	5.0	7	7	Ελασσόνα	Κεντρική Ελλάδα



Γράφημα 9-7: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..



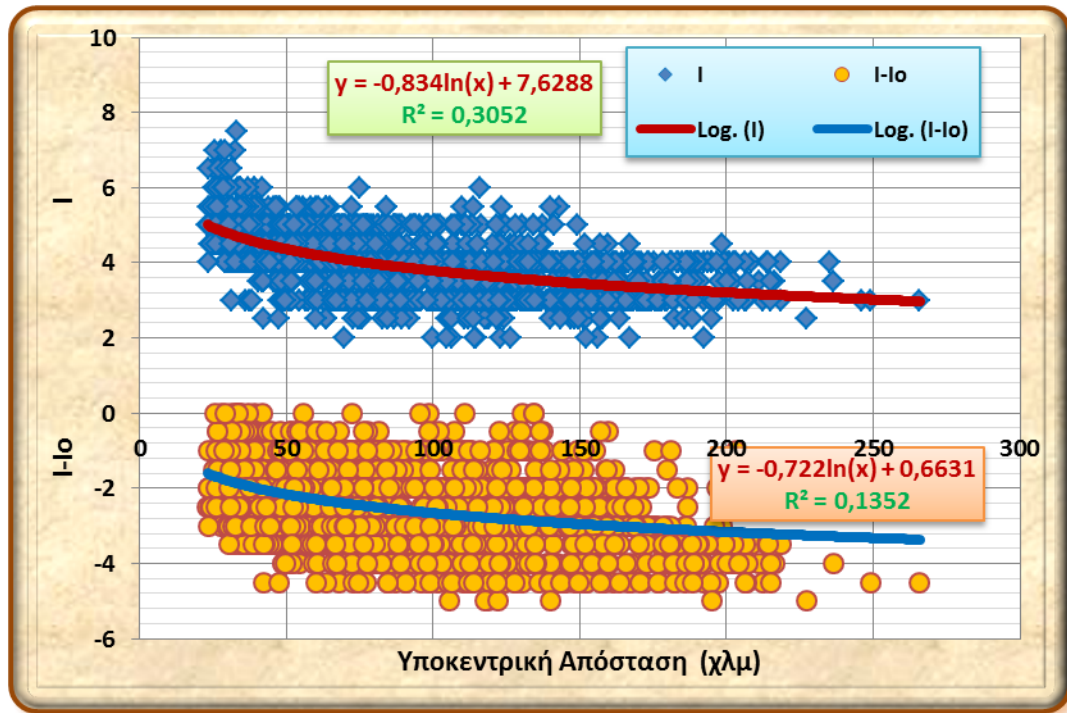
Γράφημα 9-8: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

b. Εστιακό βάθος > 20 χλμ.

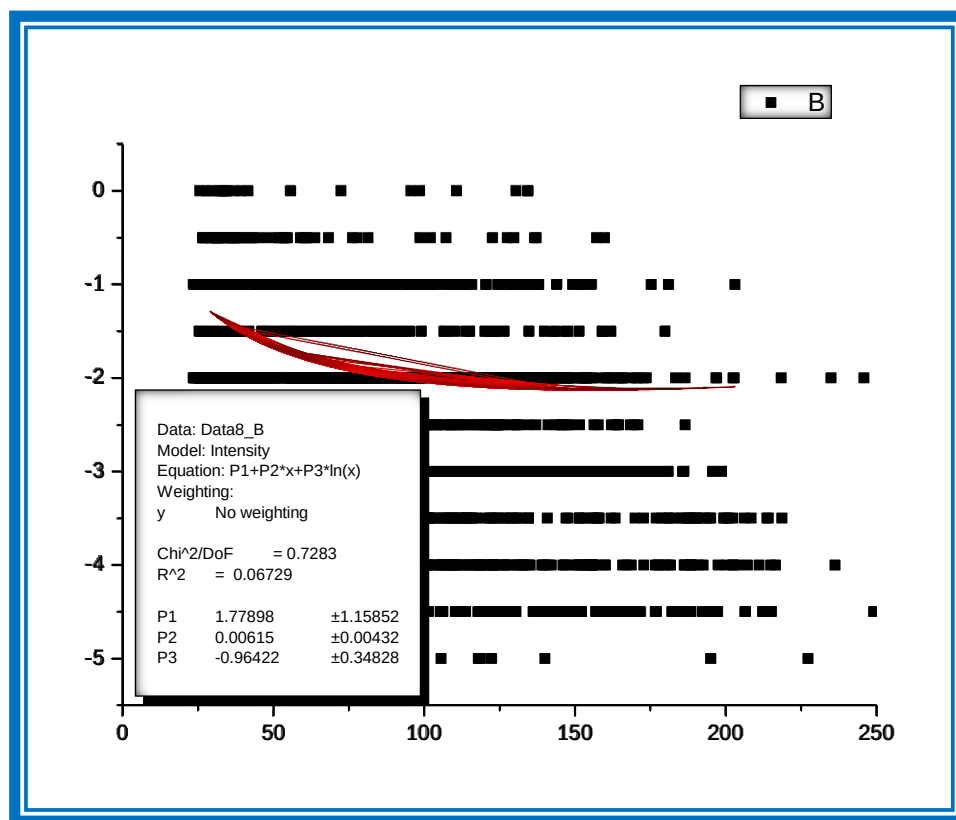
Οι συνολικές παρατηρήσεις είναι 1.796 από 8 σεισμικά γεγονότα με μέγιστη τιμή έντασης VII+ Mercalli.

Πίνακας 9-5: Οι σεισμοί με εύρος 4,8-5,2 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	I_{max} παρατήρησης ελλάδας	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1972	NOV	24	23	5.2	7	7	Ηγουμενίτσα	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1975	MAR	17	26	5.1	5	5	Κόλπος Σάρρου-Ίμβρος	Αιγαίο Πέλαγος
1975	APR	4	33	5.2	6	6	Βόρεια Καλάβρυτα	Κορινθιακός
1980	JUL	10	22	5.0	7	7	Παγασητικός Κόλπος	Κεντρική Ελλάδα
1983	MAR	19	28	5.2	5.5	5.5	θάλασσα βόρεια Ηράκλειο Κρήτης	Κρήτη
1985	NOV	9	23	5.1	7.5	7.5	Δράμα	Ελληνο-βουλγαρικά σύνορα
1987	MAY	29	29	5.0	6	6	Ζαχάρω Ηλείας	Νότια Ελλάδα
1992	NOV	18	23	5.2	6	6	Κεντρικός Κορινθιακός Κόλπος	Κορινθιακός



Γράφημα 9-9: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..



Γράφημα 9-10: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 4,8-5,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..

IV. Εύρος Μεγέθους 5,3-5,7 της Κλίμακας Richter

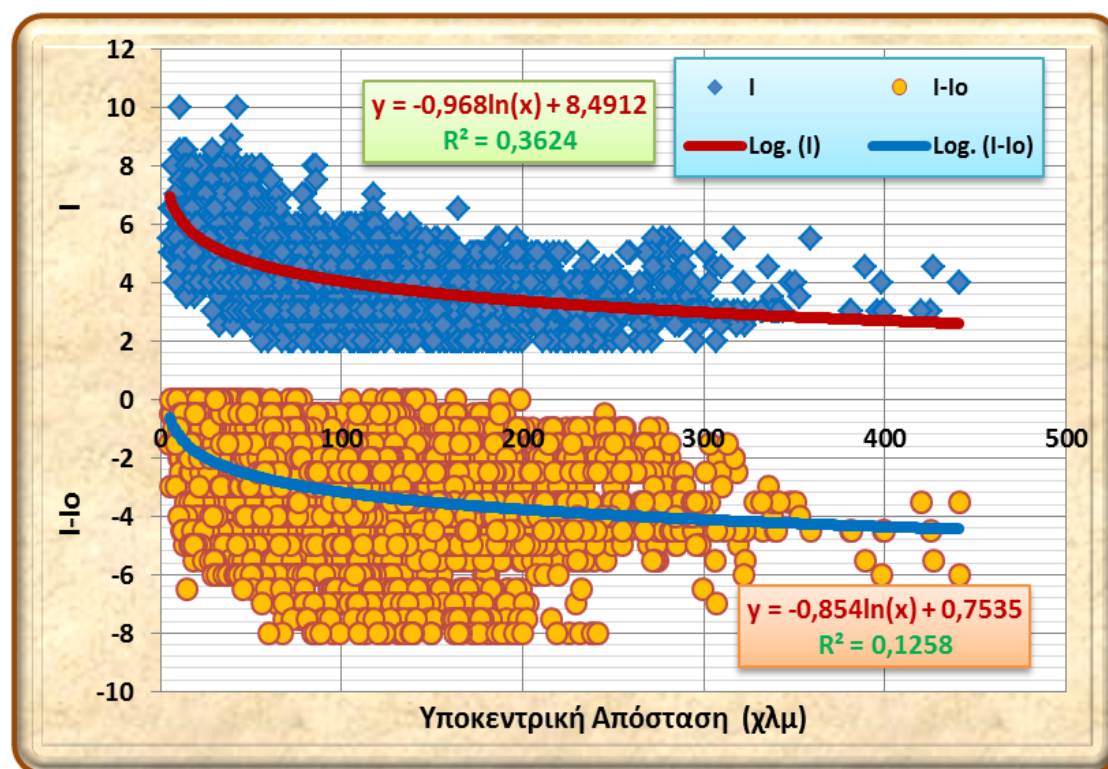
α. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

Υπάρχουν 3.918 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 28 σεισμικά γεγονότα.

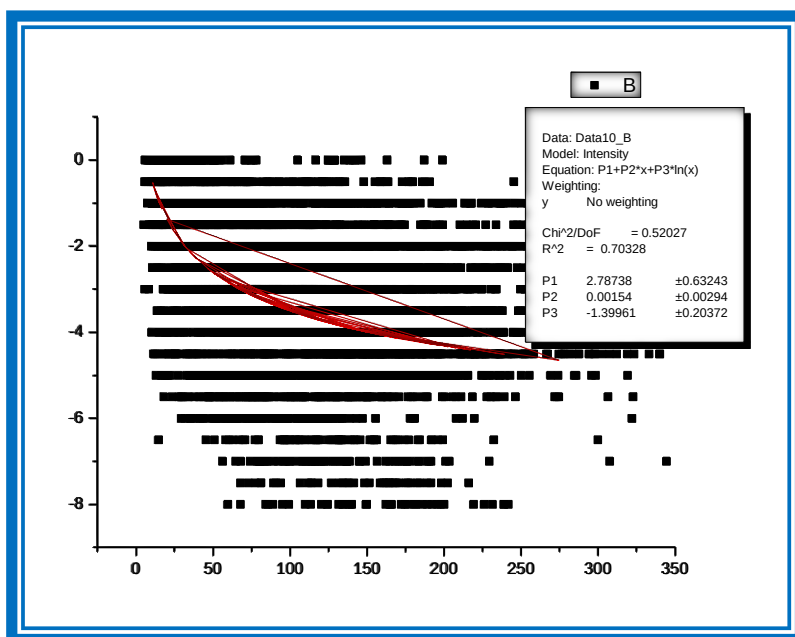
Πίνακας 9-6: Οι σεισμοί με εύρος 5,3-5,7 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	M_{max} παρατηρήσιμος Ελλάδας	M_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1955	APR	19	10	5.5	8.5	8.5	Πήλιο	Κεντρική Ελλάδα
1965	MAR	9	10	5.4	8	8	θάλασσα βόρεια Αλοννήσου	Αιγαίο Πέλαγος
1965	APR	5	10	5.6	10	10	Βυτίνα	Νότια Ελλάδα
1965	JUL	6	10	5.7	7.5	7.5	Ιτέα-Γαλαξίδι	Κορινθιακ ός
1966	OCT	29	5	5.5	8	8	Αμφιλοχία	Κεντρική Ελλάδα
1968	MAR	28	12	5.6	6	6	Ζάκυνθος	Ιόνια Θάλασσα
1970	APR	8	19	5.3	7	7	Κόλπος Αντίκυρας	Κορινθιακ ός
1973	NOV	4	20	5.5	7.5	7.5	Ιόνιο Πέλαγος δυτικά Λευκάδας	Ιόνια Θάλασσα
1973	NOV	29	5	5.5	7.5	7.5	Τόξο ΝΔ/κά Παλαιόχωρας	Κρήτη
1975	MAR	27	16	5.6	5.5	7.5	Κόλπος Σάρρου-Ίμβρος	Αιγαίο Πέλαγος
1976	MAY	11	20	5.3	5	5	Ιόνιο Πέλαγος	Ιόνια Θάλασσα
1978	JAN	29	5	5.3	7.5	7.5	Νήσος Χρυσή	Κρήτη
1978	MAY	23	10	5.5	7	7	Λίμνη Βόλβη	Βόρεια Ελλάδα
1979	JUN	14	7	5.5	6	6	ΒΑ/κά Νήσου Χίου, Κόλπος Σμύρνης	Αιγαίο Πέλαγος
1981	MAR	10	17	5.4	7.5	7.5	Ηγουμενίτσα	Ελληνο- αλβανικά σύνορα
1983	MAR	23	10	5.7	7	7	Κεφαλονιά	Ιόνια Θάλασσα
1985	APR	30	13	5.3	6	6	Παγασητικός Κόλπος	Κεντρική Ελλάδα
1986	SEP	13	5	5.5	10	10	Καλαμάτα	Νότια Ελλάδα

1988	MAY	18	5	5.3	6	6	Κεφαλονιά	Ιόνια Θάλασσα
1988	OCT	16	4	5.5	8	8	ανατολικά Ζακύνθου	Ιόνια Θάλασσα
1989	MAR	19	13	5.3	5.5	5.5	θάλασσα βόρεια Νήσου Σκιάθου-Σκοπέλου	Αιγαίο Πέλαγος
1990	DEC	21	5	5.4	7	7	Γουμένισα Δυτικής Μακεδονίας	Βόρεια Ελλάδα
1993	MAR	5	5	5.3	5.5	5.5	Κυπαρισσιακός Κόλπος	Νότια Ελλάδα
1993	JUN	13	5	5.4	6	6	ανατολικά Πάργας	Ελληνο- αλβανικά σύνορα
1994	FEB	25	5	5.3	5.5	5.5	Λευκάδα	Ιόνια Θάλασσα
1994	MAY	24	12	5.6	4.5	4.5	ΒΑ/κά Νήσου Χίου	Αιγαίο Πέλαγος
1997	OCT	13	6	5.6	6.5	6.5	Μεσσηνιακός Κόλπος, Ακρωτήριο Ταίναρο	Νότια Ελλάδα
2001	JUL	26	19	5.3	6.5	6.5	ΒΔ/κά Νήσου Σκύρου	Αιγαίο Πέλαγος



Γράφημα 9-11: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..



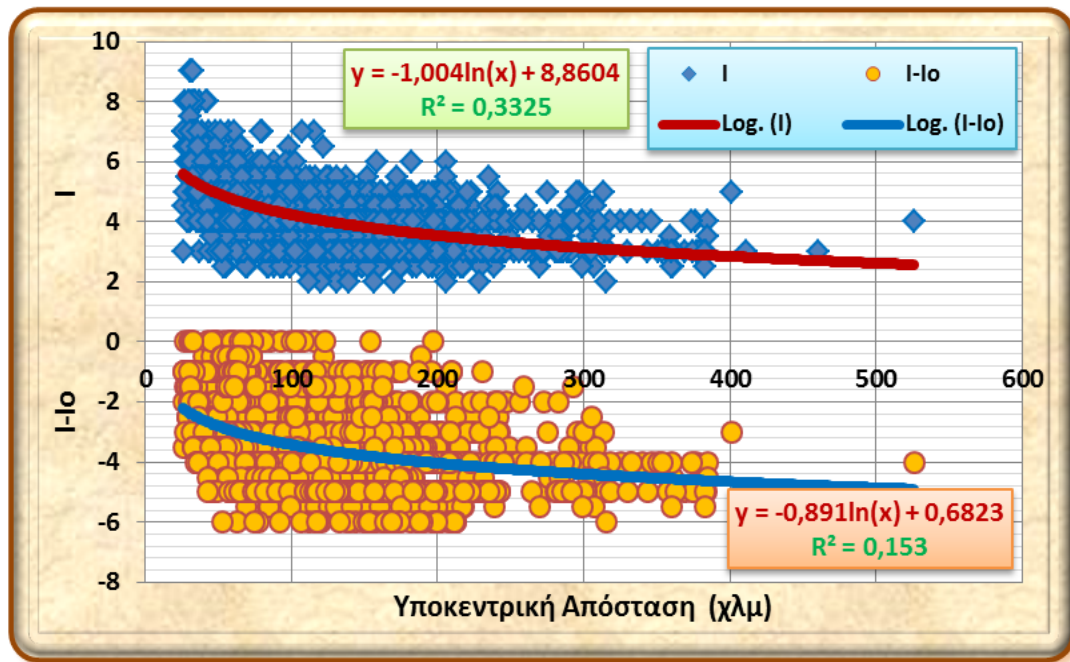
Γράφημα 9-12: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

b. Εστιακό βάθος > 20 χλμ.

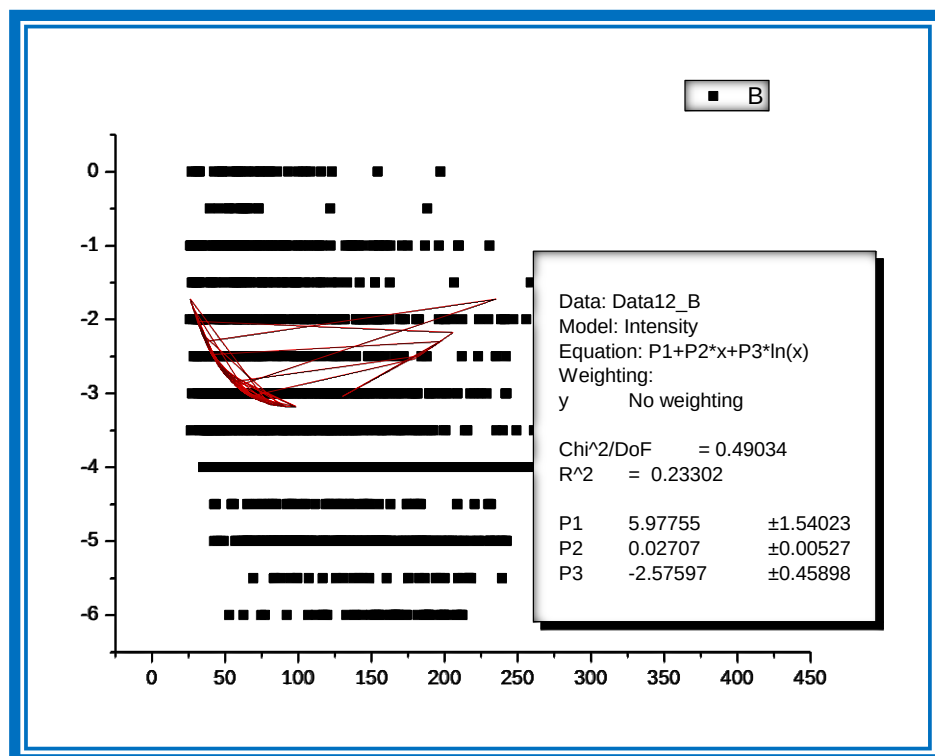
Υπάρχουν 2.001 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 10 σεισμούς.

Πίνακας 9-7: Οι σεισμοί με εύρος 5,3-5,7 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	I_{max} παρατηρήσεις Ελλάδας	I_0	Θέση επικέντρο υ	Ζώνες
1966	SEP	1	26	5.4	8	8	Μεγαλόπολη	Νότια Ελλάδα
1967	FEB	9	25	5.3	6.5	6.5	Παραμυθιά Ηπείρου	Ελληνο- αλβανικά σύνορα
1969	OCT	13	38	5.7	7	7	Βόρεια Ήπειρος	Ελληνο- αλβανικά σύνορα
1972	SEP	13	29	5.4	8	8	Λεβίδι	Νότια Ελλάδα
1992	NOV	6	39	5.7	5.5	7	Σμύρνη-Κουσάντασι, Τουρκία	Δυτική Τουρκία
1994	APR	16	30	5.3	4	4	Ιόνιο Πέλαγος	Ιόνια Θάλασσα
1995	JUN	15	26	5.6	8	8	Αίγιο	Κορινθιακός
1997	NOV	14	25	5.4	5	5	Χίος-Λέσβος	Αιγαίο Πέλαγος
1999	SEP	7	29	5.4	9	9	Φυλή Πάρνηθας	Κεντρική Ελλάδα
2005	OCT	20	25	5.6	5.5	5.5	Επαρχία Σμύρνης, Τουρκία	Αιγαίο Πέλαγος



Γράφημα 9-13: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..



Γράφημα 9-14: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,3-5,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..

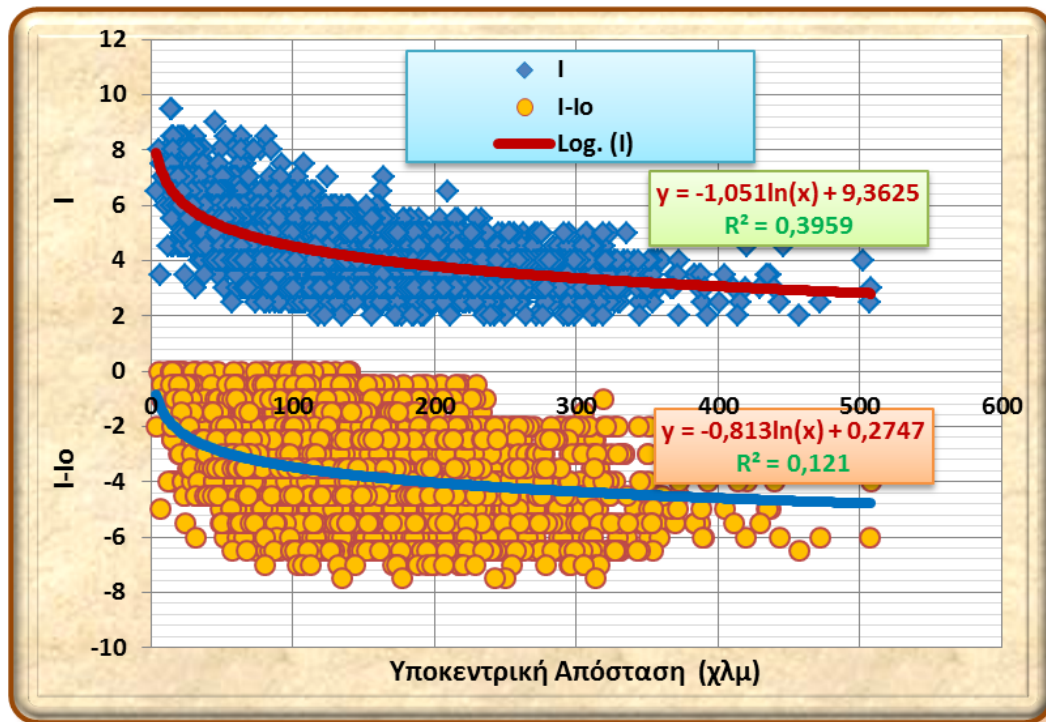
V. Εύρος Μεγέθους 5,8-6,2 της Κλίμακας Richter

a. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

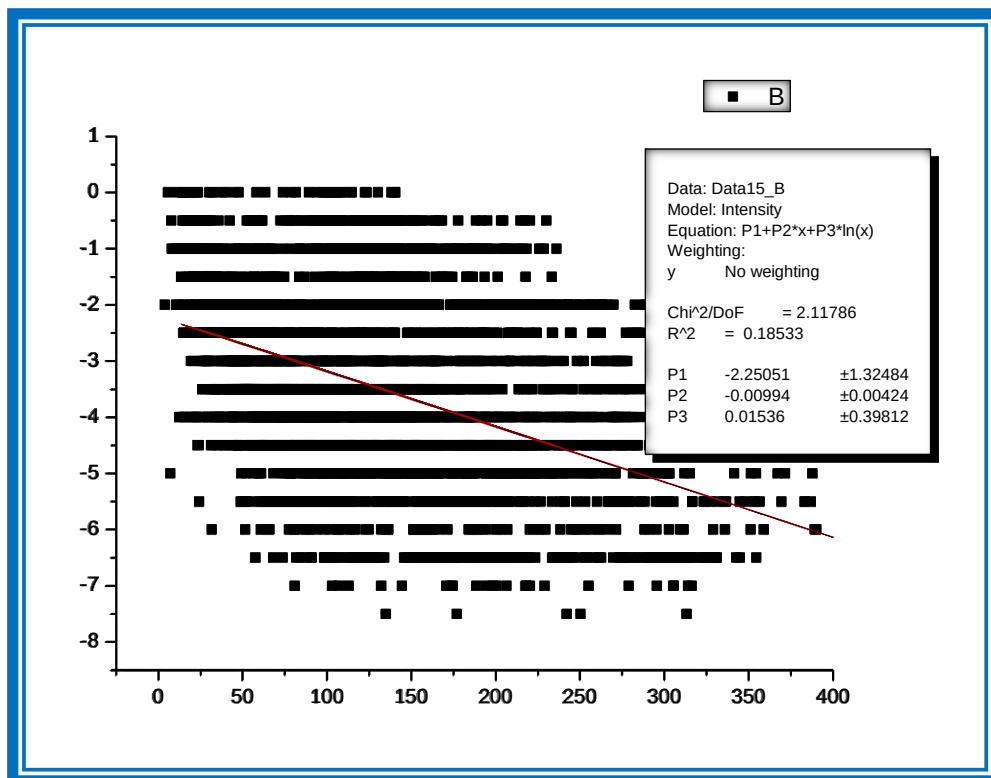
Υπάρχουν 3.918 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 14 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 9-8: Οι σεισμοί με εύρος 5,8-6,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	Εύρος παρατηρητής Ελλάδα	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1959	MAY	14	10	5.8	8.5	8.5	Πετροχώρι Κρήτης	Κρήτη
1959	NOV	15	10	6.2	7	7	Θάλασσα δυτικά Ζακύνθου	Ιόνια Θάλασσα
1964	OCT	6	10	6.0	6.5	9	Επαρχία Προύσας, Τουρκία	Δυτική Τουρκία
1965	MAR	31	10	6.0	8.5	8.5	Όρη Γαλαξειδίου	Κορινθιακός
1966	FEB	5	5	5.9	8	8	Τριχωνίδα	Κεντρική Ελλάδα
1967	MAY	1	17	5.9	9	9	Καλπάκι	Ελληνο-αλβανικά σύνορα
1972	SEP	17	5	5.9	7	7	Θάλασσα δυτικά Κεφαλονιάς	Ιόνια Θάλασσα
1977	SEP	11	5	5.9	4	4	Τόξο ΝΔ/κά Παλαιόχωρας	Κρήτη
1978	JUN	20	4	6.1	8.5	8.5	Σοχός	Βόρεια Ελλάδα
1981	MAR	4	14	5.8	9.5	9.5	Καπαρέλλι-Πλαταιές	Κορινθιακός
1983	JAN	17	9	6.2	6	6	Θάλασσα ΝΔ/κά Κεφαλλονιάς, ΒΔ/κά Ζακύνθου	Ιόνια Θάλασσα
1994	SEP	1	5	5.9	6	7	Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας	FYROM
1997	NOV	18	5	6.1	6.5	6.5	Ιόνιο Πέλαγος	Ιόνια Θάλασσα
2003	AUG	14	12	5.9	7.5	7.5	Θάλασσα δυτικά Λευκάδας	Ιόνια Θάλασσα



Γράφημα 9-15: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..



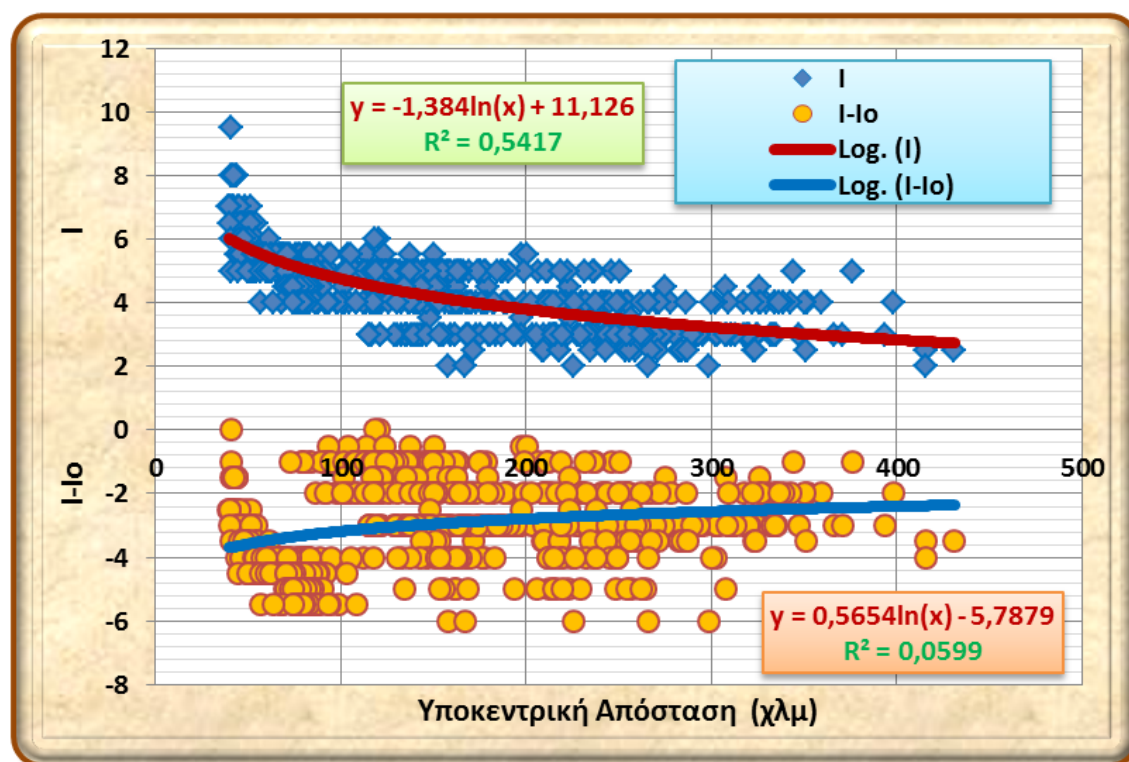
Γράφημα 9-16: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

β. Εστιακό βάθος > 20 χλμ.

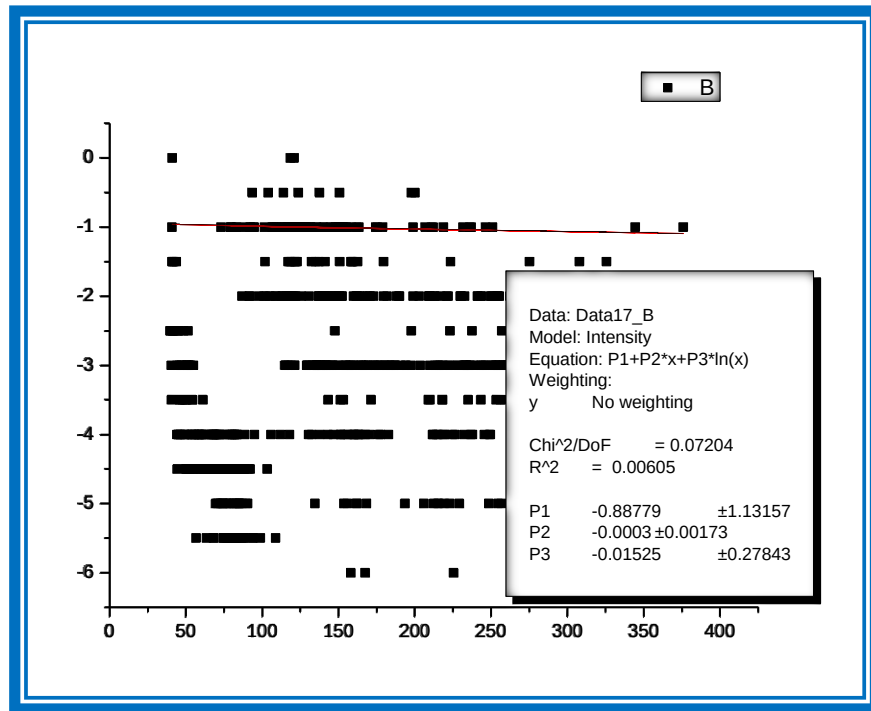
Υπάρχουν 637 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από μόλις 3 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 9-9: Οι σεισμοί με εύρος 5,8-6,2 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	Μακ. παρατήρησης επιδείας	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1981	DEC	27	25	5.9	6	6	θάλασσα ανατολικά Νήσου Σκύρου	Αιγαίο Πέλαγος
1983	JUL	5	35	5.9	5	8	Επαρχία Canakkale, Τουρκία	Δυτική Τουρκία
1995	MAY	13	39	6.1	9.5	9.5	νότια Κοζάνης	Βόρεια Ελλάδα



Γράφημα 9-17: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..



Γράφημα 9-18: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 5,8-6,2 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..

VI. Εύρος Μεγέθους 6,3-6,7 της Κλίμακας Richter

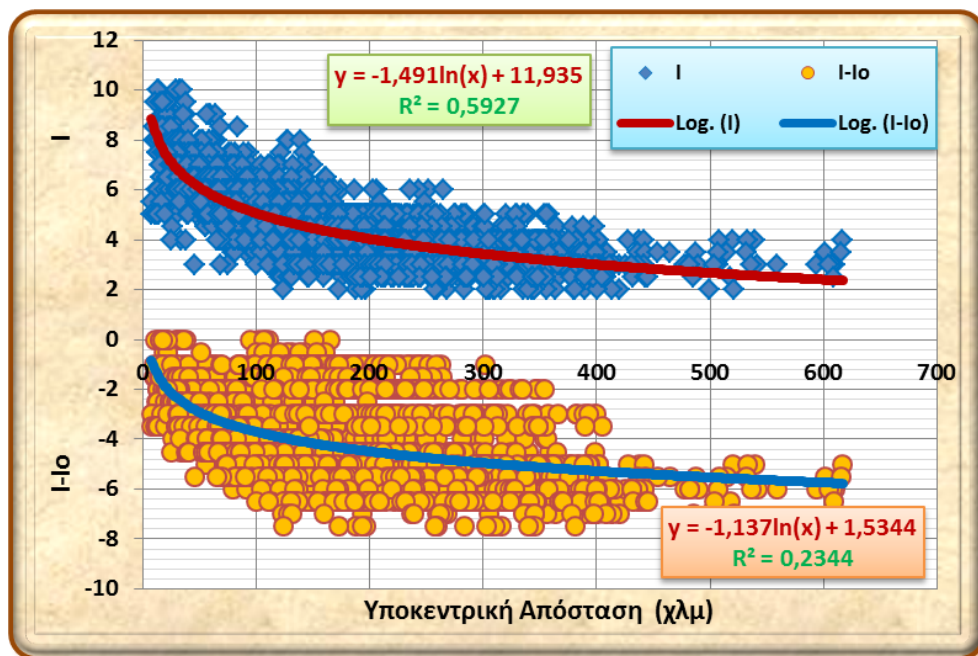
α. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

Υπάρχουν 3.195 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 9 σεισμούς.

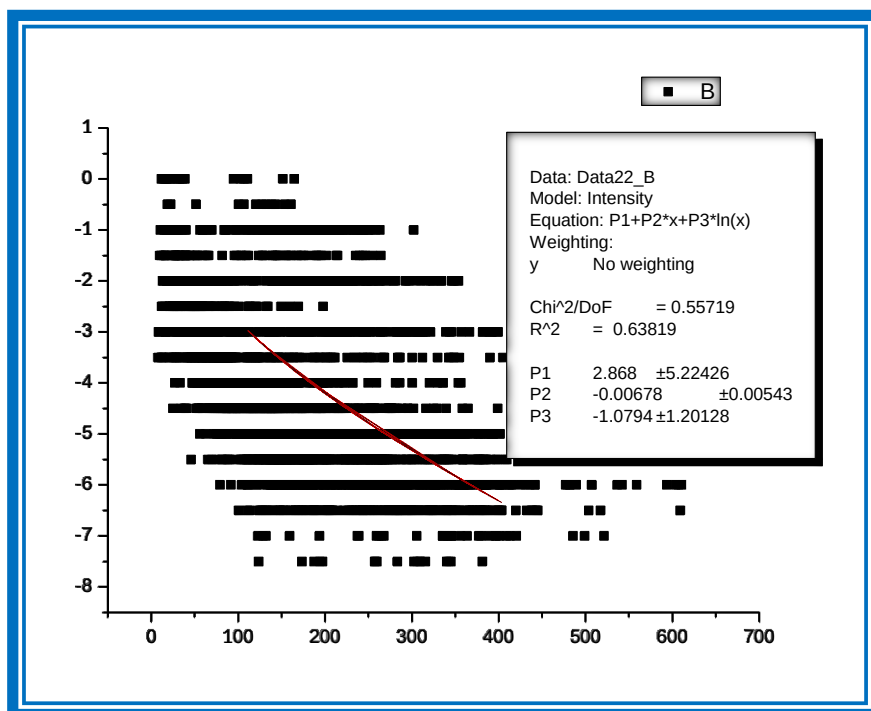
Πίνακας 9-10: Οι σεισμοί με εύρος 6,3-6,7 R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	Εστιακό μετασχηματισμός Ελλάδος	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1953	MAR	18	10	6.5	8	9,5	Επαρχία Canakkale, Τουρκία	Δυτική Τουρκία
1953	AUG	12	10	6.7	10	10	Κεφαλονιά-Ιθάκη	Ιόνια Θάλασσα
1954	APR	30	10	6.4	9.5	9.5	δυτικά Φαρσάλων	Κεντρική Ελλάδα
1957	MAR	8	10	6.3	9.5	9.5	ΝΔ/κά Βελεστίνου	Κεντρική Ελλάδα
1968	FEB	19	5	6.7	9	9	Λεκάνη Βόρειας Σκύρου, Άγιος Ευστράτιος	Αιγαίο Πέλαγος
1979	APR	15	10	6.6	4.5	9	Σκόδρα Αλβανίας - Ποντγκόριτσα Μαυροβουνίου	Αλβανία

1980	JUL	9	5	6.3	8.5	8.5	Παγασητικός Κόλπος	Κεντρική Ελλάδα
1981	FEB	24	14	6.3	9.5	9.5	Αλκυονίδες	Κορινθιακός
1982	JAN	18	5	6.3	6	6	Τάφρος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος



Γράφημα 9-19: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..



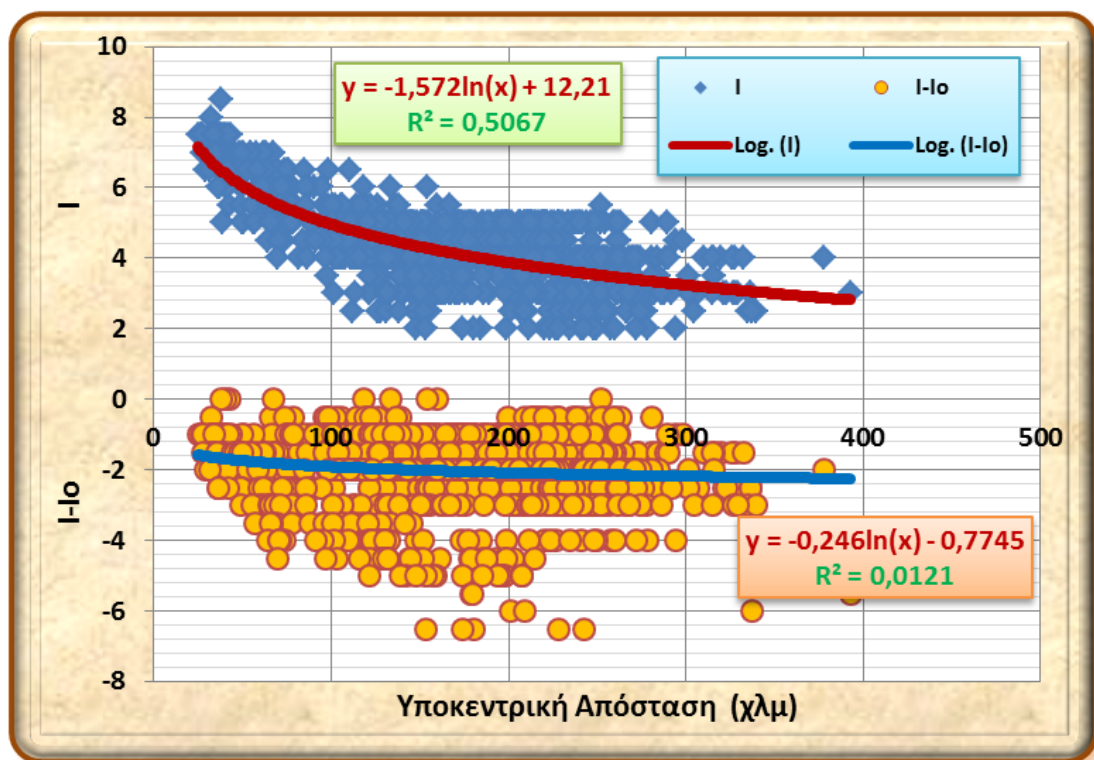
Γράφημα 9-20: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

b. Εστιακό βάθος > 20 χλμ.

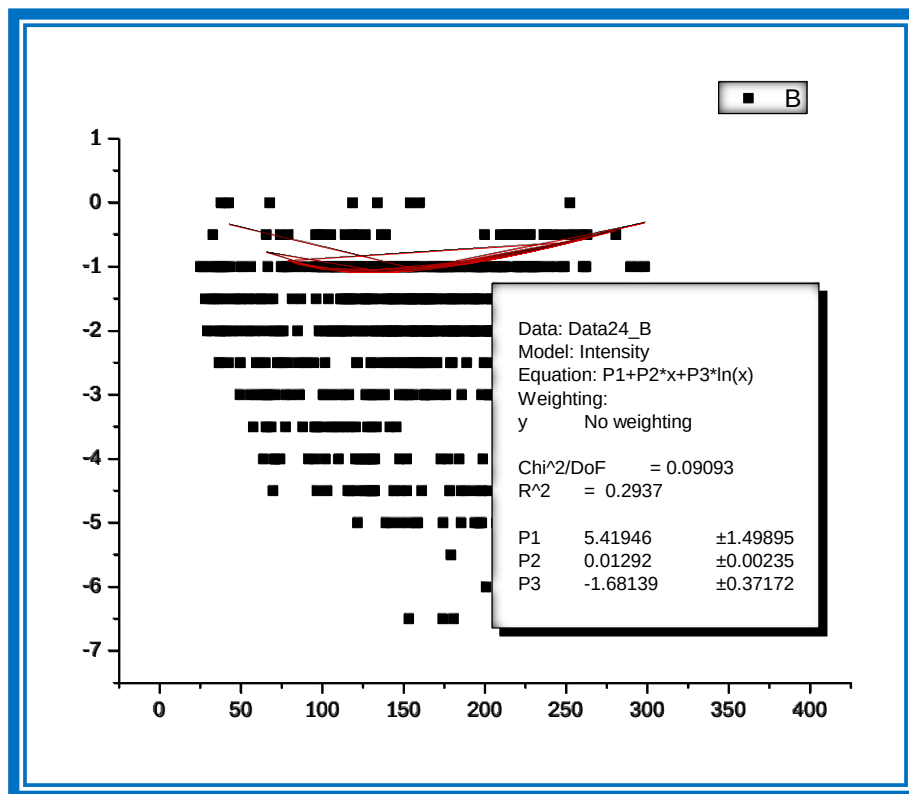
Υπάρχουν 1.019 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από μόλις 3 σεισμούς.

Πίνακας 9-11: Οι σεισμοί με εύρος 6,3-6,7 R και εστιακό βάθος > 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	Εστιακή παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1967	MAR	4	35	6.3	5.5	5.5	Θάλασσα βόρεια Νήσου Σκύρου	Αιγαίο Πέλαγος
1983	AUG	6	22	6.6	6	6	Τάφρος Βορείου Αιγαίου	Αιγαίο Πέλαγος
2008	JUN	8	25	6.5	8.5	8.5	Χαλανδρίτσα	Νότια Ελλάδα



Γράφημα 9-21: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..



Γράφημα 9-22: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,3-6,7 R εστιακού βάθους > 20 χλμ..

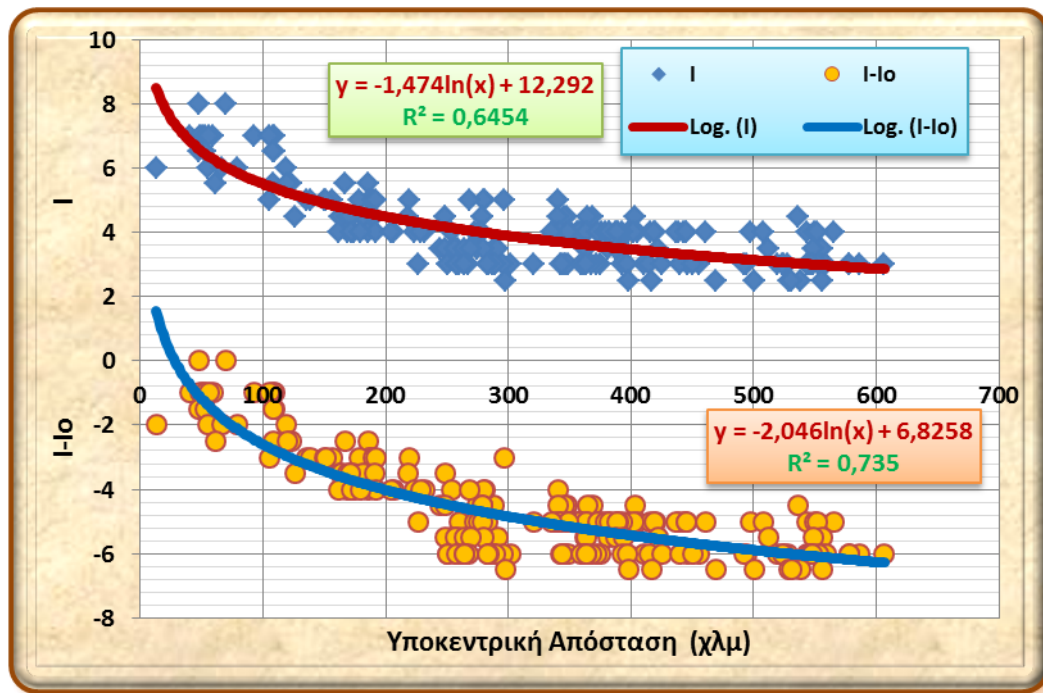
VII. Εύρος Μεγέθους 6,8-7,1 της Κλίμακας Richter

α. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

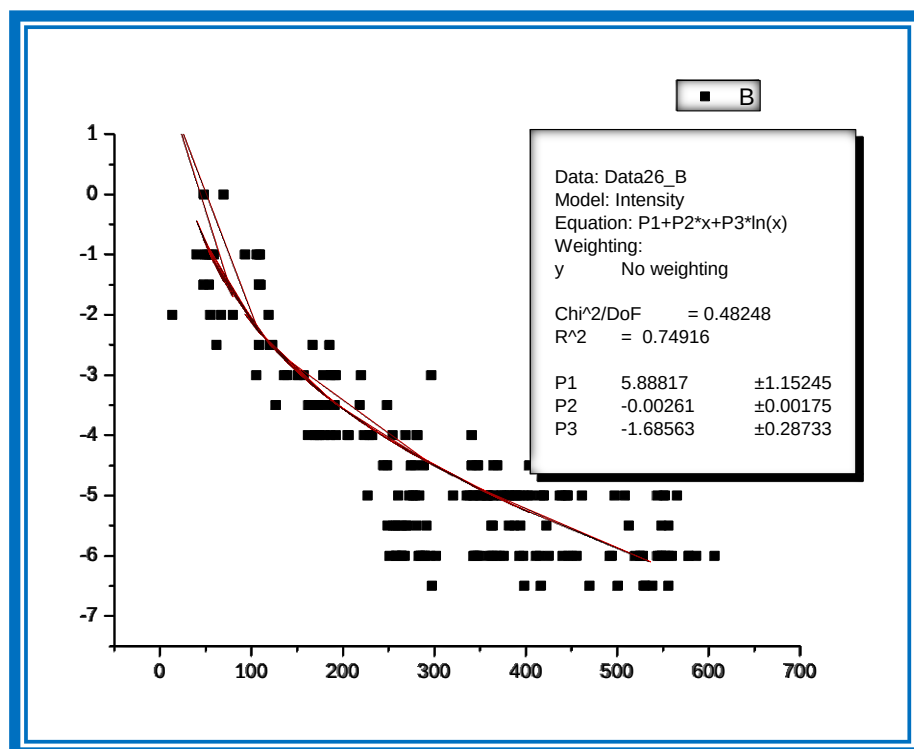
Υπάρχουν μόλις 211 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από μόλις 2 σεισμούς.

Πίνακας 9-12: Οι σεισμοί με εύρος 3,8-4,R και εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Βάθος	Μέγεθος	Έντα παρατήρησης ελαττώας	I_0	Θέση επικέντρου	Ζώνες
1956	JUL	9	10	7.0	8	8	θάλασσα νότια Νήσου Αμοργού	Κυκλάδες
1970	MAR	28	10	7.1	5	9	Επαρχία Κιουτάχειας, Τουρκία	Δυτική Τουρκία



Γράφημα 9-23: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

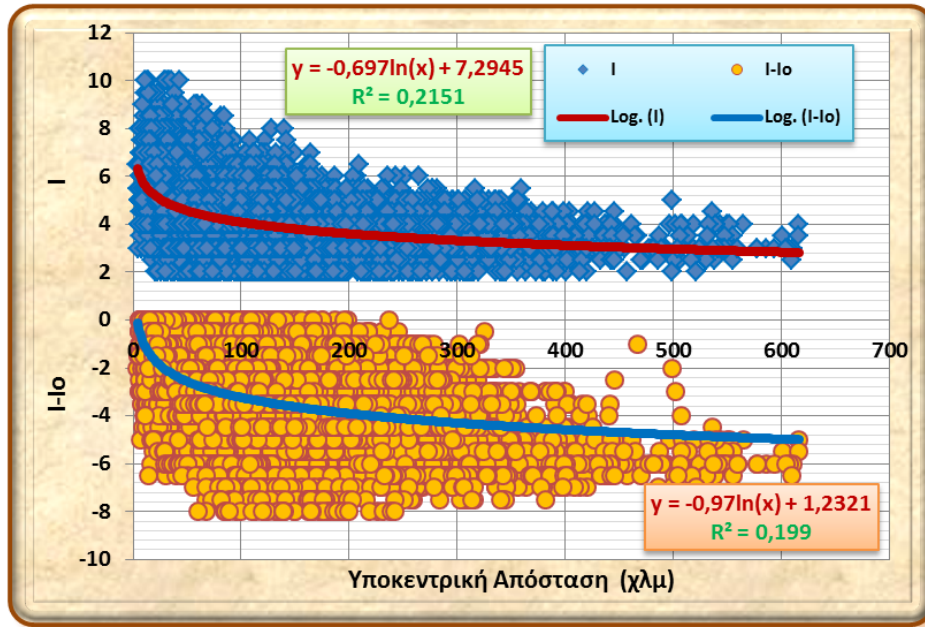


Γράφημα 9-24: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 6,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

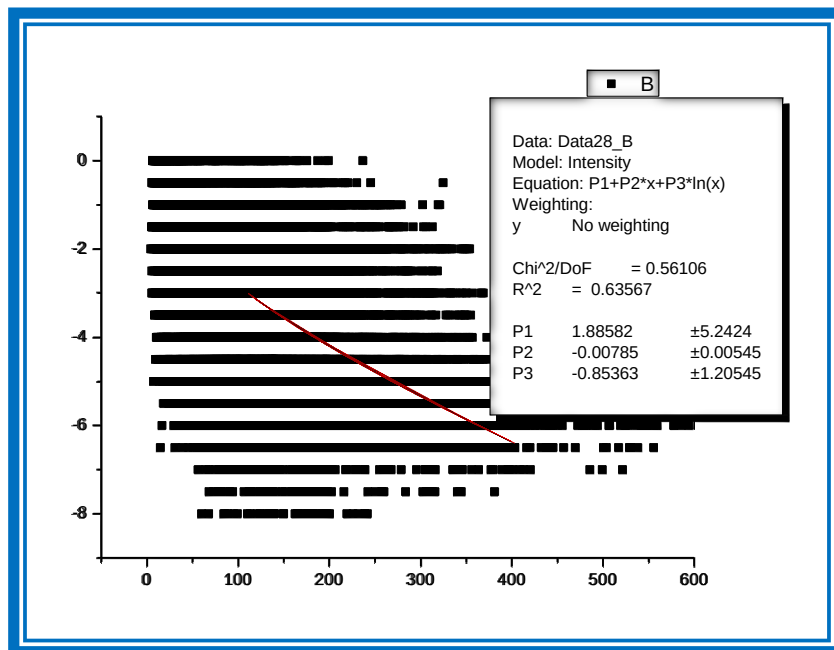
VIII. Εύρος Μεγέθους 3,8-7,1 της Κλίμακας Richter

α. Εστιακό Βάθος ≤ 20 χλμ.

Υπάρχουν 20.153 μακροσεισμικές παρατηρήσεις με μέγιστη τιμή έντασης που έχει παρατηρηθεί X Mercalli.



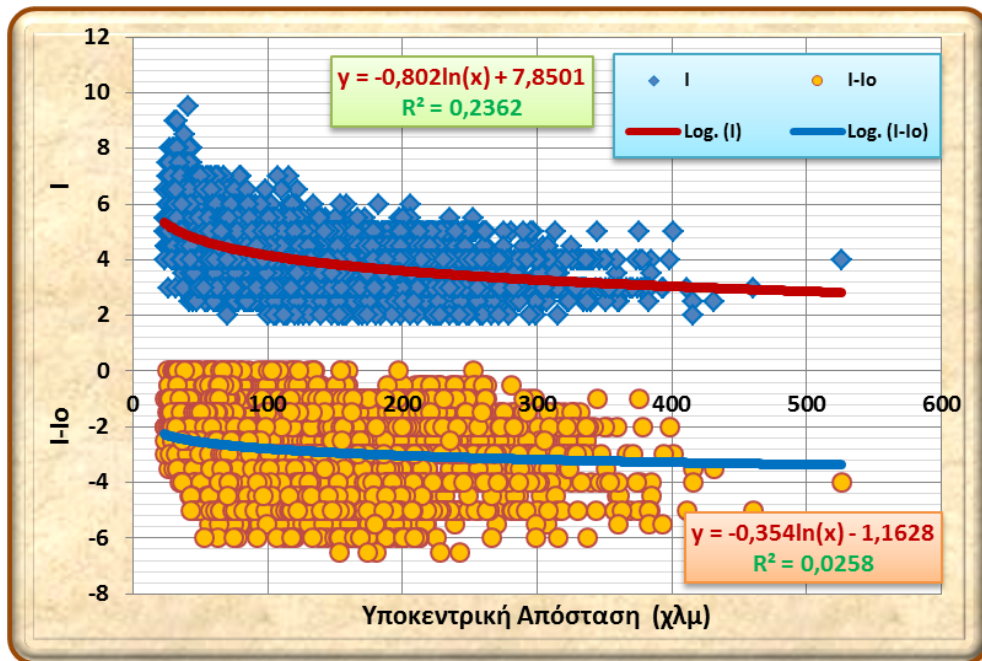
Γράφημα 9-25: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..



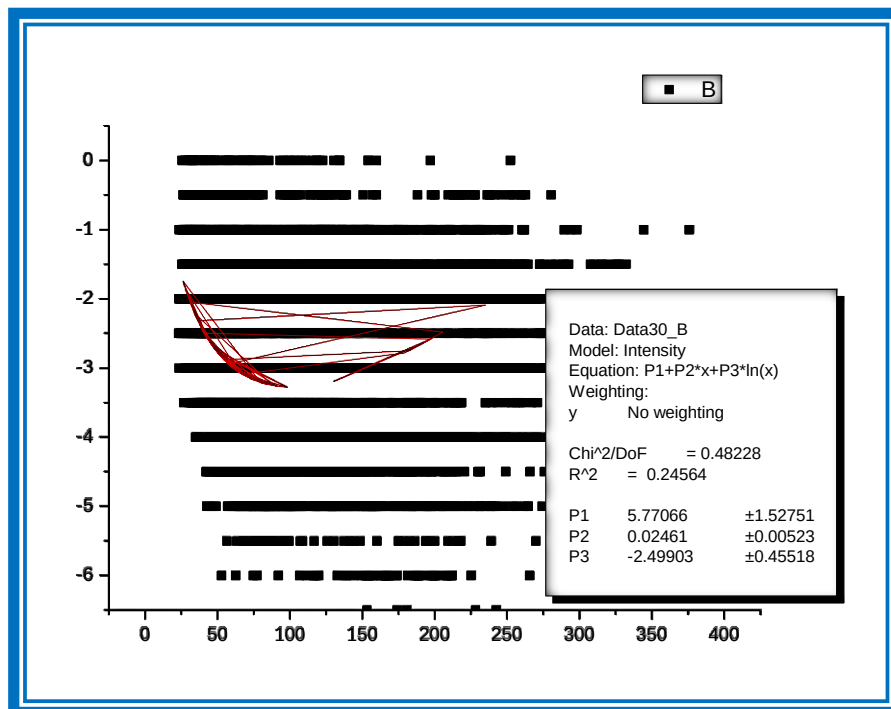
Γράφημα 9-26: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους ≤ 20 χλμ..

β. Εστιακό βάθος > 20 χλμ.

Υπάρχουν 5.976 μακροσεισμικές παρατηρήσεις.



Γράφημα 9-27: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους > 20 χλμ. .



Γράφημα 9-28: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R εστιακού βάθους > 20 χλμ. .

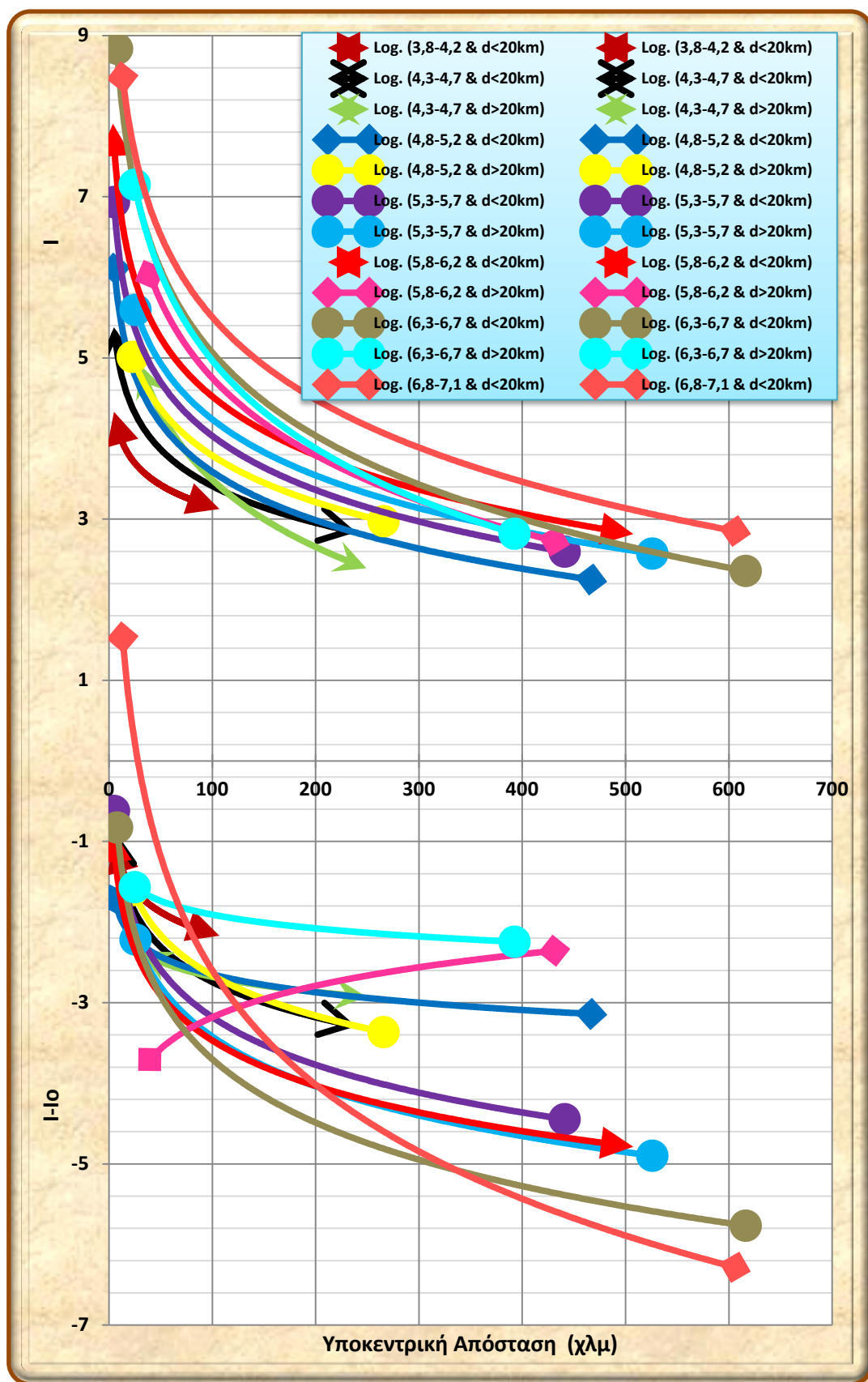
Κ. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Από το συγκριτικό **Γράφημα 9-29** προκύπτει ότι όλες οι καμπύλες παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη μείωση της έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Φαίνεται ότι στο ίδιο εύρος μεγεθών, οι επιφανειακότεροι σεισμοί αρχίζουν να προκαλούν βλάβες σε μικρότερες υποκεντρικές αποστάσεις από ότι οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 20 χλμ.. Από την άλλη όμως οι βαθύτεροι σεισμοί με εστιακό βάθος > 20 χλμ στο ίδιο εύρος μεγεθών, γενικά γίνονται αισθητοί σε μεγαλύτερες αποστάσεις, επομένως παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιφάνεια αισθητότητας. Δεν πρέπει να λησμονούμε ότι οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 20 χλμ. θα πρέπει να εμφανίζουν στις καμπύλες μας μακροσεισμικά αποτελέσματα μετά τα 20 χλμ., αφού αναφερόμαστε στην υποκεντρική απόσταση και όχι στην επικεντρική.

Από το **γράφημα α** μπορούμε να διακρίνουμε το εύρος των αντιπροσωπευτικών αναμενόμενων υποκεντρικών αποστάσεων όπου επιφανειακοί σεισμοί με μέγεθος εντός του εύρους τιμών γίνονται αισθητοί με διαφορετικά επίπεδα Μακροσεισμικής Έντασης.

Στο **γράφημα β** η μεταβολή της έντασης παρουσιάζει μια πιο ανομοιόμορφη κατανομή ανάμεσα στις ζώνες. Γενικά η διαφορά $I-I_0$ λαμβάνει τις μεγαλύτερες διαφορές της σε απόλυτη τιμή όσο περισσότερο αυξάνεται η υποκεντρική απόσταση. Μόνο στην καμπύλη 5,8-6,2 R με $d > 20$ χλμ. παρατηρούμε μια μείωση της απόλυτης τιμής της διαφοράς με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Αυτό πιθανά να οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν δεδομένα από τον σεισμό της 5^{ης} Ιουλίου 1983 από την Δυτική Τουρκία που αλλοιώνουν τις παρατηρήσεις, αφού ναι μεν έχουμε υπολογίσει στην επεξεργασία μας την πραγματική επικεντρική ένταση, αλλά όμως δεν έχουμε τιμές έντασης από την πλειόσειστο περιοχή της Τουρκίας.

Επίσης, ο Σεισμός της 28^{ης} Μαρτίου 1970 στην Κιουτάχεια της Τουρκίας επηρεάζει το 6,8-7,1 που φαίνεται να βγαίνει με θετικές τιμές. Η πραγματικότητα είναι ότι απλά γίνεται μια σχεδιαστική προέκταση της καμπύλης προς τις μικρές αποστάσεις καθώς υπάρχουν δεδομένα σε πάρα πολύ μικρή απόσταση. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από το σεισμό της Αμοργού του 1956. Τέλος, διαφέρει η απόσταση αισθητότητας για κάθε μια ζώνη.



Γράφημα 9-29: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών 3,8-7,1 R διαφορετικού εστιακού βάθους.

Πίνακας 9-13: Συγκεντρωτικά όλες οι τιμές των παραμέτρων για σεισμούς με εστιακό βάθος ≤ 20 χλμ..

Βάθος $\leq$ 20 χλμ.	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$			$I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$			
	a	b	R ²	a	b	R ²	P ₁	P ₂	P ₃	R ²
3,8-4,2	-0,394	4,9632	0,1932	-0,388	-0,359	0,1969	-0,40217	-0,00058	-0,36828	0,19693
4,3-4,7	-0,657	6,4363	0,247	-0,63	0,1594	0,1363	0,41264	0,0013	-0,3564	0,02713
4,8-5,2	-0,869	7,588	0,3491	-0,319	-1,1834	0,0241	3,13985	0,01323	-1,50594	0,21768
5,3-5,7	-0,968	8,4912	0,3624	-0,854	0,7535	0,1258	2,78738	0,00154	-1,39961	0,70328
5,8-6,2	-1,051	9,3625	0,3959	-0,813	0,2747	0,121	-2,25051	-0,00994	0,01536	0,18533
6,3-6,7	-1,491	11,935	0,5927	-1,137	1,5344	0,2344	2,868	-0,00678	-1,0794	0,63819
6,8-7,1	-1,474	12,292	0,6454	-2,046	6,8258	0,735	5,88817	-0,00261	-1,68563	0,74916
3,8-7,1	-0,697	7,2945	0,2151	-0,97	1,2321	0,199	1,88582	-0,00785	-0,85363	0,63567

Παρατηρούμε ότι πάλι όλες οι τιμές της παραμέτρου a είναι αρνητικές, γεγονός που δηλώνει την φθίνουσα κλίση των καμπυλών. Στις μικρές τιμές μεγεθών οι αρνητικές τιμές είναι μεγαλύτερες από την τιμή -1 , ενώ όταν το μέγεθος υπερβαίνει το $5,8-6,2$ οι τιμές λαμβάνουν ακόμα μικρότερες τιμές. Αυτό δηλώνει ότι μικραίνει η φθίνουσα πορεία των καμπυλών. Από την άλλη, οι τιμές της παραμέτρου b είναι θετικές και μερικές φορές με μεγάλες τιμές. Είναι στενάχωρο οι μικρές τιμές του συντελεστή συσχέτισης που εμφανίζονται στα μικρά μεγέθη. Με την αύξηση όμως των μεγεθών οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης λαμβάνουν ικανοποιητικές τιμές κοντά στο $0,7$.

Πίνακας 9-14: Συγκεντρωτικά όλες οι τιμές των παραμέτρων για σεισμούς με εστιακό βάθος > 20 χλμ..

Βάθος > 20 χλμ.	$I=a*\ln R+b$			$I-I_0=a*\ln R+b$			$I-I_0=P_1+P_2*R+P_3*\ln R$			
	a	b	R ²	a	b	R ²	P ₁	P ₂	P ₃	R ²
3,8-4,2										
4,3-4,7	-1,203	9,028	0,35	-0,272	-1,426	0,0095	5,03607	0,02259	-2,21582	0,04531
4,8-5,2	-0,834	7,6288	0,3052	-0,722	0,6631	0,1352	1,77898	0,00615	-0,96422	0,06729
5,3-5,7	-1,004	8,8604	0,3325	-0,891	0,6823	0,153	5,97755	0,02707	-2,57597	0,23302
5,8-6,2	-1,384	11,126	0,5417	0,5654	-57879	0,0599	-0,88779	-0,0003	-0,01525	0,00605
6,3-6,7	-1,572	12,21	0,5067	-0,246	-0,7745	0,0121	5,41946	0,01292	-1,68139	0,2937
6,8-7,1										
3,8-7,1	-0,802	7,8501	0,2362	-0,354	-1,1628	0,0258	5,77066	0,02461	-2,49903	0,24564

Οι παράμετρος a για εστιακό βάθος > 20 χλμ. παρουσιάζουν από τα μικρά εύρη μεγεθών τιμές μικρότερες από το -1. Στις μεταβολές της έντασης δεν συμβαίνει αυτό το γεγονός. Επίσης, οι συντελεστές συσχέτισης έχουν σταθερά μη ικανοποιητικές τιμές.

Κεφάλαιο Δέκατο

10. Εξισώσεις Εξασθένησης για σεισμούς ίδιας Μέγιστης Μακροσεισμικής Έντασης

A. Εισαγωγή

Στόχος μας είναι να υπολογίσουμε Εξισώσεις Εξασθένησης με ομαδοποίηση των 26.129 μακροσεισμικών παρατηρήσεων επιφανειακών σεισμών σε σχέση με την Επικεντρική Ένταση. Θα προσπαθήσουμε να ανιχνεύσουμε αν υπάρχει μεταβολή της εξασθένησης σε μικρές τιμές και μεγάλες τιμές Επικεντρικής Έντασης.

B. Μεταβολή Επικεντρικής Έντασης

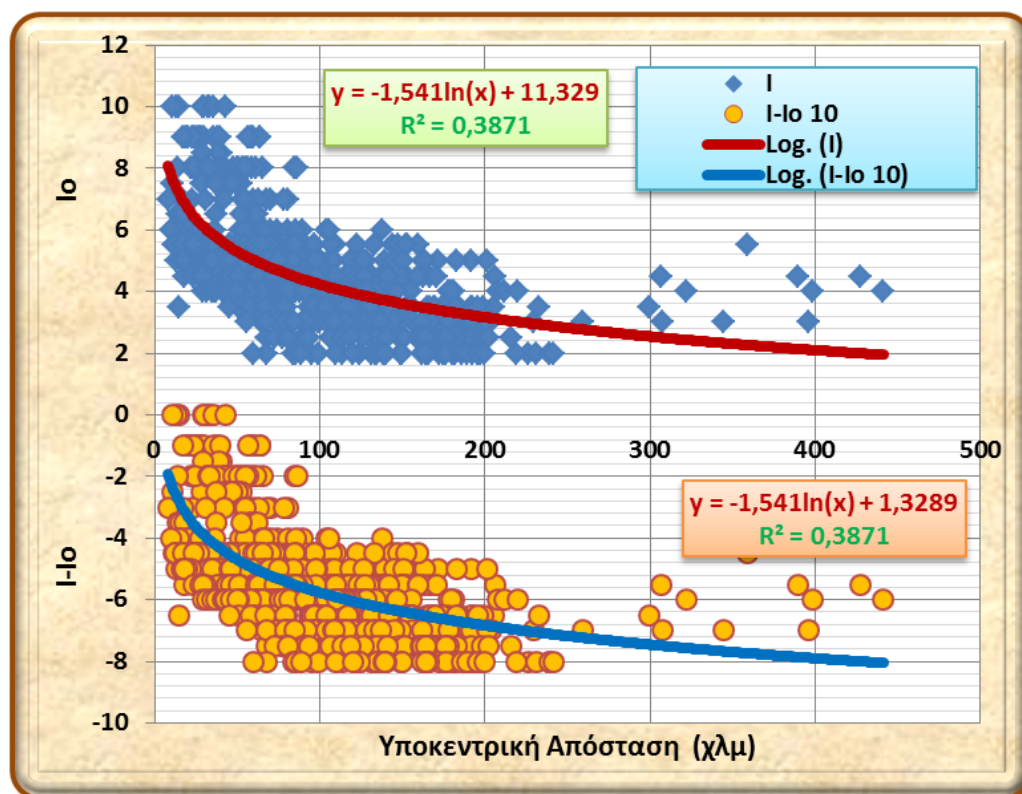
Θα ομαδοποιήσουμε τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις μας ανάλογα την επικεντρική ένταση που εμφανίζουν. Έχουμε Μέγιστες Μακροσεισμικές Εντάσεις για τις τιμές *X Mercalli*, *IX+ Mercalli*, *IX Mercalli*, *VIII+ Mercalli*, *VIII Mercalli*, *VII+ Mercalli*, *VII Mercalli*, *VI+ Mercalli*, *VI Mercalli*, *V+ Mercalli*, *V Mercalli*, *IV+ Mercalli*, και τέλος για την τιμή *IV Mercalli*. Στα 8 μακρινά γεγονότα θα χρησιμοποιήσουμε τις πραγματικές επικεντρικές εντάσεις που έχουμε βρει στην βιβλιογραφία και όχι τις παρατηρούμενες στον Ελληνικό χώρο από τα δεδομένα του Γ.Ι.-Ε.Α.Α.. Οι παρακάτω Πίνακες, και τα Γραφήματα για όλες τις μορφές εξισώσεων θα μας δώσουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να συγκρίνουμε στο τέλος τις καμπύλες και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας μας.

I. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli

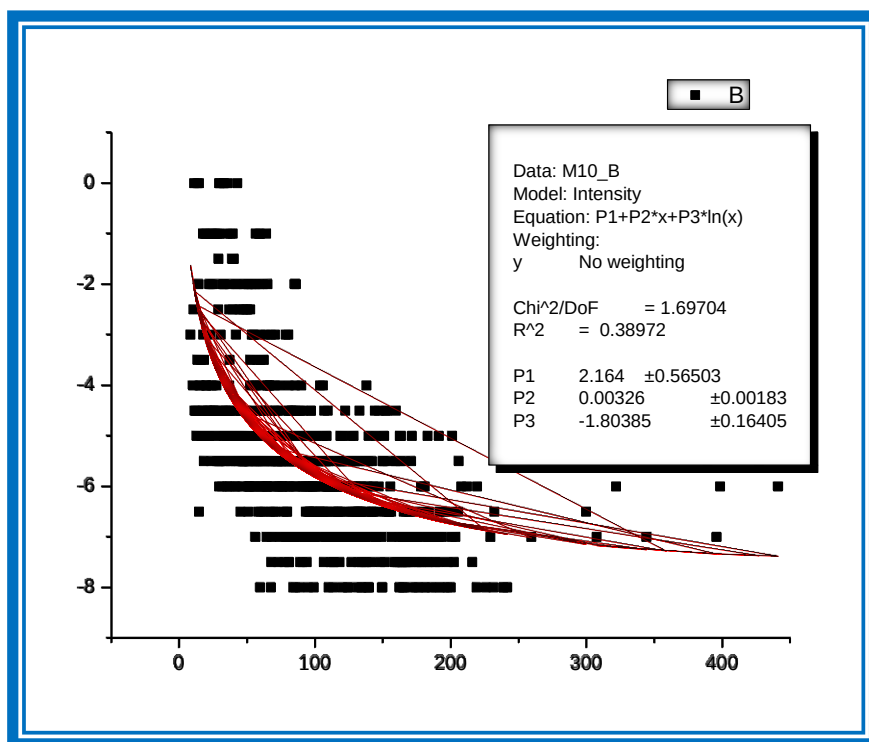
Από τα δεδομένα μας αντλήσαμε 743 παρατηρήσεις από 3 σεισμούς.

Πίνακας 10-1: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	$I_{\max}$ παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις Σεισμού
1953	AUG	12	6.7	10	10	476	2412	X+, Αργοστόλι	62
1965	APR	5	5.6	10	10	18	17	X, Απιδίτσα	322
1986	SEP	13	5.5	10	10	20	80	IX, Καλαμάτα	359



Γράφημα 10-1: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli.



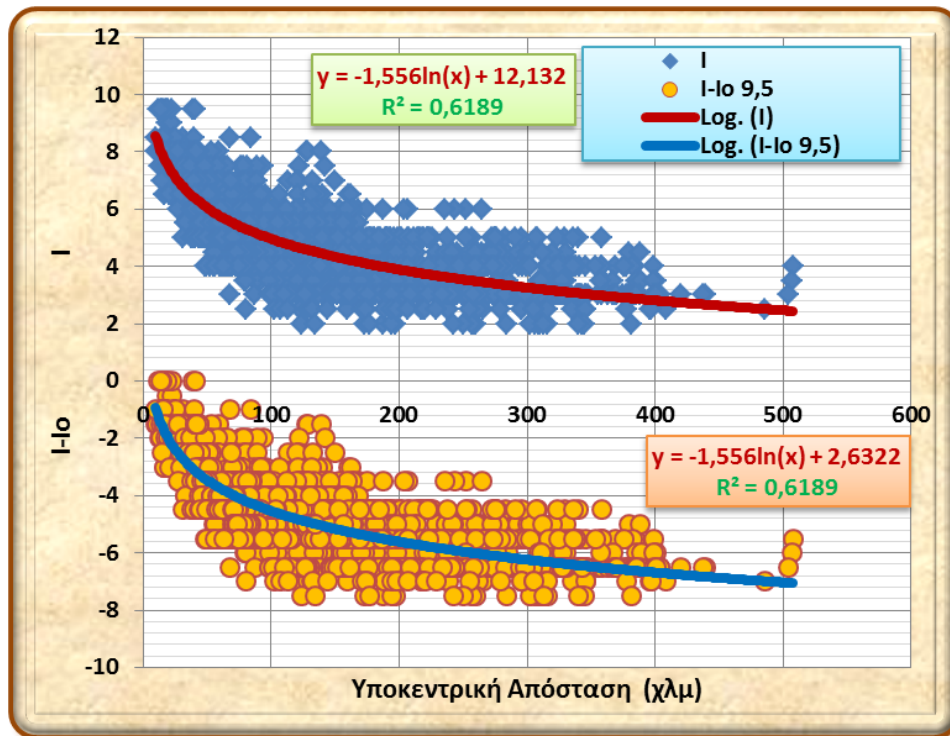
Γράφημα 10-2: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 10 Mercalli.

II. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli

Από τα δεδομένα αντλήσαμε 1.997 παρατηρήσεις από 6 σεισμούς.

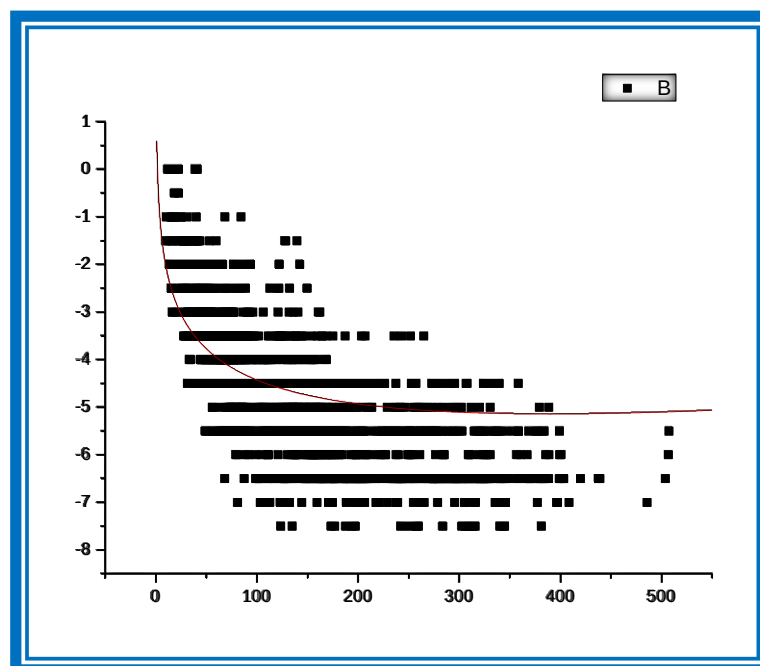
Πίνακας 10-2: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος I_{max}	παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις Σεισμού
1953	MAR	18	6.5	8	9.5	268		IX+, Genise	115
1954	APR	30	6.4	9.5	9.5	25	157	IX+, Σοφάδες	119
1957	MAR	8	6.3	9.5	9.5	2	71	IX+, Βελεστίνο	163
1981	FEB	24	6.3	9.5	9.5	20	500	IX, Περαχώρα	925
1981	MAR	4	5.8	9.5	9.5				484
1995	MAY	13	6.1	9.5	9.5		20	IX+, Κνίδη	191



Γράφημα 10-3: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli.

Δυστυχώς, δεν μπορέσαμε να υπολογίσουμε τις παραμέτρους P 1, P 2 και P 3 εξαιτίας αδυναμίας του προγράμματος να βγάλει αποτέλεσμα.



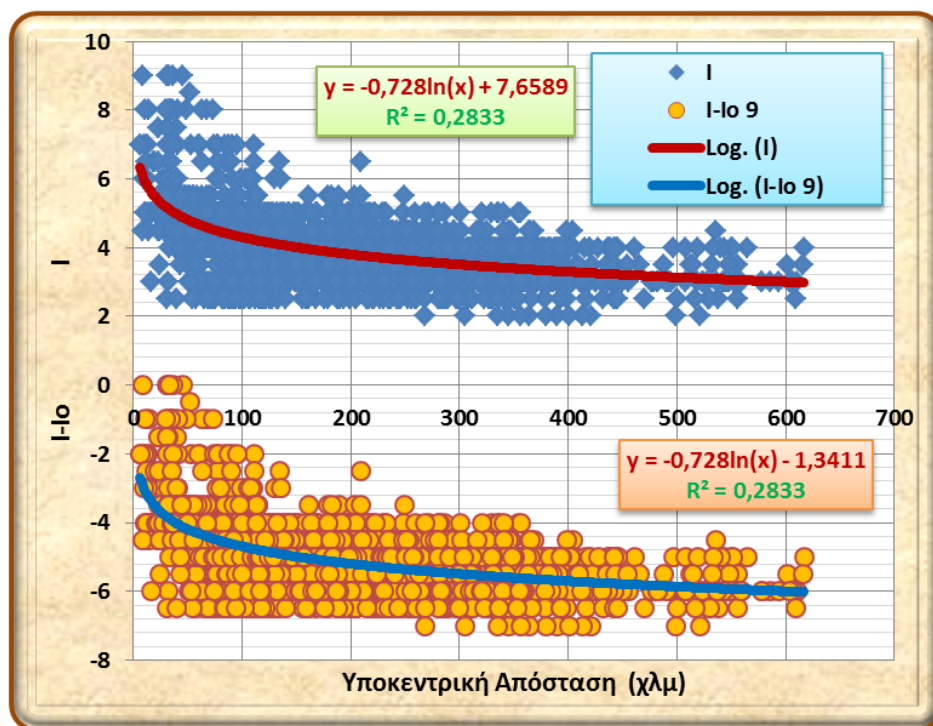
Γράφημα 10-4: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9,5 Mercalli.

III. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli

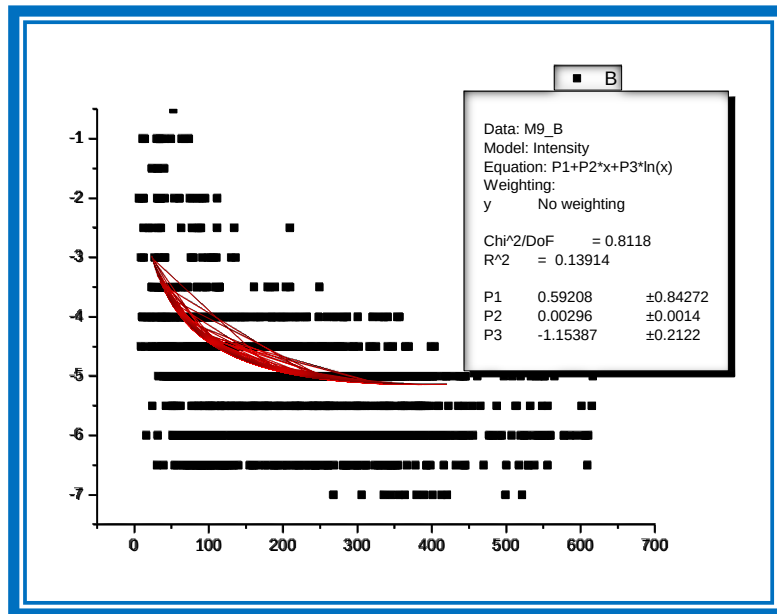
Επεξεργαστήκαμε 1.845 παρατηρήσεις από 7 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 10-3: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	$I_{\max}$ παρατήρησ ης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσε ις Σεισμού
1964	OCT	6	6	6.5	9	30	52	IX, Manyas	131
1967	MAY	1	5.9	9	9	9	56	IX, Δροσοπηγή	282
1968	FEB	19	6.7	9	9	21	39	IX, Άγιος Ευστράτιος	482
1970	MAR	28	7.1	5	9	800	520	IX, Gediz	141
1975	DEC	31	5	9	9				290
1979	APR	15	6.6	4.5	9	129	1554	IX, Budva	253
1999	SEP	7	5.4	9	9	143	1600	IX, Άνω Λιόσια	267



Γράφημα 10-5: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli.



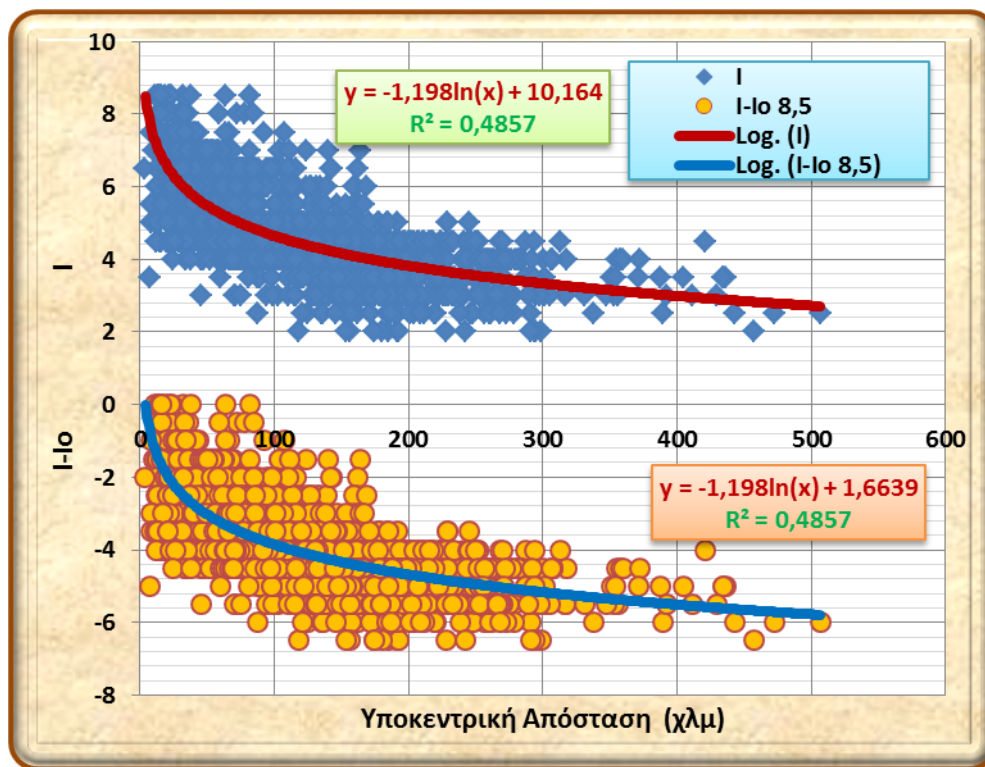
Γράφημα 10-6: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 9 Mercalli.

IV. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli

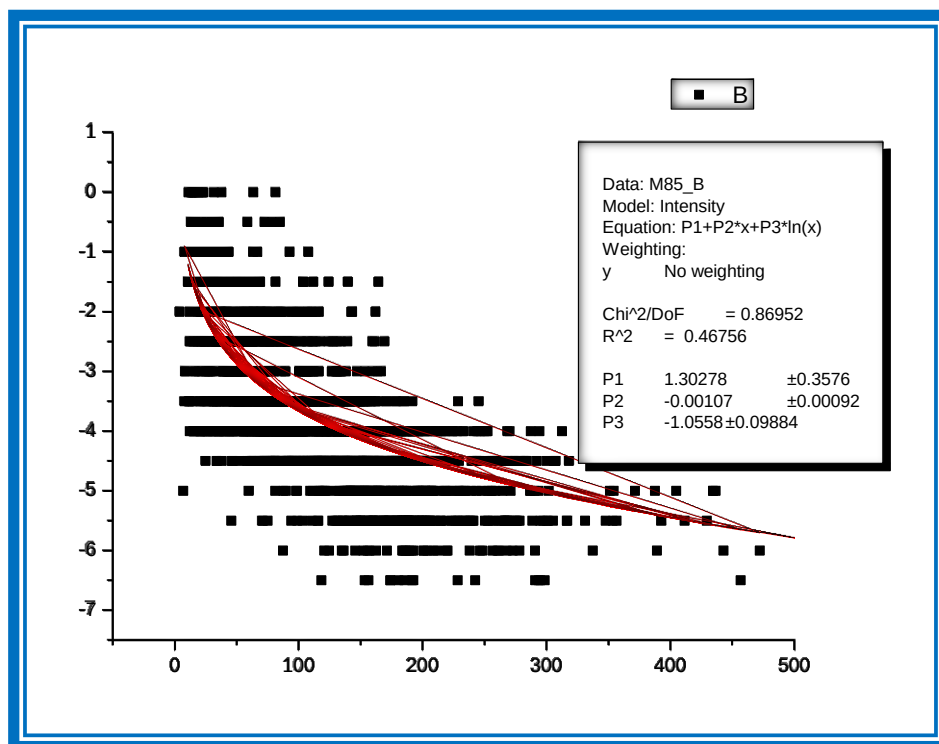
Επεξεργασθήκαμε 2.078 παρατηρήσεις από 6 σεισμούς.

Πίνακας 10-4: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I_{max} παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις Σεισμού
1955	APR	19	5.5	8.5	8.5	1	41	VIII+, Λεχώνια	64
1959	MAY	14	5.8	8.5	8.5		8	VIII+, Πιτσιδία	74
1965	MAR	31	6	8.5	8.5	6	17	VIII+, Αργίνιο	571
1978	JUN	20	6.1	8.5	8.5	48	220	VIII+, Στίβος	634
1980	JUL	9	6.3	8.5	8.5		24	VIII+, Αλμυρός	538
2008	JUN	8	6.5	8.5	8.5				197



Γράφημα 10-7: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli.



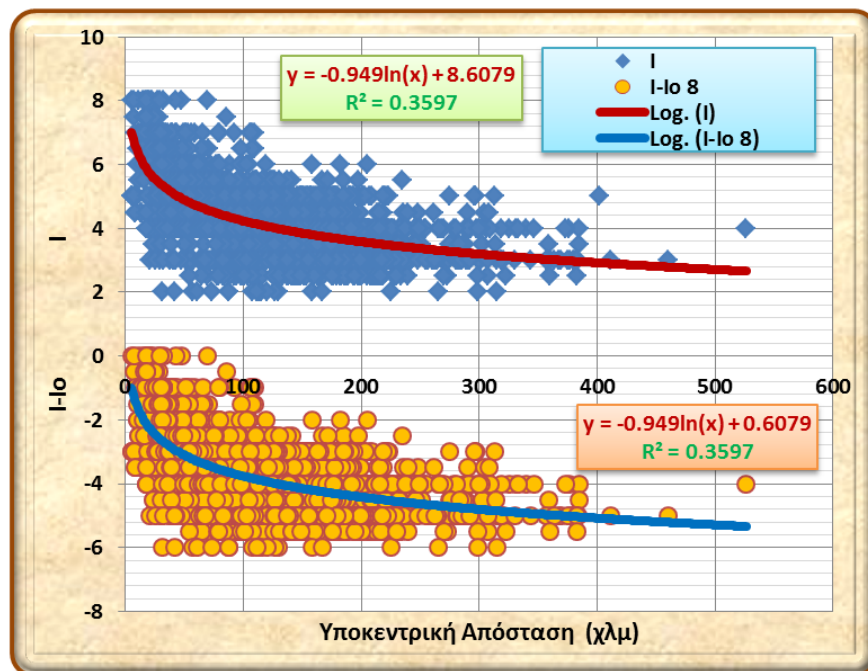
Γράφημα 10-8: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8,5 Mercalli.

V. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli

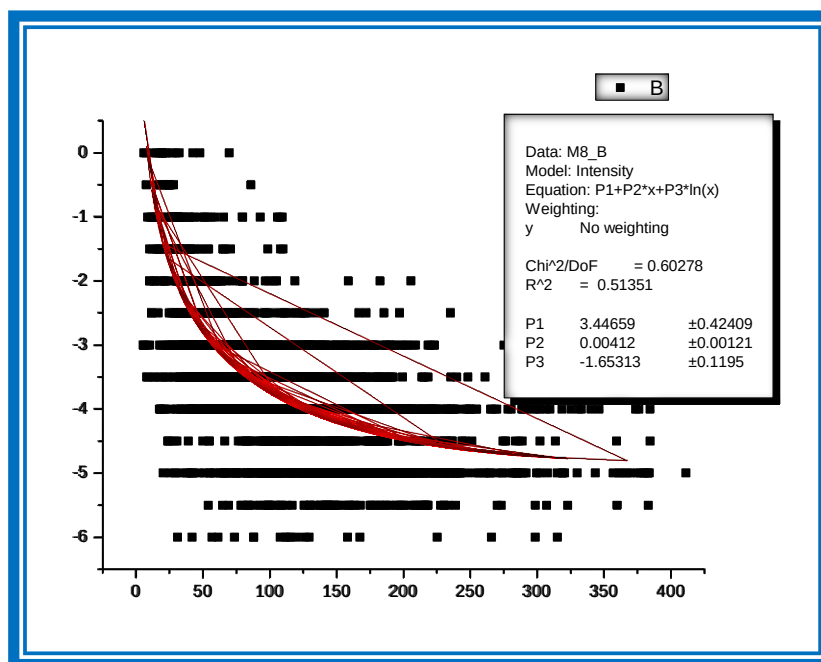
Οι παρατηρήσεις που μας ικανοποιούσαν ήταν 2.687 από 10 σεισμούς.

Πίνακας 10-5: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I_{max} παρατήρησ ης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσε ις Σεισμού
1956	JUL	9	7	8	8	53	100	IX, Ποταμός	70
1965	MAR	9	5.4	8	8	2	2	IX, Πατητήρι	345
1966	FEB	5	5.9	8	8	1	60	IX, Πετράλωνα	328
1966	SEP	1	5.4	8	8		24	VIII, Μεγαλόπολη	220
1966	OCT	29	5.5	8	8	1	43	VIII, Κατούνα	242
1972	SEP	13	5.4	8	8		1	VIII, Άνω Καλλιθέα	584
1979	NOV	6	4.9	8	8				156
1983	JUL	5	5.9	5	8	5	25	VIII, Biga	99
1988	OCT	16	5.5	8	8			VIII, Κυλλήνη & Βαρθολομιό	248
1995	JUN	15	5.6	8	8	26		VIII, Αίγιο	393



Γράφημα 10-9: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli.



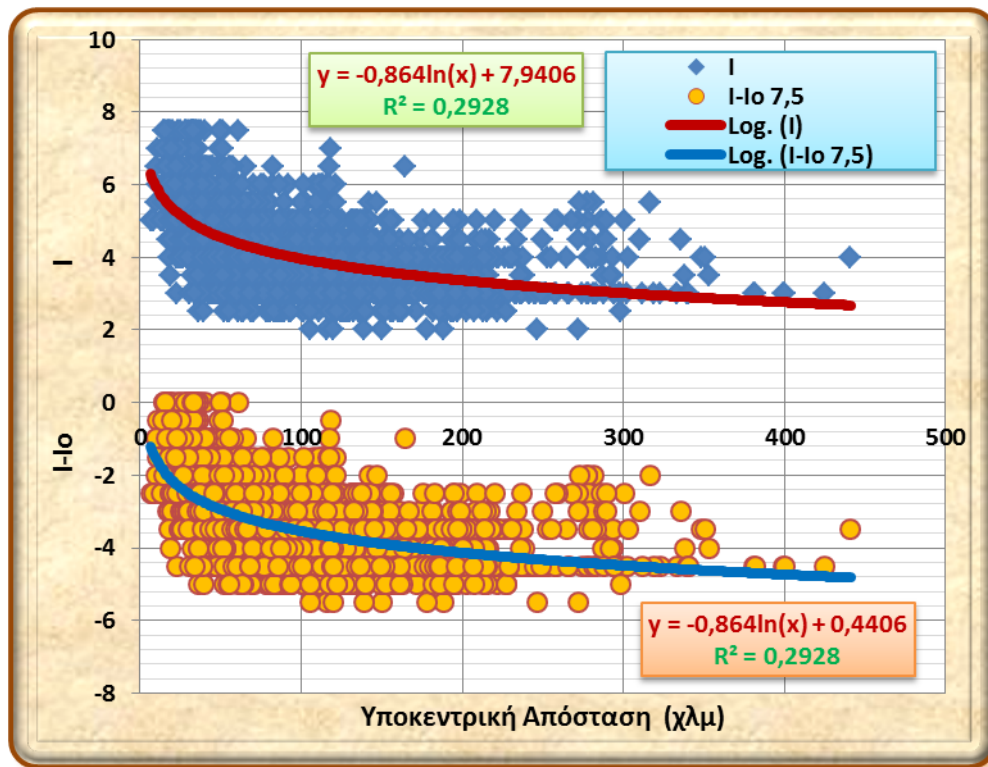
Γράφημα 10-10: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 8 Mercalli.

VI. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli

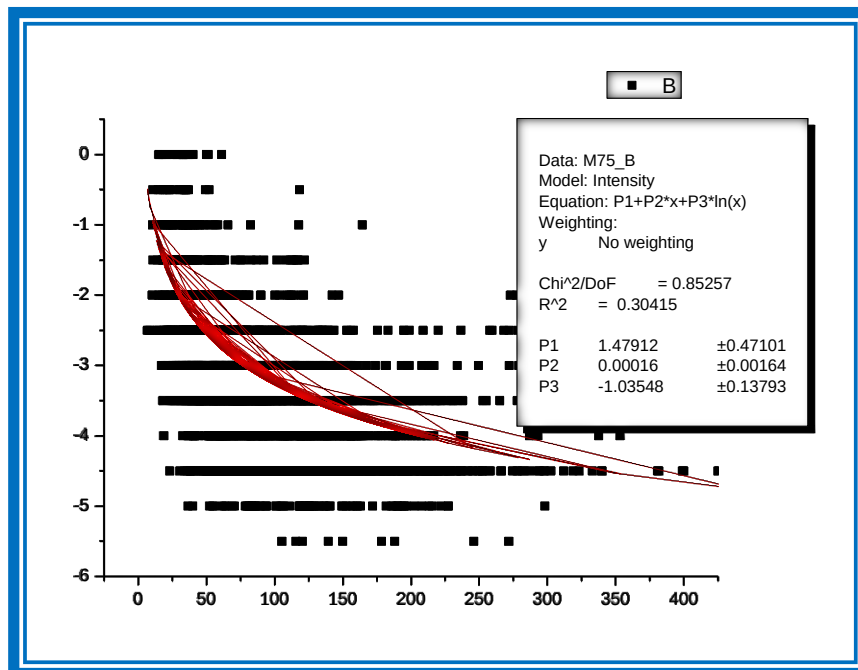
Συλλέξαμε 2.439 παρατηρήσεις από 12 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 10-6: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I_{max} Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις σεισμού
1965	JUL	6	5.7	7.5	7.5	1	6	VIII+, Ερατεινή	293
1973	JAN	10	4.7	7.5	7.5				88
1973	NOV	4	5.5	7.5	7.5				263
1973	NOV	29	5.5	7.5	7.5			VII+, Παλαιόχωρα	154
1975	MAR	27	5.6	5.5	7.5		2	VII+, Καλλίπολη	166
1975	JUN	30	4.9	7.5	7.5				230
1976	FEB	22	4.6	7.5	7.5				259
1978	JAN	29	5.3	7.5	7.5				57
1981	MAR	10	5.4	7.5	7.5				234
1985	AUG	31	4.8	7.5	7.5				150
1985	NOV	9	5.1	7.5	7.5				396
2003	AUG	14	5.9	7.5	7.5				181



Γράφημα 10-11: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli.



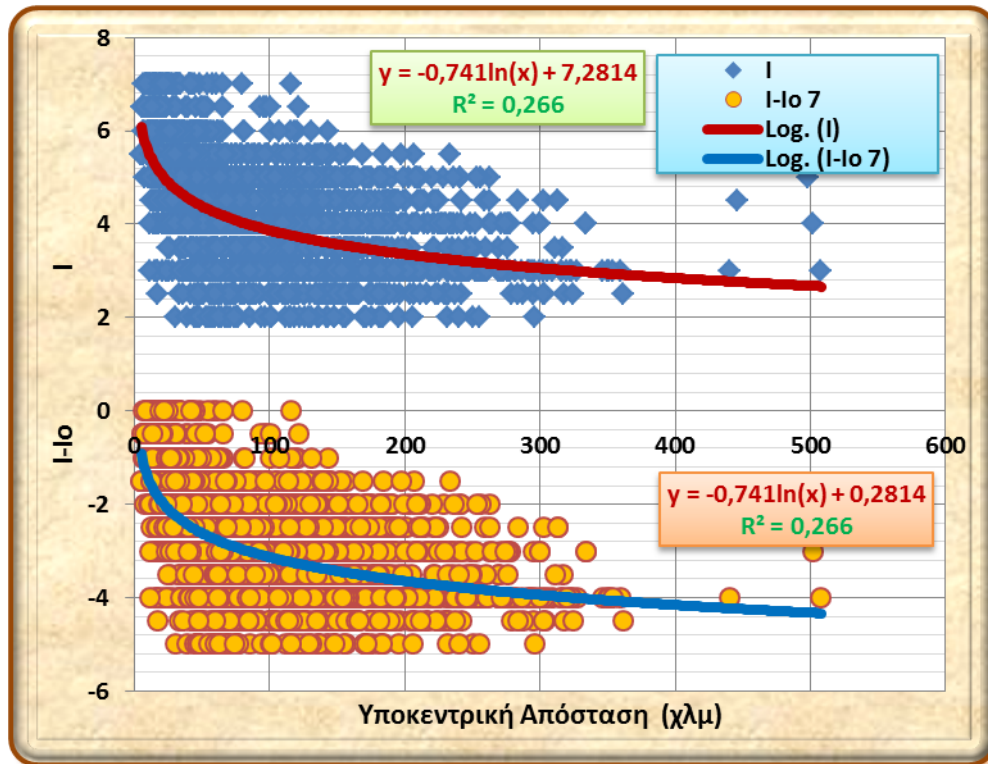
Γράφημα 10-12: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7,5 Mercalli.

VII. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli

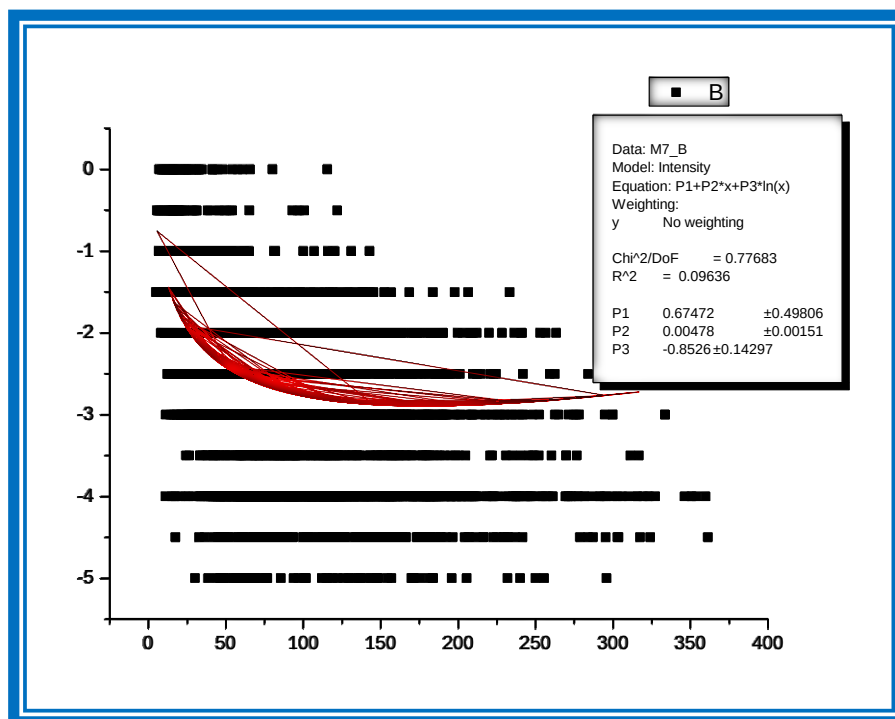
Αντλήσαμε 4.720 παρατηρήσεις από 25 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 10-7: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	$I_{\max}$ Ελλάδα	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις Σεισμού
1959	NOV	15	6.2	7	7			VII, Άνω Βολίμες	166
1966	JAN	2	4.7	7	7				101
1967	JAN	4	4.9	7	7				84
1968	JUL	4	5	7	7				212
1969	OCT	13	5.7	7	7				238
1970	APR	8	5.3	7	7		3	VII, Αντίκυρα	399
1972	AUG	12	4.4	7	7				156
1972	SEP	17	5.9	7	7		1	VII, Χαβριάτα	306
1972	NOV	24	5.2	7	7				109
1973	JUL	14	5.1	7	7				101
1974	NOV	14	4.7	7	7				219
1978	MA Y	23	5.5	7	7				257
1979	NOV	11	4.7	7	7				121
1980	FEB	28	4.3	7	7				249
1980	JUL	10	5	7	7				306
1983	MA R	16	5	7	7				149
1983	MA R	23	5.7	7	7				278
1984	JUL	9	4.9	7	7				256
1984	OCT	25	5.1	7	7				75
1990	DEC	21	5.4	7	7	1	60	VII, Αριδαία	253
1992	NOV	6	5.7	5.5	7			VII, Doganbey	64
1993	JUL	14	5.1	7	7				243
1994	SEP	1	5.9	6	7			VII, Bitola (Μοναστήρι)	98
1996	AUG	5	5.2	7	7				73
2003	JUN	9	5	7	7				208



Γράφημα 10-13: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli.



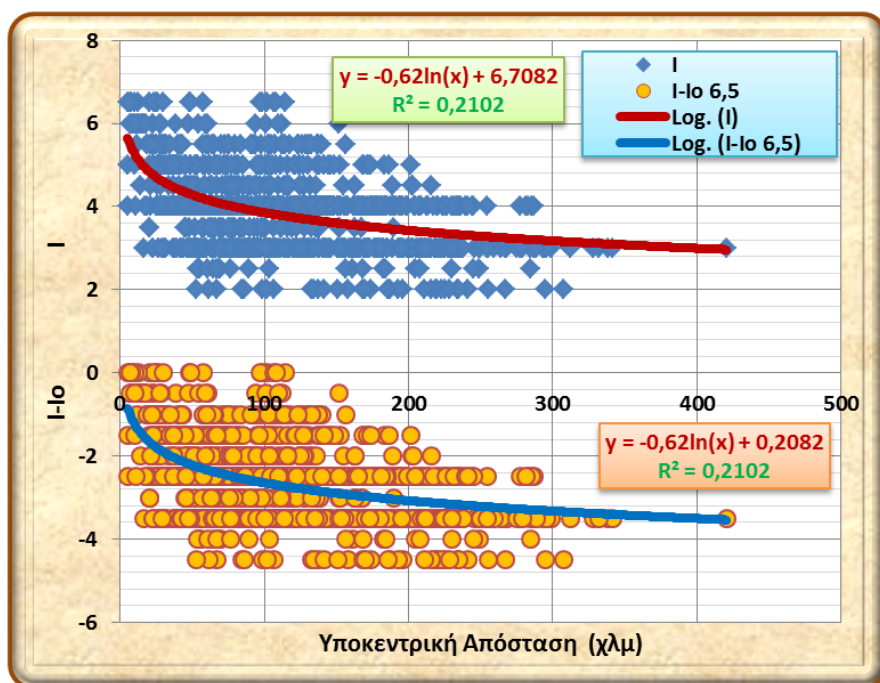
Γράφημα 10-14: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 7 Mercalli.

VIII. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli

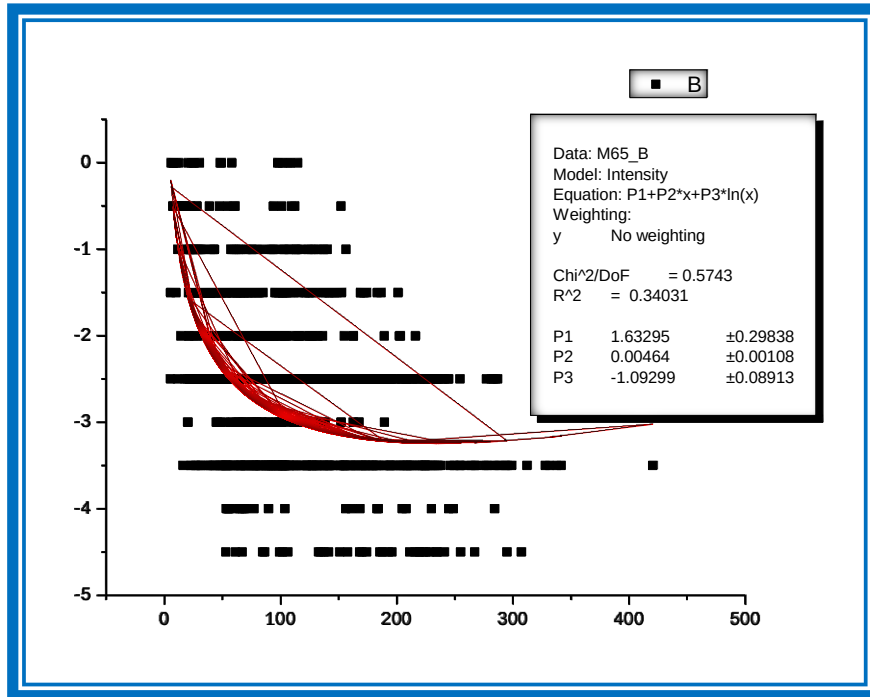
Υπήρχαν 1.116 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από 8 σεισμούς.

Πίνακας 10-8: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	$I_{\max}$ παρατήρησ ης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσει ς Σεισμού
1967	FEB	9	5.3	6.5	6.5				62
1977	MAY	13	4.7	6.5	6.5				80
1978	JUL	4	4.8	6.5	6.5				204
1993	MAR	26	5	6.5	6.5				169
1996	JUL	26	4.9	6.5	6.5				88
1997	OCT	13	5.6	6.5	6.5			VI+, Κορώνη	147
1997	NOV	18	6.1	6.5	6.5			VII, Γαργαλιάνοι	157
2001	JUL	26	5.3	6.5	6.5			VII, Σκύρος	209



Γράφημα 10-15: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli.



Γράφημα 10-16: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6,5 Mercalli.

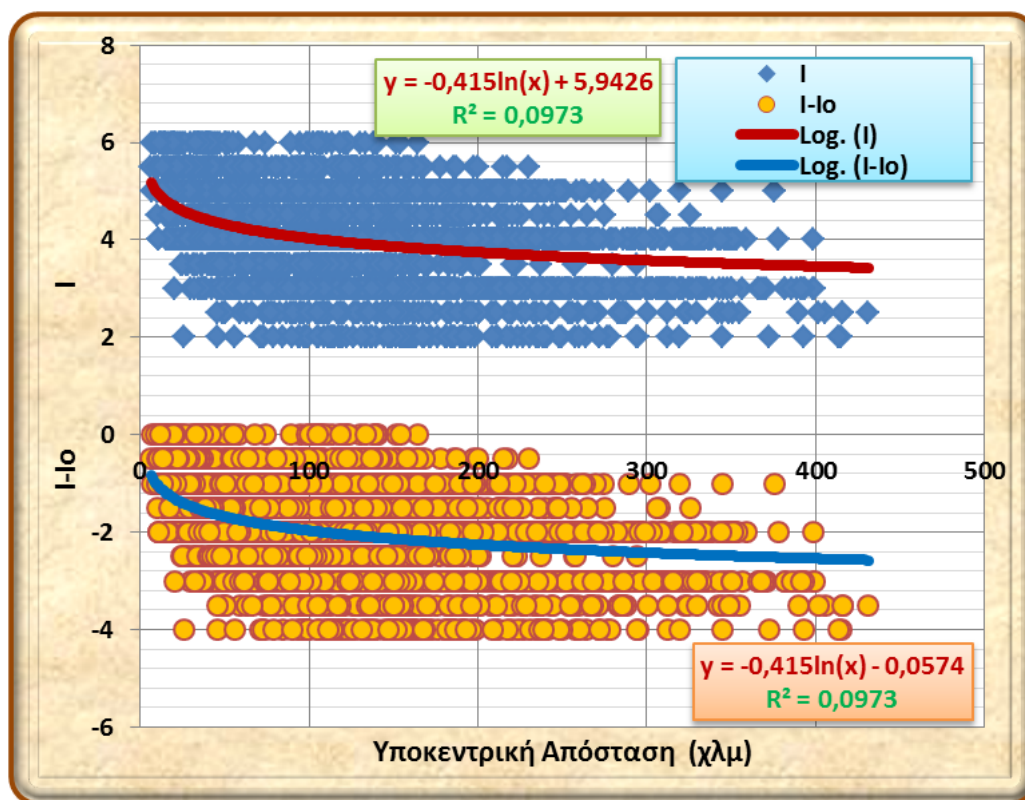
ΙΧ. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli

Αντλήσαμε 4.589 παρατηρήσεις από 18 σεισμούς.

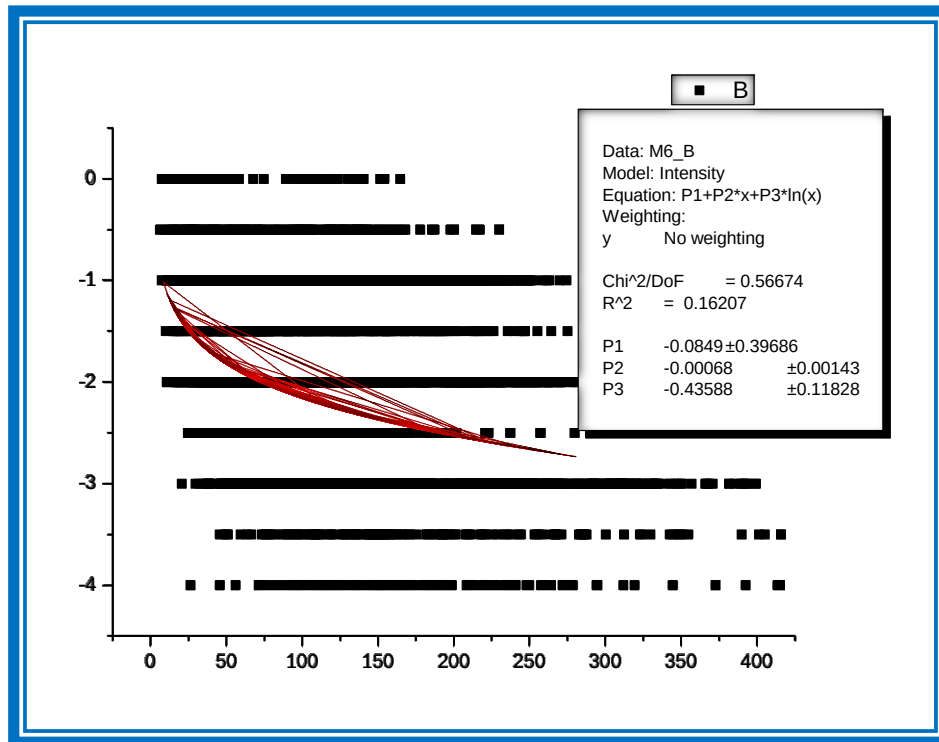
Πίνακας 10-9: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I _{max} παρατήρησης Ελλάδας	I ₀	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις σεισμού
1968	MAR	28	5.6	6	6				169
1974	JUN	22	4.6	6	6				159
1975	APR	4	5.2	6	6				238
1979	JUN	14	5.5	6	6				84
1980	AUG	11	4.8	6	6				183
1981	DEC	27	5.9	6	6				347
1982	JAN	18	6.3	6	6			VI, Θάσος	538

1983	JAN	17	6.2	6	6	VI, Αργοστόλι	485
1983	MAR	23	4.9	6	6		191
1983	AUG	6	6.6	6	6	VI, Άγιος Δημήτριος	451
1985	APR	30	5.3	6	6		353
1985	SEP	7	5.2	6	6		252
1986	DEC	17	5.1	6	6		100
1987	MAY	29	5	6	6		133
1988	MAY	18	5.3	6	6		173
1992	NOV	18	5.2	6	6		413
1993	JUN	13	5.4	6	6		131
1995	MAY	4	5	6	6		189



Γράφημα 10-17: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli.



Γράφημα 10-18: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 6 Mercalli.

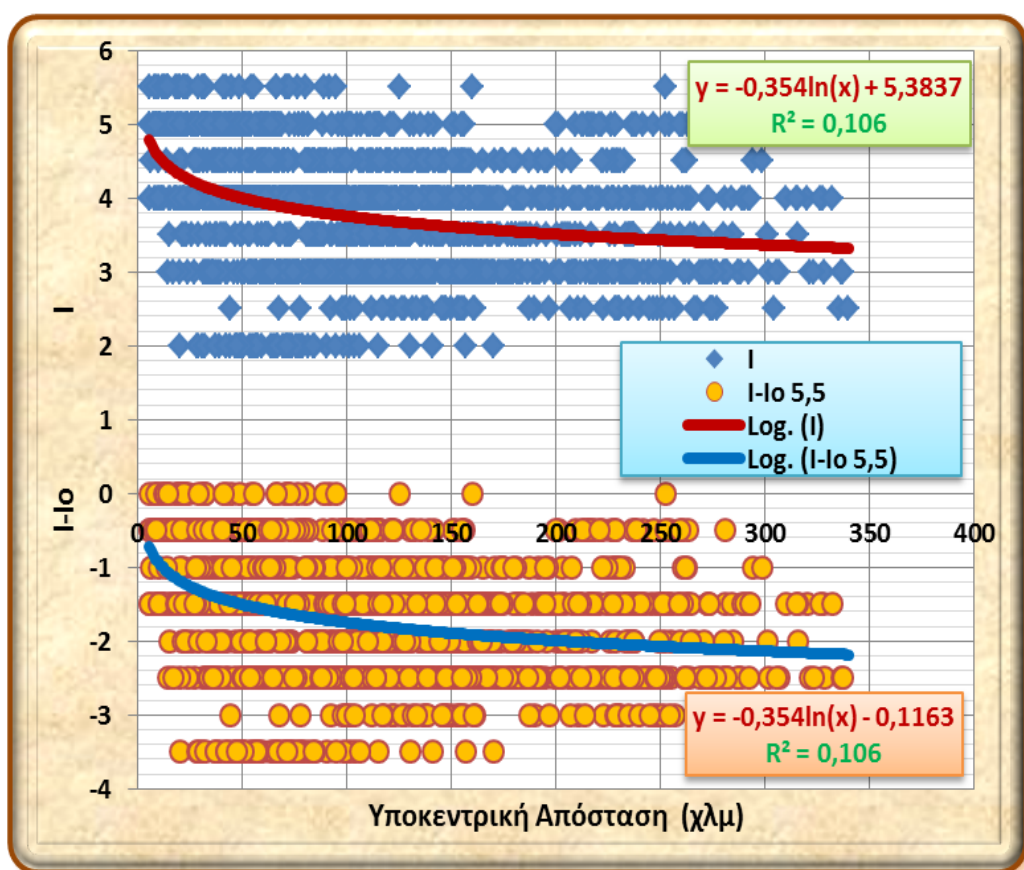
Χ. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli

Αντλήσαμε 1.952 παρατηρήσεις από 12 σεισμούς.

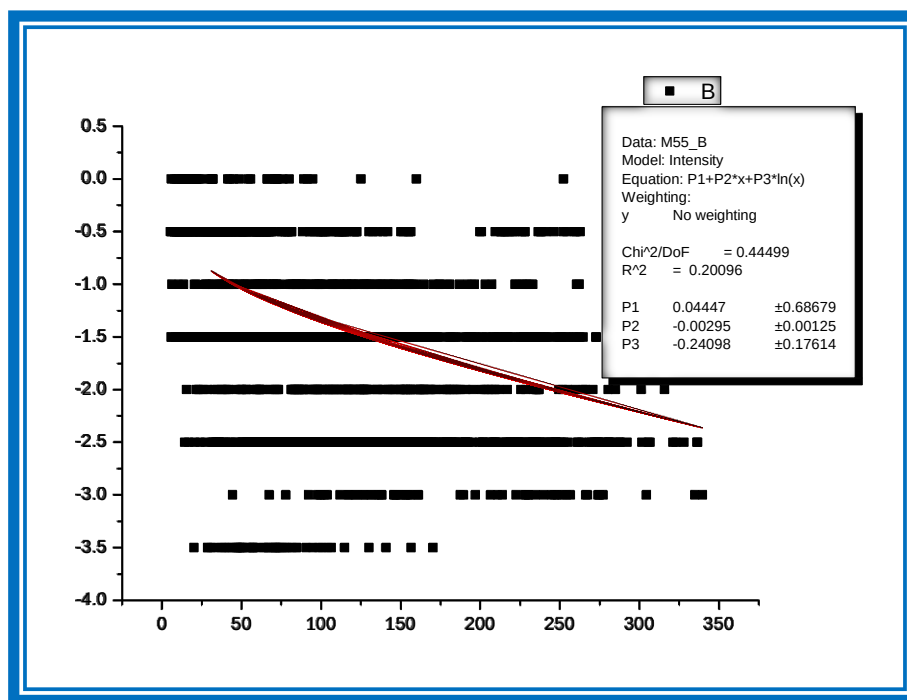
Πίνακας 10-10: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I_{max} παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις Σεισμού
1965	AUG	23	5	5.5	5.5				127
1965	DEC	20	4.7	5.5	5.5				192
1967	MAR	4	6.3	5.5	5.5			V+, Σκύρος	371
1975	JAN	8	4.7	5.5	5.5				264

1983	MAR	19	5.2	5.5	5.5	73
1986	FEB	18	4.6	5.5	5.5	174
1989	MAR	19	5.3	5.5	5.5	137
1993	MAR	5	5.3	5.5	5.5	57
1994	FEB	25	5.3	5.5	5.5	143
1997	OCT	21	4.2	5.5	5.5	62
1997	NOV	5	4.9	5.5	5.5	277
2005	OCT	20	5.6	5.5	5.5	42



Γράφημα 10-19: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli.



Γράφημα 10-20: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5,5 Mercalli.

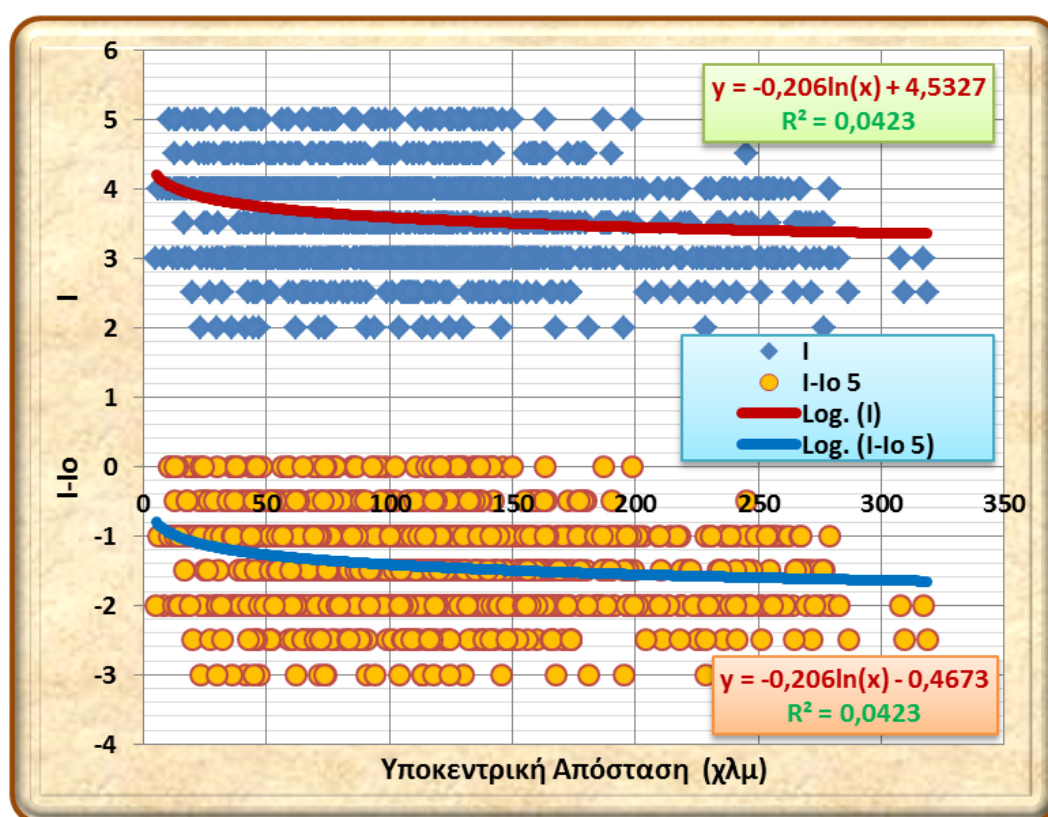
XI. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli

Υπήρχαν 1.624 παρατηρήσεις που να μας ικανοποιούσαν από 15 σεισμούς.

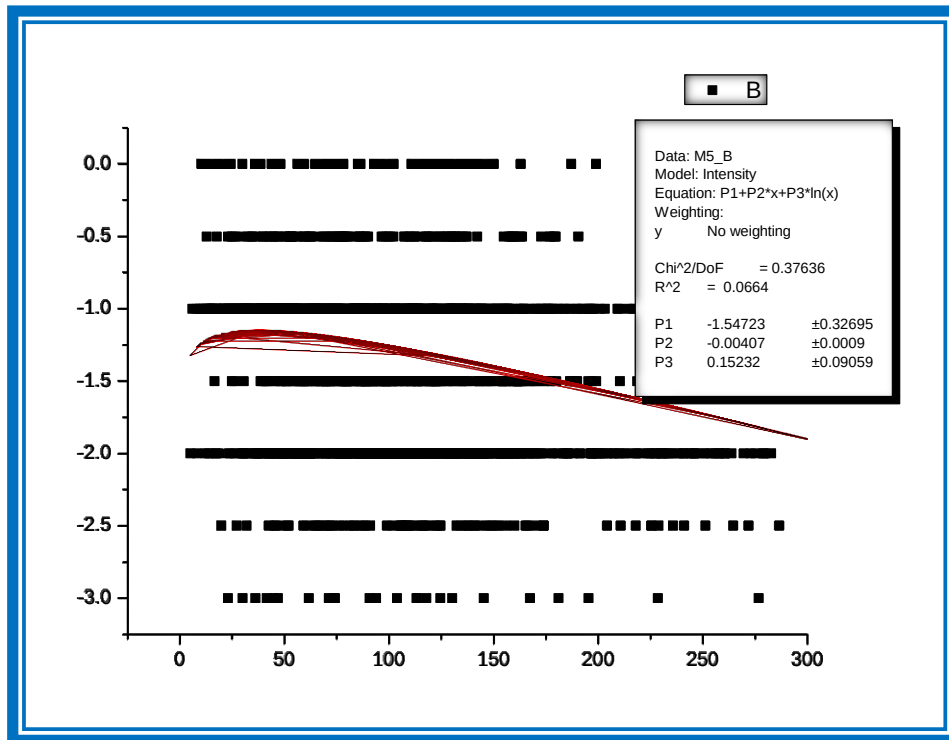
Πίνακας 10-11: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	I _{max} παρατήρησης Ελλάδας	I _o	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις σεισμού
1972	MAY	8	5.1	5	5				145
1972	OCT	30	5.2	5	5				88
1972	DEC	5	4.5	5	5				55
1973	MAR	6	3.9	5	5				41
1975	MAR	17	5.1	5	5				128
1976	MAY	11	5.3	5	5			Ν, Αμπελόκηποι	249
1978	APR	27	4.4	5	5				93

1979	JUN	15	5.1	5	5	53
1979	JUL	23	5.1	5	5	96
1979	AUG	31	4.3	5	5	221
1986	MAR	25	5.2	5	5	88
1989	SEP	19	4.5	5	5	123
1992	JAN	23	5	5	5	73
1997	NOV	12	4.8	5	5	99
1997	NOV	14	5.4	5	5	72



Γράφημα 10-21: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli.



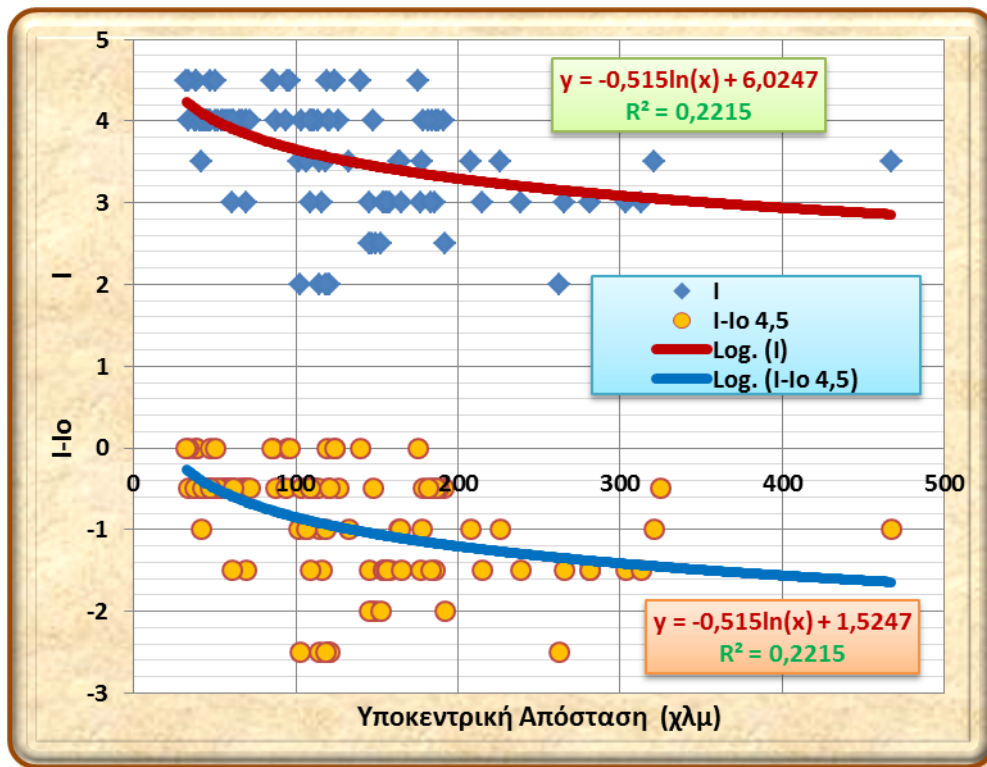
Γράφημα 10-22: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 5 Mercalli.

XII. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli

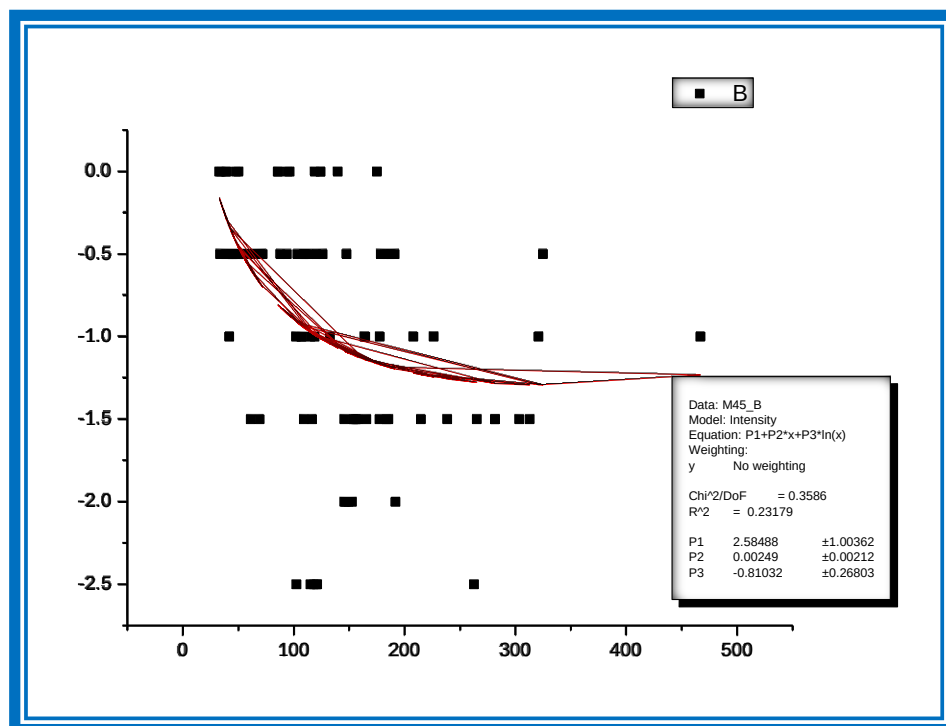
Υπήρχαν μόνο 107 παρατηρήσεις από μόλις 3 σεισμούς.

Πίνακας 10-12: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	$I_{\max}$ παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις Σεισμού
1974	JUL	9	5.1	4.5	4.5				30
1977	FEB	24	5	4.5	4.5				30
1994	MAY	24	5.6	4.5	4.5				47



Γράφημα 10-23: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli.



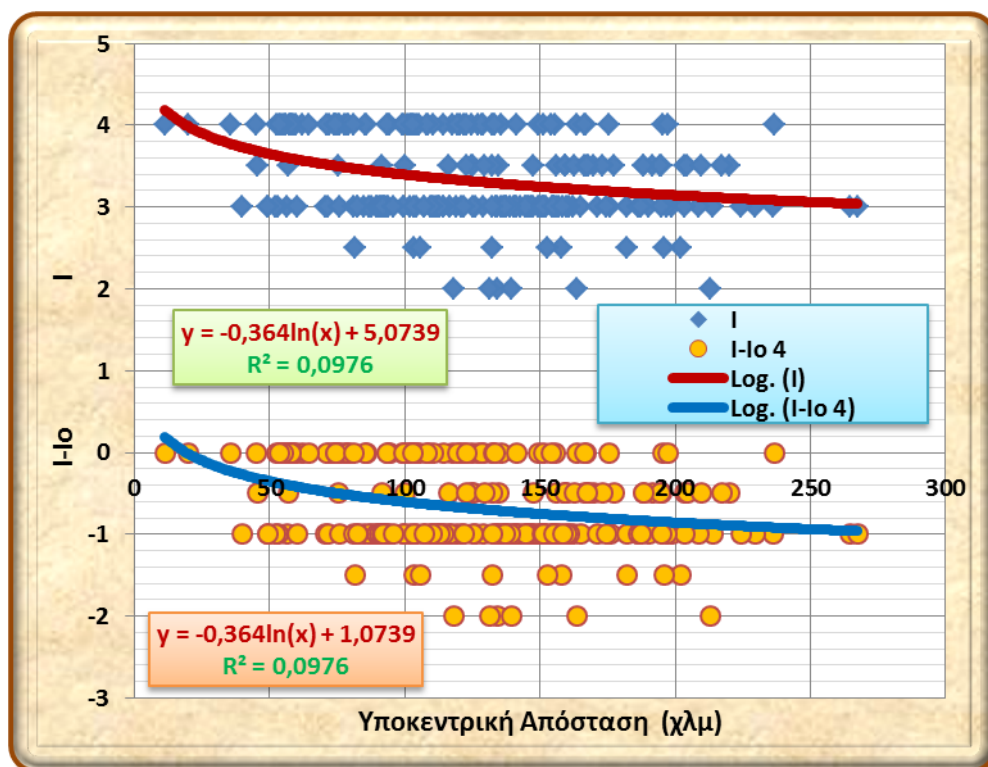
Γράφημα 10-24: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4,5 Mercalli.

XIII. Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli

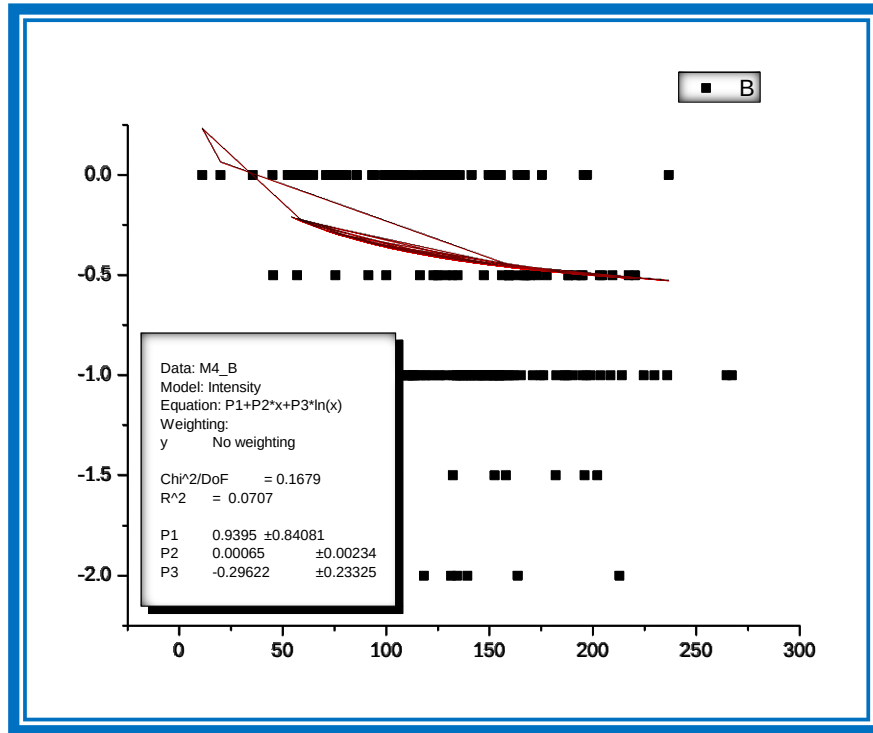
Περίσσεψαν μόλις 233 παρατηρήσεις από 5 σεισμικά γεγονότα.

Πίνακας 10-13: Οι σεισμοί όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli.

Έτος	Μήνας	Ημέρα	Μέγεθος	$I_{\max}$ παρατήρησης Ελλάδας	I_0	Θύματα	Τραυματίες	Πληροφορίες	Παρατηρήσεις σεισμού
1977	SEP	11	5.9	4	4			IV, Καστέλι	21
1979	FEB	16	5	4	4				25
1992	JUL	23	5	4	4				111
1993	AUG	26	5.2	4	4				17
1994	APR	16	5.3	4	4				59



Γράφημα 10-25: Καμπύλες Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli.



Γράφημα 10-26: Καμπύλη Εξασθένησης της μεταβολής της Έντασης σεισμών όπου παρατηρήθηκε Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση 4 Mercalli.

Γ. Σύγκριση αποτελεσμάτων

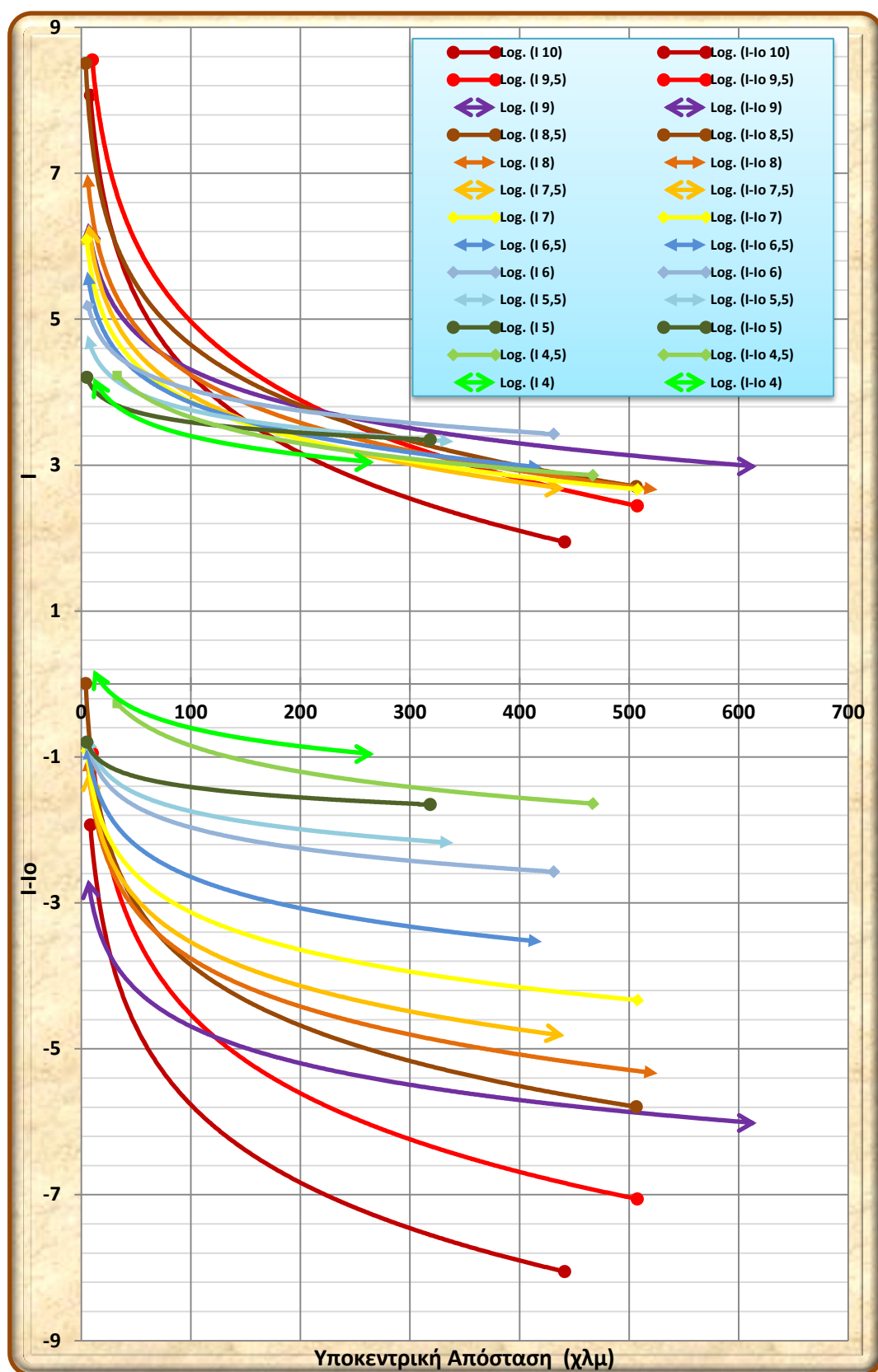
Από το **Γράφημα 10-27** μπορούμε να εξαγάγουμε χρήσιμα στοιχεία για την εξασθένηση για κάθε μακροσεισμική ένταση. Όλες οι καμπύλες παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη μείωση με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Παρατηρούμε όμως ότι έχουν μια πιο απότομη κλίση, τιμές συντελεστή a , σε σχέση με προηγούμενες συγκρίσεις, όπως για παράδειγμα με το εστιακό βάθος, ιδιαίτερα σε μεγάλες Επικεντρικές Εντάσεις. Οι μικρές Επικεντρικές Εντάσεις φθίνουν με μικρότερο ρυθμό. Από αποστάσεις μεγαλύτερες των 100 χλμ. η φθίνουσα μορφή της καμπύλης μειώνεται σημαντικά, γεγονός που σημαίνει ότι παύει πλέον η κύρια εξάρτηση της καμπύλης από το λογαριθμικό παράγοντα. Η καμπύλη λαμβάνει πλέον μια γραμμική μορφή με ελαφρά φθίνουσα πορεία.

Από το **γράφημα α** μπορούμε να διακρίνουμε το εύρος των αντιπροσωπευτικών αναμενόμενων υποκεντρικών αποστάσεων όπου οι επιφανειακοί σεισμοί με συγκεκριμένη τιμή Μακροσεισμικής Έντασης I_0 γίνονται αισθητοί με διαφορετικό επίπεδο Έντασης I στον Ελληνικό χώρο. Παρατηρούμε ότι όσο πιο

ερυθρωποί είναι οι χρωματισμοί, που δηλώνουν μεγαλύτερες τιμές Επικεντρικής Έντασης, τόσο πιο μακρινές αποστάσεις γίνονται αισθητοί, ενώ όσο πιο πρασινωποί είναι οι χρωματισμοί, τόσο η μακροσεισμική επιφάνεια, δηλαδή η επιφάνεια αισθητότητας, γίνεται όλο και πιο μικρή. Οι μεγάλες τιμές Επικεντρικής Έντασης μειώνονται από υψηλότερες τιμές έντασης, αφού αυτές είναι υπεύθυνες για τις υψηλές τιμές έντασης στην πλειόσειστο περιοχή, ενώ οι μικρές τιμές Μακροσεισμικής Έντασης αρχίζουν να μειώνονται από χαμηλότερο επίπεδο. Επίσης, οι μεγάλες τιμές Επικεντρικής Έντασης φθίνουν με πολύ μεγαλύτερη κλίση από ότι οι μικρότερες τιμές. Αυτό σημαίνει ότι οι μεγάλες τιμές έντασης μειώνονται πολύ γρήγορα με την αύξηση της απόστασης, ενώ οι μικρότερες τιμές με πιο ομαλό τρόπο. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και με τις τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής a που λαμβάνει τιμές μικρότερες από το -1 για υψηλές τιμές έντασης. Αντίθετα, οι μικρές τιμές επικεντρικής έντασης φθίνουν με πιο ομαλό τρόπο με την αύξηση της απόστασης.

Στο **γράφημα β** έχουμε την σύγκριση των μεταβολών της μακροσεισμικής έντασης. Όλες οι καμπύλες έχουν μειούμενες τιμές, αλλά μεγαλύτερες τιμές σε απόλυτη τιμή, καθώς μην λησμονούμε εικονίζεται η διαφορά $I-I_0$ και όχι η διαφορά I_0-I . Όπως είναι λογικό, οι μεγάλες τιμές Επικεντρικής Έντασης θα δημιουργούν μεγαλύτερες διαφορές μεταβολής της έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Παρατηρούμε ότι γενικά οι μεγαλύτερες διαφορές της μεταβολής της έντασης εντοπίζονται στις μεγάλες τιμές επικεντρικών εντάσεων και σε μεγαλύτερες υποκεντρικές αποστάσεις, αφού αυτές θα δημιουργούνται και από υψηλότερα μεγέθη σεισμών που θα εκλύουν μεγαλύτερα ποσά σεισμικής ενέργειας στο περιβάλλον.

Αντίθετα οι μικρές διαφορές μεταβολής της έντασης εντοπίζονται σε μικρότερες υποκεντρικές αποστάσεις, σε μικρότερες τιμές επικεντρικών εντάσεων, αφού αυτές θα δημιουργούνται από σεισμούς μικρότερου μεγέθους, δηλαδή θα έχουμε μικρότερη έκλυση σεισμικής ενέργειας.



Γράφημα 10-27: Σύγκριση καμπυλών Εξασθένησης της Έντασης και της μεταβολής της Έντασης σεισμών με συγκεκριμένη τιμή Επικεντρικής Έντασης I_0 .

Ο Πίνακας 10-14 που ακολουθεί συγκεντρώνει όλες τις τιμές των παραμέτρων.

Πίνακας 10-14: Συγκεντρωτικά όλες οι τιμές των παραμέτρων για σεισμούς με την ίδια επικεντρική ένταση.

I ₀	I=a*lnR+b			I-I ₀ =a*lnR+b			I-I ₀ =P ₁ +P ₂ *R+P ₃ *lnR			
	a	b	R ²	a	b	R ²	P ₁	P ₂	P ₃	R ²
X	-1.541	11.329	0.3871	-1.541	1.3289	0.3871	2,164	0,00326	-1,80385	0,38972
IX+	-1.556	12.132	0.6189	-1.556	2.6322	0.6189	Δεν μπόρεσαν να υπολογιστούν			
IX	-0.728	7.6589	0.2833	-0.728	-1.3411	0.2833	0,59208	0,00296	-1,15387	0,13914
VIII+	-1.198	10.164	0.4857	-1.198	1.6639	0.4857	1,30278	-0,00107	-1,0558	0,46756
VIII	-0.949	8.6079	0.3597	-0.949	0.6079	0.3597	3,44659	0,00412	-1,65313	0,51351
VII+	-0.864	7.9406	0.2928	-0.864	0.4406	0.2928	1,47912	0,00016	-1,03548	0,30415
VII	-0.741	7.2814	0.266	-0.741	0.2814	0.266	0,67472	0,00478	-0,8526	0,09636
VI+	-0.62	6.7082	0.2102	-0.62	0.2082	0.2102	1,63295	0,00464	-1,09299	0,34031
VI	-0.415	5.9426	0.0973	-0.415	-0.0574	0.0973	-0,0849	-0,00068	-0,43588	0,16207
V+	-0.354	5.3837	0.106	-0.354	-0.1163	0.106	0,04447	-0,00295	-0,24098	0,20096
V	-0.206	4.5327	0.0423	-0.206	-0.4673	0.0423	-1,54723	-0,00407	0,15232	0,0664
IV+	-0.515	6.0247	0.2215	-0.515	1.5247	0.2215	2,58488	0,00249	-0,81032	0,23179
IV	-0.364	5.0739	0.0976	-0.364	1.0739	0.0976	0,9395	0,00065	-0,29622	0,0707

Παρατηρούμε ότι πάλι όλες οι τιμές της παραμέτρου a είναι αρνητικές, γεγονός που δηλώνει την φθίνουσα κλίση των καμπυλών. Στις μεγάλες τιμές επικεντρικών εντάσεων οι αρνητικές τιμές είναι μικρότερες από την τιμή -1, ενώ όταν η ένταση μειωθεί στο VIII οι τιμές λαμβάνουν ακόμα μεγαλύτερες τιμές. Αυτό δηλώνει ότι μικραίνει η φθίνουσα πορεία των καμπυλών. Από την άλλη, οι τιμές της παραμέτρου b είναι θετικές και μερικές φορές με μεγάλες τιμές. Αναφέρουμε τις μικρές τιμές του συντελεστή συσχέτισης που εμφανίζονται στις μικρές εντάσεις. Με την αύξηση όμως των εντάσεων οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης λαμβάνουν ικανοποιητικές τιμές κοντά στο 0,6 .

Οι τιμές της παραμέτρου P₂ είναι σχεδόν μηδενικές σε όλους τους υπολογισμούς, γεγονός που δηλώνει την μικρή του συμμετοχή στην εξίσωση.

Συμπεράσματα

Ποσοτικά και ποιοτικά συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν από τα διαγράμματα που πηγάζουν από την πληθώρα δεδομένων από τις **Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις του Γ.Ι.-Ε.Α.Α.** Το ποσοστό της κάθε τιμής μακροσεισμικών παρατηρήσεων που έχουν καταγραφεί στα 151 σεισμικά γεγονότα της περιόδου 1953-2013, η γεωγραφική κατανομή των παρατηρήσεων σε πλέγμα 1*1 μοίρας, η ποιοτική κατανομή των παρατηρήσεων σε κάθε σεισμό, η αντιστοίχιση του Μεγέθους με την Μακροσεισμική Ένταση κάθε σεισμού, ο αριθμός και το ποσοστό των μακροσεισμικών παρατηρήσεων ανάλογα το εστιακό βάθος του υποκέντρου, η μεταβολή του αριθμού των μακροσεισμικών παρατηρήσεων σε σχέση με την επικεντρική απόσταση. Επίσης, για την Μέγιστη Μακροσεισμική Ένταση που έχει παρατηρηθεί σε κάθε Νομό της Ελληνικής Επικράτειας, καθώς και την ποιοτική κατανομή των παρατηρήσεων σε κάθε μια από τις ζώνες που έχουμε διαμοιράσει τον Ελλαδικό χώρο. Είναι πολύ χρήσιμο η γραφική απεικόνιση της μακροσεισμικής ιστορίας κάποιων ευπαθών πόλεων την τελευταία 60-ετία. Η ημερήσια και μηνιαία συχνότητα μας δίνει μια παρα-σεισμολογική αίσθηση για την χρονική επικινδυνότητα εμφάνισης των ισχυρών σεισμικών γεγονότων.

Συμπεράσματα πηγάζουν από τις **Συσχετίσεις των Σεισμικών Παραμέτρων** αντλώντας δεδομένα από τις Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις της Βάσης Δεδομένων του Γ.Ι.-Ε.Α.Α.. Η συσχέτιση του Σεισμικού Μεγέθους με την Επικεντρική Απόσταση μας δίνει την δυνατότητα να διαπιστώσουμε ποιο είναι το ελάχιστο Μέγεθος σεισμού για να έχουμε Μακροσεισμικά Αποτελέσματα συγκεκριμένης τιμής Έντασης. Επίσης, για το Σεισμικό Μέγεθος και την υποκεντρική απόσταση όπου μπορούμε να διαπιστώσουμε το ελάχιστο και το μέγιστο όριο των υποκεντρικών αποστάσεων όπου η κάθε τιμή της Μακροσεισμικής Έντασης μπορεί να εμφανίζεται. Από την Κατανομή της συχνότητας της μέγιστης έντασης μπορούμε να υπολογίσουμε τον ετήσιο ρυθμό των σεισμών με Μέγιστη Ένταση I_0 ή μεγαλύτερη. Από τις τιμές αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε τον ετήσιο αριθμό των σεισμών με Μέγιστη Ένταση I_0 ή μεγαλύτερη αλλά και την μέση περίοδο επανάληψης T_m σεισμών με Μέγιστη Ένταση I_0 ή μεγαλύτερη. Τέλος, συμπεράσματα καλύτερου εντοπισμού του Βαρυκέντρου ανάλογα με την αριθμητική μεθοδολογία υπολογισμού του.

Συμπεράσματα μπορούν να προκύψουν για την *Μακροσεισμική Ένταση* που επλήγη κάθε τοποθεσία και βίωσε κάθε κάτοικος μετά από κάθε ένα *από τα 130 επιφανειακά σεισμικά γεγονότα της περιόδου 1953-2013*, αλλά και παρόμοια γεγονότα της ίδιας περιοχής παλαιότερης περιόδου. Όσον αφορά τις εξισώσεις εξασθένησης της μορφής,

$$I_R = a * \ln R + b \text{ και } I_R - I_0 = a * \ln R + b ,$$

μπορούμε να πούμε ότι όλες οι καμπύλες είναι φθίνουσες και η μορφή της καμπύλης, αν δηλαδή έχει λογαριθμική ή γραμμική μορφή, εξαρτάται από τις παραμέτρους. Παρατηρούμε ότι όλοι οι συντελεστές a λαμβάνουν αρνητικές τιμές, γεγονός που είναι απόλυτα φυσικό καθώς θα πρέπει η κλίση της καμπύλης εξασθένησης να φθίνει συνέχεια σε συνάρτηση με την αύξηση της απόστασης, επικεντρικής ή υποκεντρικής. Οι τιμές των παραμέτρων b_I και b_{I-I_0} έχουν απόλυτη εξάρτηση γιατί συνδέονται μεταξύ τους με την Επικεντρική Ένταση.

Από τις *Εξισώσεις Εξασθένησης σε Σεισμικές Ακολουθίες*, αν και υπάρχει ερπυστική κόπωση και αύξηση της τρωτότητας του δομικού πλούτου και των έμβιων όντων, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές σε σχέση με τα μεμονωμένα γεγονότα. Εκτός από Εξισώσεις Εξασθένησης των προηγούμενων 2 μορφών κατασκευάστηκαν πλέον και για τα επόμενα Κεφάλαια Εξισώσεις Εξασθένησης της μορφής

$$I_0 = P_1 + P_2 * R + P_3 * \ln R .$$

Συμπεράσματα για την *Εξασθένηση για διαφορετικό βάθος υποκέντρου*, όπου είναι φανερή η θετική επίδραση του εστιακού βάθους στα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα ενός σεισμού. Οι 4 καμπύλες εξασθένησης με το βάθος της μορφής

$$I = a * \ln R + b \text{ και } I - I_0 = a * \ln R + b$$

παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη μείωση με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης, χωρίς μάλιστα να τέμνονται πουθενά μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις δίνουν καθαρές απαντήσεις στο θέμα του εστιακού βάθους. Αντίθετα, όταν το βάθος δεν διαφέρει πολύ, όπως στις κλάσεις ανά 10 χλμ., τα αποτελέσματα δεν είναι εμφανή. Από τα γραφήματα μπορούμε να διακρίνουμε τις αντιπροσωπευτικές αναμενόμενες υποκεντρικές αποστάσεις πάνω από τις οποίες οι επιφανειακοί σεισμοί με εστιακό βάθος ≤ 40 χλμ. και με διαφοροποίηση ανά 10 χλμ.

γίνονται αισθητοί. Τα αποτελέσματα μας δεν εμφανίζουν μια διαφοροποίηση όπως είχαμε στην περίπτωση επιφανειακών σεισμών και σεισμών με εστιακό βάθος > 40 χλμ..

Για την εξασθένηση στις *Ζώνες του Ελληνικού χώρου* παρατηρούμε ότι η Ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-F.Y.R.O.M. και η Ζώνη των Συνόρων Ελλάδας-Βουλγαρίας έχουν την γρηγορότερη εξασθένηση της μακροσεισμικής έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Με σεισμολογικά κριτήρια, η Ζώνη των Κυκλάδων Νήσων και η Ζώνη Δυτικής Τουρκίας έχουν την ηπιότερη φθίνουσα εξασθένηση της έντασης, ενώ η Ζώνη Δωδεκανήσων παρουσιάζει την μικρότερη συνολικά εξασθένηση. Διαφορές υπάρχουν επίσης και στις μέγιστες τιμές έντασης που παρουσιάζει η κάθε ζώνη. Με σεισμολογικά κριτήρια, οι μεταβολές των εντάσεων μας φανερώνουν ότι η Ζώνη της Αλβανίας και η Ζώνη των Δωδεκανήσων έχουν την πιο μικρή μεταβολή της έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης. Οι υπόλοιπες ζώνες μας δίνουν συγκεχυμένα αποτελέσματα, εκτός βέβαια για την απόσταση μέχρι την οποία υπάρχουν παρατηρήσεις αισθητότητας για την κάθε ζώνη. Με κριτήριο ζώνωσης τις τοποθεσίες παρατήρησης, η Ζώνη του Κορινθιακού Κόλπου, η Ζώνη των Ιόνιων Νήσων και η Ζώνη της Νότιας Ελλάδας έχουν την γρηγορότερη εξασθένηση της έντασης με την υποκεντρική απόσταση. Επίσης, η Ζώνη Δυτικής Τουρκίας έχει την ηπιότερη φθίνουσα εξασθένηση της έντασης και την μικρότερη συνολικά εξασθένηση. Τέλος, με κριτήριο τις τοποθεσίες παρατήρησης, η Ζώνη Κρήτης έχει την πιο μικρή μεταβολή της έντασης με την αύξηση της υποκεντρικής απόστασης.

Για την *Εξασθένηση για διαφορετικό εύρος Μεγεθών*, φαίνεται ότι στο ίδιο εύρος ομαδοποίησης μεγεθών, οι επιφανειακότεροι σεισμοί αρχίζουν να προκαλούν βλάβες σε μικρότερες υποκεντρικές αποστάσεις από ότι οι σεισμοί με εστιακό βάθος > 20 χλμ.. Από την άλλη όμως οι βαθύτεροι σεισμοί με εστιακό βάθος > 20 χλμ. στο ίδιο εύρος μεγεθών, γενικά γίνονται πιο αισθητοί σε μεγαλύτερες αποστάσεις, επομένως παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιφάνεια αισθητότητας.

Τέλος, για την *Εξασθένηση με την ίδια Επικεντρική Ένταση*, μπορούμε να διακρίνουμε τις αντιπροσωπευτικές αναμενόμενες υποκεντρικές αποστάσεις πάνω από τις οποίες επιφανειακοί σεισμοί με συγκεκριμένη τιμή Μακροσεισμικής Έντασης I_0 γίνονται αισθητοί με διαφορετικό επίπεδο Έντασης I στον Ελληνικό χώρο. Οι μεγάλες τιμές Επικεντρικής Έντασης μειώνονται από υψηλότερες τιμές έντασης,

αφού αυτές είναι υπεύθυνες για τις υψηλές τιμές έντασης στην πλειόσειστο περιοχή, ενώ οι μικρές τιμές Μακροσεισμικής Έντασης αρχίζουν να μειώνονται από χαμηλότερο επίπεδο. Επίσης, οι μεγάλες τιμές Επικεντρικής Έντασης φθίνουν με πολύ μεγαλύτερη κλίση από ότι οι μικρότερες τιμές Επικεντρικής Έντασης. Αυτό σημαίνει ότι οι μεγάλες τιμές έντασης μειώνονται πολύ γρήγορα με την αύξηση της απόστασης, ενώ οι μικρότερες τιμές με πιο ομαλό τρόπο. Επίσης, με κριτήριο την τιμή της Επικεντρικής Έντασης φαίνεται ότι από την απόσταση των 100 χλμ. μειώνεται σημαντικά η φθίνουσα μορφή της καμπύλης εξασθένησης με τον γραμμικό παράγοντα της καμπύλης να κυριαρχεί.

Τα αποτελέσματα της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας έχουν επιστημονικό αλλά και επιχειρησιακό ενδιαφέρον. Η πολλαπλή επεξεργασία των Εξιιώσεων Εξασθένησης με διαφορετικά κάθε φορά κριτήρια, εκτός από τα επιστημονικά συμπεράσματα που προκύπτουν, δύναται να γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο για τις υπηρεσίες της Πολιτικής Προστασίας, τις Μονάδες Αντιμετώπισης Καταστροφών, την Αστυνομία, την Πυροσβεστική, τις Νομαρχίες και την Τοπική Αυτοδιοίκηση. Οι Εξιιώσεις Εξασθένησης, ανάλογα την ζώνη ή το βάθος ή το Μέγεθος, μπορούν να παράξουν μια γρήγορη εκτίμηση για τα αναμενόμενα Μακροσεισμικά Αποτελέσματα αλλά και για την έκταση της επιφάνειας της πληγείσας περιοχής μετά από ένα ισχυρό μελλοντικό σεισμικό γεγονός.

Γιατί,

“Όπου έσεισε, θα σείσει...”

Πλίνιος, 23-79 μ.Χ., αρχαίος Ιστορικός και Φιλόσοφος



Βιβλιογραφία

"Application of GIS for earthquake hazard and risk assessment: Kathmandu, Nepal". Part 5: Seismic vulnerability assessment. [Report]. - p. 5.

"Generalization of the Kovesligethy equation for non - circular macroseismic fields [Journal]. - p. 4.

"Μακροσεισμικά Αποτελέσματα των Σεισμών" [Έκθεση].

Α.Π.Θ. "ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ" Κεφάλαιο 12.. - Θεσσαλονίκη : [s.n.]. - σ. 54.

Abdat Nadia [et al.] "A GIS TOOL FOR THE EVALUATION OF THE SEISMIC RISK: APPLICATION TO THE SEISMIC RISKS OF ALGIERS" [Journal]. - p. 11.

Abdrakhmatov K. [et al.] "Probabilistic PGA and Arias Intensity maps of Kyrgyzstan (Central Asia)" [Journal]. - 2003. - p. 18.

Ayadi A. [et al.] "Seismotectonics and seismic quietness of the Oranie region (Western Algeria): The Mascara earthquake of August 18th 1994, Mw=5.7, Ms=6.0" [Journal]. - 2002. - p. 12.

Bossu Remy [et al.] "Determination of geomechanical site effects in France from macroseismic intensities and reliability of macroseismic magnitude of historical events" [Report]. - 2000. - p. 30.

Bour M. [et al.] "Zonation of metropolitan France for the application of earthquake - resistant building regulations to critical facilities". Part 2: Seismic zonation. [Journal]. - 2000.

BURTON PAUL W. [και συν.] "Extreme Earthquake and Earthquake Perceptibility Study in Greece and its Surrounding Area" [Επιθεώρηση]. - 2004. - σ. 36.

Camassi Romano, Azzaro Raffaele and Tertulliani Andrea "Macroseismology: the lessons learnt from the 1997/1998 Colfiorito seismic sequence" [Journal]. - Bologna, Italy : [s.n.], 2008.

Cara M., Allasset P.-J. and Sira C. "Magnitude of Historical Earthquakes, from Macroseismic Data to Seismic Waveform Modelling: Application to the Pyrenees and a 1905 Earthquake in the Alps" [Report]. - p. 16.

Casado C. Lopez [et al.] "Attenuation of Intensity with Epicentral Distance in the Iberian Peninsula" [Journal]. - 2000.

- Drakopoulos John** "CALIBRATION OF ATTENUATION LAWS [Report]. - Athens : [s.n.], 1984.
- Erdik M.** "ATTENUATION OF INTENSITIES IN TURKEY" [Report]. - p. 8.
- Fokaefs Anna and Papadopoulos Gerassimos** "Testing the new INQUA intensity scale in Greek earthquakes" [Report] / Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens. - Athens : [s.n.], 2007. - p. 8.
- GHOSH G K and MAHAJAN A K** "Intensity attenuation relation at Chamba - Garhwal area in north - west Himalaya with epicentral distance and magnitude" [Report]. - p. 16.
- GHOSH G.K. and MAHAJAN A.K.** "Interpretation of Intensity Attenuation Relation of 1905 Kangra Earthquake with Epicentral Distance and Magnitude in the Northwest Himalayan Region" [Journal]. - Duliajan, Assam, India : [s.n.]. - p. 10.
- Guida Ross [et al.]** "A Large Magnitude San Francisco Bay Area Earthquake: Impacts on Infrastructure and Architecture [Journal]. - p. 1.
- HE Honglin [et al.]** "Damage and seismic intensity of the 1996 Lijiang Earthquake, China: A GIS analysis" [Report]. - p. 19.
- Kalogeras I. [και συν.]** "Macroseismic Observations in Greece: Development of a database for extraction of new knowledge." [Επιθεώρηση].
- Kamogawa Masashi, Ofuruton Hideho και Ohtsuki Yoshi-Hiko** "Earthquake light: 1995 Kobe earthquake in Japan" [Επιθεώρηση] // Atmospheric Research / επιμ. Elsevier. - 2005. - Τόμ. 76. - σσ. 438-444.
- Kouskouna Vicky [και συν.]** "Effects of site geology on attenuation of macroseismic intensity in central Greece" [Επιθεώρηση]. - Athens : GEOFIZIKA, 1988. - Τόμ. 5. - σ. 15.
- Kozak J. and Vanek J.** "The 1855 VISP (SWITZERLAND) EARTHQUAKE: EARLY ATTEMPTS OF EARTHQUAKE INTENSITY CLASSIFICATION" [Journal].
- Lekkas E. [και συν.]** "Brittle Tectonics: a factor in the Intensity distribution of the Hanshin earthquake" [Συνέδριο] // Earthquake Engineering. - σ. 1996.
- Lekkas E. [και συν.]** "Liquefaction phenomena caused by the Kobe earthquake Japan" [Συνέδριο] // Geologia Ambiental y Ordenacion del Territorio. - Spain : [s.n.], 1996.
- Mahajan A.K., Kumar Naresh and Arora B.R.** "Quick look isoseismal map of 8 October 2005 Kashmir earthquake" [Journal]. - Dehradun, India : [s.n.], 2005. - p. 6.
- Matsuda Tokiyoshi και Ikeya Motoji** "Variation of the nitric oxide concentration before the Kobe earthquake, Japan" [Επιθεώρηση] // Atmospheric Environment. - [s.l.] : Pergamon, 2001. - Τόμ. 35. - σσ. 3097-3102.

Miyazawa Masatoshi and Mori Jim "Historical Maximum Seismic Intensity Maps in Japan from 1586 to 2004: Construction of Database and Application" [Report]. - Kyoto, Japan : [s.n.], 2005. - p. 11.

Miyazawa Masatoshi and Mori Jim "Recorded Maximum Seismic Intensity Maps in Japan from 1586 to 2004" [Journal]. - Kyoto, Japan : [s.n.]. - p. 5.

Mohammadioun B. and Mohammadioun G. "The Relationship between Macroseismic Intensity and the Physical parameters of Ground Motion" [Journal]. - p. 6.

Molchanov O. A. [και συν.] "Precursory effects in the subionospheric VLF signals for Kobe earthquake" [Επιθεώρηση] // Physics of the Earth and Planetary Interiors / επιμ. Elsevier. - 1998. - Τόμ. 105. - σσ. 239-248.

Musson R.M.W. "Intensity - based seismic risk assesment" [Journal]. - Edinburgh : [s.n.], 2000. - p. 8.

Musson R.M.W. "Intensity attenuation in the U.K. [Journal]. - 2005. - p. 14.

Musson RMW, Jimenez MJ and Gomez Capera AA "Macroseismic estimation of earthquake parameters" [Report]. - p. 38.

Musson Roger M.W., Grunthal Gottfried and Stucchi Max "The comparison of macroseismic intensity scales [Journal]. - 2009. - p. 16.

Nagao T. [και συν.] "Electromagnetic anomalies associated with 1995 Kobe earthquake" [Επιθεώρηση] // Journal of Geodynamics. - [s.l.] : Pergamon, 2002. - Τόμ. 33. - σσ. 401-411.

O'Rourke Thomas D. [et al.] "Advanced GIS for Loss Estimation and Rapid Post - Earthquakes Assessment of Building Damage" [Journal]. - p. 8.

Papadopoulos G. A. [και συν.] "Tsunami hazards in the eastern Mediterranean: strong earthquakes and tsunamis in the East hellenic Arc and Trench system" [Επιθεώρηση] // Natural Hazards and earth System Sciences. - Athens : [s.n.], 2007. - σ. 8.

Papadopoulos G.A. "Historical Earthquakes and Tsunamis in the Corinth Rift, Central Greece" [Book]. - Athens : [s.n.], 2000. - p. 128.

PAPADOPOULOS GERASSIMOS "A SEISMIC HISTORY OF CRETE" [Book]. - Athens : [s.n.], 2011.

Papadopoulos Gerassimos A. [και συν.] "Tsunami hazard in the eastern mediterranean sea: strong earthquakes and tsunamis in the west Hellenic Arc and Trench System" [Επιθεώρηση]. - [s.l.] : Journal of Earthquakes and tsuanmis. - σ. 30.

- Papadopoulos Gerassimos A. και Fokaefs Anna** "Strong Tsunamis in the Mediterranean Sea: Re-Evaluation" [Επιθεώρηση] // ISET Journal of earthquake Technology. - Athens : [s.n.], December 2005. - Τόμ. 42. - σ. 12.
- Papanastassiou D., Chalkias Ch. και Karymbalis E.** "Seismic Intensity Maps in Greece since 1953 using GIS techniques" [Συνέδριο]. - Hersonissos, Crete : [s.n.], 2008. - σ. 8. - 31st General Assembly of European Seismological Commission.
- PAPANIKOLAOU I.D., PAPANIKOLAOU D.I. and LEKKAS E.L.** "Advances and limitations of the Environmental Seismic Intensity scale (ESI 2007) regarding near-field and far - field effects from recent earthquakes in Greece: implications for the seismic hazard assessment" [Journal]. - Athens, Greece : [s.n.]. - p. 20.
- Papazachos B. C. [και συν.]** "Atlas of isoseismal Maps for Earthquakes in Greece 1902-1981" [Βιβλίο]. - Thessaloniki : [s.n.], 1982. - Publication nr4, 1982. - University of Thessaloniki, Geophysical Laboratory.
- Papazachos C. and Papaioannou Ch.** "Further information on the macroseismic field in the Balkan area" [Journal]. - Thessaloniki : [s.n.], 1998.
- Papazachos C. and Papaioannou Ch.** "The macroseismic field of the Balkan area" [Journal]. - Thessaloniki : [s.n.], 1997. - p. 21.
- PAPAZACHOS CONSTANTINOS B.** "Anisotropic Radiation Modelling of Macroseismic Intensities for Estimation of the Attenuation Structure of the Upper Crust in Greece" [Journal]. - 1992. - p. 12.
- Pondrelli S. [et al.]** "European - Mediterranean Regional Centroid Moment Tensor catalog: Solutions for years 2003 and 2004" [Journal]. - 2007. - p. 23.
- Sano Yuji [και συν.]** "Helium degassing related to the Kobe earthquake" [Επιθεώρηση] // Chemical Geology / επιμ. Elsevier. - 1998. - Τόμ. 150. - σσ. 171-179.
- Sarris A. [et al.]** "Earthquake vulnerability and seismic risk assessment of urban areas in high seismic regions: application to Chania City, Crete Island, Greece" [Report]. - Chania, Crete : [s.n.], 2009. - p. 18.
- Scawthorn Charles και Yanev Peter I.** "Preliminary report 17 January 1995, Hyogoken Nambu, Japanese earthquake" [Έκθεση]. - [s.l.] : Elsevier, 1995. - σσ. 146-157. - Engineering Structures.
- Shenkova Z. [και συν.]** "ATLAS of Isoseismal Maps of selected greek Earthquakes (1956-2003)" [Βιβλίο]. - Athens : Evonymos Ecological Library, 2005. - σ. 100. - National Observatory of Athens, Geodynamic Institute, Greece & Academy of Sciences, Institute of Rock Structure and Mechanics, Czech Republic.
- Sigbjornsson R., Olafsson S. and Snaebjornsson J. Th.** [Report]. - 2007. - p. 18.

- Singh Bina Aruna** "GIS BASED ASSESSMENT OF SEISMIC RISK FOR THE CHRISTCHURCH CBD AND MOUNT PLEASANT, NEW ZEALAND" [Report]. - p. 163. - University of Canterbury.
- Sorensen M.B., Stromeyer D. and Grunthal G.** "Intensity attenuation in the Campania region, Southern Italy" [Journal]. - 2009. - p. 15.
- Souriau Annie** "Quantifying felt events: A joint analysis of intensities, accelerations and dominant frequencies [Journal]. - Toulouse, France : [s.n.], 2006. - p. 16.
- Tselentis G - Akis and Danciu Laurentiu** "Empirical Relationships between Modified Mercalli Intensity and Engineering Ground - Motion Parameters in Greece" [Journal]. - 2008. - p. 13.
- Τσελέντης Άκης** "Σύγχρονη Σεισμολογία (Α' & Β' ΤΟΜΟΣ)". - Πάτρα : [s.n.], 1997. - σ. 1200.
- VANEK Jiri and KOZAK Jan** "First macroseismic map with geological background" (composed by L.H. Jettles) [Journal]. - Czech Republic, Prague : [s.n.], 2007. - p. 13.
- Yasuoka Y. [et al.]** "Radon anomaly related to the 1995 Kobe earthquake in Japan" [Journal] // International Congress Series 1276 / ed. Elsevier. - 2005. - pp. 426-427.
- Yasuoka Yami [και συν.]** "Evidence of precursor phenomena in the Kobe earthquake obtained from atmospheric radon concentration" [Επιθεώρηση] // Applied Geochemistry. - [s.l.] : Elsevier, 2006. - Τόμ. 21. - σσ. 1064-1072.
- Zare M. and Memarian H.** "Macroseismic Intensity and Attenuation laws: A Study on the Intensities of the Iranian Earthquakes of 1975 - 2000 [Conference]. - Tehran, Islamic Republic of Iran : [s.n.], 2003. - p. 8. - Fourth International Conference of Earthquake Engineering and Seismology.
- ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Ι. και ΣΤΑΜΕΛΟΥ ΕΦ.** "ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ" [Επιθεώρηση]. - Αθήνα : [s.n.], 1987. - σ. 13.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗ Γ.Α.** "Εφαρμοσμένη - Περιβαλλοντική ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ" [Βιβλίο]. - ΑΘΗΝΑ : [s.n.], 2001.
- Καλογεράς Ιωάννης** "Αξιοποίηση Σύγχρονων Τεχνολογιών Λογισμικού στη Διαδικασία Συλλογής και Αξιολόγησης μακροσεισμικών Παρατηρήσεων" [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], 2006. - σ. 134. - Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών.
- Καλογεράς Ιωάννης και Κουρουζίδης Μωυσής** "Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις, η χρησιμότητα τους και ο ρόλος της Τοπικής Αυτοδιοίκησης" [Εκθεση] / Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. - Αθήνα : [s.n.], 2004. - σ. 6.

ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ Χ. "ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ" [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], 1992. - σ. 451.

Κεσκιλίδη Αλέξανδρος και Παπούλια Μαρία "Κατασκευή χαρτών Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών" [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], Οκτώβριος 2007. - Χαρακόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

ΚΙΣΚΥΡΑΣ Δ.Α. και ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΑΘΑΝ. "ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ. - ΑΘΗΝΑ : [s.n.], 1987. - σ. 7.

Κούκης Γεώργιος Χρ. και Σαμπατακάκης Νικόλαος Στ. "Γεωλογία Τεχνικών Έργων" [Βιβλίο]. - Αθήνα : Παπασωτηρίου, 2007. - σ. 575. - Γεωλογικό Τμήμα Πανεπιστημίου Πατρών.

Κουκουβέλας Ιωάννης Κ., Κοκκάλας Σωτήριος Α. και Ζυγούρη Βασιλική Ν. "Γεωλογία & Σεισμοί" [Βιβλίο]. - Θεσσαλονίκη : [s.n.], 2010. - σ. 415.

ΚΟΥΣΚΟΥΝΑ - ΤΣΙΜΠΙΔΑΡΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ "ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΡΟΠΟΠΟΙΟΥΝ ΤΗΝ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ" [Βιβλίο]. - ΑΘΗΝΑ : [s.n.], 1991.

Κουσκουνά-Τσιμπιδάρου Βασιλική "Μακροσεισμική" [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.]. - σ. 47. - Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΛΕΒΕΝΤΑΚΗΣ Γ.Α. [και συν.] "Κατανομή σεισμικών βλαβών σε μητροπολιτικές περιοχές χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Ερωτηματολογίου: Η περίπτωση της πόλης της Θεσσαλονίκης" [Συνέδριο]. - 2008. - σ. 13. - Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας.

Λέκκας Ευθύμιος "Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές" [Βιβλίο] / επιμ. Αθηνών Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο. - Αθήνα : [s.n.], 2000. - Τόμ. Β' Έκδοση : σ. 270. - Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.

Μισαηλίδης Νικόλαος "Επίδραση των Επιφανειακών Γεωλογικών Συνθηκών και της Τοπογραφίας στην Αναμενόμενη Κατανομή Μακροσεισμικών Εντάσεων της Πελοποννήσου με τη χρήση Γ.Σ.Π." [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], Οκτώβριος 2009. - σ. 119. - Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας.

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ Μ. "ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ" [Βιβλίο]. - Θεσσαλονίκη : [s.n.], 1985. - σ. 207.

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ Α. "Η Πολιτική Προστασία στην Ελλάδα" [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], 2000.

Παπαδόπουλος Γεράσιμος Α. "Η Πολιτική Προστασία στην Ελλάδα, Αντιμετώπιση Φυσικών και Τεχνολογικών Καταστροφών" [Βιβλίο]. - Αθήνα : Ίων, 2000. - σ. 159.

Παπαζάχος Β. Κ., Καρακαϊσής Γ. Φ. και Χατζηδημητρίου Π. Μ. "Εισαγωγή στη Σεισμολογία" [Βιβλίο] / επιμ. Ζήτη Εκδόσεις. - Θεσσαλονίκη : [s.n.], 2005. - σ. 517.

Παπαζάχος Βασίλης και Παπαζάχου Κατερίνα "ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ της ΕΛΛΑΔΑΣ" [Βιβλίο]. - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ : [s.n.], 2003.

ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ Χρήστος [και συν.] "Πιθανολογική και Αιτιοκρατική Εκτίμηση της Σεισμικής Επικινδυνότητας στη Δ. Κρήτη με την Ολοκληρωμένη Χρήση Γεωλογικών, Σεισμολογικών και Σεισμοτεκτονικών Δεδομένων" [Συνέδριο]. - 2008. - σ. 30. - 30 Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΔΗΜ. Ι. "ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ" [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], 1986. - σ. 240.

ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΣΠΥΡΟΣ Β. "ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ" [Βιβλίο]. - 2003. - σ. 378.

Προστασίας Γενική Γραμματεία Πολιτικής "Εγχειρίδιο Σύνταξης και Εναρμόνισης Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης ανά Καταστροφή της Περιφέρειας και της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης σε εφαρμογή της Υ.Α. 1299/2003 Ξενοκράτης" [Έκθεση] / Διεύθυνση Σχεδιασμού & Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών, Τμήμα Ελέγχου και Παρακολούθησης Ασκήσεων ; Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη. - Αθήνα : [s.n.], 2009. - σ. 60.

Προστασίας Γενική Γραμματεία Πολιτικής "Πολιτική Ασκήσεων - Εγχειρίδιο σχεδιασμού, διεξαγωγής και αποτίμησης ασκήσεων πολιτικής προστασίας" [Έκθεση] / Διεύθυνση Σχεδιασμού & Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών, Τμήμα Ελέγχου και Παρακολούθησης Σχεδίων ; Υπουργείο Εσωτερικών. - Αθήνα : [s.n.], 2009. - σ. 131. - Α' Έκδοση.

ΣΑΚΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ "ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΕΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ" [Βιβλίο]. - ΑΘΗΝΑ : [s.n.], 2005.

Σαπουντζάκη Καλλιόπη "Εκκένωση κτιρίων και καταφυγή του πληθυσμού σε ασφαλείς χώρους μετά το σεισμό" [Βιβλίο]. - Αθήνα : Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, 2001. - σ. 90. - Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόληψης & Πρόγνωσης των σεισμών.

Σαπουντζάκη Καλλιόπη "Παρουσιάσεις περί Τρωτότητας" [Έκθεση]. - Αθήνα : Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Π.Μ.Σ. Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών, 2008.

Σαπουντζάκη Καλλιόπη "Το αύριο εν κινδύνω" Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Gutenberg, 2007. - σ. 400.

Σπυράκος Κ. και Τουτουδάκη Ε. "ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ".

Σπύρου Σπύρος "Εθνικό Κέντρο Επιχειρήσεων Υγείας, Οργάνωση, λειτουργία και ρόλος ΕΚΕΠΥ". - [s.l.] : Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης. - Υποδιοικητής ΕΚΕΠΥ.

Σώκος Θ. "Τεχνική Σεισμολογία" [Έκθεση] = Σεισμική Ένταση Κεφάλαιο 17 / Τμήμα Γεωλογίας ; Πανεπιστήμιο Πατρών. - Πάτρα : [s.n.]. - σ. 44.

THEODULIDIS NIKOLAOS [et al.] "Retrospective Prediction of Macroseismic Intensities Using Strong Ground Motion Simulation: The Case of the 1978 Thessaloniki (Greece) Earthquake (M6.5)" [Journal]. - 2006.

Χρηστάρας Β., Μαρίνος Β. και Παπαθανασίου Γ. "ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ, 100 Μάθημα, Τεχνική Σεισμική Γεωλογία". - σ. 47. - Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας Α.Π.Θ..

Παράρτημα

Πίνακας ο-1: Η Κλίμακα Σεισμικής Έντασης των Rosi-Forel.

Ένταση	Περιγραφή Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων
I	Μικροσεισμός. Γίνεται αισθητός μόνο από πεπειραμένους παρατηρητές.
II	Πάρα πολύ ασθενής σεισμός. Γίνεται αισθητός από ένα μικρό αριθμό ανθρώπων σε ανάπαυση.
III	Πολύ ασθενής σεισμός. Γίνεται αισθητός από μερικούς ανθρώπους σε ανάπαυση, αρκετά δυνατός ώστε να εκτιμηθεί η διάρκεια ή η διεύθυνσή του.
IV	Ασθενής σεισμός. Γίνεται αισθητός από ανθρώπους σε κίνηση, κουνιούνται αντικείμενα όπως πόρτες, παράθυρα, ακούγονται θόρυβοι από σπάσιμο στα ταβάνια.
V	Σεισμός μέτριας έντασης. Γενικά γίνεται αισθητός από όλους, κινούνται έπιπλα, κρεβάτια κ.λ.π., χτυπάνε μερικές καμπάνες.
VI	Αρκετά δυνατός σεισμός. Ξυπνάνε αυτοί που κοιμούνται, χτυπάνε οι καμπάνες, ταλαντεύονται οι πολυέλαιοι, σταματάνε τα ρολόγια με εκκρεμές, είναι ορατή η ταλάντευση των δέντρων και θάμνων, μερικοί τρομαγμένοι άνθρωποι εγκαταλείπουν τα σπίτια τους.
VII	Δυνατός σεισμός. Ανατρέπονται τα αντικείμενα που μπορεί να κινηθούν, πέφτουν σοβάδες, χτυπάνε οι καμπάνες, γενικός πανικός χωρίς ζημιές στα κτίρια.
VIII	Πολύ δυνατός σεισμός. Πέφτουν οι καμινάδες, ρωγμές σε τοίχους και ταβάνια.
IX	Πάρα πολύ δυνατός σεισμός. Μερική ή ολική καταστροφή μερικών κτιρίων.
X	Σεισμός υπερβολικής έντασης. Μεγάλη καταστροφή, ερείπια, κατολισθήσεις και ρωγμές στο έδαφος.

Πίνακας ο-2: Η τροποποιημένη Κλίμακα Modified Mercalli (M.M., 1931).

Ένταση	Περιγραφή Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων
I	Μη αισθητός. Περιθωριακές και μεγάλης περιόδου επιδράσεις μεγάλων σεισμών.
II	Αισθητός από ανθρώπους σε ανάπαυση, στους πάνω ορόφους των κατοικιών.
III	Γίνεται αισθητός μέσα στα σπίτια. Τίθενται σε κίνηση κρεμάμενα αντικείμενα. Δονήσεις, σαν να περνάει ελαφρύ φορτηγό. Η διάρκεια της δόνησης μπορεί να εκτιμηθεί. Μπορεί να μην αναγνωρισθεί σαν σεισμός.
IV	Τίθενται σε κίνηση κρεμάμενα αντικείμενα. Δονήσεις, σαν να περνάει βαρύ φορτηγό. Αίσθηση απότομης κίνησης σαν να χτυπάει μια βαριά μπάλα στον τοίχο. Σταματημένα αυτοκίνητα κλυδωνίζονται. Παράθυρα, πιάτα, πόρτες κροταλίζουν. Τα τζάμια τρίζουν. Στην ανώτερη βαθμίδα του IV ξύλινοι τοίχοι και πλαίσια τρίζουν.
V	Αισθητός στην ύπαιθρο. Η διεύθυνση μπορεί να εκτιμηθεί. Αυτοί που κοιμούνται ξυπνάνε. Τα υγρά αναταράσσονται και μερικά χύνονται έξω από τα δοχεία. Μικρά ασταθή αντικείμενα μετακινούνται ή ανατρέπονται. Οι πόρτες αιωρούνται, κλείνουν, ανοίγουν. Παραθυρόφυλλα, κάδρα μετακινούνται. Ρολόγια με εκκρεμές σταματάνε, ξεκινάνε, αλλάζουν ρυθμό.
VI	Αισθητός από όλους. Πολλοί τρομοκρατούνται και τρέχουν έξω από τα κτίρια. Οι άνθρωποι περπατούν με αστάθεια. Παράθυρα, πιάτα, υαλικά σπάνε. Στολίδια, βιβλία κ.τ.λ. πέφτουν από τα ράφια. Κάδρα πέφτουν από τους τοίχους. Επιπλα μετακινούνται ή αναποδογυρίζονται. Σοβάδες και τοιχοποιία D ρηγματώνονται. Μικρές καμπάνες χτυπούν (Εκκλησίες, σχολεία). Είναι ορατή η ταλάντευση των δέντρων, θάμνων (ή ακούγεται το θρόισμα).
VII	Δύσκολο να σταθεί κανείς όρθιος. Γίνεται αισθητός από οδηγούς αυτοκινήτων. Κρεμάμενα αντικείμενα ταλαντώνονται έντονα. Επιπλα σπάνε. Ζημιές ή ρωγμές στην τοιχοποιία D. Ασταθής καμινάδες σπάνε στην οροφή. Πέφτουν σοβάδες, ξεκολλούν τούβλα, πέτρες κεραμίδια. Μερικές ρωγμές σε τοιχοποιία C. Κυματισμός στις λιμνούλες, θόλωμα του νερού από τη λάσπη. Μικρές κατολισθήσεις, υποσκαφές κατά μήκος όχθων από άμμο ή χαλίκια. Μεγάλες καμπάνες χτυπούν. Καταστρέφονται τσιμεντένια αρδευτικά κανάλια.
VIII	Επηρεάζεται η οδήγηση των αυτοκινήτων. Καταστροφή στην τοιχοποιία C, μερική κατάρρευση. Μερικές βλάβες στην τοιχοποιία B, καθόλου στην τοιχοποιία A. Πέφτουν οι στόκοι και μερικοί τοίχοι από την τοιχοποιία. Περιστρέφονται, καταρρέουν καμινάδες, καπνοδόχοι σε εργοστάσια, μνημεία, πύργοι. Τα προκατασκευασμένα σπίτια μετακινούνται από τα θεμέλιά τους, αν δεν εξαρθρωθούν. Χαλασμένοι πάσσαλοι σπάνε. Κλαδιά σπάνε από τα δέντρα. Αλλαγές στη ροή ή στη θερμοκρασία πηγών και πηγαδιών. Ρωγμές στο βρεγμένο έδαφος και σε απότομες πλαγιές.
IX	Γενικός πανικός. Καταστρέφεται η τοιχοποιία D, παθαίνει μεγάλες βλάβες η τοιχοποιία C (μερικές φορές καταρρέει), η τοιχοποιία B παθαίνει σοβαρές βλάβες. Γενική καταστροφή στα θεμέλια. Οι προκατασκευασμένες κατασκευές αν δεν εξαρθρωθούν, σηκώνονται από τα θεμέλιά τους. Πλαίσια σπάνε. Σοβαρές ζημιές στις δεξαμενές. Υπόγειες σωληνώσεις σπάνε. Εμφανείς ρωγμές στο έδαφος. Σε περιοχές με αλλούβια, βγαίνει από το έδαφος λεπτή άμμος, ιλύς και νερό, κρατήρες άμμου.
X	Τα περισσότερα χτίσματα από τοιχοποιία και τα προκατασκευασμένα καταστρέφονται μαζί με τα θεμέλια. Μερικές καλά κατασκευασμένες ξύλινες κατασκευές και γέφυρες καταστρέφονται. Σοβαρές ζημιές στα φράγματα, στους υδροφράχτες, στα αναχώματα. Μεγάλες κατολισθήσεις. Το νερό τινάζεται στις όχθες καναλιών, ποταμών, λιμνών κ.τ.λ. Άμμος και ιλύς μετακινείται οριζόντια σε ακτές και επίπεδο έδαφος. Οι σιδηροτροχιές λυγίζουν ελαφρά.
XI	Οι σιδηροτροχιές λυγίζουν έντονα. Υπόγειες σωληνώσεις καταστρέφονται ολοκληρωτικά.
XII	Σχεδόν ολική καταστροφή. Μεγάλες βραχώδεις μάζες μετακινούνται. Μεταβάλλεται η επιφάνεια του εδάφους και η γραμμή του ορίζοντα. Αντικείμενα εκτοξεύονται στον αέρα.

Πίνακας 0-3: Η ρωσική Κλίμακα G.E.O.F.I.A.N..

Ένταση	X_0 (mm)	Περιγραφή Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων
1		Η κίνηση του εδάφους ανιχνεύεται μόνο με όργανα.
2		Μεμονωμένες περιπτώσεις γίνονται αισθητές από πολύ ευαίσθητα άτομα σε ανάπαυση.
3		Η κίνηση του εδάφους γίνεται αισθητή από λίγα άτομα.
4	< 0,5	Η κίνηση του γίνεται αισθητή από πολλά άτομα. Παράθυρα ή πόρτες μπορεί να ανοιγοκλείνουν.
5	0,5-1	Αντικείμενα μετακινούνται, πατώματα τρίζουν, τζάμια δονούνται, οι εξωτερικοί σοβάδες ραγίζουν.
6	1.1-2	Ελαφρές ζημιές σε κτίρια. Λεπτές ρωγμές στους σοβάδες, ρωγμές στις καμινάδες.
7	2.1-4	Σημαντικές ρωγμές στα κτίρια. Λεπτές ρωγμές στους σοβάδες και αποκόλληση μεμονωμένων τεμαχίων. Λεπτές ρωγμές στους τοίχους.
8	4.1-8	Καταστροφή στα κτίρια. Μεγάλες ρωγμές στους τοίχους, πτώση καμινάδων.
9	8.1-16	Κατάρρευση σε μερικά κτίρια. Καταστροφή τοίχων, οροφών, δαπέδων.
10	16.1-32	Κατάρρευση πολλών κτιρίων. Ρωγμές στο έδαφος περίπου 1m πλάτους.
11	>32	Μεγάλος αριθμός ρωγμών στην επιφάνεια της Γης, μεγάλες κατολισθήσεις στα βουνά.
12		Μεγάλης κλίμακας αλλαγή στο ανάγλυφο.

Πίνακας ο-4: Η Κλίμακα J.M.A. των Μακροσεισμικών Εντάσεων σε μονάδες shindo των βαθμών του τραντάγματος της δόνησης που χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία (Wikipedia, 2014).

Magnitude-Shindo Number (Shindo Number in Japanese) / Meter reading	People	Indoor situations	Outdoor situations	Wooden houses	Reinforced- concrete buildings	Lifelines	Ground and slopes	Peak ground acceleration
0 (0) / 0-0.4	Imperc eptible to people.							Less than 0.00 8 m/ s²
1 (1) / 0.5-1.4	Felt by only some people in the building .							0.00 8– 0.02 5 m/ s²
2 (2) / 1.5-2.4	Felt by most people in the building . Some people awake.	Hanging objects such as lamps swing slightly.						0.02 5– 0.08 m/s²
3 (3) / 2.5-3.4	Felt by most people in the building . Some people are frighten ed.	Dishes in a cupboard rattle occasionall y.	Electric wires swing slightly.					0.08 – 0.25 m/s²
4 (4) / 3.5-4.4	Many people are frighten ed. Some people try to escape from danger. Most sleepin g people awake.	Hanging objects swing considerab ly and dishes in a cupboard rattle. Unstable ornaments fall occasionall y.	Electric wires swing considera bly. People walking on a street and some people driving automobil es notice the tremor.					0.25 – 0.80 m/s²

5- lower (5弱) / 4.5-4.9	Most people try to escape from a danger. Some people find it difficult to move.	Hanging objects swing violently. Most Unstable ornaments fall. Occasionally, dishes in a cupboard and books on a bookshelf fall and furniture moves.	People notice electric-light poles swing. Occasionally, windowpanes are broken and fall, unreinforced concrete-block walls collapse, and roads suffer damage.	Occasionally, less earthquake-resistant houses suffer damage to walls and pillars.	Occasionally, cracks are formed in walls of less earthquake-resistant buildings.	A safety device cuts off the gas service at some houses. On rare occasions water pipes are damaged and water service is interrupted. (Electrical service is interrupted at some houses)	Occasionally, cracks appear in soft ground. and rockfalls and small slope failures take place in mountainous districts.	0.80 – 1.40 m/s²
5- upper (5強) / 5.0-5.4	Many people are considerably frightened and find it difficult to move.	Most dishes in a cupboard and most books on a bookshelf fall. Occasionally, a TV set on a rack falls, heavy furniture such as a chest of drawers falls, sliding doors slip out of their groove and the deformation of a door frame makes it impossible to open the door.	In many cases, unreinforced concrete-block walls collapse and tombstones overturn. Many automobiles stop because it becomes difficult to drive. Occasionally, poorly-installed vending machines fall.	Occasionally, less earthquake-resistant houses suffer heavy damage to walls and pillars and lean.	Occasionally, large cracks are formed in walls, crossbeams and pillars of less earthquake-resistant buildings and even highly earthquake-resistant buildings have cracks in walls.	Occasionally, gas pipes and / or water mains are damaged. (Occasionally, gas service and / or water service are interrupted in some regions)	Occasionally, cracks appear in soft ground. and rockfalls and small slope failures take place in mountainous districts.	1.40 – 2.50 m/s²
6- lower (6弱) / 5.5-5.9	Difficult to keep standing.	A lot of heavy and unfixed furniture moves and falls. It is impossible to open the door in many	In some buildings, wall tiles and windowpanes are damaged and fall.	Occasionally, less earthquake-resistant houses collapse and even walls and pillars of highly	Occasionally, walls and pillars of less earthquake-resistant buildings are destroyed	Gas pipes and / or water mains are damaged. (In some regions, gas service and water service are interrupted and electrical service is interrupted occasionally.)	Occasionally, cracks appear in the ground, and landslides take place.	2.50 – 3.15 m/s²

		cases.		earthquake-resistant houses are damaged.	and even highly earthquake-resistant buildings have large cracks in walls, crossbeams and pillars.			
6- upper (6強) / 6.0-6.4	Impossible to keep standing and to move without crawling.	Most heavy and unfixed furniture moves and falls. Occasionally, sliding doors are thrown from their groove.	In many buildings, wall tiles and windowpanes are damaged and fall. Most unreinforced concrete-block walls collapse.	Many, less earthquake-resistant houses collapse. In some cases, even walls and pillars of highly earthquake-resistant houses are heavily damaged.	Occasionally, less earthquake-resistant buildings collapse. In some cases, even highly earthquake-resistant buildings suffer damage to walls and pillars.	Occasionally, gas mains and / or water mains are damaged. (Electrical service is interrupted in some regions. Occasionally, gas service and / or water service are interrupted over a large area.)	Occasionally, cracks appear in the ground, and landslides take place.	3.15 – 4.00 m/s²
7 (7) / 6.5- up	Thrown by the shaking and impossible to move at will.	Most furniture moves to a large extent and some jumps up.	In most buildings, wall tiles and windowpanes are damaged and fall. In some cases, reinforced concrete-block walls collapse.	Occasionally, even highly earthquake-resistant buildings are severely damaged and lean.	Occasionally, even highly earthquake-resistant buildings are severely damaged and lean.	Electrical service gas service and water service are interrupted over a large area.	The ground is considerably distorted by large cracks and fissures, and slope failures and landslides take place, which occasionally change topographic features.	Greater than 4 m/s²

Πίνακας 0-5: Περιγραφή των Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων της Ιαπωνικής Κλίμακας Σεισμικής Έντασης J.M.A. (Τσελέντης, 1997).

Ένταση	Περιγραφή Μακροσεισμικών Αποτελεσμάτων
0	Δεν γίνεται αισθητός, πολύ ασθενής για να γίνει αισθητός στους ανθρώπους, καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους.
I	Ασήμαντος, γίνεται αισθητός από ανθρώπους σε ανάπαυση και από αυτούς οι οποίοι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στους σεισμούς.
II	Ασθενής, γίνεται αισθητός στους περισσότερους ανθρώπους, μικρή κίνηση στα παράθυρα.
III	Μέτρια ισχυρός, κίνηση σε σπίτια και κτίρια, ανοιγοκλείνουν παράθυρα έντονα, πόρτες, τίθενται σε κίνηση κρεμάμενα αντικείμενα, σταματούν μερικά ρολόγια με εκκρεμές και μετακίνηση των υγρών στα δοχεία. Μερικοί άνθρωποι φοβούνται τόσο πολύ που τρέχουν έξω από τα κτίρια.
IV	Δυνατός, ισχυρή κίνηση σπιτιών και κτιρίων, αναποδογύρισμα ασταθών αντικειμένων, τα υγρά χύνονται από τα δοχεία.
V	Πολύ δυνατός, σπάνε τοίχοι από τούβλα, αναποδογυρίζουν ταφόπλακες και παρόμοια αντικείμενα, καταστρέφονται καμινάδες και αποθήκες φτιαγμένες με λάσπη, προκαλούνται κατολισθήσεις σε απόκρημνα βουνά.
VI	Καταστροφικός, προκαλεί καταστροφή από 1-30% των γιαπωνέζικων ξύλινων σπιτιών, προκαλεί μεγάλες κατολισθήσεις, ρωγμές στο έδαφος, συνοδεύονται από φαινόμενα ρευστοποίησης του εδάφους.
VII	Καταστρεπτικός, προκαλεί καταστροφή σε περισσότερο από 30% των σπιτιών, προκαλεί μεγάλες κατολισθήσεις, ρωγμές και ρήγματα.

Πίνακας ο-6: Κατάταξη αστοχιών σε οικοδομές με φέρουσα τοιχοποιία (Τσελέντης, 1997).

Βαθμός	Κατηγορίες αστοχιών σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία
1 Ελάχιστες ή ελαφριές βλάβες	Λεπτές ρηγματώσεις στο κονίαμα γύρω από τα ξύλινα πλαίσια (κασώματα).
2 Μέτριες βλάβες	Τριχοειδής ρηγματώσεις σε κολώνες ή δοκούς, πτώση σοβάδων από αρμούς αιωρούμενων κομματιών τοίχου, ρηγματώσεις σε μεσοτοιχία, πτώση κομματιών εύθραυστης επένδυσης και σοβάδων.
3 Άφθονες έως μεγάλες βλάβες	Ρηγματώσεις σε κολώνες με αποκόλληση κομματιών μπετόν, ρηγμάτωση σε δοκούς.
4 Πολύ μεγάλες βλάβες	Σοβαρή βλάβη των κόμβων του κτιριακού σκελετού με καταστροφή στο μπετόν και σιδηροπλισμού, μερική κατάρρευση, κλίση σε κολώνες.
5 Καταστροφικές βλάβες	Ολική ή σχεδόν ολική κατάρρευση.

Πίνακας 0-7: Κατάταξη αστοχιών σε οικοδομές με οπλισμένο σκυρόδεμα (Τσελέντης, 1997).

Βαθμός	Κατηγορίες αστοχιών σε κτίρια με οπλισμένο σκυρόδεμα
1 Ελάχιστες ή ελαφριές βλάβες	Τριχοειδής ρηγματώσεις σε μερικές τοιχοποιίες, πτώση μόνο μερικών μικρών κομματιών σοβάδων. Πτώση χαλαρών πλίνθων από τα ανώτερα τμήματα του κτιρίου, όμως σε πολύ λίγες περιπτώσεις.
2 Μέτριες βλάβες	Ρηγματώσεις σε πολλές τοιχοποιίες, πτώση αρκετά μεγάλων κομματιών σοβάδων, πτώση τμημάτων καμινάδων.
3 Αφθονες έως μεγάλες βλάβες	Μεγάλες και εκτεταμένες ρηγματώσεις στις περισσότερες τοιχοποιίες, διαφυγή κεραμιδιών. Οι καμινάδες διαρρηγνύονται κατά μήκος της γραμμής της σκεπής, βλάβη σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία.
4 Πολύ μεγάλες βλάβες	Σημαντική βλάβη στις τοιχοποιίες. Μερική δομική βλάβη.
5 Καταστροφικές βλάβες	Ολική ή σχεδόν ολική κατάρρευση.

Πίνακας ο-8: Διαδικτυακό Ερωτηματολόγιο για την συλλογή μακροσεισμικών δεδομένων από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Το ερωτηματολόγιο αφορά το σεισμό:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ ΓΕΝΕΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Σημείωση: Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου σταματά 30 ημέρες μετά την ημερομηνία του σεισμού

1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΥΤΟΥ ΠΟΥ ΣΥΜΠΛΗΡΩΝΕΙ ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Χρησιμοποιούνται μόνο για την περίπτωση διευκρινήσεων κατά την επεξεργασία των απαντήσεων του ερωτηματολογίου.

Το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο δεν τηρεί αρχείο προσωπικών δεδομένων

Επώνυμο - Όνομα:

e-mail:

Διεύθυνση:

Δήμος ή Δημοτ.
Διαμέρισμα:

Νομός:

Ταχυδρομ. Κώδικας:

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

α) Τη στιγμή του
σεισμού

βρισκόσαστε:

β) Εάν ήσασταν μέσα
σε κτίριο, επιλέξτε:

γ) Αισθανθήκατε το
σεισμό;

δ) Τη στιγμή του
σεισμού
κοιμόσασταν;

ε) Εάν κοιμόσασταν
ο σεισμός σας
ξύπνησε;

στ) Οι άλλοι που
βρίσκονταν μαζί σας
αισθάνθηκαν το
σεισμό;

ζ) Από τον σεισμό
ξύπνησαν:

ζ) Από τον σεισμό
τρόμαξαν:

ζ) Ποιός
προσδιορισμός
περιγράφει
καλύτερα την
δόνηση:

η) Διάρκεια της
δόνησης σε
δευτερόλεπτα:

θ) Εάν ήσασταν
όρθιος είχατε
δυσκολία να
σταθείτε ή να
περπατήσετε;

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΣΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

α) Τη στιγμή του
σεισμού
βρισκόσαστε στον
όροφο:

β) Παρατηρήσατε
αιώρηση
λαμπτήρων:

γ) Παρατηρήσατε
τρίξιμο παραθύρων,
επίπλων, υαλικών:

δ) Παρατηρήσατε
κυματισμό ή
ξεχύλισμα υγρών
από δοχεία:

ε) Τα κάδρα στους
τοιίχους:

στ) Παρατηρήσατε
χτύπημα ή άνοιγμα
θυρών, παραθύρων,
παντζουριών:

ζ) Ήχησαν:

η) Σημειώθηκε
μετακκίνηση:

θ) Σημειώθηκε
πτώση:

ι) Παρατηρήσατε
μετατόπιση ή
περιστροφή:

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

α) Παρατηρήσατε:

β) Παρατηρήσατε σε
κατασκευές
υποβαθμισμένες (με

πέτρες μη λαξεμένες,
με πτωχό
ασβεστοκονίαμα):

**γ) Παρατηρήσατε σε
κατασκευές καλές
και μέτριες (με
πέτρες λαξεμένες ή
τούβλα, με καλό
ασβεστοκονίαμα,
δώματα με σιδερένια ή
ξύλινα δοκάρια,
κατασκευές με
περιτοίχιση,
πεζοδρόμηση,
καλοδομημένες):**

**δ) Παρατηρήσατε σε
κατασκευές καλές
και πάρα πολύ καλές
(ξύλινες, ή με
οπλισμένο σκυρόδεμα
ή
προκατασκευασμένες):**

5. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ - ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

**α) Διαπιστώσατε
διάφορα φαινόμενα;**

**β) Διαπιστώσατε
ανησυχία ζώων;**

**γ) Διαπιστώσατε
μεταβολές στα
ύδατα;**

**δ) Διαπιστώσατε
κατολισθητικά
φαινόμενα;**

